रक्षा अनुसंधान भारती

राजभाषा हीरक जयंती वर्ष

अक्टूबर 2024 – मार्च 2025
20वां अंक

इलेक्ट्रॉनिकी विशेषांक

"स्वदेशी की ताक़त
सशक्त बना भारत"

रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन मुख्यालय

रक्षा मंत्रालय, नई दिल्ली

*हिन्दी दिवस के अवसर पर माननीय **गृह मंत्री अमित शाह जी** द्वारा डीआरडीओ मुख्यालय की प्रकाशित पुस्तक **'विज्ञान विहान'** का विमोचन*

*विश्व हिंदी दिवस के अवसर पर डीआरडीओ, मुख्यालय एवं अनुसंधान केंद्र इमारत, आरसीआई द्वारा **दो-दिवसीय द्वितीय अखिल भारतीय तकनीकी राजभाषा सम्मेलन 'उन्मेष-2025'** की **स्मारिका का विमोचन***

रक्षा अनुसंधान भारती

अक्टूबर 2024 – मार्च 2025
20वां अंक

इलेक्ट्रॉनिकी विशेषांक

रक्षा अनुसंधान तथा विकास संगठन मुख्यालय
डीआरडीओ भवन, राजाजी मार्ग
नई दिल्ली-110011

रक्षा अनुसंधान भारती

20वां अंक

मुख्य संरक्षक

डॉ. समिर वी कामत
सचिव, रक्षा अनुसंधान तथा विकास विभाग एवं अध्यक्ष, डीआरडीओ

संरक्षक

डॉ. मनु कोरुला
उत्कृष्ट वैज्ञानिक एवं महानिदेशक
संसाधन एवं प्रबंधन

श्री सुनील शर्मा
उत्कृष्ट वैज्ञानिक एवं निदेशक
संसदीय कार्य, राजभाषा तथा संगठन पद्धति

प्रधान संपादक

श्री चन्द्र प्रकाश मीणा, अपर निदेशक

संपादक

श्रीमती अरुण कमल, सहायक निदेशक (रा.भा.)

सह संपादक

सुश्री प्रतिष्ठा मिश्रा, कनिष्ठ अनुवाद अधिकारी

एवं

संपादन सहयोग

श्री सुजीत कुमार मेहता
सहायक निदेशक (रा.भा.)

श्रीमती शैली गुप्ता
वरिष्ठ अनुवाद अधिकारी

सुश्री स्वाति सिन्हा
वरिष्ठ अनुवाद अधिकारी

श्री सचिन सांगवान
वरिष्ठ अनुवाद अधिकारी

सुश्री श्रद्धा वर्मा
वरिष्ठ अनुवाद अधिकारी

श्रीमती निधि कुमारी
कनिष्ठ अनुवाद अधिकारी

सुश्री शिल्की सुमन
कनिष्ठ अनुवाद अधिकारी

श्री सतेन्द्र कुमार, डीईओ
श्रीमती पारुल शर्मा, डीईओ

समस्त राजभाषा परिवार

इलेक्ट्रॉनिकी विशेषांक हेतु विशेष परामर्श

डॉ. अजय कुमार
निदेशक, आईआरडीई

एवं

श्री सौरभ शुक्ला
वै. एफ, डीपीएआरओएंडएम

श्री सौरभ गुप्ता
वै. ई, डीएफएमएम

इस पुस्तक में प्रकाशित रचनाओं की मौलिकता का उत्तरदायित्व पूर्णतः संबंधित लेखकों का है।
आलेखों में व्यक्त विचार लेखकों के अपने हैं, जिन पर संपादकीय सहमति आवश्यक नहीं है।

डॉ. समिर वी. कामत
Dr. Samir V. Kamat

सत्यमेव जयते
भारत सरकार
Government of India

स्वच्छ भारत
एक कदम स्वच्छता की ओर

सचिव, रक्षा अनुसंधान तथा विकास विभाग
एवं
अध्यक्ष, डीआरडीओ
Secretary, Department of Defence R&D
&
Chairman, DRDO

संदेश

मुझे यह जानकर बहुत हर्ष हो रहा है कि **डीआरडीओ मुख्यालय** द्वारा हिंदी गृह पत्रिका **'रक्षा अनुसंधान भारती'** के 'इलेक्ट्रॉनिकी **विशेषांक**' का प्रकाशन किया जा रहा है। यह राजभाषा के प्रचार-प्रसार हेतु सराहनीय कदम है।

डीआरडीओ में राजभाषा के अधिकतम प्रचार-प्रसार के लिए यह आवश्यक है कि इसका प्रयोग न केवल कार्यालय के प्रशासनिक कार्यों में किया जाए बल्कि इसका प्रयोग हम अपने तकनीकी गतिविधियों में भी करें। **'रक्षा अनुसंधान भारती'** पत्रिका के इन तकनीकी विशेषांकों से ये संभव हो पाता है कि प्रयोगशाला के वैज्ञानिक एवं तकनीकी अधिकारीगण भी हिंदी के माध्यम से पठन-पाठन से जुड़ते हैं। एक तकनीकी पत्रिका होने के कारण पाठकों को इस पत्रिका से नवीनतम तकनीकी सूचनाएं भी प्राप्त होती हैं।

मैं पत्रिका के लिए रचनात्मक सहयोग देने वाले सभी वैज्ञानिकों, अधिकारियों, कर्मचारियों को उनके प्रयास हेतु बधाई देता हूं तथा इस पत्रिका के सफल प्रकाशन की कामना करता हूं।

स्थान : नई दिल्ली
दिनांक : 31 जनवरी, 2025

समिर कामत
(समिर वी. कामत)

रक्षा मंत्रालय, रक्षा अनुसंधान तथा विकास विभाग, डीआरडीओ भवन, नई दिल्ली-110011
Ministry of Defence, Department of Defence R&D, DRDO Bhawan, Rajaji Marg, New Delhi-110011
दूरभाष/Phone : 011-23011519, 23014350, फैक्स/Fax : 011-23018216, ई-मेल/E-mail : secydrdo@gov.in

डॉ० मनु कोरूला
उत्कृष्ट वैज्ञानिक एवं
महानिदेशक (आर. एण्ड एम.)

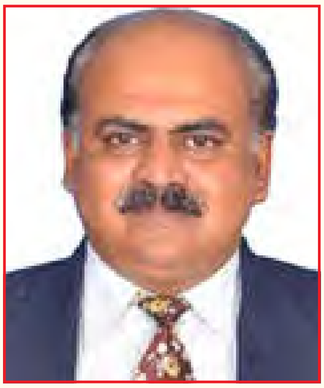
Dr. Manu Korulla
Outstanding Scientist &
Director General (R & M)

सत्यमेव जयते

स्वच्छ भारत
एक कदम स्वच्छता की ओर

भारत सरकार
रक्षा मंत्रालय
अनुसंधान तथा विकास संगठन
101, डी आर डी ओ भवन, राजाजी मार्ग
नई दिल्ली–110 011, भारत

Government of India
Ministry of Defence
Defence Research & Development Organisation
101, DRDO Bhawan, Rajaji Marg
New Delhi–110 011, India



संदेश

यह अत्यन्त हर्ष का विषय है कि **'रक्षा अनुसंधान भारती'** का बीसवां अंक एक तकनीकी विशेषांक के रूप में प्रकाशित होने जा रहा है। इलेक्ट्रॉनिकी विषय पर आधारित यह विशेषांक तकनीक और राजभाषा का उन्नत सम्मिश्रण है। ऐसे विशेषांकों के निरंतर प्रकाशन से डीआरडीओ में राजभाषा अपने कदम तकनीक की ओर लगातार बढ़ाती जा रही है।

वैश्विक परिदृश्य में तकनीक एक नए युग का संकेत है। खासकर इलेक्ट्रॉनिकी के क्षेत्र में नित नई प्रगति हमारे जीवन को सुगम और सुचारु बना रही हैं। ऐसी परिस्थिति में यह आवश्यक है कि हम सभी एक साथ ऐसे युग में प्रवेश करें जहां हमारे सभी तकनीकी प्रयास हमारी अपनी भाषा के साथ हों। यह पत्रिका इन्हीं प्रयासों का जीवंत उदाहरण है।

मैं संपादक मंडल, लेखकगण, एवं पत्रिका के प्रकाशन में सहयोगी सभी अधिकारियों एवं कर्मचारियों को बधाई देता हूं।

पत्रिका के सफल प्रकाशन हेतु मेरी शुभकामनाएं।

मनु कोरूला

स्थान : नई दिल्ली
दिनांक : 03 फरवरी, 2025

(डॉ. मनु कोरूला)

दूरभाष/Phone : (O) 011-23011860 • फैक्स/Fax : 011-23015395
ई-मेल/E-mail : dgrm.hqr@gov.in

डॉ. बि. के. दास
महानिदेशक (ईसीएस)
Dr. B. K. Das
Director General (ECS)

सत्यमेव जयते

स्वच्छ भारत
एक कदम स्वच्छता की ओर

भारत सरकार, रक्षा मंत्रालय
रक्षा अनुसंधान तथा विकास संगठन
महानिदेशक (इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार प्रणाली) का कार्यालय
एल आर डी ई कैम्पस, सी वी रामन नगर, बेंगलूरू - 560093
GOVT OF INDIA, MINISTRY OF DEFENCE
DEFENCE R & D ORGANISATION
OFFICE OF DIRECTOR GENERAL (ECS)
LRDE CAMPUS, CV RAMAN NAGAR, BENGALURU - 560093

संदेश

मुझे यह जानकर प्रसन्नता हो रही है कि डीआरडीओ मुख्यालय अपनी गृह पत्रिका **'रक्षा अनुसंधान भारती'** के 20वें अंक का प्रकाशन करने जा रहा है। यह बहुत ही सुखद है कि डीआरडीओ अपने बहु विषयक शोधकार्यों को वर्गीकृत कर विशेषांक के रूप में प्रकाशित कर रहा है, और वर्ष 2024-25 का तकनीकी अंक 'इलेक्ट्रॉनिकी विशेषांक' है।

मुझे खुशी है कि इस विशेषांक के संवीक्षा समिति की अध्यक्षता डॉ अजय कुमार निदेशक, आईआरडीई ने की है। मुझे विश्वास है कि यह अंक पाठकों को डीआरडीओ में इलेक्ट्रॉनिकी क्षेत्र में हुए नवीन नवाचार, प्रौद्योगिकियों एव विचारों से अवगत कराएगा और यह पत्रिका इलेक्ट्रॉनिकी क्षेत्र की नवीनतम जानकारी से युक्त होकर सभी के लिए एक संग्रहणीय अंक साबित होगा।

मैं पत्रिका के सफल प्रकाशन की कामना करता हूं और आशा करता हूं कि भविष्य में भी इस प्रकार के उपयोगी एवं ज्ञानवर्धक विशेषांक नियमित रूप से प्रकाशित होते रहेंगे।

दिनांक : 03 फरवरी, 2025
स्थान : बेंगलूरू

(बि. के दास)

LRDE Campus, CV Raman Nagar, Bengaluru - 560 093
Telephone : +91-80 25034752 (O), Fax : +91-80 25034733 (O), E-mail : dgecs.hqr@gov.in

सुनील शर्मा
उत्कृष्ट वैज्ञानिक
एवं
निदेशक (डी पी ए आर ओ एंड एम)

Sunil Sharma
OUTSTANDING SCIENTIST
&
DIRECTOR (DPARO&M)

सत्यमेव जयते

स्वच्छ भारत
एक कदम स्वच्छता की ओर

अ. स. प. सं./Do No.
भारत सरकार, रक्षा मंत्रालय
Government of India, Ministry of Defence
रक्षा अनुसंधान तथा विकास संगठन
Defence Research & Development Organisation
संसदीय कार्य, राजभाषा तथा संगठन पद्धति निदेशालय
Directorate of Parliamentary Affairs, Rajbhasha and Organisation & Methods DPARO&M
'ए' ब्लाक, प्रथम तल
'A' Block, First Floor
डी.आर.डी.ओ. भवन, राजाजी मार्ग, नई दिल्ली-110011
DRDO Bhawan, Rajaji Marg, New Delhi-110011
दूरभाष/Telephone: 23013248, 23007125
फैक्स/Fax: 23011133, 23013059

दिनांक/Dated: 31/01/25

संदेश

मुझे आपके समक्ष यह प्रस्तुत करते हुए अत्यंत हर्ष की अनुभूति हो रही है कि रक्षा अनुसंधान तथा विकास संगठन (डीआरडीओ) मुख्यालय राष्ट्र की राजभाषा की प्रगति में अपने निरंतर अथक प्रयासों को जारी रखते हुए इस वर्ष हिंदी गृह पत्रिका **रक्षा अनुसंधान भारती** के 'इलेक्ट्रॉनिकी विशेषांक' को प्रकाशित करने जा रहा है।

देश की राजभाषा में प्रौद्योगिकीय ज्ञान की अभिव्यक्ति न केवल हमारे राष्ट्रपिता द्वारा प्रतिपादित स्वदेशी भाषा में शिक्षा के प्रसार की नीति का समर्थन करता है, बल्कि शिक्षा का आधार भी सुदृढ़ बनाता है। यह प्रकाशन आत्मनिर्भरता, स्वदेशीकरण, 'मेक इन इंडिया' एवं 'वोकल फॉर लोकल' जैसी नीतियों का समर्थन कर राष्ट्र को स्वावलंबन के शिखर पर पहुंचाने का प्रासंगिक प्रयास है। इस दिशा में विज्ञान एवं भाषा के समन्वयन का मूर्त उदाहरण प्रस्तुत करता हुआ **'रक्षा अनुसंधान भारती'** का यह तकनीकी अंक अत्यंत प्रशंसनीय है। इस इलेक्ट्रॉनिकी विशेषांक के माध्यम से एक विशिष्ट शोध क्षेत्र को कलमबद्ध करने का प्रयास किया गया है, जिसके लिए हमारे लिए हमारे वैज्ञानिकों के प्रयास सराहनीय हैं। मैं डॉ. अजय कुमार, निदेशक आईआरडीई का भी आभारी हूं, जिन्होंने इस अंक के संवीक्षा समिति की अध्यक्षता कर अपना मूल्यवान समय प्रदान किया।

मैं इस तकनीकी अंक के सफल प्रकाशन के लिए सभी कार्मिकों, रचनाकारों एवं संपादक मंडल को हार्दिक बधाई देता हूं एवं प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में राजभाषा हिंदी के प्रासंगिक प्रचार-प्रसार के स्वर्णिम उद्देश्यों की सफलता की कामना करता हूं।

स्थान : नई दिल्ली
दिनांक : 31 जनवरी, 2025

(सुनील शर्मा)

चंद्र प्रकाश मीणा
अपर निदेशक

Chandra Prakash Meena
Additional Director

सत्यमेव जयते

स्वच्छ भारत
एक कदम स्वच्छता की ओर

भारत सरकार
रक्षा मंत्रालय
रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन
संसदीय कार्य,
राजभाषा एवं संगठन पद्धति निदेशालय
399, डी आर डी ओ भवन, राजाजी मार्ग
नई दिल्ली–110011

Government of India
Ministry of Defence
Defence R&D Organisation
Directorate of Parliamentary Affairs,
Rajbhasha and Organisation & Methods
399, DRDO Bhawan, Rajaji Marg
New Delhi–110011

संदेश

डीआरडीओ हमेशा ही राजभाषा कार्यान्वयन में अपने अभिनव पहल के माध्यम से नए प्रतिमान स्थापित करता रहा है और इसी दिशा में तकनीकी विशेषांकों का प्रकाशन एक सराहनीय कदम है। इस वर्ष **डीआरडीओ मुख्यालय** की गृह पत्रिका **'रक्षा अनुसंधान भारती'** का **बीसवां** अंक 'इलेक्ट्रॉनिकी विशेषांक' के रूप प्रकाशित किया जा रहा है। जिस प्रकार प्रौद्योगिकी के बिना राष्ट्र का विकास संभव नहीं उसी प्रकार भाषा की समृद्धि के बिना प्रौद्योगिकीय संचार का अधिकतम प्रसार भी संभव नहीं है। इसके बिना राष्ट्र के सर्वांगीण विकास की कल्पना अधूरी है।

यह पत्रिका इलेक्ट्रॉनिक क्लस्टर में आने वाली प्रयोगशालाओं में हो रहे कार्यों को विशेष रूप से केंद्र में रखकर तैयार की गई है। मुझे यह जानकर अत्यंत प्रसन्नता हो रही है कि इस पत्रिका के लिए विभिन्न प्रयोगशालाओं से उत्कृष्ट लेख प्राप्त हुए हैं। इन लेखों के माध्यम से प्रयोगशालाओं के वैज्ञानिकों, अधिकारियों एवं कार्मिकों ने अपनी वैज्ञानिक सृजनात्मक सोच को राजभाषा हिंदी में अभिव्यक्त किया है। हिंदी हमारी पहचान है, हमारे देश का गौरव है। इसके विकास के लिए सतत प्रयास हम सभी का कर्तव्य और संवैधानिक दायित्व है। मुख्यालय के इस तरह के प्रयास से निश्चय ही हिंदी के विकास को एक नई दिशा मिलेगी।

मैं गृह पत्रिका से जुड़े सभी लेखकों और इसके प्रकाशन में संलग्न अपनी टीम के सम्मिलित एवं समर्पित प्रयासों के लिए बधाई देता हूं एवं पत्रिका के सफल प्रकाशन के लिए शुभकामनाएं देता हूं!

स्थान : नई दिल्ली
दिनांक : 28 जनवरी, 2025

(चंद्र प्रकाश मीणा)

Tele : (O) 011-23007911 • Fax : 011-23011133 • E-mail : cpmeena.hqr@gov.in

अरूण कमल
सहायक निदेशक (रा.भा.)

Arun Kamal
Assistant Director (OL)

सत्यमेव जयते

भारत सरकार
रक्षा मंत्रालय
रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन
संसदीय कार्य,
राजभाषा एवं संगठन पद्धति निदेशालय
399, डी आर डी ओ भवन, राजाजी मार्ग
नई दिल्ली–110011

Government of India
Ministry of Defence
Defence R&D Organisation
Directorate of Parliamentary Affairs,
Rajbhasha and Organisation & Methods
399, DRDO Bhawan, Rajaji Marg
New Delhi-110011

स्वच्छ भारत
एक कदम स्वच्छता की ओर

संपादकीय

असंभव में संभावनाएं, तलाशने का नाम है,
विज्ञान कभी हार नहीं मानने का नाम है!

आज का भारत उपरोक्त पंक्तियों का अनुसरण करता हुआ निरंतर प्रगति के पथ पर अग्रसर है। पिछले 75 वर्षों में हासिल की गई प्रगति को बरकरार रखने और आगे बढ़ने के लिए जरूरी अधिकांश सभी संसाधन देश में मौजूद हैं। भारत में मौजूद विशाल उपभोक्ता वर्ग स्मार्टफोनों, इंटरनेट, सोशल मीडिया, मोबाइल एप्स आदि के विकास में ईंधन का काम कर रहा है। न सिर्फ भारतीय बल्कि विदेशी कंपनियों के लिए भी भारत के उपभोक्ता का बढ़ता दायरा कितना कीमती है, इसकी झलक यूट्यूब, व्हाट्सएप्प, गूगल, फेसबुक, ट्विटर आदि के प्रयोक्ताओं की तुलनात्मक संख्या से स्पष्ट होती है, जहां भारत शीर्ष तीन-चार उपभोक्ताओं में से एक है। कोई भी देशी-विदेशी कंपनी इस संख्या बल को खोने की कल्पना नहीं कर सकती। साथ ही देशवासियों में चाह है, देश में माहौल भी है, नीतिगत समर्थन भी।

भारत में उपभोक्ता की संख्या में जो वृद्धि हुई है, वह अपने आप नहीं हुई है। इस प्रसार में भाषा ने महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है। यह तब संभव हो पाया जब ये सुविधाएँ भारत में जन-जन के पास जन-जन की भाषा में पहुंचीं। कम्प्यूटर और इंटरनेट के सर्वसुलभ होने के बाद देश में काफी परिवर्तन देखने को मिला। राजनीति से लेकर संस्कृति तक, सभी क्षेत्रों में बदलाव आए हैं। विकसित देशों में भी हिंदी अध्ययन की चाह बढ़ रही है। कारण यह है कि किसी भी बहुराष्ट्रीय कंपनी या देश को अपना उत्पाद बेचने के लिए आम आदमी तक पहुंचना आवश्यक है और इसके लिए जनभाषा ही सबसे सशक्त माध्यम है। यही कारक हिंदी के प्रचार-प्रसार में सहायक सिद्ध हो रहा है। इंटरनेट के प्रसार से किसी को अगर सबसे ज्यादा लाभ हुआ है तो वह हिंदी भाषा है। गूगल और माइक्रोसॉफ्ट जैसी बहुराष्ट्रीय कंपनियाँ अब हिंदी को प्राथमिकता दे रही हैं। भारत की इस विशाल संख्या बल को देखते हुए ये बहुराष्ट्रीय कंपनियाँ हिंदी और अन्य प्रमुख भारतीय भाषाओं को छोड़कर नहीं चल सकीं। दोनों ही कंपनियों ने लगातार ई-हिंदी को प्रयोक्ता सुलभ बनाया है और वे बहुत तीव्र गति से

दूरभाष/Tele : (O) 011-23007906 • फैक्स/Fax : 011-23011133 • ई-मेल/E-mail : arunkamal.hqr@gov.in / arunkamal40@gmail.com

अपनी सुविधाओं को लगातार बेहतर और विस्तृत बनाते चले जा रहे हैं। कितने ही ई-कॉमर्स साइटों ने अपना हिंदी एप लांच किया है। कुछ विश्वसनीय स्रोतों की सर्वे रिपोर्ट को मानें तो हिन्दी में इंटरनेट उपयोग करने वालों की संख्या बहुत तेजी से बढ़ रही है। एक अनुमान के मुताबिक वर्ष 2024 तक 25 करोड़ लोग हिन्दी का उपयोग कर रहे हैं।

आज पचास से अधिक देशों के पांच सौ से अधिक केंद्रों पर हिंदी पढ़ाई जाती है। कई केंद्रों पर स्नातकोत्तर स्तर पर हिंदी के अध्ययन-अध्यापन के साथ ही पीएचडी करने की सुविधा उपलब्ध है। विश्व के लगभग एक सौ चालीस देशों तक हिंदी किसी न किसी रूप में पहुंच चुकी है। आज हिंदी के माध्यम से संपूर्ण विश्व भारतीय संस्कृति को आत्मसात कर रहा है। इन सभी में ई-हिंदी की भूमिका से इंकार नहीं किया जा सकता है। आज तकनीकी विकास के युग में दूसरे देशों के लोग भी, भले ही विपणन के लिए ही सही, हिंदी भाषा सीख रहे हैं। आज स्थिति यह है कि भारत व चीन के व्यावसायिक संबंधों को बढ़ाने की संभावनाओं के तलाश के लिए लगभग दस हज़ार लोग पेइचिंग में हिंदी सीख रहे हैं।

फिर भी भाषा को लेकर हम उतने संवेदनशील नहीं रहे हैं, जितना हमें होना चाहिए। रुदनशीलता हमारे स्वभाव का अंग बन गई है। जो नहीं है उसकी परेशानी ज़्यादा है और जो है उसकी जानकारी अत्यल्प है। अत्यंत संक्षेप में अपना पक्ष रखूं तो कह सकती हूं कि भाषा-प्रौद्योगिकी का ऐसा क्षेत्र है, जहां हर प्रश्न का उत्तर लगभग संभव है। भाषा, शब्द की दृष्टि से, शैली की दृष्टि से, तकनीकी दृष्टि से मजबूत होगी तभी तो घर से बाहर भाषा की प्रभावी सार्थकता सिद्ध की जा सकेगी। इसके लिए स्वयं के स्वाभिमान को आवाज देने की आवश्यकता है।

भाषा के प्रति स्नेह को साथ लेते हुए यहाँ मैं उद्धृत करना चाहूंगी कि हमारा यह अंक इलेक्ट्रॉनिकी विशेषांक है, जो रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन की प्रयोगशालाओं का एक प्रमुख शोध क्षेत्र है। पिछले कुछ वर्षों से हमने निर्णय लिया था कि हर वर्ष डीआरडीओ शोध क्षेत्र के एक पक्ष पर हमारा तकनीकी विशेषांक प्रकाशित होगा और इस दिशा में काम करते हुए पिछले वर्ष हमने **जैव विज्ञान विशेषांक** प्रकाशित किया, जिसे वर्ष 2023-2024 के लिए राजभाषा विभाग द्वारा कीर्ति पुरस्कार प्रदान किया गया। इस वर्ष हमने **इलेक्ट्रॉनिकी विशेषांक** निकालने का निर्णय लिया, जिसके लिए हमारे इलेक्ट्रॉनिक्स क्लस्टर की प्रयोगशालाओं के वैज्ञानिकों के साथ-साथ अन्य प्रयोगशालाओं के वैज्ञानिकों ने भी हमें विषय सापेक्ष रचनाएँ भेजी हैं। मैं सभी के प्रति अपनी कृतज्ञता व्यक्त करती हूं, जिनके सहयोग से हमारा यह प्रयास सफल हुआ। रचनाकारों के साथ-साथ मैं इस विशेषांक की संवीक्षा समिति के सदस्यों के प्रति भी हार्दिक आभार व्यक्त करती हूं, जिन्होंने अपना बेशकीमती वक्त हमें दिया और इस अंक को संग्रहणीय बनाने में हमारी मदद की। इस समिति की अध्यक्षता, डॉ अजय कुमार, निदेशक, आईआरडीई ने की; उनके प्रति भी मेरा विशेष आभार। साथ ही मैं अपने निदेशक महोदय श्री सुनील शर्मा, एवं अपर निदेशक श्री चंद्र प्रकाश मीणा जी को भी धन्यवाद देना चाहूंगी, जो पल-पल इस कार्य को सफल बनाने में हमारे सहयोगी बने... हमारा मार्गदर्शन किया।

सभी पाठकों से प्रतिक्रियाओं की अपेक्षा बनी रहेगी।

साभिवादन,

(अरुण कमल)

डॉ॰ अजय कुमार
उत्कृष्ट वैज्ञानिक एवं निदेशक

Dr. AJAY KUMAR
OUTSTANDING SCIENTIST & DIRECTOR

सत्यमेव जयते

स्वच्छ भारत
एक कदम स्वच्छता की ओर

भारत सरकार, रक्षा मंत्रालय
रक्षा अनुसंधान तथा विकास संगठन
यंत्र अनुसंधान एवं विकास संगठन
रायपुर रोड, देहरादून – 248008, (उत्तराखण्ड)

GOVT. OF INDIA, MINISTRY OF DEFENCE
DEFENCE R & D ORGANISATION
INSTRUMENTS RESEARCH & DEVELOPMENT ESTT.
RAIPUR ROAD, DEHRADUN - 248008 (UTTARKHAND)

दिनांक/Dated: 31 जनवरी, 2025

प्रस्तावना

रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन (डीआरडीओ) रक्षा प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में देश का सर्वाधिक प्रतिष्ठित संगठन है, जिसने देश की सुरक्षा को विश्व स्तरीय प्रौद्योगिकी से लैस कर एक सशक्त आधार प्रदान किया है और देश के सशस्त्र बलों को हर चुनौती के लिए तैयार किया है। यह शक्ति हमारे सशस्त्र बलों को न केवल युद्ध के मैदान में बल्कि हमारे विरोधियों के मन में भी अजेय बनाती हैं। वैश्विक प्रतिमानों में तेजी से हो रहे परिवर्तन को देखते हुए हमारे रक्षा क्षेत्र को मजबूत करने की आवश्यकता अधिक महत्वपूर्ण हो गई है। रक्षा क्षेत्र की विभिन्न आवश्यकताओं को देखते हुए डीआरडीओ की प्रयोगशालाएं अलग-अलग क्षेत्रों में काम करती हैं, जिसमें एक विशेष क्षेत्र इलेक्ट्रॉनिकी है। इलेक्ट्रॉनिकी समूह की प्रयोगशालाओं में आईआरडीई एवं डील, देहरादून, डीएलआरएल एवं चेस हैदराबाद, एलआरडीई, एमटीआरडीसी एवं कासडिक, बेंगलुरु आदि प्रमुख हैं। ये सभी प्रयोगशालाएं इलेक्ट्रॉनिकी क्षेत्र में अपना विशेष महत्व रखती हैं।

यदि मैं इलेक्ट्रॉनिकी के वैश्विक सन्दर्भ की बात करुं तो भारत विश्व की सबसे तेज़ी से विकास करती अर्थव्यवस्थाओं की दिशा में अग्रसर है। इस संदर्भ में, इलेक्ट्रॉनिक विनिर्माण के क्षेत्र में प्रगति का अपना विशेष महत्त्व है। इस क्षेत्र की विकास क्षमता और बड़े पैमाने पर रोज़गार प्रदान कर सकने के सामर्थ्य को समझते हुए, भारत सरकार, देश के विनिर्माण क्षेत्र (इलेक्ट्रॉनिक्स क्षेत्र सहित) को समर्थन और गति प्रदान करने हेतु एक प्रमुख नीतिगत पहल के रूप में 'मेक इन इंडिया' कार्यक्रम को आगे बढ़ा रही है। भारत वैश्विक इलेक्ट्रॉनिक्स विनिर्माण परिदृश्य में एक महत्वपूर्ण प्रतिभागी के रूप में तेजी से उभरा है। सरकारी पहलों, नीतिगत सुधारों और लगातार बढ़ते डिजिटल बाजार से प्रेरित होकर, भारत में इलेक्ट्रॉनिक हार्डवेयर विनिर्माण पारिस्थितिकी तंत्र ने पिछले दशक में महत्वपूर्ण प्रगति की है। इलेक्ट्रॉनिक्स की मांग में तेजी से वृद्धि के साथ, राष्ट्र एक वैश्विक विनिर्माण केंद्र बनने के लिए तैयार है, जो अपने लक्ष्यों को "आत्मनिर्भर भारत"

दूरभाष/Phone : +91 0135-2787169, 2787126
फैक्स/Fax : +91 0135-2787161, 2787128
ई-मेल/E-mail : director.irde@gov.in
ajay.irde@gov.in

के दृष्टिकोण के साथ संरेखित करता है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI), मशीन अधिगम (ML), इंटरनेट ऑफ थिंग्स (IoT), ऑगमेंटेड रियलिटी (AR), वर्चुअल रियलिटी (VR) और रोबोटिक्स (Robotics) जैसी उभरती प्रौद्योगिकियाँ नए इलेक्ट्रॉनिक्स उत्पादों की मांग को बढ़ाते हुए उद्योग के स्वरूप को बदल रही हैं। भारत सॉफ्टवेयर विकास में पहले से ही एक चिह्नित वैश्विक चेहरा है और अपनी हार्डवेयर विनिर्माण क्षमताओं को सुदृढ़ कर भारत इलेक्ट्रॉनिक्स क्षेत्र में भी एक अग्रणी शक्ति के रूप में उभरने की क्षमता रखता है।

यह ध्यान रखना महत्त्वपूर्ण है कि 'आत्मनिर्भर भारत' का स्वप्न तभी साकार होगा जब विनिर्माण से संबद्ध सभी क्षेत्र अपने सामर्थ्य और अपनी प्रौद्योगिकीय क्षमता के संयोजन को विस्तार देंगे। एक ऐसे वातावरण के निर्माण की आवश्यकता है जो नवाचार पर बल दे, बौद्धिक संपदा की रक्षा करे, कौशल विकास पर ध्यान केंद्रित करे और अपेक्षित पारिस्थितिकी तंत्र का समर्थन करने वाली बुनियादी संरचनाओं का निर्माण करे। इलेक्ट्रॉनिक्स विनिर्माण में आत्मनिर्भर बनने की भारत की यात्रा में नवाचार में सहभागिता बढ़ाते हुए और बुनियादी ढांचे में सुधार के साथ, भारत अधिक वैश्विक सहभागियों को आकर्षित कर सकता है और एक अग्रणी इलेक्ट्रॉनिक्स विनिर्माण केंद्र बनने की दिशा में आगे बढ़ सकता है। इस क्षेत्र पर प्रतिबद्ध समर्पण के साथ, भारत न केवल आत्मनिर्भरता के मार्ग पर है, बल्कि वैश्विक स्तर पर इलेक्ट्रॉनिक्स विनिर्माण में मजूबत पकड़ बनाने की स्थिति में है। जब देश की सुरक्षा व्यवस्था और हमारे सशस्त्र बलों की हर अपेक्षित आवश्यकता को डीआरडीओ की सभी प्रयोगशालाएं पूर्ण समर्पण के साथ देख रही हों, तो देश की प्रगति और विकास में सेंध लगाना असंभव हो जाता है।

अंत में, मैं इस पत्रिका के लिए निदेशक, डीपीएआरओएंडएम का विशेष रूप से धन्यवाद देता हूं कि उन्होंने इस पत्रिका की संवीक्षा समिति के अध्यक्ष के रूप में मुझे इस पत्रिका से जोड़ा और प्रौद्योगिकी एवं राजभाषा के इस सकारात्मक संयोजन में मुझे सहभागी बनने का मौका दिया। मैं समिति के अन्य सदस्यों के प्रति भी आभार प्रकट करता हूं, जिन्होंने मेरी इस भूमिका को पूर्ण बनाने में मेरा सहयोग किया। साथ ही मैं सभी लेखकों को एवं संपादक मंडल को बधाई एवं शुभकामनायें देता हूं। आशा है कि भविष्य राजभाषा हिन्दी का है तथा आने वाले समय में हिंदी सरकारी कामकाज में अधिक से अधिक प्रयोग की जाएगी और हम भी डीआरडीओ में राजभाषा नीति के कार्यान्वयन व राजभाषा हिंदी के प्रचार-प्रसार को आगे बढ़ाएगे और एक तकनीकी संगठन होने के नाते विज्ञान को भी राजभाषा हिंदी से जोड़ेंगे।

(डॉ अजय कुमार)

अनुक्रमणिका

1. हवाई निगरानी के क्षेत्र में कैमॉप (CAMOP) का महत्व 01
   » *शशांक जोशी, नितिन अग्रवाल, रूमा ढाका*

2. सामरिक मिसाइलों के लिए लेजर आधारित एंड गेम फ्यूज 08
   » *आर्निका सोनी, गिरीश सेमवाल*

3. रिफ्लेक्टर फ़ीड हॉर्न एंटीना 14
   » *अमलेश कुमार सिंह*

4. अकार्बनिक द्रव लेजर माध्यम का संश्लेषण व उसके चारित्रिक गुणों का अध्ययन 26
   » *डॉ. अनुज कुमार वार्ष्णेय, डॉ. गौरव सिंघल*

5. हवाई अनुप्रयोग के लिए पूर्णत: वितरित सक्रिय सरणी ऐरे का अभिलक्षणन 32
   » *एमसी नरसिम्हामूर्ति, पी. श्रीनिवास, शिवशरणप्पा, रामभवन पासवान*

6. सिंथेटिक एपर्चर रेडार के लिए केयू-बैंड रेडोम का अभिकल्पन और विकास 44
   » *मंजुश्री तमांग, डॉ. बीनामोल केएस, नवीन कुमार विश्वकर्मा, श्रीजीत सीए*

7. एमईएमएस पर आधारित शून्य-ऊर्जा अनअटेंडेड ग्राउंड सेंसर (यूजीएस) की राष्ट्रीय सीमा सुरक्षा में उपयोगिता 51
   » *शंकर दत्त*

8. रेडार वार्नर जैमर की कार्य प्रक्रिया 56
   » *रोहन विवेक*

9. चिकित्सा एवं स्वास्थ्य देखभाल में बिग डेटा विश्लेषण 61
   » *डॉ रश्मि अग्रवाल*

10. डिजिटल ट्रोपोस्कैटर संचार प्रणाली 66
    » *राजेंद्र सिंह*

11. भविष्य की ऊर्जा दक्षता के संवाहक: सिलिकॉन कार्बाइड और गैलियम नाइट्राइड 73
    » *डॉ. रुपेश कुमार चौबे*

12. इलेक्ट्रॉनिक युद्ध अनुप्रयोग के लिए एक स्वदेशी सी-एक्स-केयू आवृत्ति प्रसार वाला सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक 77
    » *विशाल केशरी, अवधेश कुमार बरनवाल, जयतीर्थ डी, रामराय हंस्दा, पी सिद्धार्थन, सुब्रत कुमार दत्ता*

13. टेराहर्ट्ज (THz) पैकेज स्कैनर प्रणाली एवं राष्ट्रीय सुरक्षा में इसका महत्व 83

» *अजय मिश्रा*

14. कंपन परीक्षण 89

» *पवन कुमार सूरज*

15. डीआरडीओ द्वारा निर्मित एंटी-ड्रोन प्रणाली 96

» *ललित मोहन पाठक, वेणुगोपाल कुलकर्णी*

16. एक्टिव एरे ट्रांसमिट-रिसिव यूनिट 101

» *गजेंद्र सिंह कर्दम*

17. वॉयस संचार नेटवर्क का डिजाइन, विकास एवं तैनाती 105

» *लक्ष्मी*

18. एमटीआरडीसी-डीआरडीओ में उच्च-शक्ति डब्ल्यू-बैंड जाइरोट्रॉन का विकास 109

» *शांतनु कर्मकार, रामराय हंसदा, नानी मेडिचेर्ला, नवीन कुमार शर्मा, जयतीर्थ डी, विशाल केशरी, सुब्रत कुमार दत्ता*

19. डिजिटल स्वास्थ्य प्रौद्योगिकी विश्लेषण: भारत के परिप्रेक्ष्य में 116

» *प्रकाश नीरव*

20. एवियोनिक्स डिजिटल डेटा बस प्रणाली: एक अवलोकन 127

» *प्रज्ञा मिश्रा*

21. वाक् पहचान प्रणाली: एक परिचय 133

» *शिल्की सुमन*

22. ई.डब्ल्यू. प्रणाली के लिए एक सी-कू बैंड डुअल 16 चैनल टी/आर मॉड्यूल प्लैंक 140

» *मुकुल नौटियाल, मनीष कुमार*

23. ए ई डबल्यू एंड सी विमान पर फेजमैच्ड आरएफ केबल असेंबली का परिशोधन एवं सुधार 149

» *दिव्य ज्योति*

24. डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन डी०पी०डी० का महत्व 154

» *रंजना ठाकुर*

25. खुला वास्तुकला संगणक बहु कार्यात्मक प्रदर्शन अनुकारी 159

» *स्वीटी कुमारी*

26. विद्युत चुम्बकीय तरंगें 163

» *संजीव कुमार*

27. एंटीना 167

» *नीरज कर्दम*

28. इलेक्ट्रॉनिक युद्ध समर्थन उपाय 172
» *सुजीत कुमार मेहता*

29. इलेक्ट्रॉनिक प्रतिवाद 176
» *दीपक सिंह पाल*

30. रेडार के लिए उच्च-शक्ति एक्स-बैंड हेलिक्स चल-तरंग नलिका का विकास 179
» *सुधामणि एचएस, रवि निनावत, अरुत पावै एसके, ओमशंकर मेहरा, राजा रमण राव, सुब्रत कुमार दत्ता*

31. 300 वाट हेलिक्स चल-तरंग नलिका के अभिकल्पन और विकास में नवीन अनुसंधान एवं विकास 184
» *पी राजा रमण राव, बी गीता, युवी चंद्रमौली, सुब्रत कुमार दत्ता*

32. मिसाइल परीक्षण सेटअप विकसित करना 189
» *एम किरणमई*

33. रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी, लेजर तकनीक और एआई: आधुनिक रक्षा रणनीतियों में नई क्रांति 194
» *पल्लवी वार्ष्णेय*

34. लॉजिक गेट: एक परिचय 197
» *अर्चना सिंह*

◉ रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन में संपन्न तकनीकी गतिविधियों का सार 203

◉ रक्षा अनुसंधान तथा विकास संगठन मुख्यालय में राजभाषायी गतिविधियां 208

हमारे प्रेरणा श्रोत

डॉ. एपीजे अब्दुल कलाम

*ज्ञान और विज्ञान के अद्भुत संयोजन से
डॉ एपीजे अब्दुल कलाम जी ने देश की सुरक्षा
को अभेद्य बनाने में अहम योगदान दिया। संघर्ष
से शीर्ष तक का उनका सफर न केवल देश बल्कि
सम्पूर्ण मानव जगत के लिए एक विरासत है।*

*'मिसाइल मैन' डॉ कलाम का जीवन
देश के युवाओं को नई सोच व समर्पण के साथ
राष्ट्र सेवा की प्रेरणा देता रहेगा।*

हवाई निगरानी के क्षेत्र में कैमॉप (CAMOP) का महत्व

शशांक जोशी, नितिन अग्रवाल, रूमा ढाका

यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान (आईआरडीई), देहरादून

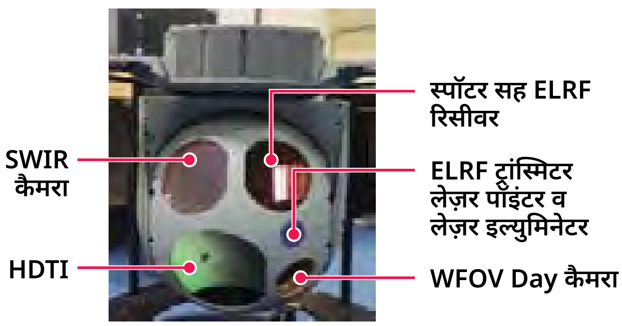
sjoshi.irde@gov.in

परिचय

यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान, देहरादून ने CAMOP नामक प्रौद्योगिकी प्रदर्शन (TD) परियोजना के अंतर्गत सुसंहत वायुवाहित बहु-संवेदित्र ऑप्ट्रोनिक पेलोड (Compact Airborne Multi-Sensor Optronic Payload) विकसित किया है। कैमॉप एक दीर्घ-परास (long range), हाई-डेफ़िनिशन, बहु-संवेदित्र (Multi-Sensor) प्रणाली है जो निगरानी, खोज तथा बचाव अभियानों में उपयोगी है। कैमॉप की आवश्यक तकनीकी विशिष्टताएँ भारतीय तट रक्षक बल (Indian Coast Guard) की आवश्यकताओं के आधार पर वायुवाहित प्रणाली केन्द्र, बेंगलुरु (CABS, Bengaluru) द्वारा निर्धारित की गईं। इसमें हाई-डेफ़िनिशन तापीय प्रतिबिंबक (HDTI), दिन में उपयोगी विस्तृत दृश्य क्षेत्र युक्त रंगीन कैमरा (WFOV Day Color Camera), लघु तरंग अवरक्त कैमरा (SWIR Camera) तथा डे स्पॉटर स्कोप सह निम्न प्रकाश स्तर में उपयोगी (LLL CMOS) कैमरा- इन सबका समावेश है। इसमें नेत्रों के लिये सुरक्षित लेज़र परासमापी (ELRF), लेज़र पॉइंटर व लेज़र इल्युमिनेटर भी लगे हैं। कैमॉप लंबी दूरी के लक्ष्यों का संसूचन 24x7 आधार पर करने में सक्षम है। इसमें जियो-पॉइंटिंग व जियो-लोकेशन की क्षमताएँ भी विद्यमान हैं। दीर्घ डिटेक्शन, रिकग्निशन, आइडेंटिफ़िकेशन रेंज तथा विस्तृत दृश्य क्षेत्र युक्त अनेक हाई-डेफ़िनिशन सेंसरों को 450mm व्यास (टरेट आकार 450mm x 600mm) के स्टेबिलाइज़्ड जिम्बल में स्थापित करना तथा 60 किलोग्राम से कम भार सुनिश्चित करना वास्तव में चुनौतीपूर्ण लक्ष्य था। प्रकाशीय-यांत्रिक अभिकल्पन, पैकेजिंग तथा ताप प्रबंधन की गतिविधियों के दौरान सभी आवश्यकताओं को पूर्ण किया गया। विभिन्न परीक्षणों व जांचों से गुजारने के बाद कैमॉप को डीआरडीओ, एडीई तपस प्लेटफॉर्म पर एकीकृत किया गया।

कैमॉप (CAMOP) का विवरण

जिम्बल्ड कैमॉप एसेंब्ली एक स्थिर दृष्टिपथ रेखा (LOS) प्रदान करती है जिससे वायु-वाहित प्लेट्फ़ॉर्मों से निगरानी, प्रारंभिक सर्वेक्षण, लक्ष्य संसूचन तथा स्वचालित लक्ष्य ट्रैकिंग संभव होती है। दृष्टिपथ रेखा लक्षित करके वांछित अनुस्थिति (orientation) में (प्लेटफॉर्म की ऊँचाई व हलचल से स्वतंत्र) स्थिर रखी जाती है। पेलोड एसेंब्ली



कैमॉप के घटक

की संरचना हल्की तथा belly mount होती है। जिंबल पेलोड एसेंब्ली में निम्नलिखित विद्युत प्रकाशीय घटक लगे हैं:

1. उच्च विभेदन (HD) तापीय प्रतिबिंबक (HDTI)

रात्रि में विशेष रूप से उपयोगी इस प्रतिबिंबक की स्पेक्ट्रल रेंज 3μm से 5μm तक है। इसमें उच्च विभेदन (HD) इंडियम ऐंटिमनाइड आधारित फ़ोकल प्लेन ऐरे संसूचक IDDCA का उपयोग किया गया है। यह लक्ष्य से उत्सर्जित अवरक्त विकिरण को विद्युत सिग्नल में परिवर्तित करता है। इसमें सतत ज़ूम प्रकाशीय मॉड्यूल, वीडियो प्रसंस्करण इलेक्ट्रॉनिकी, पावर सप्लाई, मोटर ड्राइवर कंट्रोलर तथा संबद्ध हार्नेसिज़ का भी समावेश किया गया है। यह HD-SDI SMPTE292M वीडियो आउटपुट देता है। इसके द्वारा रात्रि में भी पृष्ठभूमि के सापेक्ष लक्ष्य के तापमान में भिन्नता का उपयोग कर के संसूचन किया जा सकता है। इसमें फ़ोकल प्लेन ऐरे के शीतलन की आवश्यकता होती है।

हाई डेफ़िनिशन तापीय प्रतिबिंबक

2. उच्च विभेदन (HD) लघु तरंग अवरक्त (SWIR) कैमरा

यह कैमरा प्रातः काल, संध्या काल व दिन की स्थितियों में प्रतिबिंबन करने के अलावा हल्के कोहरे तथा धुएँ जैसी अपक्षीणित दृश्य स्थितियों में परास प्रदर्शन (range performance) में विस्तार करता है। इसकी स्पेक्ट्रल रेंज 0.9μm से 1.7μm तक है। इसमें उच्च विभेदन (HD) इंडियम गैलियम आर्सेनाइड आधारित फ़ोकल प्लेन ऐरे संसूचक का उपयोग किया गया है। इसमें इलेक्ट्रॉनिकी समेत हाई डेफ़िनिशन लघु तरंग अवरक्त संसूचक व प्रकाशीय मॉड्यूल का भी समावेश किया गया है। यह HD-SDI SMPTE292M वीडियो आउटपुट देता है। लघु तरंग अवरक्त विकिरण विज़िबल विकिरण की ही भाँति परावर्तनीय होता है जिससे SWIR आधारित प्रतिबिंबन में shadow व contrast पाया जाता है जो लक्ष्य की पहचान करने में उपयोगी होता है विशेष कर मित्र अथवा शत्रु निर्धारण (Friend or Foe determination) में।

हाई डेफ़िनिशन लघु तरंग अवरक्त कैमरा

3. पूर्ण उच्च विभेदन (Full HD) विस्तृत दृश्य क्षेत्र (WFOV) युक्त (रंगीन) दिन में उपयोगी कैमरा

इसकी स्पेक्ट्रल रेंज 0.4μm से 0.9μm तक है। इसमें Full HD CMOS संसूचक का उपयोग किया गया है। यह कैमरा मोटराइज़्ड ज़ूम सुविधा युक्त एकीकृत प्रकाशीय मॉड्यूल तथा ड्राइवर इलेक्ट्रॉनिकी यूनिट का उपयोग करके HD-SDI SMPTE292M वीडियो आउटपुट देता है। इसमें मोटराइज़्ड IR Cut फ़िल्टर लगा है। दिन के समय यह फ़िल्टर "on" रहता है तथा रात्रि के समय "off" रहता है। इससे दिन के समय अनावश्यक IR संसूचक पर नहीं पड़ती है।

हाई डेफ़िनिशन विस्तृत दृश्य क्षेत्र युक्त दिन में उपयोगी कैमरा

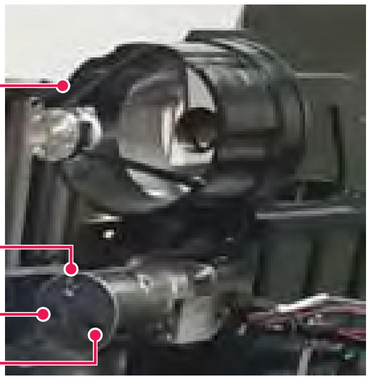
4. उच्च विभेदन (HD) डे स्पॉटर स्कोप सह निम्न प्रकाश स्तर में उपयोगी (LLL CMOS) कैमरा

इसकी स्पेक्ट्रल रेंज 0.4 µm से 0.9 µm तक है। इसमें अत्यन्त निम्न प्रकाश उच्च विभेदन (HD) CMOS संसूचक प्रौद्योगिकी का उपयोग हुआ है। यह कैमरा अत्यन्त निम्न प्रकाश स्तर पर प्रतिबिंबन करने के साथ ही लेज़र इल्युमिनेटर (830 nm) द्वारा प्रदीप्त (illuminated) लक्ष्यों का भी प्रतिबिंबन करता है।

हाई डेफ़िनिशन डे स्पॉटर स्कोप सह निम्न प्रकाश स्तर में उपयोगी कैमरा

5. नेत्रों के लिये सुरक्षित लेज़र परासमापी (ELRF)

यह सुदूर लक्ष्य की दूरी का सटीकता से मापन करता है। इसमें एक Er:Glass लेज़र आधारित ट्रांस्मिटर से लक्ष्य पर लेज़र आपतित की जाती है तथा लक्ष्य से परावर्तित लेज़र InGaAs Avalanche Photo Diode आधारित रिसीवर द्वारा संसूचित की जाती है। ट्रांस्मिटर से लेज़र फ़ायर होने से लेकर वापस संसूचित होने के बीच की समय अवधि से लक्ष्य की दूरी की गणना की जाती है। इसमें प्रयुक्त लेज़र ट्रांस्मिटर क़ा तरंगदैर्ध्य 1535 nm है जो कि नेत्रों के लिये सुरक्षित होता है। इस ELRF से 200 मीटर से 20 किलोमीटर तक की दूरी पर स्थित लक्ष्य की दूरी ± 5 m की सटीकता से मापी जा सकती है। इसके लिये भू दृश्यता 23 किलोमीटर अथवा बेहतर होना आवश्यक है।



ELRF एवं अन्य लेज़र पेलोड

ELRF ट्रांस्मिटर

6. लेज़र पॉइंटर

लेज़र पॉइंटर 852 नैनोमीटर तरंगदैर्ध्य पर कार्य करता है। इससे सुदूर लक्ष्य की ओर संकेत कर जमीनी सैन्य बलों के लिये लक्ष्य इंगित किया जा सकता है।

लेज़र पॉइंटर

7. लेज़र इल्युमिनेटर

लेज़र इल्युमिनेटर 830 nm तरंगदैर्ध्य पर कार्य करता है। इससे रात्रि में लक्ष्य को नियर अवरक्त (830 nm) लेज़र से प्रदीप्त (illuminate) करके LLL CMOS कैमरे से लक्ष्य का प्रतिबिंबन किया जा सकता है। लेज़र इल्युमिनेटर का अनुप्रयोग लेज़र पॉइंटर से भिन्न होने के कारण लेज़र इल्युमिनेटर का किरण विचलन (beam divergence) लेज़र पॉइंटर की तुलना में अधिक रखा गया है।

लेज़र इल्युमिनेटर

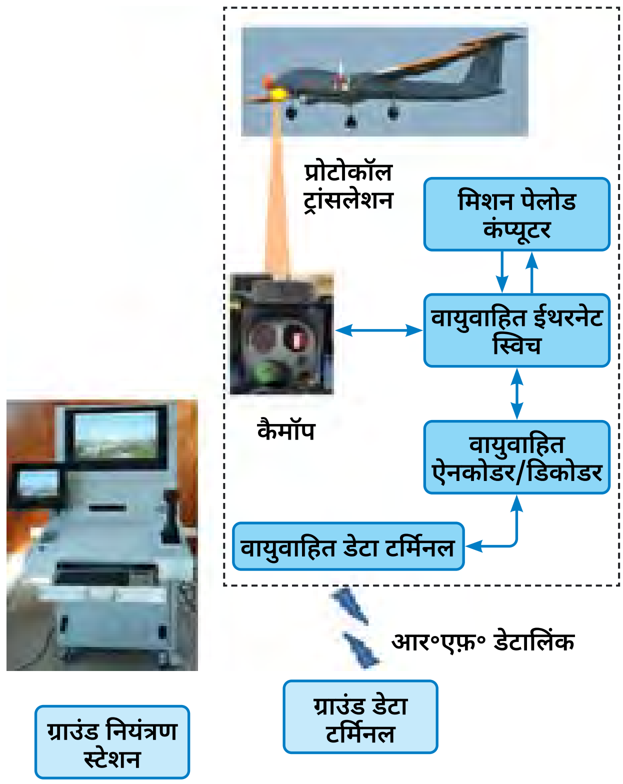
संयोजित विद्युत प्रकाशीय पेलोड मॉड्यूल

सर्वो व सभी सेंसरों की प्रसंस्करण इलेक्ट्रॉनिकी जिम्बल के भीतर स्थित रहती है। इस विन्यास (configuration) के द्वारा harnesses की संख्या तथा loom weight में पर्याप्त कमी लायी गई। कैमॉप में जियो पॉइंटिंग व जियो लोकेशन की सुविधा भी उपलब्ध है।

जियो पॉइंटिंग मोड में एक चयनित लक्ष्य की अवस्थिति (location) के भौगोलिक निर्देशांक (geo coordinates) की ओर सेंसर की दृष्टिपथ रेखा (LOS) को इंगित (point) किया जा सकता है। इसके लिये दिशानिर्देशन प्रणाली के आंकड़ों (Navigation System data) के साथ अंतराफलन (interface) की आवश्यकता होती है। वायुयान की उड़ान के स्वरूप (flight pattern) से स्वतंत्र यह प्रणाली लक्ष्य के भौगोलिक निर्देशांक की ओर इंगित करती रहती है।

जियो लोकेशन मोड में दिशानिर्देशन आंकड़ों तथा सेंसर के दर्शा रेखा कोण के आधार पर प्रणाली लक्ष्य के भौगोलिक निर्देशांक (प्रतिबिंब के मध्य में) का परिकलन करती है। प्रतिबिंब के मध्य में आ रहे लक्ष्य के भौगोलिक निर्देशांक लगातार परिकलित तथा प्रदर्शित किये जाते हैं।

कैमॉप के प्रचालन हेतु मानव मशीन अंतराफलक (Man Machine Interface) विकसित किया गया। चित्र में तपस प्लेटफॉर्म पर एकीकृत कैमॉप का विन्यास दिखाया गया है।



तपस प्लेटफॉर्म पर एकीकृत कैमॉप का विन्यास

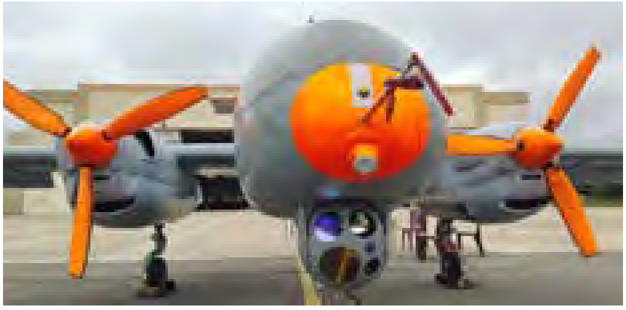
कैमॉप की प्रमुख तकनीकी विशिष्टताएँ:

क्र॰ सं॰	प्राचल	विशिष्टता
1.	प्लेटफॉर्म	हवाई (Belly mounted)
2.	दर्शा रेखा स्वतंत्रता (LOS Freedom)	Az: N x 360o, EL: +20o से -120o
3.	दर्शा रेखा स्थिरीकरण (LOS stabilization) (दो अक्षः यॉ एवं पिच)	≤ 10 μrad (1 σ)
4.	स्लू दर (Slewing Rate)	60o/s (अधिकतम)
5.	स्लू त्वरण (Slewing Acceleration)	60o/s2 (अधिकतम)
6.	ट्रैकिंग	उच्च विभेदन (HD) वीडियो ट्रैकिंग
8.	विद्युत प्रकाशीय पेलोड	उच्च विभेदन (HD) तापीय प्रतिबिंबक, उच्च विभेदन (HD) लघु तरंग अवरक्त कैमरा, पूर्ण उच्च विभेदन (Full HD) विस्तृत दृश्य क्षेत्र (WFOV) युक्त (रंगीन) दिन में उपयोगी कैमरा, उच्च विभेदन (HD) डे स्पॉटर स्कोप सह निम्न प्रकाश स्तर में उपयोगी (LLL CMOS) कैमरा, नेत्रों के लिये सुरक्षित लेज़र परासमापी, लेज़र पॉइंटर, लेज़र इल्युमिनेटर
12.	प्रचालन विधि	हस्तेन परिचालन (Manual Steering), स्वचालित लक्ष्यानुसरण (Automatic tracking), स्लेव (Slave), जियो-पॉइंटिंग, जियो-लोकेशन, स्वायत्त निगरानी (Autonomous surveillance), केज (Window, Stow), अंशशोधन (Calibration)
13.	पावर इनपुट	+28V DC (Nominal), MIL-STD-704D के अनुसार।
14.	पावर खपत	≤ 370 W (औसत)
15.	भार	≤ 60 Kg
16.	आयाम (Dimensions)	व्यासः≤ 450 mm ऊँचाईः≤ 600 mm

17.	संचार अंतराफलक (Communication Interface)	ईथरनेट
19.	वीडियो अंतराफलक (Video Interface)	SMPTE 292M

कैमॉप की मूल्यांकन प्रक्रिया

डीआरडीओ, एडीई तपस प्लेटफॉर्म पर एकीकृत करने से पूर्व कैमॉप को पर्यावरणीय प्रतिबल जांच (ESS) तथा विद्युत चुँबकीय व्यतिकरण/ विद्युत चुँबकीय अनुकूलता (EMI/ EMC) परीक्षण से गुजारना आवश्यक था। इन चरणों में सफ़ल रहने पर कैमॉप का तपस प्लेटफॉर्म पर एकीकरण किया गया। एकीकरण के बाद कैमॉप का Ground Test व Flight Test सफ़लतापूर्वक संपन्न हुआ। तदोपरांत, स्वतंत्र डी॰आर॰डी॰ओ॰ मूल्यांकन समिति ने कैमॉप को गहन मूल्यांकन के पश्चात सफल घोषित किया। समिति ने अनुशंसा की कि कैमॉप परियोजना के अंतर्गत विकसित की गई उन्नत प्रौद्योगिकियों का उपयोग भविष्य की अत्याधुनिक वायुवाहित निगरानी प्रणालियों में किया जाये।



तपस प्लेटफॉर्म पर एकीकृत कैमॉप

तदोपरांत, तपस पर एकीकृत कैमॉप अनेक सफ़ल उड़ानें भर चुका है। कैमॉप परियोजना तकनीकी व प्रशासनिक रूप से पूर्ण हो गई है।

प्रौद्योगिकी हस्तांतरण

किसी प्रौद्योगिकी की सफलता के आकलन का एक महत्वपूर्ण मापदंड यह है कि उसकी उपयोगिता तथा वाणिज्यिक महत्व के आधार पर उत्पादकों की उस पर क्या प्रतिक्रिया है। कैमॉप के प्रौद्योगिकी हस्तांतरण के लिये अनेक उत्पादकों द्वारा अभिरुचि व्यक्त की गई। तकनीकी मूल्यांकन समिति (TAC) की रिपोर्ट के आधार पर डी॰आर॰डी॰ओ के उद्योग संपर्क एवम् प्रौद्योगिकी प्रबंधन निदेशालय (DIITM) ने 08 उत्पादकों को कैमॉप के प्रौद्योगिकी हस्तांतरण हेतु योग्य मानते हुए लाइसेंस की स्वीकृति प्रदान की है। यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान द्वारा विकसित कैमॉप में रक्षा उत्पादकों की इतनी अभिरुचि इसकी सफलता की द्योतक तथा महत्व की परिचायक है। प्रौद्योगिकी हस्तांतरण हेतु इच्छुक उत्पादकों से भारत सरकार को प्रौद्योगिकी हस्तांतरण शुल्क प्राप्त होगा। यह भारत सरकार के कोष के लिये यंत्र अनुसंधान एवम् विकास संस्थान का सराहनीय योगदान होगा।

उपसंहार

यंत्र अनुसंधान एवम् विकास संस्थान ने निगरानी, पूर्व सर्वेक्षण तथा ट्रैकिंग जैसे अनुप्रयोगों के लिये अनेक स्टेबिलाइज़्ड जिम्बल, तापीय प्रतिबिम्बक, दिन में उपयोगी कैमरे तथा प्रकाशीय विंडोज़ विकसित की हैं। विशेष रूप से मानव रहित

विमान के लिये दीर्घ परास एवम् मध्यम परास विद्युत प्रकाशीय प्रणालियाँ (LREO व MREO) विकसित की हैं। कैमॉप के सफल विकास द्वारा यंत्र अनुसंधान एवम् विकास संस्थान ने उच्च विभेदन (HD) क्षमता वाले संसूचकों से युक्त हवाई निगरानी प्रणाली बनाने की सामर्थ्य प्रदर्शित की है। कैमॉप का सफल स्वदेशी विकास इस क्षेत्र में देश की आत्मनिर्भरता की ओर बढ़ाया गया एक महत्वपूर्ण कदम है।

विभिन्न वायुवाहित प्लेटफॉर्म भिन्न ऊँचाई/ भार वाहक क्षमता/ उड़ान अवधि/ वेग/ रेडार क्रास सैक्शन/ ड्रैग/ अन्य भिन्न परिस्थितियों में भिन्न उद्देश्य से उड़ान भरते हैं। इनमें से प्रत्येक परिस्थिति में कुछ भी परिवर्तन होने की दशा में नवीन अभिकल्पन की आवश्यकता होती है। प्रणाली में लगने वाले सेंसरों का चुनाव वांछित उद्देश्य के अनुसार किया जाता है। अत:, प्रत्येक प्रकार के वायुवाहित प्लेटफॉर्म के लिये हवाई निगरानी प्रणाली विकसित करने हेतु पृथक गहन विश्लेषण की आवश्यकता होती है। प्रणाली की विद्युत शक्ति को अनुकूलित (optimize) किया जाता है। प्रणाली के प्रकाशीय-यांत्रिक अभिकल्पन में सुनिश्चित किया जाता है कि उपलब्ध स्थान का उपयोग तथा प्रणाली का भार अनुकूलित (optimized) हों। प्रणाली के सुचारू प्रचालन के लिये उड़ान के सभी चरणों हेतु प्रणाली के अनन्य तापीय प्रबंधन की भी आवश्यकता होती है। अत:, भिन्न परिस्थितियों तथा भिन्न उद्देश्यों को दृष्टिगत रखते हुए यह कहा जा सकता है कि वायुवाहित प्लेटफॉर्म के लिये हवाई निगरानी प्रणालियों के विकास के क्षेत्र में असीम संभावनाएँ हैं।

यंत्र अनुसंधान एवम् विकास संस्थान के वायुवाहित प्रणाली विभाग में वर्तमान में अनेक महत्वाकांक्षी परियोजनाओं पर सक्रियता से कार्य चल रहा है। एक प्रसिद्ध लोकोक्ति है: “Nothing succeeds like success”. तदनुसार, कैमॉप के विकास में मिली सफलता से अर्जित आत्मविश्वास इस क्षेत्र की वर्तमान परियोजनाओं तथा भविष्य की परियोजनाओं को सफ़ल बनाने में सहायक होगा।

आभार

लेखक सतत प्रोत्साहन व मार्गदर्शन के लिये डॉ. बि. के. दास, महानिदेशक (ईसीएस) तथा डॉ. अजय कुमार, निदेशक, आईआरडीई के आभारी हैं।

संदर्भ

1. तकनीकी विनिर्देश प्रलेख
2. स्वीकृति परीक्षण प्रतिवेदन
3. विभिन्न परीक्षण प्रतिवेदन
4. स्वतंत्र डी॰आर॰डी॰ओ॰ मूल्यांकन समिति प्रतिवेदन
5. परियोजना के तकनीकी व प्रशासनिक पूर्णता प्रतिवेदन

✦✦✦

सामरिक मिसाइलों के लिए लेजर आधारित एंड गेम फ्यूज

आर्निका सोनी, गिरीश सेमवाल

यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान (आईआरडीई), देहरादून

arnikasoni24@gmail.com

सार

आधुनिक समय में युद्ध प्रणालियाँ परम्परागत तरीकों से हटकर नयी व उन्नत तकनीकों के समन्वय से विकसित की जा रही हैं। समूचा विश्व युद्ध प्रणालियों के विकास के लिए आधुनिक तकनीकों की ओर बढ़ रहा है। इसी क्रम में अनेक देशों में अन्य युद्ध प्रणालियों के साथ-साथ विभिन्न प्रकार की मिसाइलों का विकास किया जा रहा है, जो भिन्न-भिन्न तकनीकों व विनिर्देशों (Characteristics) पर आधारित हैं। किंतु सभी युद्ध प्रणालियों के विकास का मूल उद्देश्य सटीकता व शत्रु को अधिकतम क्षति पहुँचाना ही होता है।

मिसाइलों के संदर्भ में, किसी लक्ष्य को अधिकतम क्षति तब पहुँचती है जब वॉरहेड का विस्फोट उस लक्ष्य से एक इष्टतम (Optimum) दूरी पर किया जाए। यह इष्टतम दूरी लक्ष्य तथा वॉरहेड के अभिलक्षणों पर निर्भर करती है।

समीपता (Proximity) फ्यूज एक ऐसा उपकरण है जो लक्ष्य की समीपता का पता लगाकर वॉरहेड को इष्टतम दूरी पर विस्फोट करता है। यह परिदृश्य मिसाइलों के परिप्रेक्ष्य में और अधिक जटिल हो जाता है, मुख्य रुप से हवाई लक्ष्यों के लिए, जहाँ लक्ष्य की गतिशीलता (Maneuverability) बहुत अधिक होती है। मिसाइल और लक्ष्य की जटिल गतिकी (Complex Kinematics) के कारण लक्ष्य को प्रत्यक्ष संघात (Direct impact) से नष्ट करना लगभग असम्भव होता है। ऐसी स्थिति में लक्ष्य को मिसाइल के समीपता में खोजने तथा वॉरहेड को एक उचित दूरी पर विस्फोट करने में प्रॉक्सिमिटी फ्यूज एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है, ताकि लक्ष्य को मार गिराने की सम्भावना अधिकतम हो। आधुनिक मिसाइलों के लिए लेजर प्रॉक्सिमिटी फ्यूज एक अति महत्वपूर्ण उपकरण है क्योंकि लेजर के द्वारा परास मापन अधिक परिशुद्धता के साथ किया जा सकता है तथा इसे प्रत्युपाय (Counter measure) में बाधित नहीं किया जा सकता है।

एंड गेम एल्गोरिद्म का प्रयोग लेजर प्रॉक्सिमिटी फ्यूज (LPF) को स्मार्ट फ्यूज में बदल देता है क्योंकि यह लक्ष्य तथा मिसाइल की सापेक्ष गतिकी (Relative kinematics) और लक्ष्य की स्थिति के आधार पर निर्णय लेता है। इस प्रकार लेजर आधारित एंड गेम फ्यूज लक्ष्य को उसकी गतिशीलता की सभी स्थितियों में मार गिराने में सक्षम होता है।

परिचय

द्वितीय विश्वयुद्ध के दौरान ब्रिटेन और अमेरिका के वैज्ञानिकों ने रेडियो आवृत्ति पर आधारित प्रॉक्सिमिटी फ्यूज (RPF) का विकास किया। ये फ्यूज वैक्यूम ट्यूब आधारित इलेक्ट्रॉनिकी का प्रयोग करके तोप अनुप्रयोगों के लिये अभिकल्पित किए गये थे।

भारत में सन् 1966-1975 के दौरान रेडियो प्रॉक्सिमिटी फ्यूज पर कार्य आरम्भ हुआ जिसे 25 pound स्मोक शेल के साथ PXE चांदीपुर में सफलतापूर्वक प्रदर्शित किया गया। इसके बाद के वर्षों में RPF की तकनीक इसके अनेक प्रकारों के साथ परिपक्व होती गयी तथा वर्तमान समय में कई क्षेत्रों में प्रयोग में लाई जाती है। हालांकि पार्श्व लोब (Side lobe) तथा ग्लिंट नॉइस प्रभाव के कारण रेडियो आवृत्तियों की कुछ सीमाएँ भी हैं।

अर्धचालक (Semiconductor) लेजर डायोड, एवलांच फोटोडायोड, पिन फोटोडिटेक्टर आदि तकनीकों के विकास के साथ विश्व अब RPF के बजाय LPF पर अपना ध्यान केंद्रित कर रहा है। लेजर के गुणों, जैसे- दिशात्मकता (Directionality), उच्च ऊर्जा तथा पल्स मोड में स्वतः मॉडुलन के कारण यह प्रॉक्सिमिटी सेंसरों के रूप में आसानी से प्रयोग किए जा सकते हैं। सम्पूर्ण विश्व में लेजर प्रॉक्सिमिटी फ्यूज व इसके द्वारा डिटेक्शन की प्रक्रिया के सम्बंध में बहुत बड़ी संख्या में कार्य किए गए हैं।

इस शोधपत्र में एंड गेम एल्गोरिद्म के साथ लेजर प्रॉक्सिमिटी फ्यूज की कार्यपद्धति को प्रस्तुत किया गया है।

कार्य सिद्धांत

लेजर आधारित एंड गेम फ्यूज का अभिकल्पन Time of flight method अर्थात प्रकाश के समयांतराल मापन के सिद्धांत पर किया जाता है। इस विधि में नैनो सेकेंड की लेजर स्पंद (Pulse) को लक्ष्य की ओर भेजा जाता है तथा लक्ष्य से परावर्तित स्पंद रिसीवर द्वारा ग्रहण किया जाता है। स्पंद के ट्रांसमिट होने से रिसीव होने तक के समयांतराल का मापन करके इसे प्रकाश की गति से गुणा किया जाता है। यह गुणन फ्यूज से लक्ष्य की दूरी को प्रदर्शित करता है। दूरी मापन का आंकलन करने के लिये अधोलिखित समीकरण का प्रयोग किया जाता है:

$$d = c * (\Delta t/2)$$

जहाँ: d = अल्टीमीटर व लक्ष्य के बीच की दूरी (मीटर)

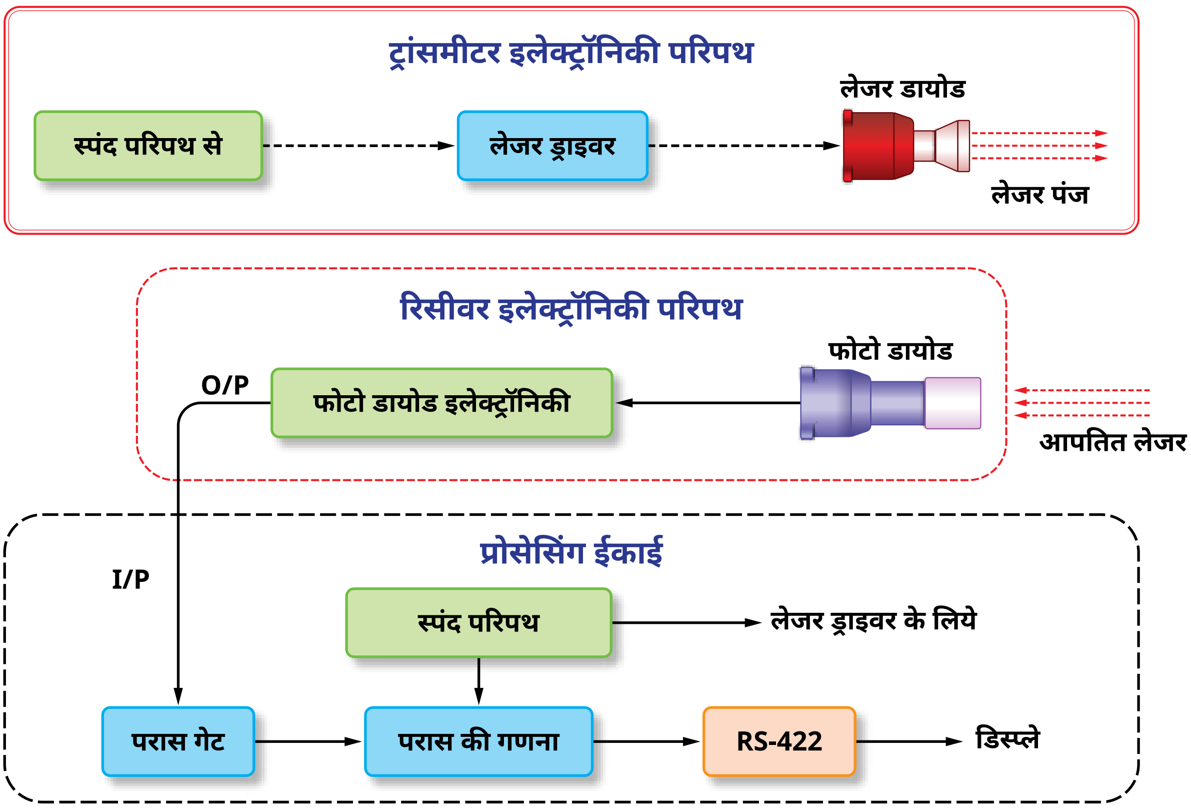
c = प्रकाश की गति (3x108 मीटर/सेकेंड)

Δt = समयांतराल (सेकेण्ड)

कार्य प्रणाली

लेजर आधारित एंड गेम फ्यूज की सम्पूर्ण कार्यप्रणाली मुख्यतः चार घटकों पर निर्भर करती है। (i) ट्रॉसमीटर मॉड्यूल (ii) रिसीवर मॉड्यूल (iii) एंड गेम प्रोसेसिंग मॉड्यूल (iv) प्रकाशिकी-यांत्रिक विन्यास (Opto-mechanical configuration) प्रत्येक घटक व उनके उपघटकों का वर्णन निम्नलिखित है:

1. **ट्रांसमीटर मॉड्यूल:** ट्रांसमीटर मॉड्यूल इच्छित लेजर स्पंद का उत्पादन करता है जिसे वातावरण के माध्यम से लक्ष्य की ओर भेजा जाता है। ये लेजर स्पंद लक्ष्य से टकराकर परावर्तित होते हैं, जिन्हें रिसीवर पर ग्रहण किया जाता है। यह मॉड्यूल मुख्यतः लेजर डायोड एवं तदनुसार लेजर ड्राइविंग परिपथ से मिलकर बना हुआ है। ट्रांसमीटर परिपथ का प्राथमिक घटक है–लेजर डायोड। लेजर डायोड पल्स मॉडुलन परिपथ की सहायता से मॉडुलित किया जाता है। यह एक विद्युत धारा चालित प्रकाशिकी–इलेक्ट्रॉनिकी अवयव (Current driven opto-electronic component) है, जिसे लेजिंग के लिए एक निश्चित न्यूनतम विद्युत धारा (minimum threshold current) की आवश्यकता होती है। लेजर की शक्ति (power) लेजर डायोड में प्रवाहित विद्युत धारा (threshold मान से अधिक) के समानुपातिक (proportional) होती है। अतः इसकी कल्पना एक ऐसे LCR परिपथ के रूप में की जा सकती है जो एक निश्चित चौड़ाई की स्पंद तथा निश्चित स्पंद पुनरावृत्ति (PRF) वाले स्पंद जेनेरेटर के द्वारा नियंत्रित की जाती हो। इस परिपथ में लेजर डायोड एक R-L संयोजन की भाँति व्यवहार करता है, जिसकी प्रतिरोधकता लगभग 0.5Ω तथा प्रेरकता 5nH-15nH होती है। LCR विन्यास को पूर्ण करने हेतु इस परिपथ में एक आवेशन संधारित्र (charging capacitor) लगाया जाता है। एक इलेक्ट्रॉनिक स्विच (ट्रांजिस्टर अथवा MOSFET परिपथ) भी संयोजित किया जाता है जिसे PRF जेनेरेटर की सहायता से नियंत्रित करते हैं। PRF जेनेरेटर के OFF रहने के दौरान संधारित्र आवेशित (charge) होता है तथा ON रहने के दौरान लेजर डायोड के माध्यम से अनावेशित (discharge) होता है। इस प्रकार लेजर डायोड PRF जेनेरेटर के अनुसार पल्स मोड में लेजर का उत्पादन करता है। उत्पादित लेजर पल्स की चौड़ाई आवेशन संधारित्र के मान पर तथा राईज टाईम L-R संयोजन पर निर्भर करता है। लेजर पावर का उच्चतम मान संधारित्र के अनावेशन धारा के उच्चतम मान के समानुपाती होता है।



चित्र 1: लेजर आधारित एंड गेम फ्यूज की कार्यप्रणाली

2. **रिसीवर मॉड्यूल:** रिसीवर मॉड्यूल का कार्य, सभी प्रतिकूल परिस्थितियों के होते हुए भी, लक्ष्य से परावर्तित लेजर स्पंदों को ग्रहण करके उनको विद्युत स्पंदों में परिवर्तित करना है। रिसीवर मॉड्यूल के मुख्य घटक हैं–प्रकाशिकी, फ्रंट एंड इलेक्ट्रॉनिकी एवं प्रोसेसिंग इलेक्ट्रॉनिकी। प्रकाशिकी का अभिकल्पन ग्रहण किए गए सिगनल को रिसीवर पर केंद्रित करने के लिए किया गया है। लेजर डायोड के द्वारा उत्सर्जित ऑप्टिकल-बैंड के अतिरिक्त अन्य अवांछित प्रकाशीय संकेतों को अलग करने के लिये प्रकाशीय फिल्टर का प्रयोग किया जाता है। इन अवांछित संकेतों के साथ रव (Noise) की भाँति व्यवहार किया जाता है तथा रिसीवर अभिकल्पन के दौरान इनका शमन (mitigation) किया जाता है। फिल्टर बैंड्विड्थ का चयन लेजर डायोड के केंद्रीय तरंगदैर्ध्य, जो कि लेजर डायोड के परिचालन (operating) तापमान के कारण परिवर्तित होता है, पर निर्भर करता है। अतः प्रकाशीय फिल्टर के विवेकसम्मत चयन के लिए हथियार के परिचालन तापमान तथा फ्रंट एंड इलेक्टॉनिकी में रिसीवर के वृहद FOV के कारण उपयोग की गयी रव शमन तकनीकी को ध्यान में रखना आवश्यक है। अर्धचालक लेजर डायोड का केंद्रीय तरंगदैर्ध्य से विचलन 0.2-0.3 nm/°C तक होता है। सामान्यतः हथियारों का वातावरणीय परिचालन तापमान -30° से 70° तक होता है, अतः कुल परिचालन तापमान परास 100°C होगा। इस स्थिति में केंद्रीय तरंगदैर्ध्य विचलन 20-30nm होगाl इस प्रकार सुरक्षा हाशिया के साथ फिल्टर तरंगदैर्ध्य बैंड का इष्टतम मान 30-40nm होगा। इसके अतिरिक्त यह कारक शक्तिशाली पृष्ठभूमि विकिरण (strong background radiation) (सोलर विकिरण) की उपस्थिति में रिसीवर के FOV के कारण भी प्रभावित होता है। सोलर विकिरण रव घटक की भाँति व्यवहार करता है तथा इसकी उपस्थिति सिग्नल-रव अनुपात (SNR) को बहुत अधिक प्रभावित करती है। SNR उपकरण की detection probability से सम्बंधित है, अतः यह उपकरण की विश्वसनीयता का सूचक भी है। पृष्ठभूमि विकिरण का एक अन्य प्रभाव उच्च धारा रेटिंग की पावर सप्लाई के अभिकल्पन में देखा जा सकता है। अधिक मात्रा में उत्पादित रव विद्युत धारा APD की बायसिंग को भी प्रभावित करती है। जब यह उच्च रव धारा बायसिंग प्रतिरोध में प्रवाहित होती है तो बायसिंग वोल्टेज ड्रॉप होता है, जिससे APD का गुणन कारक (multiplication factor) कम हो जाता है। परिणामस्वरूप APD परिपथ की संवेदनशीलता कम हो जाती है।

फ्रंट एंड इलेक्ट्रॉनिकी का अभिकल्पन शक्तिशाली पृष्ठभूमि विकिरण की उपस्थिति में कम सिग्नल को डिटेक्ट करने के लिए किया गया है। इस परिपथ में APD एक विद्युत धारा स्रोत की भाँति कार्य करता है, अतः इस परिपथ का प्रथम अवयव current to voltage convertor या ट्रांस-इम्पिडेंस एम्प्लिफायर है। APD ट्रांस-इम्पिडेंस एम्प्लिफायर के इनपुट में ऑसिलेशन उत्पन्न करती है, अतः अनुकूल फीडबैक संधारित्र व प्रतिरोधक के द्वारा इसका रोकथाम एक जटिल कार्य है। इस वोल्टेज को और अधिक एम्प्लिफाई करके प्रोसेसिंग के लिए अंततः डिजिटल सिग्नल में परिवर्तित किया जाता हैl इस डिजिटल सिग्नल की प्रोसेसिंग, प्रेषित स्पंद के संदर्भ में, FPGA में की जाती है। PRF जेनेरेटर भी FPGA में ही बनाया जाता है ताकि ट्रांसमीटर और रिसीवर के क्लॉक आपस में समान कला में हों। लक्ष्य का डिटेक्शन एवं परास की गणना FPGA में की जाती है। ये सूचनाएँ RS-422 संचार के माध्यम से एंड गेम प्रोसेसर को प्रेषित की जाती हैं।

3. **एंड गेम प्रोसेसिंग यूनिट:** एंड गेम प्रोसेसिंग यूनिट को फ्यूज का दिमाग भी कह सकते हैं, क्योंकि यह गतिशीलता की समस्त सम्भव परिस्थितियों में लक्ष्य को मार गिराने के लिये विवेकसम्मत निर्णय लेता है। लक्ष्य का इंगेजमेंट लक्ष्य के वेग, वॉरहेड वाहक (मिसाइल) के वेग, फ्रेगमेंट के वेग तथा इंगेजमेंट ज्यामिती पर निर्भर करता है। लक्ष्य

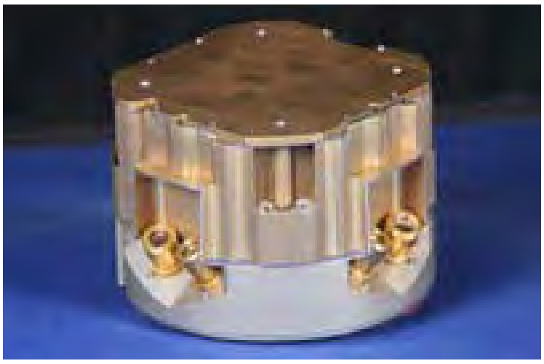
की इंगेजमेंट ज्यामिती, प्रकाशिकी-यांत्रिक विन्यास (Opto-mechanical configuration) तथा प्रॉक्सिमिटी फ्यूज के द्वारा परास मापन से प्राप्त की जाती है। लक्ष्य एवं मिसाइल का सापेक्ष वेग एक अति परिवर्तनशील राशि है। यह राशि ऑन बोर्ड कम्प्यूटर (OBC) के द्वारा की गयी गणना से प्राप्त की जाती है। मिसाइल का वेग, एटिट्यूड कोण, आस्पेक्ट कोण, प्रॉक्सिमिटी फ्यूज के द्वारा लक्ष्य का परास मापन तथा इन सभी अवयवों के अनुरूप टाईम डिले का प्रयोग करके लक्ष्य के इंगेजमेंट की सभी परिस्थितियों के लिए, प्रॉक्सिमिटी फ्यूज के द्वारा लक्ष्य के डिटेक्शन के बाद वॉरहेड के विस्फोट के लिए अनुकूल टाईम डिले का चयन किया जाता है, ताकि सभी सम्भव परिस्थितियों में लक्ष्य को मार गिराया जा सके।

यांत्रिक अभिकल्पन एवं परिणाम

उपरोक्त सिद्धांत के आधार पर उपकरण का अभिकल्पन किया गया। यह उपकरण 1000 स्पंदों में से 1 गलत स्पंद (false pulse) के फाल्स अलार्म दर, 1 किमी. की दृश्यता (खराब दृश्यता), 0.5 माइक्रोवॉट पृष्ठभूमि विकिरण व आवश्यक स्पंद चौड़ाई तथा 20 मी. की परिचालन परास के लिये अभिकल्पित किया गया है। इसके लिए शक्तिशाली स्पंद लेजर डायोड तथा एवलांच फोटो डायोड का उपयोग किया गया है। फोटो डायोड 45 एम्पियर/वॉट की दर से विद्युत धारा उत्पन्न करने की क्षमता से कार्य करता है। इसमें स्पार्टन-6 FPGA का उपयोग प्रोसेसिंग यूनिट के रूप में किया गया है।

परिपथ में लेजर डायोड के लीड प्रेरकत्व की उपस्थिति स्पंद अभिलक्षणों के सम्बंध में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। विद्युत धारा का अधिकतम मान, स्पंद की चौड़ाई तथा राईज टाईम तदनुसार परिपथ में L, C और R के मान पर निर्भर करते हैं। परिपथ की आवश्यक परिचालन वोल्टता भी परिपथ के प्रेरकत्व पर निर्भर करती है।

इस उपकरण में लेजर डायोड व एवलांच फोटोडायोड, उनके अनुरूप इलेक्ट्रॉनिकी के साथ प्रकाशिकी-यांत्रिक विन्यास (Opto-mechanical configuration) में इस प्रकार व्यवस्थित किये गये हैं कि मिसाइल के x-अक्ष पर आगे की ओर एक प्रकाशीय (लेजर) शंकु प्राप्त किया जा सके। प्रकाशिकी-यंत्रिक विन्यास के साथ एक पूर्ण उपकरण चित्र सं. 2 में दिखाया गया है। इस विन्यास की सहायता से प्राप्त लेजर के प्रकाशीय शंकु का अनुप्रस्थ काट, जो CCD कैमरा के द्वारा स्क्रीन पर लिया गया है, चित्र सं. 3 में प्रदर्शित है।



चित्र 2: लेजर आधारित एंड गेम फ्यूज

चित्र 3: प्रकाशीय शंकु का अनुप्रस्थ काट

इस उपकरण में कई लेजर डायोड (ट्रांसमीटर) ड्राइवर इलेक्ट्रॉनिकी के साथ एकीकृत (Integrate) किये गये हैं। तदनुसार, फोकस करने वाली प्रकाशिकी व डिटेक्शन इलेक्ट्रॉनिकी के साथ कई डिटेक्टर लगाए गये हैं।

उपसंहार (Conclusion):

गणितीय मॉडल से प्राप्त सिस्टम पैरामीटर्स का प्रयोग प्रॉक्सिमिटी फ्यूज के विकास में किया गया है। हालांकि गणितीय मॉडल से प्राप्त पैरामीटर्स को पूर्णतया उपकरण में न परिवर्तित करके, उपकरण के विकास के समय कुछ बारीक समंजन (Fine tuning) किये गये हैं। किंतु मॉडल आउटपुट के द्वारा उपकरण के घटकों के व्यवहार को समझने में सहायता मिलती है। इस अध्ययन में गणितीय मॉडल की सहायता से स्पंद अभिलक्षणों पर L,C तथा R के प्रभाव और पावर सप्लाई की आवश्यकताओं पर कार्य किया गया, जिसका उपयोग उच्च PRF पर इच्छित उच्च ऊर्जा लेजर स्पंद के उत्पादन में किया गया है। इसी प्रकार, रिसीवर की वृहद् FOV की उपस्थिति में कम सिग्नल के डिटेक्शन पर पृष्ठभूमि सोलर विकिरण तथा मौसम के प्रभावों का उपयोग रिसीवर के फ्रंट एंड इलेक्ट्रॉनिकी के विकास में किया गया है। हालांकि उपकरण के आउटपुट सांख्यिकी (statistics) के आधार पर गणितीय मॉडल में और अधिक सुधार की आवश्यकता है ताकि भविष्य में उपकरण का विकास बिना अधिक बारीक समंजन के किया जा सके।

आभार

लेखक इस कार्य के लिये डॉ. अजय कुमार, वैज्ञानिक "एच", निदेशक यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान के निर्देशन तथा महत्वपूर्ण सुझावों के लिये उनका आभार व्यक्त करते हैं। इसके अतिरिक्त फ्यूज अभिकल्पन केंद्र की सम्पूर्ण अभिकल्पन टीम, प्रकाशिकी केंद्र, यांत्रिकी केंद्र तथा सभी अनुभागों के सहयोग के लिये उनका आभार व्यक्त करते हैं।

संदर्भ

1] V K Arora, "Proximity Fuzes Theory and Techniques" डीआरडीओ Monographs, p 1-10 and 206-209, 2010.

2] Chenbigling, Zhanghe and Jitiegang, "The Design of LD Driving Circuit in Laser Proximity Fuse System Based on Double Range Gate Detection", 11th IEEE Symposium on Electronics Devices For Microwave and Optoelectronics Applications, 2003.

3] Girish Semwal, Krishna Murari, Punit Vashisth and Praveen Kumar, "Effect of Background Radiation on Laser Receiver having Large Field of View", ICOL, 2019.

4] SUN Chun-Sheng, QIN Shi-Qiao, WANG Xing-Shu and ZHU Dong-Hua, "Optimal Design of APD Biasing Circuit", Optoelectronics Letter, Vol.3, No.3, May 2007.

5] Zhihui SUN and Jiahao DENG, "Pulsed Laser Ranging Techniques Based on Digital Signal Processing Method for Automobiles Anti-collision Application", Proc. of SPIE, Vol. 7160,716023, 2009.

6] I. I. Kim, B. McArthur and E. Korevaar, "Comparison of Laser Beam Propagation at 785nm and 1550 nm in Fog and Haze for Optical Wireless Communication " Proc. of SPIE, Vol. 4214, 2001.

✦✦✦

रिफ्लेक्टर फ़ीड हॉर्न एंटीना

अमलेश कुमार सिंह

इलेक्ट्रॉनिक्स तथा रेडार विकास स्थापना (एलआरडीई), बेंगलुरु

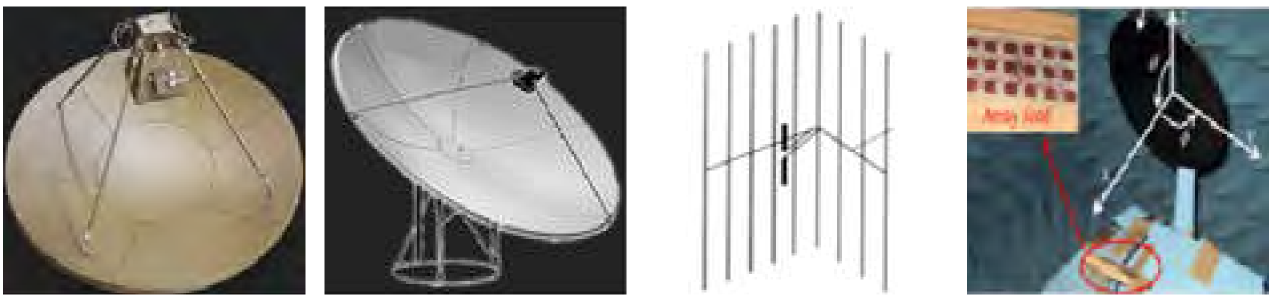
amlesh.kumar.lrde@gov.in

सार

इस लेख में, परवलयिक परावर्तक (पैराबोलिक रिफ्लेक्टर) को फीड के लिए पिरामिडल हॉर्न एवं कोनिकल हॉर्न एंटीना का वर्णन किया गया है। माइक्रोवेव अनुप्रयोगों में परवलयिक परावर्तक का व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है। इस परियोजना का प्रमुख लक्ष्य परवलयिक परावर्तक के फीड के लिए हॉर्न एंटीना का ***डिज़ाइन और विश्लेषण*** *संबंधित समग्र लाभ -3dB, बीम की चौड़ाई (बीमविड्थ), साइड लोब स्तर, शून्य गहराई और ध्रुवीकरण के कई पहलुओं का अवलोकन करना है।*

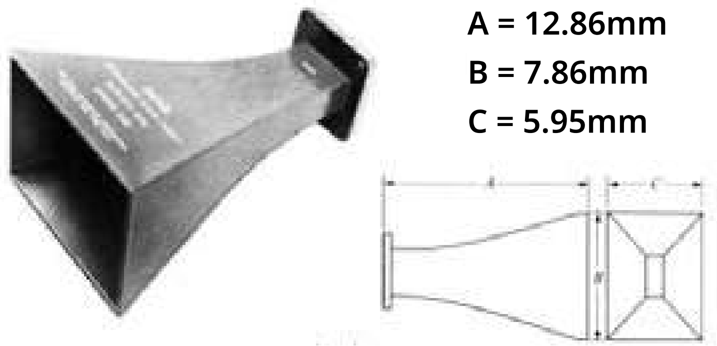
परिचय

रेडियो, खगोलविज्ञान, माइक्रोवेव संचार और उपग्रह ट्रैकिंग में रिफ्लेक्टर एंटीना बहुत उपयोगी होता है। टेलीविजन रिसीवर के रूप में अधिक उपयोग के कारण रिफ्लेक्टर एंटीना घरेलू शब्द बन गया है। माइक्रोवेव एंटीना का सबसे मूल्यवान हिस्सा फ़ीड सिस्टम होता है। फीड के साथ विभिन्न प्रकार के रिफ्लेक्टर एंटीना चित्र-1 में दिखाए गए हैं।



चित्र 1: विभिन्न प्रकार के फीड के साथ रिफ्लेक्टर एंटीना

रिफ्लेक्टर फ़ीड के लिए सबसे सामान्य हॉर्न एंटीना है। इसके अलावा, रिफ्लेक्टर फ़ीड के लिए हॉर्न एंटीना में पिरामिडनुमा और शंक्वाकार आकृतियाँ अधिक सामान्य हैं। सबसे व्यापक रूप में इस्तेमाल किया जाने वाला हॉर्न वह है जो दोनों दिशाओं में उभरा (flared) हुआ होता है, इसे व्यापक रूप से पिरामिड हॉर्न के रूप में जाना जाता है। शंक्वाकार हॉर्न एक बहुत ही व्यावहारिक माइक्रोवेव एंटीना है। पिरामिडनुमा, ई और एच प्लेन सेक्टोरल हॉर्न आमतौर पर आयताकार वेवगाइड द्वारा पोषित होते हैं, जबकि शंक्वाकार हॉर्न की फ़ीड अक्सर एक गोलाकार वेवगाइड होती है।



चित्र 2: वाणिज्यिक एक्स-बैंड (8.2-12.4 GHz) हॉर्न

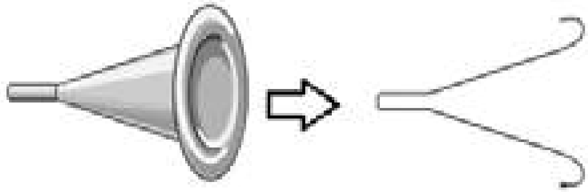
एक वाणिज्यिक एक्स-बैंड (8.2-12.4 GHz) हॉर्न चित्र-2 में दिखाया गया है। यह एक हल्का सटीक हॉर्न एंटीना है, जो आमतौर पर एल्यूमीनियम से बना होता है, और इसका उपयोग, किसी एक के रूप में किया जा सकता है,

1. अन्य एंटीना को कैलिब्रेट करने के लिए मानक
2. रिफ्लेक्टर और लेंस के लिए फ़ीड
3. नमूना शक्ति के लिए पिकअप (जांच) हॉर्न
4. रिसीवर/ट्रांसमीटर एंटीना।

यह एक घातीय (एक्स्पोनेंशियल) टेपर है, और इसके आयाम और विशिष्ट लाभ विशेषताओं को चित्र में दर्शाया गया है। ई- और एच-प्लेन दोनों में अर्ध-शक्ति बीमविड्थ लगभग 280 है, जबकि ई और एच प्लेन में साइड लोब क्रमशः 13 और 20 dB से नीचे हैं।

चित्र 3: कोरोगेटेड हॉर्न (क) पिरामिडनुमा, (ख) शंक्वाकार

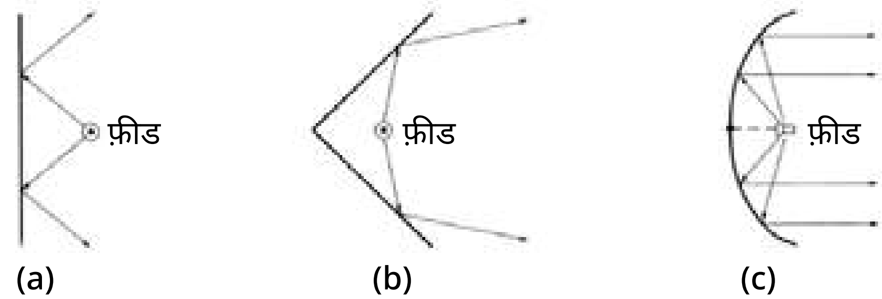
1960 के दशक में हॉर्न एंटीना अनुसंधान पर बड़ा जोर दिया गया; स्पिल ओवर दक्षता और क्रॉस-ध्रुवीकरण हानि को कम करने, रेडियो खगोल विज्ञान और उपग्रह संचार में उपयोग किए जाने वाले बड़े रिफ्लेक्टरों की एपर्चर दक्षता को बढ़ाने की आवश्यकता से प्रेरित था। 1970 के दशक में, माइक्रोवेव रेडियोमेट्री में उच्च दक्षता और घूर्णीरूप (रोटेशनल) से सममित (सिमेट्रिक) एंटीना की आवश्यकता थी। पारंपरिक फ़ीड के एपर्चर दक्षता से कोरोगेटेड हॉर्न फ़ीड की दक्षता को बेहतर किया जा सकता है। ई और एच प्लेन दीवार में नालियों, एक कोरोगेटेड पिरामिडनुमा हॉर्न, चित्र-3 (क) में दिखाया गया है। चूंकि एच-तल पर विवर्तन न्यूनतम होता हैं, इसलिए आमतौर पर उस तल की दीवारों पर गलियारे नहीं लगाए जाते हैं। एक कोरोगेटेड शंक्वाकार हॉर्न की तस्वीर जिसे अक्सर अदिशहॉर्न कहा जाता है, चित्र-3 (ख) में दिखाया गया है। इस प्रकार के हॉर्न का उपयोग व्यापक रूप से रिफ्लेक्टर एंटीना के फ़ीड के रूप में किया जाता है।



चित्र 4: एपर्चर-मिलान हॉर्न

एपर्चर मिलान हॉर्न-एक हॉर्न जो सामान्य हॉर्न (पैटर्न, प्रतिबाधा और आवृत्ति विशेषताओं के संदर्भ में) की तुलना में काफी बेहतर प्रदर्शन प्रदान करता है, चित्र-4 में दिखाया गया है, जिसे एपर्चर-मिलान वाले हॉर्न के रूप में जाना जाता है। साधारण (पारंपरिक) हॉर्न में मुख्य संशोधन, जिसे हम यहां नियंत्रण हॉर्न के रूप में संदर्भित करते हैं, में एपर्चर किनारों के बाहर घुमावदार-सतह अनुभागों को जोड़ना शामिल है, जो तेज किनारों पर होने वाले विवर्तन को कम करता है, और हॉर्न मोड और फ्री-स्पेस रेडिएशन के बीच सुचारू मिलान अनुभाग प्रदान करता है। कोरोगेटेड हॉर्न के विपरीत, जो जटिल और महंगा है और आपतित (इन्सिडेन्स) क्षेत्र को कम करके एपर्चर के किनारों पर विवर्तन को कम करता है, एपर्चर मिलान वाला हॉर्न संरचना को संशोधित करके विवर्तन को कम करता है (आकार, वजन, बैंडविड्थ और लागत का त्याग किए बिना) ताकि विवर्तन गुणांक न्यूनतम हो जाए।

हालाँकि रिफ्लेक्टर एंटीना कई ज्यामितीय विन्यास लेते हैं, कुछ सबसे लोकप्रिय आकार समतल, कोण और घुमावदार रिफ्लेक्टर हैं, जैसा कि चित्र-4 में दिखाया गया है।



चित्र 4: रिफ्लेक्टर (a) समतल, (b) कोण (C) पैराबोलॉइड

घुमावदार आकार के परावर्तक, विशेष रूप से पैराबोलॉइड, मुख्य रूप से आरएफ और माइक्रोवेव अनुप्रयोगों के लिए उपयोग किए जाते हैं। एक परवलयिक परावर्तक दो अलग-अलग रूप ले सकता है। एक विन्यास परवलयिक दाएं सिलेंडर का है, जिसकी ऊर्जा परावर्तक के केंद्र बिंदु के माध्यम से सिलेंडर की धुरी के समानांतर एक रेखा पर एकत्रित होती है। इस प्रकार के रिफ्लेक्टर के लिए सबसे व्यापक रूप से उपयोग किया जाने वाला फ़ीड एक रैखिक द्विध्रुवीय, एक रैखिक सरणी, या एक स्लॉटेड वेवगाइड है, जैसा कि चित्र-1(c) में दिखाया गया है। अन्य परावर्तक विन्यास परवलय को उसकी धुरी के चारों ओर घुमाने से बनता है, और इसे पैराबोलॉइड कहा जाता है। इस व्यवस्था के लिए फ़ीड के रूप में पिरामिडनुमा या शंक्वाकार हॉर्न का व्यापक रूप से उपयोग किया गया है।

फ़ीड हॉर्न एंटीना का डिज़ाइन

1. सिद्धांत और डिजाइन

ट्रैकिंग रेडार प्रणाली की कार्यात्मक आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए प्राइम फोकस पैराबॉलिक रिफ्लेक्टर एंटीना का सबसे पहले अध्ययन और विश्लेषण किया गया था। चूंकि प्राइम फोकस पैराबॉलिक रिफ्लेक्टर एंटीना सबसे लोकप्रिय रिफ्लेक्टर एंटीना कॉन्फ़िगरेशन में से एक हैं, इसलिए सिंगल-फीड हॉर्न (फिक्स्ड फेज़ सेंटर) द्वारा प्रकाशित प्राइम फोकस फेड पैराबॉलिक रिफ्लेक्टर एंटीना की विकिरण विशेषताओं को डिज़ाइन किया गया है।

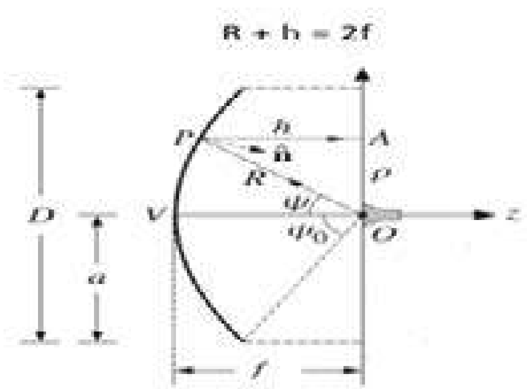
रिफ्लेक्टर एंटीना के लिए प्रमुख डिज़ाइन विनिर्देश -3dB बीम चौड़ाई, समग्र लाभ, साइड लोब स्तर, शून्य गहराई और ध्रुवीकरण हैं। रिफ्लेक्टर एंटीना के लिए फ़ीड को डिज़ाइन करने के लिए अनुपात प्रमुख पैरामीटर है। f/D अनुपात निर्धारित करता है:

ए) परावर्तक आकार
बी) वॉल्यूमेट्रिक स्पेस
सी) फ़ीड स्थान और फ़ीड प्रकार
डी) एपर्चर प्रदीपन

जहाँ, f = परावर्तक की फोकल लंबाई, और
D= परावर्तक का व्यास

इन कारकों और उपलब्ध वॉल्यूमेट्रिक स्पेस के आधार पर f/D=0.7 के एंटीना को समायोजित करने पर विचार किया है।

2. परावर्तक पर अंतरित कोण



चित्र 5: सममित परवलय (अंतरित कोण)

एक सममित (क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर) परवलय पर विचार करें, जैसा कि चित्र-5 में दिखाया गया है। f/D अनुपात और अंतरित कोण के बीच का संबंध इस प्रकार दिया गया है,

$$\frac{f}{D} = \frac{1}{4}\cot\left(\frac{\psi_0}{2}\right) \quad (1)$$

जहाँ, ψ_0 = आधा अन्तरित कोण

$$\psi_0 = 2 * \tan^{-1}\left(\frac{D}{4f}\right) \quad (2)$$

समीकरण-2 में f/D=0.7 रखने पर,

$$\psi_0 = 2 * \tan^{-1}\left(\frac{D}{4f}\right) = 31°$$

कुल अंतरित कोण = $2\psi_0 = 2 * 31° = 62°$

फ़ीड हॉर्न की -10dB बीम चौड़ाई दोनों तल में परावर्तक के किनारों पर फ़ीड बिंदु द्वारा कुल अंतरित कोण के बराबर होनी चाहिए क्योंकि परावर्तक एंटीना की पहली साइड लोब स्तर 25dB की आवश्यकता है।

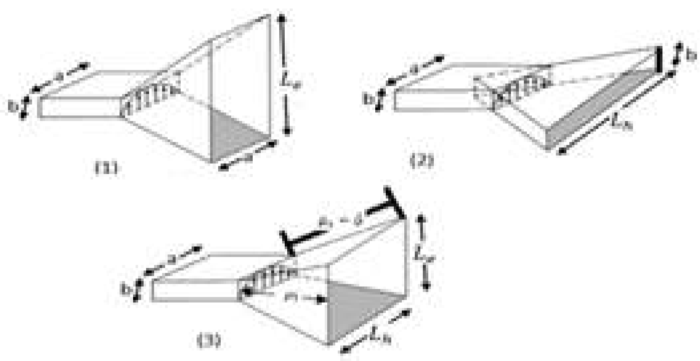
3. एच.पी.बी.डब्लू. की गणना

प्रारंभिक विकल्प के रूप में, फ़ीड के लिए वेव-गाइड हॉर्न पर विचार किया जाता है। क्षैतिज और ऊर्ध्वाधरतल में परावर्तक द्वारा फोकस पर अंतरित कोण 64° है। यह डिज़ाइन के लिए चयनित -10dB टेपर से मेल खाता है। अनुभवजन्य (Empirical) सूत्र का उपयोग करके -3dB बीम चौड़ाई की गणना -10dB बीम चौड़ाई से की जा सकती है।

$$\frac{\theta_{3dB}}{\theta_{10dB}} = \sqrt{\frac{3}{10}} \quad (3)$$

$$\theta_{3dB} = 0.5477 * 62° = 34°$$

रिफ्लेक्टर को पिरामिडल हॉर्न एंटीना द्वारा फ़ीड किया जाता है, जो ई और एच प्लेन सेक्टोरल हॉर्न एंटीना का संयोजन है।



चित्र 6: हॉर्न एंटीना (1) ई-प्लेन सेक्टोरल (2) एच-प्लेन सेक्टोरल और (3) पिरामिडल

जैसा कि चित्र-6 में दिखाया गया है, ई प्लेन सेक्टोरल एंटीना की लंबाई L_e इस प्रकार दी गई है

$$L_e = \frac{70\lambda}{\theta_{3dB}} \quad (4)$$

एच प्लेन सेक्टोरल एंटीना की लंबाई, L_h इस प्रकार दी गई है,

$$L_h = \frac{60\lambda}{\theta_{3dB}} \quad (5)$$

पिरामिड एंटीना की भौतिक लंबाई, ρ_1 इस प्रकार दी गई है,

$$\rho_1 = \frac{L^2}{8\delta} \quad (6)$$

डिज़ाइन के लिए ली गई चरण त्रुटि, $\Delta\emptyset$ उपयोग करके δ गणना की जाती है।

$$\Delta\emptyset = \frac{2\pi}{\lambda}\delta \quad (7)$$

जहाँ, $L = L_e$ or L_h

Δ = पथत्रुटि

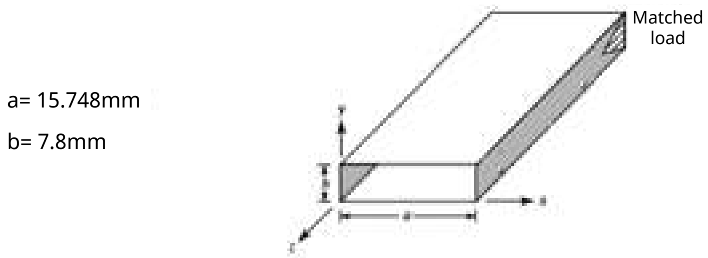
λ = डिज़ाइन तरंग दैर्ध्य,

डिज़ाइन के लिए ली गई चरण त्रुटि, $\Delta\emptyset = 60°$ है और फिर समीकरण -7 का उपयोग करके, $\delta = 3.33\ mm$ मानक Ku-बैंड आयताकार वेवगाइड (WR62) जैसा चित्र-7 में दिखाया गया है, आयाम a=15.748mm और b=7.87mm हैं। λ (डिज़ाइन तरंगदैर्ध्य) =20 mm हॉर्न एंटीना की -3dB बीमविड्थ के लिए,

$$L_e = \frac{70 * 20}{34} = 41.2mm$$

$$L_h = \frac{60 * 20}{34} = 35.3mm$$

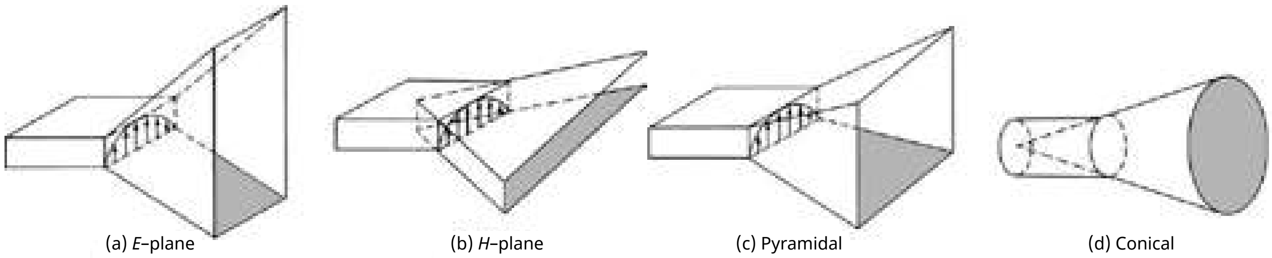
$$\rho_1 = \frac{(41.2)^2}{8 * 3.33} = 62.3mm$$



चित्र 7: मानक केयू-बैंड आयताकार वेवगाइड (W62)

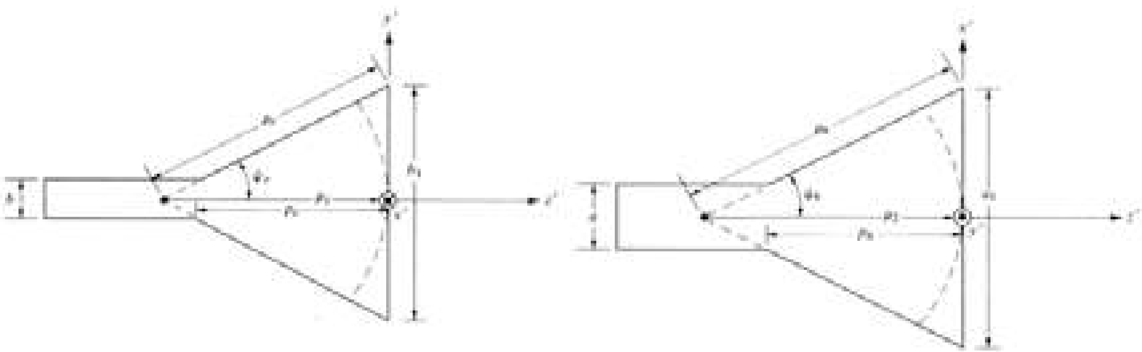
4. कोरुगेटेड हॉर्न

रेडियो खगोल विज्ञान और उपग्रह संचार में उपयोग किए जाने वाले बड़े परावर्तकों की स्पिलओवर दक्षता और क्रॉस-ध्रुवीकरण हानियों को कम करना और एपर्चर क्षमता को बढ़ाना बहुत महत्वपूर्ण है। बड़े परावर्तक एंटीना के पारंपरिक फ़ीड की एपर्चर क्षमता 50-60% की तुलना में कोरुगेटेड हॉर्न का उपयोग करके 75-80% एपर्चर क्षमता प्राप्त की जा सकती है। एपर्चर तकनीकों का उपयोग हॉर्न एंटीना के पैटर्न की गणना के लिए किया जाता है, जो केवल मुख्य लोब एवं पहले कुछ छोटे लोब के आस-पास सटीक परिणाम देता हैं। बैकलोब क्षेत्र में एंटीना पैटर्न संरचना किनारों से विवर्तन से काफी प्रभावित होती है, खासकर उन किनारों से जो हॉर्न एपर्चर पर ई फील्ड के लंबवत होते हैं। विवर्तन न केवल पीछे के लोब में बल्कि मुख्य लोब और छोटे लोब में भी अवांछनीय विकिरण का कारण बनता है। पारंपरिक हॉर्न एंटीना को चित्र-8 में दिखाया गया है।



चित्र 8: हॉर्न एंटीना (a) ई-प्लेन, (b) एच-प्लेन, (c) पिरामिडल, (d) कोनिकल

सबसे व्यापक रूप में इस्तेमाल किया जाने वाला हॉर्न वह है जो दोनों दिशाओं में उभरा होता है, जैसा कि चित्र–8 (c) में दिखाया गया है। इसे व्यापक रूप से एक पिरामिड हॉर्न के रूप में जाना जाता है, और इसकी विकिरण विशेषताएँ अनिवार्य रूप से ई- और एच-प्लेन सेक्टोरल हॉर्न का एक संयोजन हैं, जैसा कि चित्र-9 में दिखाया गया है।



चित्र 9: (1) ई-प्लेन, एवम् (2) एच-प्लेन सेक्टर

पारंपरिक पिरामिड हॉर्न के एपर्चर पर क्षेत्र वितरण को इस प्रकार लिखा जा सकता है।

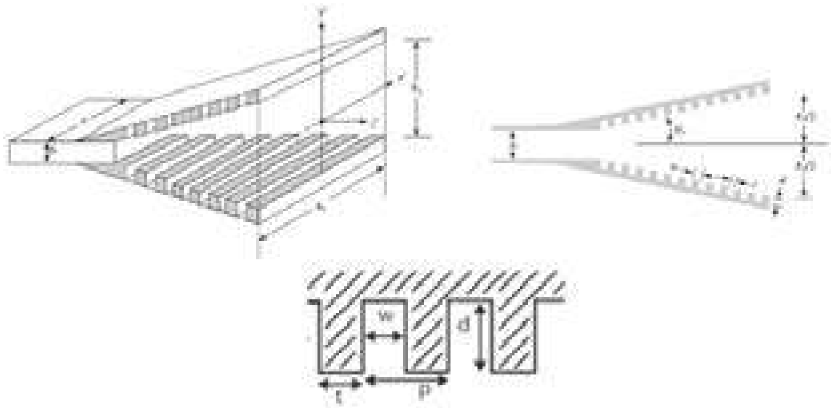
$$E_y(x',y') = E_0 \cos\left(\frac{\pi}{a_1}x'\right) e^{-j\left[k\left(\frac{x'^2}{\rho_2}+\frac{y'^2}{\rho_1}\right)/2\right]} \quad (1)$$

$$H_x'(x',y') = -\frac{E_0}{\eta}\cos\left(\frac{\pi}{a_1}x'\right)e^{-j\left[k\left(\frac{x'^2}{\rho_2}+\frac{y'^2}{\rho_1}\right)/2\right]} \qquad (2)$$

यहाँ, क्षेत्र केवल x-अक्ष के अनुदिश परिवर्तित हो रहा है।

5. कोरुगेटेड हॉर्न–सिद्धांत और विश्लेषण

हॉर्न एंटीना की दीवारों पर खांचे सभी ध्रुवीकरणों के लिए समान सीमा की स्थिति उत्पन्न करता है और सभी प्लेन में एपर्चर क्षेत्र के वितरण को कम कर देता है। सभी चार दीवारों पर समान सीमा की स्थिति के निर्माण से, एपर्चर के किनारों पर अवांछित विवर्तन समाप्त कर देता है। एक वर्गाकार एपर्चर के लिए, यह समान ई- और एच-प्लेन बीमविड्थ के साथ लगभग घूर्णी रूप से समान विकिरण पैटर्न देता है। एक कोरुगेटेड पिरामिड हॉर्न एंटीना, ई प्लेन की दीवारों में कोरुगेशन के साथ, चित्र-10 (1) में दिखाया गया है। चूंकि एच प्लेन में एपर्चर के किनारों पर विवर्तन न्यूनतम होता हैं, इसलिए आमतौर पर ई-प्लेन की दीवारों पर कोरुगेशन को रखा जाता है। कोरुगेशन को एक शंक्वाकार हॉर्न में भी रखा जा सकता है। शंक्वाकार कोरुगेटेड हॉर्न चित्र-10 (2) में दिखाया गया है।



चित्र 10: (1) कोरुगेटेड हॉर्न, (2) ई-प्लेन एवम् (3) स्लॉट्स

एक प्रभावी कोरुगेटेड सतह बनाने के लिए आमतौर पर प्रति तरंगदैर्ध्य में 10 या अधिक स्लॉट (कोरुगेशन) की आवश्यकता होती है। आमतौर पर अनंत कोरुगेटेड सतह विश्लेषण को सरल बनाने के लिए, निम्नलिखित मान्यताओं की आवश्यकता होती है:

1. कोरुगेशन के दांत गायब होने के करीब पतले होते हैं।
2. स्लॉट के आधार से प्रतिबिंब केवल टी.ईएम. मोड में होते हैं।

दूसरी धारणा संतुष्ट है बशर्ते कि कोरुगेशन की चौड़ाई फ्री-स्पेस तरंगदैर्ध्य और स्लॉट के गहराई की तुलना में छोटी हो। उपरोक्त मान्यताओं को संतुष्ट करने वाली कोरुगेटेड सतह के लिए, इसकी अनुमानित सतह प्रतिघात नीचे दिए गए समीकरण द्वारा दिया जाता है:

$$X = \frac{w}{w+t}\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}\tan(k_0 d) \qquad (3)$$

जब, $\frac{w}{w+t} \cong 1$ एवम् $t < \frac{w}{10}$

$k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0}$, आमतौर पर, $w < \frac{\lambda_0}{10}$

जहां, d – स्लॉट की गहराई,

t – दांत की चौड़ाई,

w – स्लॉट की चौड़ाई, एवम्

λ_0 – फ्री स्पेस तरंगदैर्ध्य

कोरुगेटेड सतह की सतह प्रतिघात, हॉर्न की दीवारों पर उपयोग की जाती है, सतह को दीवार पर किनारे के समानांतर स्पर्शरेखा चुंबकीय क्षेत्र को शून्य करने के लिए मजबूर करने के लिए कैपेसिटिव होना चाहिए। हॉर्न की दीवार पर उपयोग की जाने वाली कोरुगेटेड सतह की सतह प्रतिघात कैपेसिटिव होनी चाहिए, ताकि दीवार पर किनारे के समानांतर स्पर्शरेखा चुंबकीय क्षेत्र को शून्य करने के लिए मजबूर किया जा सकता है। ऐसी सतह, सतह तरंगों का समर्थन नहीं करती हैं एवम् ई-प्लेन किनारों के प्रदीपन (illumination) को रोकती हैं, इसकी वजह से विवर्तन कम हो जाता हैं। यह पूरा किया जा सकता है, यदि

$$\frac{\lambda_0}{4} < d < \frac{\lambda_0}{2}$$

आमतौर पर, $(2n+1)\frac{\lambda_0}{4} < d < (n+1)\frac{\lambda_0}{2}$ (4)

एक हॉर्न की दीवारों पर कोरुगेशन के प्रभाव के कारण ई-प्लेन में विद्युत क्षेत्र वितरण समान वितरित क्षेत्र (वेवगाइड-हॉर्न जंक्शन पर) से कोसाइन (एपर्चरपर) में संशोधित हो जाता है। माप (measurement) के माध्यम से, यह देखा गया है किस मान से कोसाइन वितरण में परिवर्तन लगभग कोरुगेशन की शुरुआत में होता है। कोरुगेटेड हॉर्न के एपर्चर पर क्षेत्र वितरण को इस प्रकार लिखा जा सकता है:

$$E_y'(x',y') = E_0 \cos\left(\frac{\pi}{a_1}x'\right)\cos\left(\frac{\pi}{b_1}y'\right)e^{-j\left[k\left(\frac{x'^2}{\rho_2}+\frac{y'^2}{\rho_1}\right)/2\right]} \quad (5)$$

$$H_x'(x',y') = -\frac{E_0}{\eta}\cos\left(\frac{\pi}{a_1}x'\right)\cos\left(\frac{\pi}{b_1}y'\right)e^{-j\left[k\left(\frac{x'^2}{\rho_2}+\frac{y'^2}{\rho_1}\right)/2\right]} \quad (6)$$

यहाँ, क्षेत्र x- और y- अक्ष दोनों के अनुदिश परिवर्तित हो रहा है।

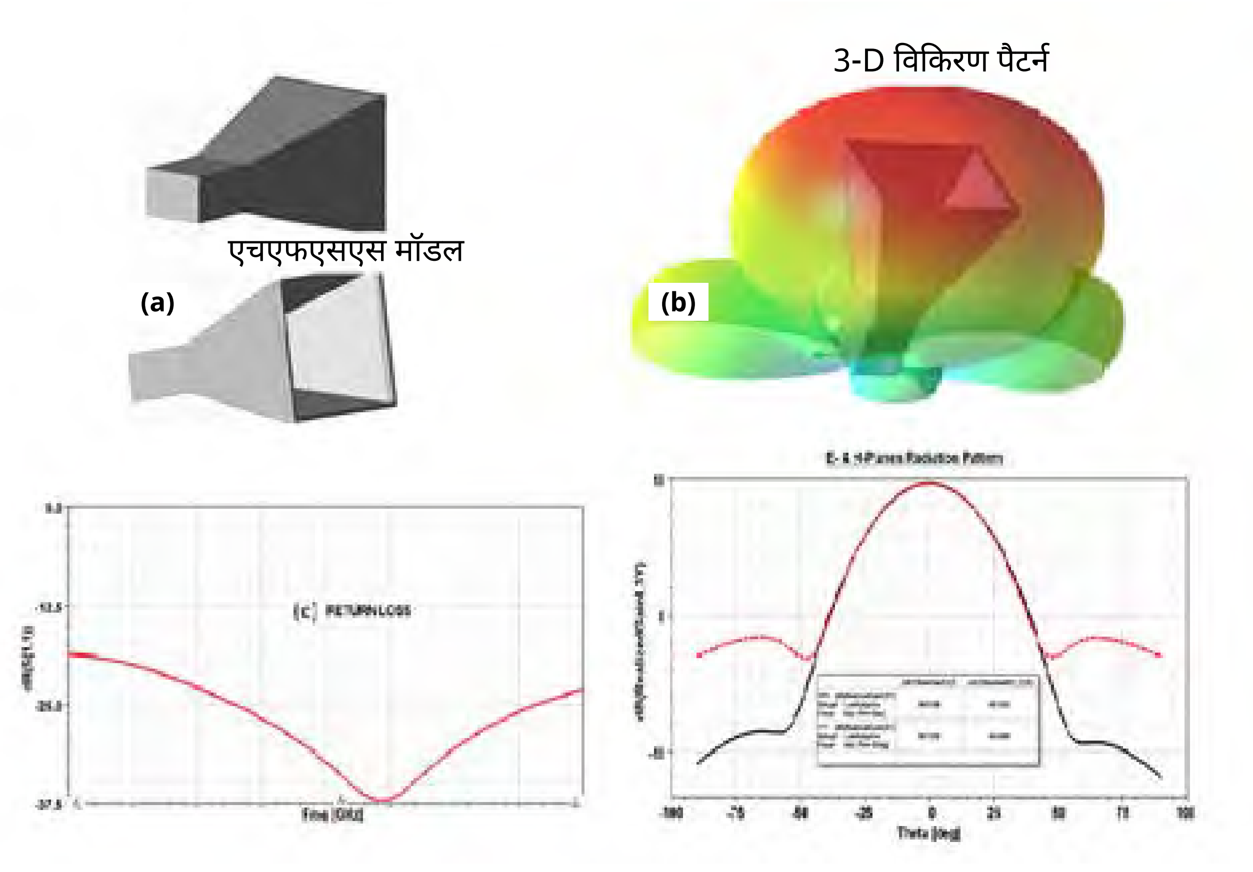
स्पष्ट है कि कोरुगेटेड हॉर्न का माइनर और बैकलोब का स्तर पारंपरिक हॉर्न की तुलना में बहुत कम है। हालांकि कोरुगेटेड हॉर्न भी छोटे कोण के लिए एक व्यापक मुख्य बीम प्रदर्शित करता है; इस प्रकार एक बड़ा 3 dB बीमविड्थ (एच.पी.बी.डब्लू.), लेकिन संकीर्ण 10dB बीमविड्थ प्राप्त किया जा सकता है। यह कोरुगेटेड हॉर्न के किनारों से विवर्तित क्षेत्रों की अनुपस्थिति के कारण हुआ है। कोरुगेटेड हॉर्न के ई और एच प्लेन पैटर्न लगभग समान हैं। इसलिए, ई-प्लेन में मुख्य बीम हॉर्न एंटीना के ज्ञात एच-प्लेन पैटर्न से प्राप्त किया जा सकता है।

6. डिज़ाइन और सिमुलेशन

एक कॉम्पैक्ट और विश्वसनीय हॉर्न बनाने के लिए वेवगाइड सबसे उपयुक्त ट्रांसमिशन लाइन है। वेवगाइड की दीवारें उत्तम विद्युत चालक (पीईसी) हैं, इसलिए बाहर से न्यूनतम हस्तक्षेप होता है। डिजाइन के आवश्यक पैरामीटर आवृत्ति, वापसी हानि (Return Loss), एंटीना लाभ (Gain), 10dB बीमविड्थ और क्रॉस ध्रुवीकरण है।

3. **पिरामिडल हॉर्न**

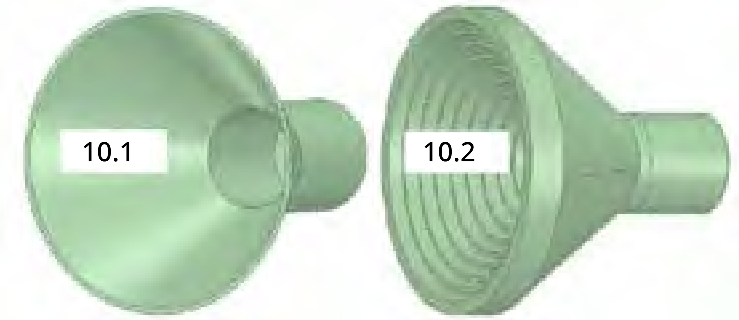
रिफ्लेक्टर को फ़ीड के लिए पिरामिडल हॉर्न एंटीना का 3-D संरचना सिम्युलेटर का उपयोग करके सिम्युलेट किया गया है। हॉर्न एंटीना का एचएफएसएस मॉडल चित्र-12 में दिखाया गया है। वेव पोर्ट का उपयोग करके एंटीना को उत्तेजित किया जाता है और सिम्युलेट किया जाता है।



चित्र 12: पिरामिडल हॉर्न एंटीना (1) एचएफएसएसमॉडल, (2) 3-D पैटर्न और (3) रिटर्नलॉस

जैसा कि चित्र-12में दिखाया गया है, हॉर्न एंटीना का सिम्युलेटेड रिटर्न लॉस (एस-पैरामीटर) वांछित आवृत्ति रेंज पर -15dB से बेहतर है। क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर तल में डिज़ाइन का आवृत्ति पर, -10dB बीम-चौड़ाई क्रमश: 64.3° और 65.1° प्राप्त हुए, जैसा कि चित्र-9 में दिखाया गया है।

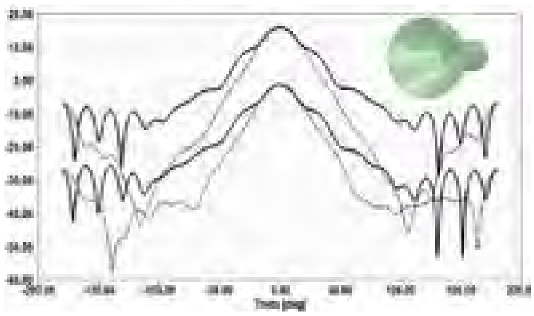
4. **कोरुगेटेड हॉर्न**



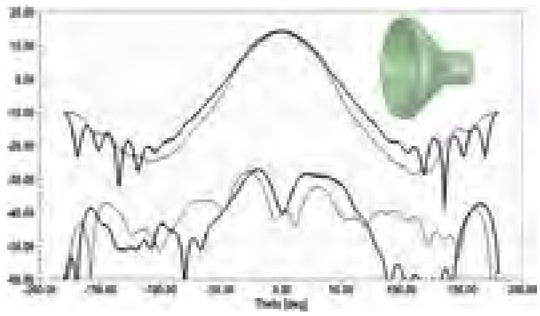
चित्र 13: (1) पारंपरिक हॉर्न, एवम् (2) कोरुगेटेड हॉर्न

पारंपरिक एवं कोरुगेटेड हॉर्न का 3-डी मॉडल, चित्र-13 में दिखाया गया है। इनपुट पोर्ट वृत्ताकार है जिसकी त्रिज्या मानक वेवगाइड WR-62 के व्यापक आयाम के बराबर है। वांछित परिणाम प्राप्त करने के लिए हॉर्न को अनुकूलित किया गया है।

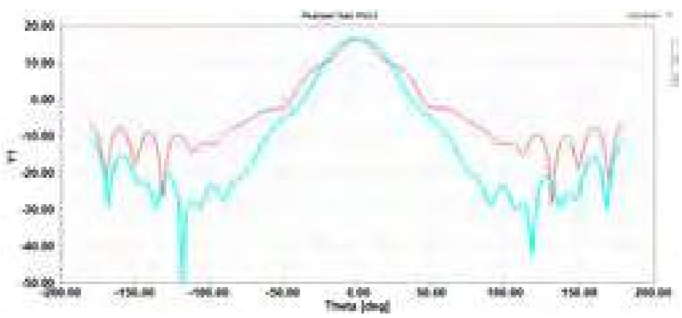
पारंपरिक शंक्वाकार हॉर्न एंटीना के विकिरण पैटर्न को चित्र-14 में दिखाया गया है। यहां क्रॉस-पोलराइजेशन 16dB के करीब है। कोरुगेटेड शंक्वाकार हॉर्न एंटीना के विकिरण पैटर्न को चित्र-15 में दिखाया गया है। यहां क्रॉस-पोलराइजेशन 40dB के करीब है। पारंपरिक और कोरुगेटेड शंक्वाकार हॉर्न के ओवरलैप किए गए विकिरण पैटर्न को चित्र-16 में दिखाया गया है। यह देखा जा सकता है कि कोरुगेटेड शंक्वाकार हॉर्न की 3-dB बीमविड्थ पारंपरिक से अधिक है, लेकिन 10dB बीमविड्थ कम है। बिंदु युक्त रेखा पारंपरिक एवं ठोस रेखा कोरुगेटेड हॉर्न के बीमविड्थ को दर्शाता है।



चित्र 14: ई-और एच-प्लेन बीमविड्थ (पारंपरिक हॉर्न)



चित्र 15: ई- और एच-प्लेन बीमविड्थ (कोरुगेटेड हॉर्न)



चित्र 16: ओवरलैप्ड विकिरण पैटर्न (पारंपरिक एवं कोरुगेटेड हॉर्न)

निष्कर्ष

रिफ्लेक्टर फ़ीड के लिए हॉर्न एंटीना में पिरामिडनुमा और शंक्वाकार आकृति अधिक सामान्य हैं। कोरुगेटेड हॉर्न सैटेलाइट फीड सिस्टम का एक बहुत ही महत्वपूर्ण हिस्सा है। कोरुगेटेड हॉर्न का माइनर और बैकलोब का स्तर पारंपरिक हॉर्न की तुलना में 30dB काफी कम है। यह कोरुगेटेड हॉर्न के किनारों से विवर्तित क्षेत्रों की अनुपस्थिति के कारण हुआ है। कोरुगेटेड हॉर्न का ई और एच-प्लेन पैटर्न लगभग समान हैं। इसलिए, ई-प्लेन एवम् एच-प्लेन पैटर्न से प्राप्त बीमविड्थ लगभग एक जैसा है।

आभार

लेखक डॉ. बीनामोल केएस, वैज्ञानिक 'जी', ग्रुप-हेड, RERMA, श्री श्रीनिवासुलु के, वैज्ञानिक 'जी', संभागीय अधिकारी, रेडार एंटीना एवं सूक्ष्म तरंग संभाग (डी-रैम) और श्री गम्पाला विश्वम, विशिष्ट वैज्ञानिक एवं निदेशक, एलआरडीई, को उनके मागगदशगन और समर्थन के लिए धन्यवाद देना चाहते हैं।

संदर्भ

1] C.A. Balani, "Antenna Theory: Analysis and Design", Third edition
2] Amlesh Kumar Singh, Ravi Kumar Samminga, Dr. Beenamole K.S. "A Compact Waveguide Orthomode Transducer for Ku Band Applications", 11th International Radar Symposium of India-2017 (IRSI-17)

✦✦✦

अकार्बनिक द्रव लेजर माध्यम का संश्लेषण व उसके चारित्रिक गुणों का अध्ययन

डॉ. अनुज कुमार वार्ष्णेय, डॉ. गौरव सिंघल

उच्च ऊर्जा प्रणाली एवं विज्ञान केंद्र (चेस), हैदराबाद

anujkumar.chess@gov.in

सार

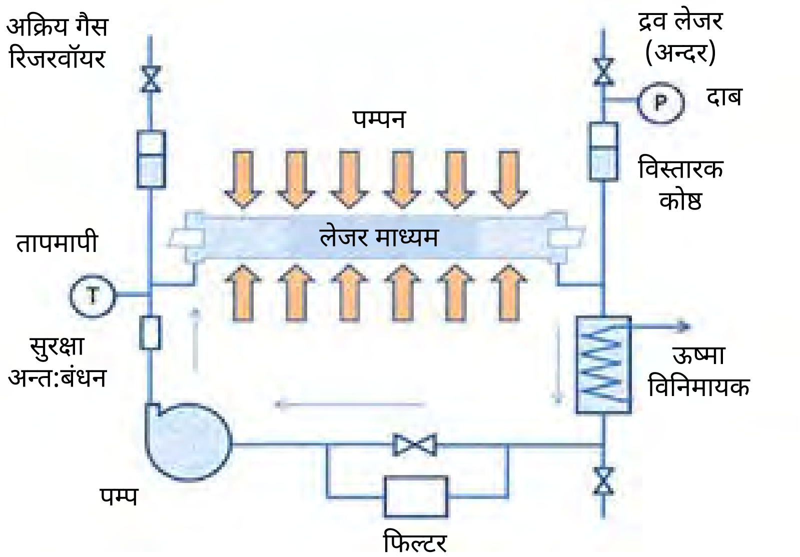
लेजर शक्ति में उत्तरोत्तर वृद्धि हेतु चयनित विभिन्न प्रतिभागियों में अकार्बनिक द्रव लेजर भी एक प्रमुख लेजर-स्रोत है। इसमें ठोसावस्था व गैसावस्था दोनों माध्यमों पर आधारित लेजर की विशेषताएं समाहित हैं। ये लेजर ठोसावस्था लेजर की भांति प्रकाशीय रूप से पम्पित करके आसानी से प्रचालित किए जा सकते हैं तथा गैसावस्था लेजर की भांति उम्दा तापीय प्रबंधन व उच्च पुंज गुणवत्ता प्रदान कर सकते हैं। प्रस्तुत लेख में अकार्बनिक द्रव लेजर माध्यम के संश्लेषण व उसके चारित्रिक गुणों का विस्तृत अध्ययन किया गया है।

परिचय

दिष्ट ऊर्जा शस्त्र में ऊर्जा-स्रोत एक प्रमुख घटक होता है जिसके लिए इलेक्ट्रॉन या न्यूट्रॉन आधारित कणिका पुंज, उच्च शक्ति सूक्ष्म तरंगें व लेजर एवं लेजर उद्दीपित प्लाज्मा का इस्तेमाल किया गया है। इनमें अपने अद्वितीय गुणों के कारण लेजर ऊर्जा-स्रोत पर आधारित दिष्ट ऊर्जा शस्त्र सबसे अधिक प्रभावी सिद्ध हुए हैं। उच्च शक्ति युक्त लेजर-स्रोत हेतु विभिन्न प्रकार के लेजरों–ठोसावस्था, गैस, रासायनिक व तन्तु लेजरों का विकास किया गया है। दुर्लभ मृदा तत्व अपमिश्रित क्रिस्टल व काँच आधारित ठोसावस्था लेजरों का अनेकों सैन्य अनुप्रयोगों में प्रयोग किया जा रहा है, परंतु ये लेजर उच्चतर शक्ति स्तर पर तापीय समस्या से ग्रसित हैं। गैस गतिकीय लेजर, हाइड्रोजन फ्लोराइड-ड्यूटीरियम फ्लोराइड व रासायनिक ऑक्सीज़न आयोडीन लेजर आदि अति उच्च शक्ति लेजर के उदाहरण हैं, परंतु इन लेजरों के साथ वृहद आकार व भार, विषाक्त गैसों तथा अपेक्षाकृत मंद प्रचालन जैसी समस्याएँ जुड़ी हुई हैं। इस दिशा में तन्तु लेजर अत्यंत प्रतिबद्ध सिद्ध हुए हैं तथा लेजर पुंज संयोजन द्वारा उच्च शक्ति लेजर-स्रोत प्रदान करने में सक्षम प्रतीत हो रहे हैं। लेजर शक्ति में उत्तरोत्तर वृद्धि हेतु चयनित इन विभिन्न प्रतिभागी लेजर-स्रोतों में अकार्बनिक द्रव माध्यम पर आधारित लेजर-स्रोत भी एक प्रमुख प्रतिभागी के रूप में उभर कर सामने आ रहे हैं।

द्रव लेजर माध्यम को भारी मात्रा में अपेक्षाकृत आसानी से तैयार किया जा सकता है, साथ ही किसी भी आकार-प्रकार की लेजर गुहिका में भरकर प्रवाहित किया जा सकता है। चित्र-1 के अनुसार द्रव लेजर माध्यम को पुन:संचरण तंत्र की सहायता से ऊष्मा विनिमायक से प्रवाहित करके उम्दा तरीके से तापीय प्रबंधन भी किया जा सकता है। इस प्रकार द्रव

लेजर उच्चतर शक्ति लेजर-स्रोत के विकास में सक्षम प्रतीत होते हैं।



चित्र 1: द्रव लेजर का प्रारूप

इसी विचार धारा के साथ लॉरेंस लीवरमूर नेशनल लेबोरेट्री में सन 1972 से लेकर सन 1999 के दौरान डाई आधारित कार्बनिक द्रव लेजर पर अत्यधिक कार्य हुआ तथा एकल द्वारक द्वारा औसतन 3 किलोवॉट उच्च शक्ति की डाई लेजर का सफलतापूर्वक परीक्षण किया गया, परंतु कार्बनिक द्रव लेजर माध्यम में प्रतिदीप्ति काल अत्यंत कम होने के कारण प्रकाशीय ऊर्जा को उच्च ऊर्जा स्तरों में अधिक समय तक संग्रहित नहीं किया जा सकता है या फिर उन्हें बहुत अधिक चरम शक्ति से उत्तेजित करना पड़ता है। साथ ही डाई प्रकाशीय विघटन प्रकिया के कारण अनुप्रयोगों की दृष्टि से सीमित है। मृदा तत्व अपमिश्रित प्रोटोन रहित अकार्बनिक विलायक युक्त द्रव माध्यम प्रतिदीप्ति काल अधिक होने की वजह से निम्न चरम शक्ति से पम्पित किए जा सकते हैं।

अकार्बनिक विलायक युक्त द्रव लेजर का वर्णन यद्यपि लेजर के विकास के शुरुआती दौर में भी मिलता है, परंतु उस समय उपलब्ध विस्तारित बैण्ड-चौडाई के फ्लैशलैम्प से पम्पन के द्वारा उत्पन्न उच्च तापीय भार व उत्तेजित परमाणुओं के तीव्रता से विकिरण रहित संक्रमण के कारण इस माध्यम पर आधारित लेजर पर गहन शोध कार्य नहीं हुआ। विगत वर्षों में उच्च शक्ति क्षमता व उच्च लेजर गुणवत्ता के डायोड लेजरों तथा पदार्थ विज्ञान में हुए विकास के साथ एक बार फिर अकार्बनिक द्रव लेजर वैज्ञानिकों के लिए शोध का विषय बन गए हैं। इसके लिए लेजर माध्यम के रूप में विभिन्न दुर्लभ मृदा तत्व जैसे – नियोडीमियम (Nd), इरबीयम (Er) या इटरबीयम (Yb) को प्रोटोन रहित अकार्बनिक विलायकों में घोलकर या फॉस्फेट कांच की अति सूक्ष्म गोलियों या पतली टेढी-मेढी डिस्क को समान अपवर्तनांक के कार्बनिक विलायकों में व्यवस्थित करके प्रयोग किया गया है। विलायक के लगातार प्रवाह से लेजर गुहिका के अंदर तापीय प्रबंधन आसान हो जाता है जिससे लेजर शक्ति में उत्तरोत्तर वृद्धि में मदद मिलती है।

डारपा नामक अमेरिकी संस्था इसी प्रकार की तकनीक पर आधारित उच्च ऊर्जीय द्रव लेजर रक्षा कार्यक्रम (हैलाड्स) पर कार्य कर रही है, जिसके अंतर्गत सन 2004 में 1 किलोवॉट और सन 2006 में 15 किलोवॉट की द्रव लेजर विकसित की जा चुकी है। इस लेजर में उच्च शक्ति की लीथियम आयन बैटरी, द्रवीय शीतलन, 75 किलोवॉट शक्ति की

एक या अधिक लेजर इकाइयों को मिलाकर 150 किलोवॉट से 300 किलोवॉट शक्ति की लेजर उत्पन्न की जा सकती है जो कि तंतु लेजर के पुंज संयुग्मन से प्राप्त लेजर से भिन्न है। डारपा द्वारा किए जा रहे हैलाड्स कार्यक्रम में वास्तव में किस प्रकार का द्रव माध्यम प्रयुक्त किया जा रहा है यह स्पष्ट नहीं है, परंतु दुर्लभ मृदा आयन अपमिश्रित द्रव माध्यम, टेढ़ी-मेढ़ी सिरामिक डिस्क या माइक्रोन आकार की सूक्ष्म गोलियों को समान अपवर्तनांक के शीतलक में डुबाकर प्रयुक्त करने की संभावना है। रूस में भी द्रव लेजर जैसे चुनौतीपूर्ण लेजर के क्षेत्र में सन 1992 से काम हो रहा है। चीन भी छोटे स्तर पर विभिन्न प्रकार के द्रव लेजर माध्यमों पर आधारित लेजर के विकास की दिशा में कार्य कर रहा है।

प्रस्तुत लेख में, दुर्लभ मृदा आयन अपमिश्रित अकार्बनिक द्रव लेजर माध्यम विशेष रूप से नियोडीमियम अपमिश्रित फॉस्फोरस ऑक्सीक्लोराइड लेजर माध्यम के संश्लेषण तथा उसके चारित्रिक प्रकाशीय गुणों के अध्ययन का वर्णन किया गया है।

अकार्बनिक द्रव लेजर माध्यम का संश्लेषण

अकार्बनिक द्रव लेजर में दुर्लभ मृदा आयन जैसे नियोडीमियम (Nd), इरबीयम (Er), इटरबीयम (Yb) आदि को प्रोटोन रहित विलायक जैसे सेलेनियम ऑक्सीक्लोराइड ($SeOCl_2$) या फॉस्फोरस ऑक्सीक्लोराइड ($POCl_3$) और लुईस अम्ल जैसे टिन टेट्राक्लोराइड ($SnCl_4$) में घोलकर लेजर माध्यम के रूप में प्रयोग किया जाता है। यह विलायक सामान्यत: ध्रुवित होता है जिसमें यौगिक पदार्थ धनायन और ऋणायन में विभक्त हो जाते हैं। इसमें दुर्लभ मृदा आयन एक आयनिक कॉम्प्लैक्स बनाते हैं जिसमें आयन चारों ओर से उन्मुख दाता अणुओं से घिरे रहते हैं। लुईस अम्ल का प्रयोग विलायक के धनायन बढ़ाने का कार्य करता है जो कि यौगिक के ऋणायन से मिलकर दुर्लभ मृदा आयन की संख्या में वृद्धि करते हैं। द्रव लेजर माध्यम में दुर्लभ मृदा आयन की उच्च सांद्रता, लेजर की देहली शक्ति को घटाने में सहायक है। फॉस्फोरस ऑक्सीक्लोराइड, सेलेनियम ऑक्सीक्लोराइड की अपेक्षा कम विषाक्त और निम्न क्षरण उत्पन्न करने के कारण अधिक प्रचलन में है यद्यपि इसका परावैद्यतांक (14) सेलेनियम ऑक्सीक्लोराइड (46) से कम है।

चित्र-2 में Nd आयन अपमिश्रित $POCl_3$ विलायक और $SnCl_4$ लुईस अम्ल युक्त अकार्बनिक द्रव लेजर माध्यम को दर्शाया गया है। द्रव लेजर माध्यम बनाने के लिए अत्यंत शुद्ध नियोडिमियम ऑक्साइड, आसुत फॉस्फोरस ऑक्सीक्लोराइड एवं टिन टेट्राक्लोराइड का प्रयोग किया गया है। विलयन बनाने के लिए सर्वप्रथम नियोडिमियम ऑक्साइड को 2 घंटे के लिए 950°C तापमान पर रखकर शुष्क किया जाता है। उसके बाद 1 ग्राम नियोडिमियम ऑक्साइड को फॉस्फोरस ऑक्सीक्लोराइड व टिन टेट्राक्लोराइड के 20 मि.ली. घोल में मिलाया जाता है। इसके पश्चात् आसुत जल की अत्यंत सूक्ष्म मात्रा इस विलयन में मिलाई जाती है जिससे नियोडिमियम ऑक्साइड आसानी से इस घोल में मिल जाता है। संश्लेषण के दौरान विलयन का तापमान इसके क्वथनांक के नीचे रखा जाता है तथा विलयन का लगभग 2/3 भाग गर्म करके निकाल दिया जाता है जिससे विलयन से हाइड्रोजन युक्त यौगिक निकल जाते हैं। तत्पश्चात विलयन में आसुत फॉस्फोरस ऑक्सीक्लोराइड पुन: घोलकर कुल विलयन की मात्रा पूरी की जाती है। यह विलयन देखने में हल्के बैंगनी रंग का होता है।

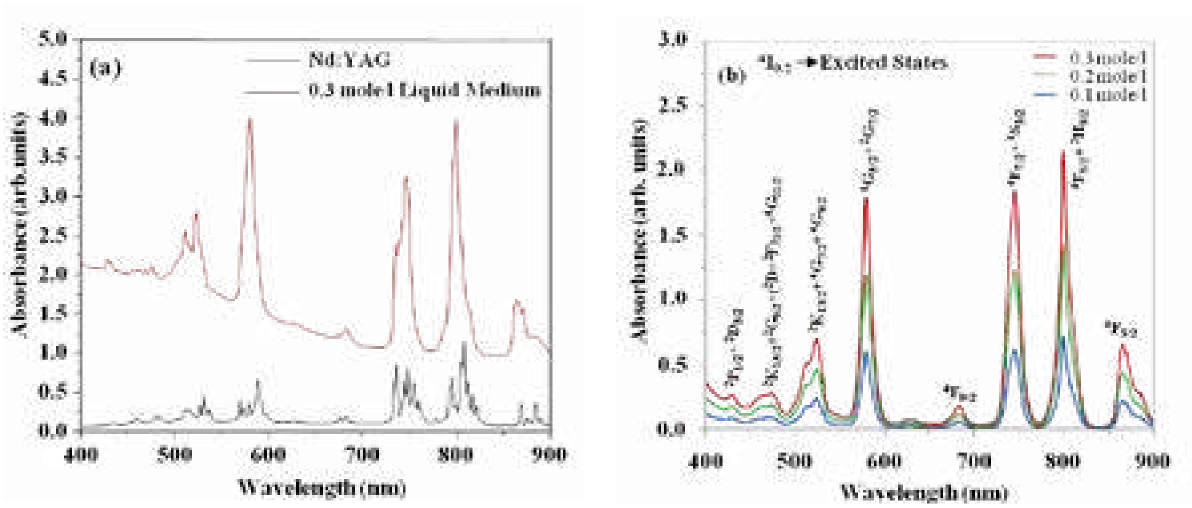
चित्र 2: संश्लेषित Nd:$POCl_3$:$SnCl_4$ अकार्बनिक द्रव लेजर माध्यम

संश्लेषित द्रव माध्यम के चारित्रिक गुण

संश्लेषित द्रव माध्यम को लेजर माध्यम के रूप में प्रयोग कर पाने के लिए कुछ प्रकाशकीय गुणों को प्राप्त करना व उनका चारित्रिक विश्लेषण अत्यंत आवश्यक है। अत: द्रव माध्यम के संश्लेषण व चारित्रिक विश्लेषण की पुनरावृत्ति के परिणामस्वरूप लेजर हेतु निपुण द्रव माध्यम को प्राप्त किया गया है, जिसका विस्तृत वर्णन निम्न प्रकार है:

1. **अवशोषण स्पेक्ट्रम**

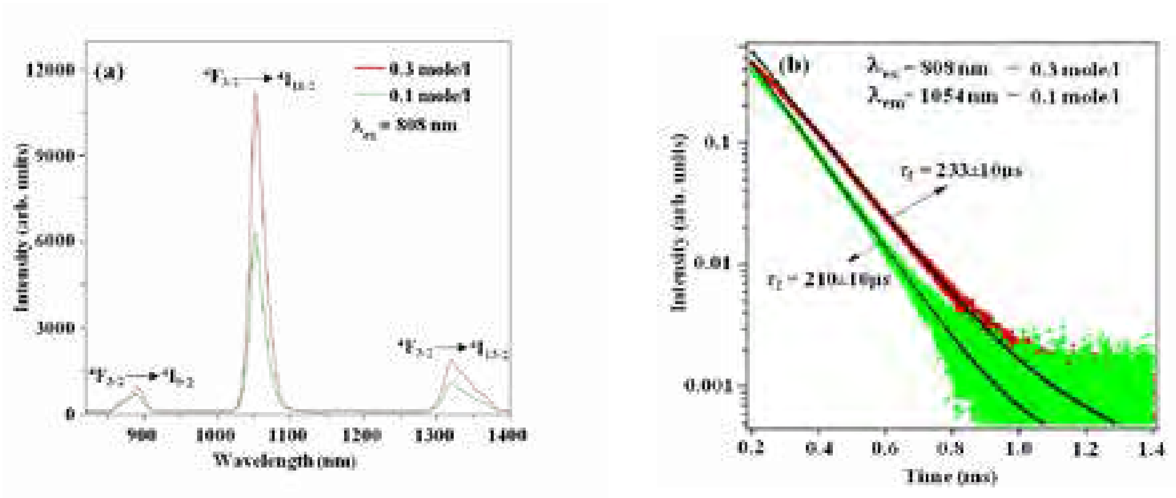
   संश्लेषित द्रव माध्यम का पराबैंगनी-दृश्य-स्पेक्ट्रोमीटर की सहायता से कमरे के तापमान पर 400-900 नैनोमीटर तरंगदैर्ध्य परास में स्पेक्ट्रम (चित्र-3) लिया गया है। चित्र में 0.3 मोल/ली., 0.2 मोल/ली. और 0.1 मोल/ली. नियोडिमियम आयन सांद्रता के द्रव माध्यमों का अवशोषण स्पैक्ट्रा दिखाया गया है, जिसके विश्लेषण से पता चलता है कि नियोडिमियम अपमिश्रित द्रव माध्यम, नियोडिमियम:याग के 808 नैनोमीटर तरंगदैर्ध्य पर मुख्य रूप से अवशोषण की तुलना में 800 नैनोमीटर पर प्रमुख अवशोषण प्रदर्शित करता है तथा ऐसे माध्यम को आसानी से उपलब्ध उच्च शक्ति की लेजर डायोड द्वारा प्रकाशीय रूप से पम्पित किया जा सकता है।



चित्र 3: संश्लेषित द्रव माध्यम (Nd:POCl$_3$:SnCl$_4$) का अवशोषण स्पेक्ट्रम

2. **उत्सर्जन स्पेक्ट्रम**

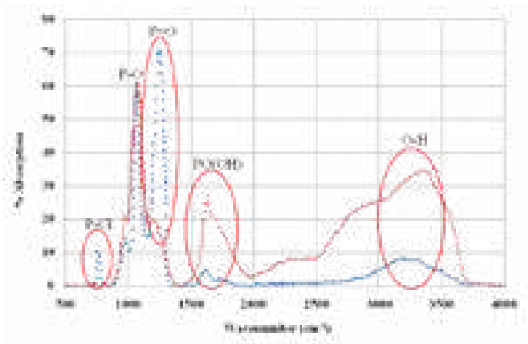
   संश्लेषित द्रव माध्यम के उत्सर्जन स्पेक्ट्रम व प्रतिदीप्ति काल को चित्र-4 में दिखाया गया है। द्रव माध्यम प्रमुख रूप से 1054 नैनोमीटर की तरंगदैर्ध्य पर विकिरण प्रदान करता है तथा जिसका प्रतिदीप्ति काल लगभग 235 माइक्रोसेकेंड है।



चित्र 4: संश्लेषित द्रव माध्यम ($Nd:POCl_3:SnCl_4$) का उत्सर्जन स्पेक्ट्रम व प्रतिदीप्ति काल

3. फूरियर-रूपांतरित अवरक्त स्पेक्ट्रम

द्रव माध्यम को लेजर हेतु प्रयोग करने के लिए आवश्यक है कि उसमें हाइड्रोजनयुक्त बन्ध जैसे O-H, C-H व N-H आदि नहीं होने चाहिए। इन बन्धों की माध्यम में उपस्थिति, उच्च-ऊर्जा अवस्था में उपस्थित नियोडीमियम आयनों को निम्न-ऊर्जा अवस्था में संक्रमित करके, लेजर लब्धि को कम कर देती है जो कि लेजर बनाने की दृष्टि से नकारात्मक लक्षण है। अत: संश्लेषित द्रव माध्यम में इन बन्धों की जांच हेतु फूरियर-रूपांतरित अवरक्त स्पेक्ट्रम लिया जाता है। चित्र-5 में माध्यम का अवरक्त स्पेक्ट्रम दिखाया गया है जिसमें 3000-3500 से.मी.$^{-1}$ की परास में बहुत कम अवशोषण का होना, इन बन्धों की अनुपस्थिति को दर्शाता है। इससे पता चलता है कि द्रव माध्यम के संश्लेषण की प्रक्रिया सुचारू रूप से की गई है तथा प्राप्त प्रोटोनरहित अकार्बनिक द्रव माध्यम ($Nd:POCl_3:SnCl_4$) लेजर बनाने के लिए उपयुक्त है।

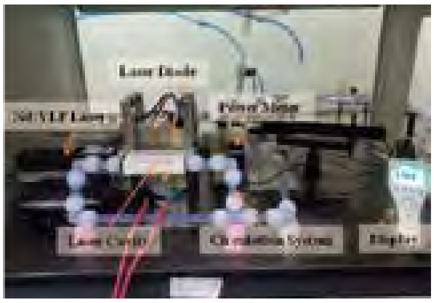


चित्र 5: संश्लेषित द्रव माध्यम ($Nd:POCl_3:SnCl_4$) का फूरियर-रूपांतरित अवरक्त स्पेक्ट्रम

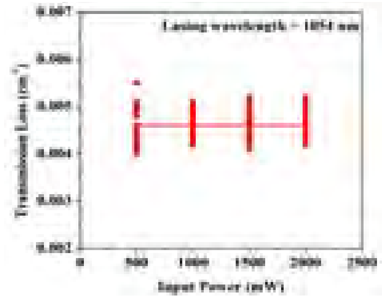
4. पारगमन हानि

लेजर हेतु चयनित द्रव माध्यम का लेजर तरंगदैर्ध्य 1054 नैनोमीटर पर आदर्श रूप से पूर्ण पारगमन होना चाहिए अर्थात कम से कम अवशोषण होना चाहिए। इसकी जांच करने के लिए दिखाए गए चित्र-6 के अनुसार संश्लेषित द्रव माध्यम से होकर एक अन्य 2 वॉट की 1054 नैनोमीटर तरंगदैर्ध्य की लेजर को गुजारा जाता है तथा शक्ति

मीटर की सहायता से माप लिया जाता है। चित्र-7 में संश्लेषित द्रव माध्यम द्वारा 1054 नैनोमीटर तरंगदैर्ध्य की विकिरण का अवशोषण या पारगमन हानि को दर्शाया गया है। विश्लेषण से ज्ञात हुआ कि प्रारम्भ में द्रव माध्यम में बहुत अशुद्धियाँ थीं जिसके कारण द्रव माध्यम में पारगमन हानि बहुत थीं, परन्तु जब संश्लेषित माध्यम को पौलीटेट्राफ़्लोरोएथिलिन से बने 500 माइक्रोन के फ़िल्टर से फ़िल्टर किया गया तो यह हानि बहुत कम रह गई। मापन से औसतन पारगमन हानि 0.005 सेमी.$^{-1}$ से कम प्राप्त हुई जो कि द्रव माध्यम को लेजर माध्यम के रूप में प्रयोग करने के लिए अपनाने योग्य है। इस प्रकार संश्लेषण व चारित्रिक विश्लेषण द्वारा लेजर हेतु उपयुक्त द्रव माध्यम का विकास किया गया है।



चित्र 6: पारगमन हानि का प्रयोगात्मक अध्ययन



चित्र 7: संश्लेषित द्रव माध्यम ($Nd:POCl_3:SnCl_4$) में पारगमन हानि

निष्कर्ष

द्रव लेजर उच्च शक्ति लेजर बनाने के लिए एक सफल प्रतिभागी के रूप में उभर कर सामने आ रहे हैं। द्रव लेजर बनाने हेतु आवश्यक अकार्बनिक द्रव माध्यम ($Nd:POCl_3:SnCl_4$) का संश्लेषण, चेस के वैज्ञानिकों द्वारा स्वयं, प्रयोगशाला में ही किया गया है तथा लेजर हेतु इसकी उपयुक्तता का परीक्षण विभिन्न प्रकाशिकीय चारित्रिक गुणों का अध्ययन व विश्लेषण करके किया गया है। द्रव लेजर बनाने की दिशा में यह एक सफल प्रयास है।

आभार

लेखक तकनीकी कार्यों को हिन्दी में प्रस्तुत करने हेतु प्रोत्साहित करने के लिए प्रयोगशाला के निदेशक महोदय डॉ जगन्नाथ नायक के प्रति अपना आभार व्यक्त करते हैं।

संदर्भ

1] अनुज कुमार वार्ष्णेय, “दिष्ट ऊर्जा शस्त्र: एक सशक्त रक्षा प्रणाली”, अरुणोदय 13वां वार्षिकांक, पृष्ठ संख्या 17, 2013।

2] अनुज कुमार वार्ष्णेय, राजभाषा हिन्दी तकनीकी पुस्तक “लेजर: मानव अनुप्रयोगों में भूमिका” प्रथम संस्करण, आईएसबीएन नंबर: 978-81-86514-87-0, 2015।

3] अनुज कुमार वार्ष्णेय, राजभाषा हिन्दी तकनीकी पुस्तक “उच्च शक्ति लेजर: दिष्ट ऊर्जा शस्त्र एक अनुप्रयोग” प्रथम संस्करण, आईएसबीएन नंबर: 978-93-91465-24-7, 2022।

4] A. K. Varshney et al. “Optical and thermal studies of Nd^{3+} doped Inorganic liquid medium for scalable laser source”, Optics and Laser Technology 148, 107740, 2022.

हवाई अनुप्रयोग के लिए पूर्णत: वितरित सक्रिय सरणी ऐरे का अभिलक्षणन

एमसी नरसिम्हामूर्ति, पी. श्रीनिवास, शिवशरणप्पा, रामभवन पासवान

इलेक्ट्रॉनिक्स तथा रेडार विकास स्थापना (एलआरडीई), बेंगलुरु

mcn.murthy@gmail.com

सार

इस शोधपत्र में पहली स्वदेशी इलेक्ट्रॉनिक रूप से स्कैनिंग लंबी परास की सक्रिय एरे रेडार प्रणाली के एकीकरण, परीक्षण और लक्षण वर्णन की एंटीना परीक्षण रेंज के साथ-साथ फील्ड पर चर्चा की गई है। सक्रिय एरे इकाई में एक एंटीना पैनल सेगमेंट के साथ बड़ी संख्या में एक्स बैंड टी/आर मॉड्यूल शामिल है। रेडार में कई उप-प्रणालियाँ शामिल हैं जैसे कि केंद्रीय इकाई, रेडार नियंत्रक (आरसी), रेडार डेटा प्रोसेसर (आरडीपी), सिग्नल प्रोसेसर (एसपी) और डिस्प्ले। रेडार को एकीकृत करके फील्ड में परीक्षण किया गया और उपयुक्त लक्ष्यों के साथ-साथ नियोजित उड़ान का पता लगाया गया।

मूलशब्द: इलेक्ट्रॉनिक स्कैनिंग, सक्रिय एरे, टी/आर मॉड्यूल, केंद्रीय इकाई, रेडार नियंत्रक, रेडार डेटा प्रोसेसर

परिचय

सक्रिय एंटीना ऐरे यूनिट सक्रिय इलेक्ट्रॉनिकली स्कैन्ड ऐरे रेडार का एक उपतंत्र है, जो हवाई अनुप्रयोगों के लिए अत्याधुनिक रेडार है, जो डोर्नियर विमान के अगले भाग में फिट हो सकता है।

एएएयू एक एक्स-बैंड आवृत्ति अवधि पर उच्च शक्ति आर एफ ट्रांसमिशन और लो नॉइस रिसेप्शन करता है। यह व्यक्तिगत विकिरण एलेमेंट से जुड़े स्वतंत्र ट्रांसमिट और रिसीव मॉड्यूल (टीआरएम) के भौतिक मैट्रिक्स के आसपास बनाया गया है। प्रत्येक विकिरण एलेमेंट के व्यक्तिगत नियंत्रण के माध्यम से चुस्त बीम स्टीयरिंग हासिल की जाती है।

रेडार में एक्टिव ऐरे एंटीना यूनिट और एक्साइटर-रिसीवर-प्रोसेसर यूनिट शामिल है। एएएयू में मुख्य रूप से 3 एल आर यू , एएएयू फ्रंट एंड, प्राइमरी पावर सप्लाई और लिक्विड सर्कुलेशन सिस्टम शामिल हैं। लिक्विड सर्कुलेशन सिस्टम एक लिक्विड टू एयर हीट एक्सचेंजर है जो एएएयू फ्रंट एंड से हीट को विमान में उपलब्ध उच्च दबाव वाले एयरफ्लो में स्थानांतरित करता है।

एनएफटीआर के साथ एरे का एकीकरण

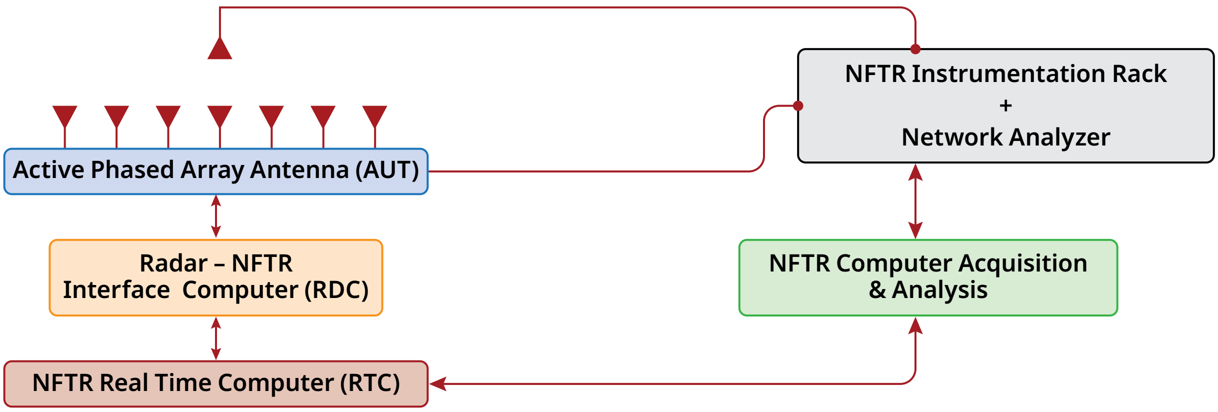
सक्रिय ऐरे एंटीना के अंशांकन को मोटे तौर पर तीन चरणों में विभाजित किया जा सकता है जिन्हें नीचे सूचीबद्ध किया गया है। कुछ आवश्यक चरण हैं जिन्हें उनके संबंधित चरणों में समझाया गया है जिन्हें एंटीना परीक्षण कक्ष के अंदर निष्पादित करने की आवश्यकता है।

- अंशांकन अनुपात माप/उत्पादन
- एंटीना पैटर्न मूल्यांकन
- अंशांकन प्रक्रिया सत्यापन

1. निकट क्षेत्र परीक्षण रेंज

एंटीना एरे प्रदर्शन का मूल्यांकन करने के लिए निकट क्षेत्र एंटीना परीक्षण रेंज का उपयोग किया गया है। एनएफटीआर में एंटीना एरे रिसीव और ट्रांसमिट प्रदर्शन का मूल्यांकन किया गया है। फील्ड में एंटीना एरे के अंशांकन के लिए एनएफटीआर में अंशांकन नेटवर्क गुणांक उत्पन्न किए जाएंगे।

नीयर फील्ड परीक्षण की आवश्यकता के अनुसार एरे का एकीकरण एनएफटीआर के साथ किया जाना चाहिए। एकीकरण के ABCMam का सामान्य ब्लॉक आरेख चित्र 1.1 में दिखाया गया है।



चित्र 1.1: एनएफटीआर के साथ एरे के एकीकरण का सामान्य ब्लॉक आरेख

एकीकरण ब्लॉक आरेख को नीचे सूचीबद्ध तीन श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है:

1. **रेडार सबसिस्टम**
   क) एएएयू

2. **एनएफटीआर**
   क) अधिग्रहण और विश्लेषण कंप्यूटर
   ख) रेडार-एनएफटीआर इंटरफेस कंप्यूटर (आरडीसी)
   ग) एसएसआर काउंटर

3. **निष्क्रिय (आरएफ सेटअप के समान)**

क) एनएफटीआर रियल टाइम कंप्यूटर (बाह्य शब्द के लिए इंटरफ़ेस) आरटीसी

ख) वीएनए मोशन कंट्रोल और स्विच मैट्रिक्स के साथ इंस्ट्रूमेंटेशन रैक (पूरी तरह से निष्क्रिय मोड में काम करता है/भाग नहीं लेता है)

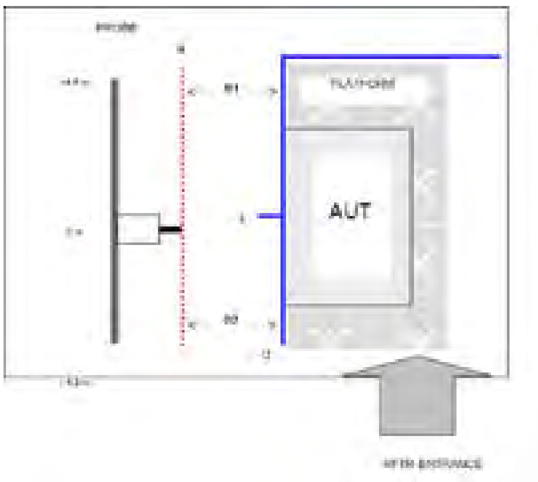
ग) ओईडब्लूजी (ओपन एंडेड वेवगाइड) युक्त स्कैनर।

एनएफटीआर के साथ एरे के एकीकरण को निम्नानुसार छह मुख्य ब्लॉकों में विभाजित किया जा सकता है:

i. एंटीना रोलिंग एवं यांत्रिक लेवलिंग।
ii. एनएफटीआर पर एंटीना अलाइनमेंट।
iii. सिस्टम कनेक्शन और शुरू करें।
iv. रेडार प्रणाली एनएफटीआर इंटरफेस।
v. विकिरणकारी एलेमेंट चरण केन्द्रीकरण।
vi. टी/आर मॉड्यूल कार्यक्षमता परीक्षण।

i) **एंटीना रोलिंग और यांत्रिक लेवलिंग**

इस प्रक्रिया का उद्देश्य यह सत्यापित करना है कि एंटीना एनएफटीआर में रोल किया गया है और उचित स्थान पर स्थापित किया गया है। एनएफटीआर में आवश्यक एंटीना स्थान के अनुसार चैम्बर प्लेटफ़ॉर्म पर उपयुक्त रेखाएँ खींची जाएँगी। एंटीना को उचित स्थान पर रखा जाता है, एनएफटीआर प्रोब के सापेक्ष जैसा कि चित्र-1.2 में दिखाया गया है।



चित्र 1.2: एनएफटीआर में एंटीना स्थान – शीर्ष दृश्य

a – प्रोब गतिमान रेखा (एंटीना के समानांतर)।
C – एयूटी का केंद्र।
B1, B2 – प्रोब तल से एयूटी किनारों की दूरी।

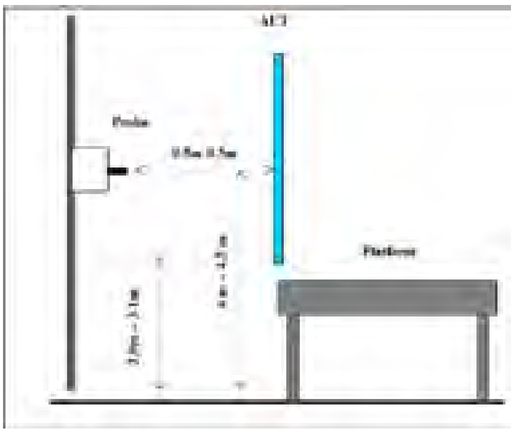
प्रक्रिया विवरण

एनएफटीआर में खींचे रखे जाने के बाद, एंटीना को ऊपर उठाया जाता है और यांत्रिक रूप से उसकी स्थिति समतल की जाती है। एंटीना प्लेटफ़ॉर्म में लेवलिंग जैक/स्क्रू का उपयोग करके एक्स और वाई-अक्षों को स्थित किया जाएगा।

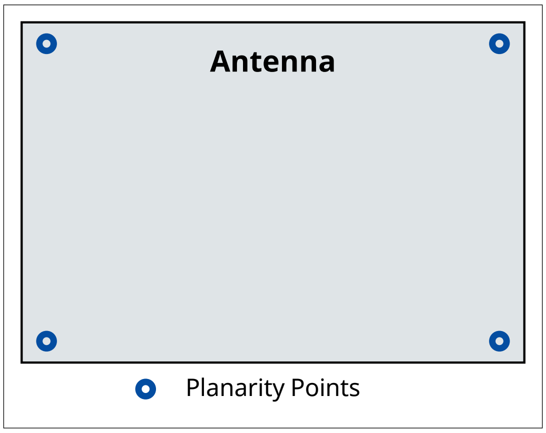
एंटीना को एनएफटीआर में एंटीना प्लेटफॉर्म पर जांच के सामने सावधानी से रखा गया है और इसे चित्र 1.2 में दर्शाई गई रेखाओं के साथ रखा गया है। जांच करें कि B1 और B2 के बीच का अंतर 0.5 मिमी से अधिक न हो, यदि अधिक हो, तो इसे तब तक स्थानांतरित करें जब तक आप वांछित मान तक न पहुँच जाएँ।

ii) **एनएफटीआर पर एंटीना अलाइनमेंट**

इस प्रक्रिया का उद्देश्य एंटीना के झुकाव, दिगंश और ऊंचाई तल को मोटे तौर पर समतल करना है। एंटीना प्लेटफ़ॉर्म में लेवलिंग समायोजन जैक/स्क्रू एंटीना को मोटे तौर पर ऊपर उठाकर समतल किया गया, जैसा कि चित्र 1.3 में दिखाया गया है। एनएफटीआर कक्ष के अंदर प्लेटफ़ॉर्म पर एंटीना का अलाइनमेंट एंटीना यांत्रिक बोर साइट अक्ष को विद्युत अक्ष के साथ मेल खाने में सक्षम बनाता है और बोर साइट अलाइनमेंट त्रुटियों को कम करने में मदद करता है।



चित्र 1.3: एनएफटीआर पर एंटीना अलाइनमेंट



चित्र 1.4: एंटीना प्लानेरिटी बिंदु

प्रक्रिया विवरण

शुरू में एंटीना के चारों कोनों के पास चार बिंदु इस तरह से चुने जाते हैं कि वे आयत के चार कोने बनाते हैं। एक फिक्स्ड स्कैन प्लेन (प्रोब का प्लेन) से, इन बिंदुओं की Z दूरियों को स्कैनर प्रोब और प्रोब पोसिशन इंडिकेटर के साथ लगे z-कांटेक्ट प्रोब का उपयोग करके मापा जाता है, जो z-कांटेक्ट प्रोब से जुड़ा होता है। प्रोब पोसिशन इंडिकेटर का उपयोग एंटीना पर चुने गए बिंदु पर मिलीमीटर में z-कांटेक्ट प्रोब को कितनी मात्रा में स्थानांतरित किया जाता है, इसे पढ़ने के लिए किया जाता है। एनएफटीआर कंप्यूटर और स्कैनर मूवमेंट सॉफ़्टवेयर का उपयोग करके, Z-कांटेक्ट प्रोब को स्कैन प्लेन में कहीं भी ले जाया जा सकता है और स्कैन प्लेन से एंटीना की दूरी को 1 मिमी तक सटीक रूप से मापा जा सकता है।

विस्तृत प्रक्रिया

1. स्कैनर प्लेन के एक्स-अक्ष के साथ एंटीना एक्स-अक्ष का अलाइनमेंट:
Z-कांटेक्ट प्रोब का उपयोग करके, दो निचले बिंदुओं के लिए Z-अक्ष में दूरी को मापें और रिकॉर्ड करें। दो निचले बिंदुओं की मापी गई दूरियों की तुलना करें। यदि दो मापी गई दूरियों के बीच का अंतर 1 मिमी से अधिक है, तो उनका औसत निकालें और उसे रिकॉर्ड करें। लेवलिंग जैक/स्क्रू का उपयोग करके, एंटीना को एज़िमुथ में इस तरह घुमाएँ कि नीचे के बिंदुओं में से एक गणना किए गए औसत मान के बराबर दूरी पर हो, फिर दूसरे बिंदु की Z दूरी को मापें। दोनों बिंदुओं के बीच का अंतर 1 मिमी से कम होना चाहिए, अन्यथा अलाइनमेंट चरणों को तब तक दोहराएं जब तक कि यह हासिल न हो जाए।

2. स्कैनर प्लेन के Y-अक्ष के साथ एंटीना Y-अक्ष का अलाइनमेंट:
Z-कांटेक्ट प्रोब का उपयोग करके एंटीना के बाएं या दाएं हाथ की ओर लंबवत स्थित किसी भी दो बिंदुओं के लिए Z अक्ष में दूरी मापें और रिकॉर्ड करें। दोनों बिंदुओं की मापी गई दूरियों की तुलना करें। यदि दो मापी गई दूरियों के बीच का अंतर 1 मिमी से अधिक है, तो उनका औसत निकालें और उसे रिकॉर्ड करें। लेवलिंग जैक/स्क्रू का उपयोग करके, एंटीना को इस तरह से ऊंचाई पर ले जाएं कि उनमें से एक बिंदु गणना किए गए औसत मूल्य के बराबर दूरी पर हो, फिर दूसरे बिंदु की Z दूरी मापें। दो बिंदुओं के बीच का अंतर 1 मिमी से कम होना चाहिए, अन्यथा अलाइनमेंट चरणों को तब तक दोहराएं जब तक कि यह हासिल न हो जाए।

3. झुकाव समतलीकरण:
Z कांटेक्ट प्रोब का उपयोग करके एंटीना केबिन के दो निचले कोनों पर Y डिस्पलेस्मेंट को मापें, इस माप के लिए Z कांटेक्ट प्रोब को लंबवत रखा जाता है। दो रीडिंग के बीच का अंतर 1 मिमी से कम होना चाहिए।

iii) **सिस्टम कनेक्शन और चालू करना**

एनएफटीआर और रेडार एंटीना प्रणाली के बीच विद्युत और यांत्रिक कनेक्शन इस तरह से बनाना कि एनएफटीआर के साथ संचालन संभव हो सके।

क) विद्युत एवं पावर केबल जुड़े हुए हैं।
ख) सीरियल और लेन संचार जुड़ा हुआ है।
ग) शीतलन इकाई कनेक्ट हो गई और सफलतापूर्वक काम कर रही है।
घ) विकिरण एलेमेंट चरण केंद्र परीक्षण:
परीक्षण का उद्देश्य एनएफटीआर में प्लानर ऐरे केंद्र के स्थान को जानना और सत्यापित करना है। माप के तहत विस्तारित ओईडब्ल्यूजी 3I-5I एलेमेंट। विकिरण एलेमेंट(जो ऑन है) के अनुमानित स्थान के चारों ओर दोनों अक्षों के साथ ± 100 मिमी प्रोब स्कैन करती है, इस वजह से हम चरण कार्टेशियन प्रतिनिधित्व से अधिग्रहण कार्टेशियन विकल्प में विशिष्ट विकिरण एलेमेंट के कोणांक

और चरण का ग्राफ प्राप्त करते हैं, हमें केंद्र एंटीना एलेमेंट से ऑफसेट स्थिति मिलती है। इस ऑफसेट की भरपाई एनएफटीआर प्रोब को हिलाकर की जाती है। विकिरण एलेमेंट का स्थान हमें एंटीना के पूरे ग्रिड के लिए चरण केंद्र की गणना करने में सक्षम बनाता है। एंटीना एलेमेंट त्रिकोणीय/आयताकार ग्रिड में व्यवस्थित होते हैं और एलेमेंट के बीच की दूरियां समान होती हैं (डिज़ाइन किए गए मानों के अनुसार)। स्कैन केंद्र को तब तक हिलाया जाता है जब तक अक्ष का ओरिजिन एलेमेंट चरण केंद्र से ओवरलैप न हो।

iv) रेडार प्रणाली एनएफटीआर इंटरफेस परीक्षण

एनएफटीआर के साथ रेडार इंटरफेस का परीक्षण करने के लिए एंटीना अलाइनमेंट के बाद निम्नानुसार परीक्षण किया जाना चाहिए:

क) एंटीना ऐरे निर्देशांक मैपिंग को एनएफटीआर स्कैनर निर्देशांक के साथ मैप करने की आवश्यकता है, ताकि संचालन के असतत मोड में टीआरएम की सटीक प्रतिक्रिया को मापा जा सके।

ख) एनएफटीआर एंटीना एरे ग्रिड को तैयार करने और माप अनुक्रम के रूप में अधिग्रहण प्रणाली में फीड करने की आवश्यकता है।

ग) एनएफटीआर स्कैनर निर्देशांक के साथ एंटीना ऐरे निर्देशांक मैपिंग को एंटीना के सिग्मा पोर्ट तक (पथ में प्रत्येक एलआरयू सहित) मान्य करने की आवश्यकता है।

घ) एंटीना ऐरे स्वास्थ्य को 100% होना चाहिए, अन्यथा खराब मॉड्यूल को स्वस्थ मॉड्यूल से बदलना होगा। सभी सक्रिय मॉड्यूल स्थानों के लिए सही अंशांकन अनुपात उत्पन्न करने की आवश्यकता है।

ड) माप के इंजेक्शन मोड और जांच मोड में पावर स्तर अनुकूलन को रिकॉर्ड करने की आवश्यकता है, यह ध्यान में रखते हुए कि कोई भी मॉड्यूल संतृप्ति या नॉइज में नहीं होना चाहिए सटीक चरण माप पुनरावृत्ति के लिए न्यूनतम 14 डीबी का एसएनआर बनाए रखना चाहिए।

v) टी/आर मॉड्यूल कार्यक्षमता परीक्षण

टी/आर मॉड्यूल कार्यक्षमता परीक्षण किसी भी टी/आर मॉड्यूल में दोष को खोजने के लिए और एंटीना एरे में कनेक्टिविटी समस्याओं का पता लगाने के लिए किया जाता है। टीआरएम कार्यक्षमता परीक्षण असतत मोड माप में एक-एक करके एलेमेंट को स्विच करके किया गया है।

संपूर्ण एरे स्वास्थ्य की समय-समय पर निगरानी की जानी चाहिए और पूछे जाने पर रिपोर्ट की जानी चाहिए। स्वास्थ्य रिपोर्टिंग पदानुक्रमित होनी चाहिए, जिससे प्रयोक्ता आसानी से दोषपूर्ण टीआरएमटीआरएम मापदंड का पता लगा सके और उसे अलग कर सके। पदानुक्रम के विभिन्न स्तरों पर नियंत्रकों की स्थिति एबीसीयू स्तर पर एकत्र की जाती है। एबीसीयू के पास गंभीरता के स्तर के आधार पर स्थिति को विफलता, चेतावनी या अच्छे से वर्गीकृत करने की बुद्धिमत्ता होगी।

- विफलता – आपूर्ति वोल्टेज विफलता/ अत्यधिक तापमान की स्थिति में
- चेतावनी – तापमान/शक्ति स्तर सीमा के करीब पहुंचने की स्थिति में
- अच्छा–जब सभी उप-प्रणाली आवश्यक कार्यक्षमता को पूरा करती है

लेकिन ऑपरेशन के दौरान कोई निर्णय नहीं लिया जाएगा, क्योंकि यह समय के लिहाज से महत्वपूर्ण नहीं है। केवल रखरखाव/कैलिब्रेशन मोड के दौरान ही ऑपरेटर, अगर वह चाहे, स्थिति की जांच कर सकता है। इसे चित्र में दिखाए गए अनुसार कलर कोड के साथ जीयूआई पर प्रदर्शित किया जा सकता है। साथ ही प्राप्त स्थिति के आधार पर टाइम स्टैम्प के साथ रिपोर्ट तैयार करनी होगी।

2. अंशांकन

अंशांकन एक ऐसी प्रक्रिया है जो एंटीना के ट्रांसमिट और रिसीव मापदंडों का मिलान करने के लिए की जाती है। एंटीना एरे में कैलिब्रेशन लाइनों के माध्यम से अंशांकन किया जाता है।

4. **एरे अंशांकन नेटवर्क**

अंशांकन नेटवर्क एक निष्क्रिय नेटवर्क है जो एरे में प्रत्येक विकिरण एलेमेंट से कमजोर रूप से जुड़ा हुआ है और इसका उपयोग क्षेत्र ट्रांसमिट और रिसीव बीम को कैलिब्रेट करने के लिए किया जाता है। अंशांकन नेटवर्क एक पतली माइक्रो स्ट्रिप लाइन है जो प्रत्येक विकिरण एलेमेंट से कुछ मिमी नीचे और ऊपर एंटीना की लंबाई के साथ रहती है। इनमें से प्रत्येक लाइन को एक 1:14 पावर डिवाइडर से फीड किया जाता है। इन पावर डिवाइडर को कैलिब्रेशन स्विच और डिले लाइन (सेंट्रल यूनिट के अंदर स्थित) से फीड किया गया है। एरे में क्यूटीआरएम से फीड किए गए विकिरण तत्वों के अर्ध-दीर्घवृत्ताकार प्लैंक आधारित मॉड्यूलर विन्यास शामिल हैं। प्रत्येक अंशांकन लाइन का उपयोग उस संबंधित सीएएल लाइन के तत्वों की ऊपरी और निचली पंक्ति को कैलिब्रेट करने के लिए किया गया है। प्रत्येक पंक्ति का अंशांकन अन्य टीआरएम को अलग करके किया जाएगा।

अंशांकन के दौरान एक समय में एक मॉड्यूल को चालू किया जाएगा और उसके अंतर्वेशन भिन्नता और कोणांक को सही किया जाएगा, ताकि बोर साइट पर उचित बीम का निर्माण हो सके।

5. **एरे अंशांकन अनुपात**

अंशांकन अनुपात मापन/उत्पादन को प्रत्येक विकिरण एलेमेंट और अंशांकन रेखा/सीएएल तत्वों के इनपुट के बीच चरण और कोणांक के युग्मन के सटीक माप के रूप में परिभाषित किया गया है। इन मानों का उपयोग रेडार के क्षेत्र संचालन में चरण और कोणांक क्षतिपूर्ति उद्देश्य के लिए क्षेत्र अंशांकन में किया जाता है।

सटीक और वैध अंशांकन अनुपात उत्पन्न करने के लिए कुछ अनिवार्य पूर्व आवश्यकताएं हैं जिन्हें नीचे सूचीबद्ध किया गया है:

i) **हैंगर में सक्रिय एरे का एकीकरण**

क) एकीकरण हैंगर में एंटेना एरे का यांत्रिक फ्रेम के साथ एकीकरण किया जाना चाहिए। प्रत्येक रेडिएटिंग एलेमेंट के वीएसडब्लूआर माप को अंशांकन रेखा/एलेमेंट के साथ तत्वों की युग्मन प्रतिक्रिया के साथ जांचना आवश्यक है। वीएसडब्लूआर और युग्मन मापे गए मान एंटेना डिजाइनर के विनिर्देश के अनुसार होने चाहिए। इस एंटेना एरे अखंडता जांच को स्वचालित नहीं

किया जा सकता है यह मैनुअल, समय लेने वाली और थकाऊ प्रक्रिया है जिसे एकीकरण हैंगर में करने की आवश्यकता है।

ख) विभिन्न एलआरयू और सक्रिय ऐरे उप-प्रणालियों अर्थात पावर सप्लाई मदर बोर्ड, टीआरएम पावर सप्लाई मॉड्यूल, ऐरे पावर सप्लाई जंक्शन बॉक्स, अन्य उच्च स्तरीय एलआरयू की एकीकरण कनेक्टिविटी और अखंडता जांच एकीकरण हैंगर में की जानी चाहिए।

ग) एंटीना ऐरे और अन्य एलआरयू के एकीकरण और अखंडता जांच के परिणामों को रिकॉर्ड करने की आवश्यकता है।

6. **एरे अंशांकन**

एंटीना के रिसीव एंटीना मापदंड यानी साइड लोब लेवल, बीम की चौड़ाई, डायरेक्टिविटी और बीम पॉइंटिंग सटीकता से मिलान करने के लिए रिसीव कैलिब्रेशन प्रक्रिया की जाती है। सक्रिय एरे का कैलिब्रेशन अनुपात तैयार करके कैलिब्रेशन नेटवर्क में उपयोग किया गया है। कैलिब्रेशन प्रक्रियाओं के दौरान फीड नेटवर्क में बदलाव के साथ-साथ प्रत्येक मॉड्यूल के अंतर्वेशन भिन्नता को नोट किया जाता है और टीआरएम में फेज शिफ्टर्स और एटेन्यूएटर्स को संबंधित कमांड जारी करके इसकी भरपाई की जाती है। फील्ड कैलिब्रेशन में शामिल विभिन्न चरणों को नीचे सूचीबद्ध किया गया है:

अंशांकन एल्गोरिदम प्रवाह:

अंशांकन निर्दिष्ट सीमा के भीतर पुनरावृत्त और अभिसरण प्रक्रिया है। कोणांक और चरण, एटेन्यूएटर और चरण शिफ्टर के ± 1 LSB के भीतर रहते हैं।

1. सभी टीआरएम के चरण और क्षीणन को शून्य पर सेट करें।
2. अंशांकन बीम (बीम1) के लिए एटेन्यूएटर और फेज शिफ्टर में भार को 1+ j0 पर सेट करें और शेष को शून्य पर सेट करें।
3. सक्रिय पथ और टीआरएम को चालू करें जिसे कैलिब्रेट किया जाना है (मोड के आधार पर टीएक्स/आरएक्स)
4. प्रत्येक मॉड्यूल के लिए अंतर्वेशन (फील्ड इंजेक्शन) वेक्टर को रिकॉर्ड/सारणीबद्ध करें।
5. रिकॉर्ड किए गए अंतर्वेशन (इंजेक्शन) वेक्टर में अंशांकन अनुपात (सीआर) जोड़ें।
6. अब प्राप्त डेटा पूरी तरह से एंटीना (फील्ड प्रोब) में सक्रिय पथ के कारण है।
7. सक्रिय पथ में परिवर्तन की क्षतिपूर्ति के लिए फेज शिफ्टर और एटेन्यूएटर के मानों की गणना करें ताकि एपर्चर सर्वोत्तम संभव मानों के लिए सह-चरणीय हो और प्राप्त टेपर भी निकटतम संभव हो।
8. सीएएल त्रुटि को संगतकोण एटेन्यूएटर और फेज शिफ्टर पर अपलोड करें।
9. सीएएल त्रुटि अपलोड के बाद प्रत्येक मॉड्यूल के लिए सम्मिलन (फील्ड इंजेक्शन) वेक्टर रिकॉर्ड/सारणीबद्ध करें।
10. इस डेटा से विकिरण पैटर्न की भविष्यवाणी करें और जांच करें कि क्या सभी मापदंड निर्धारित सीमा में हैं। जांचे जाने वाले मापदंड हैं डायरेक्टिविटी, बीम पॉइंटिंग त्रुटि, पीक साइड-लोब लेवल और औसत साइड-लोब लेवल।
11. यदि कोणांक और चरण में परिवर्तन परिभाषित सीमा (एटेन्यूएटर और चरण शिफ्टर के ± 1 एलएसबी

के भीतर) में नहीं है और विकिरण पैटर्न मापदंड परिभाषित सीमा में नहीं हैं तो चरण 2 से शुरू करें। तब तक दोहराते रहें जब तक कि पूर्वानुमानित पैटर्न मापदंड परिभाषित सीमा में न आ जाएं।

12. एपर्चर को वांछित मानों पर अभिसरित करने के लिए अधिकतम 2 से 3 पुनरावृत्तियाँ पर्याप्त होनी चाहिए फिर भी अधिकतम 4 पुनरावृत्तियाँ आज़माई जा सकती हैं। फिर भी यदि एपर्चर वांछित मानों पर अभिसरित नहीं होता है तो इसका कारण सिस्टम में किसी अन्य समस्या को माना जा सकता है।

7. **रिसीव कैलिब्रेशन**

कैलिब्रेशन के रिसीव मोड में कैलिब्रेशन नेटवर्क से आर एफ सिग्नल प्रसारित किया जाता है। कैलिब्रेशन के तहत आने वाला टीआरएम आरएक्स में चालू होता है और अन्य सभी टीआरएम हाई आइसोलेशन मोड में होते हैं। इंजेक्ट किया गया सिग्नल टीआरएम रिसीव पथ, फीड नेटवर्क, आर एफ डाउन कनवर्टर जैसी पूरी रिसीव चेन से होकर गुजरता है। यह डेटा अंततः सिग्नल प्रोसेसर (एसपी)/ रेडार डेटा प्रोसेसर (आरडीपी) को भेजा जाता है। विशेष कैलिब्रेशन लाइन/एलिमेंट से संबंधित सभी टीआरएम को रिसीव मोड में एंटीना एरे के कैलिब्रेशन के लिए एक-एक करके चालू किया जाता है।

प्राप्त मोड अंशांकन में आरसी/आरडीसी/ एसपी से इच्छित आवृत्ति का चयन करके, सभी चरण शिफ्टर और एटेन्यूएटर को शून्य कमांड पर आरंभ करने के बाद सीएएल पोर्ट से आरएफ सिग्नल इंजेक्ट किया जाएगा और सभी टीआरएम प्रतिक्रियाओं को क्रमिक रूप से एक-एक करके रिकॉर्ड किया जाएगा।

आरएफ सिग्नल को सेंट्रल यूनिट से सीएएल पोर्ट में इंजेक्ट किया जाता है सिग्नल को एक्टिव मॉड्यूल से जोड़ा जाता है उस सिग्नल को गेन मॉड्यूल (टीआरएम+आरएफआईएफ) द्वारा बढ़ाया जाता है। आरएफडीसी सिग्नल को परिवर्तित करता है और डिजिटल रिसीवर (आईक्यू डेटा) का उपयोग करके सिग्नल को डिजिटाइज़ करता है। यह आईक्यू डेटा सीएएल प्रोसेसर/ आरडीपी को दिया जाता है सीएएल प्रोसेसर/ आरडीपी कैलिब्रेशन एल्गोरिदम चलाएगा और अंतिम पुनरावृत्ति सीएएल त्रुटि उत्पन्न करेगा। यह अंतिम त्रुटि सीएएल त्रुटि आरसी को हस्तांतरित हो जाएगी और आरसी कॉल त्रुटि तालिका को टीआरएम पर अपलोड करेगा।

8. **अंशांकन अनुपात सत्यापन**

कैलिब्रेशन अनुपात को मान्य करने के लिए दो अलग-अलग प्रक्रियाएं हैं जिन्हें यह जांचने के लिए किया जा सकता है कि कैलिब्रेशन नेटवर्क को सही तरीके से चित्रित किया गया है या कैलिब्रेशन अनुपात में कुछ त्रुटि है। इन दोनों प्रक्रियाओं का उल्लेख नीचे किया गया है:

i) **एनएफटीआर पैटर्न अंशांकन अनुपात को मान्य करता है**

सक्रिय एरे के अंशांकन अनुपात को फील्ड अंशांकन के बाद विकिरण पैटर्न को मापकर मान्य किया जा सकता है। मापे गए मापदंडों का मूल्यांकन एंटीना एरे डिजाइनर द्वारा निर्दिष्ट एंटीना मापदंडों के

संबंध में किया जाना चाहिए। यदि मापे गए मापदंड एंटीना एरे डिजाइनर द्वारा निर्दिष्ट एंटीना मापदंडों के साथ निकटता से मेल खाते हैं तो अंशांकन अनुपात को रेडार संचालन के फील्ड अंशांकन के लिए वैध अंशांकन अनुपात के रूप में घोषित किया जाता है।

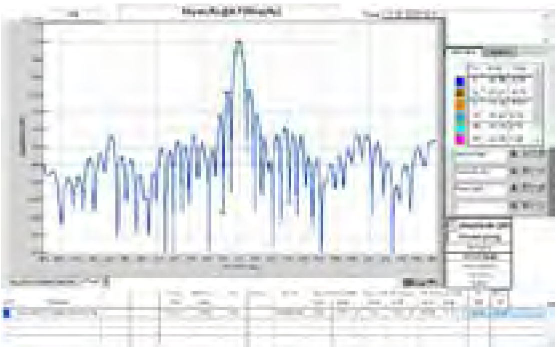
ii) अंशांकन नेटवर्क अंशांकन अनुपात को मान्य करता है:
सक्रिय एरे के अंशांकन अनुपात को उनके संबंधित मॉड्यूल के लिए अंशांकन अनुपात के व्युत्क्रम मान अपलोड करके मान्य किया जा सकता है। अपलोड करने के बाद सक्रिय एलेमेंट प्रतिक्रिया को एरे के सीएएल पोर्ट के माध्यम से मापा जाना चाहिए। यदि सभी सक्रिय तत्वों की सीएएल पोर्ट चरण प्रतिक्रिया चरण शिफ्टर के ± 1 एलएसबी के भीतर है, तो अंशांकन अनुपात को रेडार ऑपरेशन के फील्ड अंशांकन के लिए वैध अंशांकन अनुपात के रूप में घोषित किया जाता है।

9. **एरे पैटर्न माप**

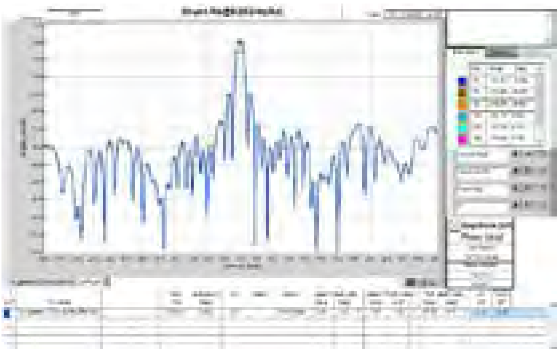
एनएफटीआर में एंटीना एरे के विभिन्न मापदंडों के लिए टीएक्स और आरएक्स में एंटीना एरे के विकिरण पैटर्न को मापकर एंटीना एरे लक्षण वर्णन किया गया है। विकिरण पैटर्न को मापने के लिए एक्स और y अक्ष में ½ से कम के चरण में 3l - 5l के बीच जांच रखकर सभी महत्वपूर्ण ऊर्जा को निकट क्षेत्र में कैप्चर किया गया है। इस निकट क्षेत्र के डेटा को एफएफटी का उपयोग करके दूर क्षेत्र में बदल दिया गया है और सभी पैटर्न मापदंडों की गणना की गई है सभी मापदंडों को एंटीना एरे डिजाइनर द्वारा निर्दिष्ट एंटीना मापदंडों के साथ निकट समझौते में होना चाहिए।

निम्नलिखित एंटीना एरे मापदंड हैं जिनका मूल्यांकन एंटीना माप सुविधा का उपयोग करके आवश्यकताओं के विरुद्ध किया जाता है। एज़िमुथ में बीम की चौड़ाई और ब्रॉडसाइड और ऑफ-ब्रॉडसाइड कोणों पर उन्नयन बीम पॉइंटिंग त्रुटि और साइड लोब स्तर।

10. **एएएयू के रिसीव मोड में प्राप्त पैटर्न**

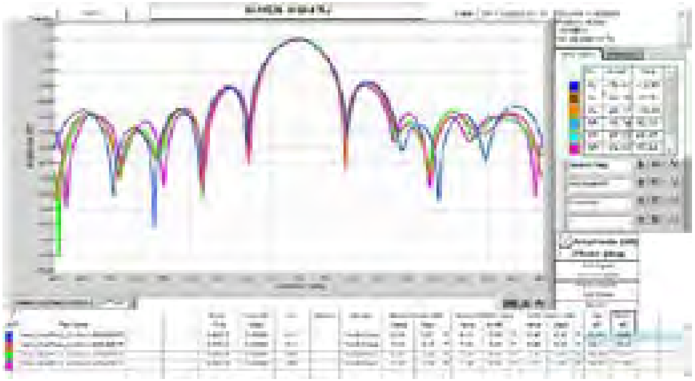


चित्र 2.1: 8.75 गीगाहर्ट्ज़ पर प्राप्त अज़ीमुथ पैटर्न



चित्र 2.2: 9.25 गीगाहर्ट्ज़ पर प्राप्त अज़ीमुथ पैटर्न

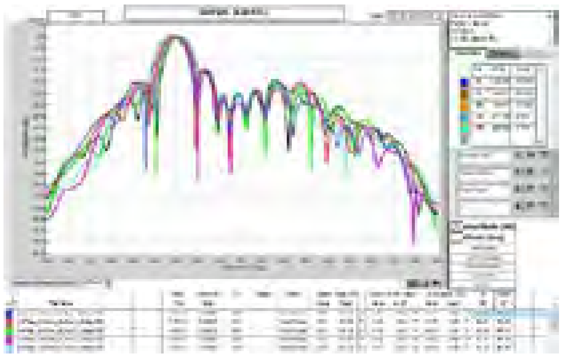
रिसीव बोर-साइट मल्टी फ्रीक्वेंसी पैटर्न (समरूप)



चित्र 2.3: 8.5 से 9.0 गीगाहर्ट्ज़ पर प्राप्त उन्नयन बहु आवृत्ति पैटर्न

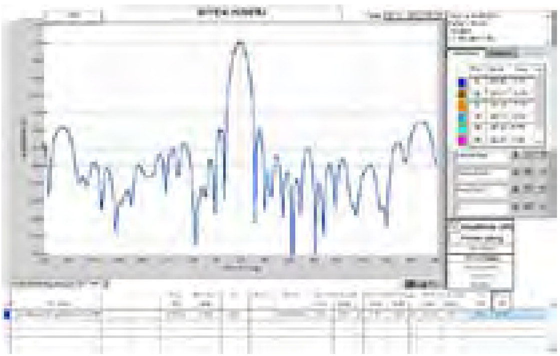
रिसीव स्कैन पैटर्न

चित्र 2.4: 8.5 से 9.10 गीगाहर्ट्ज़ पर रिसीव स्कैन (0, -30) AZ पैटर्न



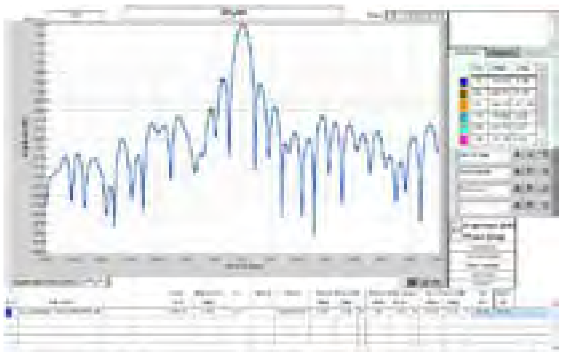
चित्र 2.5: 8.5 से 9.10 गीगाहर्ट्ज़ पर रिसीव स्कैन (0, -30) ईएल पैटर्न

रिसीव टेलर पैटर्न



चित्र 2.6: 9.0 गीगाहर्ट्ज़ पर टेलर अजीमुथ पैटर्न प्राप्त करें

संचारित माप



चित्र 2.7: 8.75 गीगाहर्ट्ज़ पर संचारित अज़ीमुथ पैटर्न

निष्कर्ष

एरे को कई प्रदर्शन मापदंडों जैसे कि गलत अलार्म की संभावना, न्यूनतम पता लगाने योग्य सिग्नल, स्कैन समय, सिस्टम सटीकता, कोणीय और रेंज कवरेज, गतिशील रेंज आदि के लिए चिह्नित किया गया था। इसके अलावा एरे का क्षेत्र में परीक्षण किया गया और अवसरवादी लक्ष्यों को खोज के साथ-साथ पूर्ण ट्रैक मोड में ट्रैक किया गया।

आरएक्स यूनिफ़ॉर्म पैटर्न

क्रमांक	मापा गया मापदंड	8.75 गीगा	9.0 गीगा	9.25 गीगा
1	दिशिकता	32.95 डीबीआई	33.32 डीबीआई	33.10 डीबीआई
2	बीम चौड़ाई (एज़ेड)	2.05°	2.02°	1.99°
3	बीम चौड़ाई (ईएल)	7.74°	7.49°	7.41°

टीएक्स पैटर्न

क्रमांक	मापा गया मापदंड	8.75 गीगाहर्ट्ज	9.0 गीगाहर्ट्ज़	9.5 गीगाहर्ट्ज़
1	दिशिकता	33.34 डीबीआई	34.39 डीबीआई	32.76 डीबीआई
2	बीम चौड़ाई (एज़ेड)	2.33°	1.85°	2.11°
3	बीम चौड़ाई (ईएल)	6.84°	7.29°	7.45°

✦✦✦

सिंथेटिक एपर्चर रेडार के लिए केयू-बैंड रेडोम का अभिकल्पन और विकास

मंजुश्री तमांग, डॉ. बीनामोल केएस, नवीन कुमार विश्वकर्मा, श्रीजीत सीए

इलेक्ट्रॉनिक्स तथा रेडार विकास स्थापना (एलआरडीई), बेंगलुरु

manjushree.lrde@gov.in

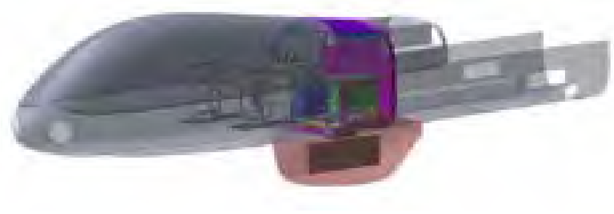
सार

सिंथेटिक एपर्चर रेडार (एसएआर) एक ऑल वेदर इमेजिंग सेंसर है। एसएआर को आम तौर पर एयरबोर्न प्लेटफॉर्म या सैटेलाइट पर लगाया जाता है। रेडोम एयरबोर्न प्लेटफॉर्म में एसएआर सिस्टम का एक अभिन्न अंग है क्योंकि यह एसएआर सिस्टम को प्रतिकूल मौसम की स्थिति से बचाता है। इस पेपर में, यूएवी में स्थापना के लिए केयू बैंड सिंथेटिक एपर्चर रेडार के लिए रेडोम के अभिकल्पन और विकास का वर्णन किया गया है। अभिकल्पन विवरण, ईएम सिमुलेशन और मापे गए परिणाम प्रस्तुत किए गए हैं।

मूलशब्द: केयू बैंड एसएआर, रेडोम , एंटीना, ए-सैंडविच, यूएवी

परिचय

पारंपरिक रेडार के विपरीत, एक सिंथेटिक एपर्चर रेडार आरएफ ऊर्जा का उपयोग करके एक छवि जैसी तस्वीर प्रदान करता है। एसएआर सिस्टम आम तौर पर एक वायुवाहित प्लेटफॉर्म में स्थापित किए जाते हैं। एक रेडोम एक संरचना है जो रेडार एंटीना की सुरक्षा करता है लेकिन इसके प्रदर्शन को बाधित नहीं करता है। प्राथमिक आवश्यकता यह है कि रेडोम को पारदर्शी विद्युत चुम्बकीय खिड़की के रूप में कार्य करना चाहिए जो विभिन्न लुक ऐंगल, साइड लोब स्तरों, बोर दृष्टि त्रुटि और अन्य एंटीना मापदंडों पर पावर ट्रांसमिशन के संदर्भ में विनिर्देशों को पूरा करता है। अन्य महत्वपूर्ण आवश्यकताएं संरचनात्मक (वजन, रूप रेखा आदि) और पर्यावरण विनिर्देशों को पूरा करना है। यह पेपर एक यूएवी में लगाए जाने वाले केयू बैंड एसएआर के लिए एक रेडोम का वर्णन करता है। रेडोम के साथ एसएआर प्रणाली को 32,500 फीट (अधिकतम) की ऊंचाई पर संचालित करने की आवश्यकता होती है। रेडोम की प्राथमिक ईएम आवश्यकता में ट्रांसमिशन हानि <1dB, 3dB बीम चौड़ाई में वृद्धि जो कि एंटीना बीम चौड़ाई की तुलना में 10% से कम है, साइड लोब अवकर्षण <2dB क्रॉस पोलराइजेशन और नल डेपथ देटेरियोरेशन <3dB केयू बैंड आवृत्ति पर 1.6G गीगाहर्ट्ज़ की बैंडविड्थ पर शामिल है। ईएम आवश्यकताओं के अलावा रेडोम को अत्यधिक वायुगतिकीय और तापीय तनावों का सामना करने की आवश्यकता होती है। चित्र 1 यूएवी में रेडोम का 3 डी प्रतिनिधित्व दर्शाता है। रेडोम के अंदर एक प्लानर स्लॉटेड वेवगाइड एंटीना सरणी रखी गई है।

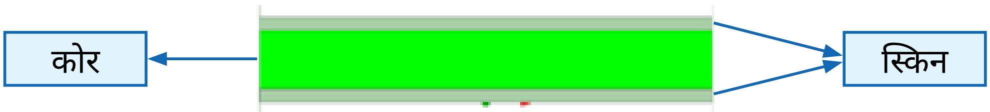


चित्र 1 : यूएवी में रेडोम का 3डी प्रतिनिधित्व

रेडोम निर्माण

रेडोम का निर्माण आम तौर पर मिश्रित सामग्री का उपयोग करके किया जाता है या तो एक अखंडित/ठोस दीवार या सैंडविच निर्माण में। ठोस दीवार वाले रेडोम जो एकल सामग्री से बने होते हैं को इसकी मोटाई के आधार पर पतले या कई एक-आधे (λ/2) तरंगदैर्ध्य के रूप में वर्गीकृत किया जाता है। पतली दीवार वाले रेडोम की मोटाई आमतौर पर λ/20 के करीब होती है इसलिए यह बहुत हल्का होता है और उच्च संचरण दक्षता और बैंडविड्थ विशेषताओं जैसे विद्युत प्रदर्शन पर नगण्य प्रभाव डालता है। हालाँकि, यह आमतौर पर कठोर पर्यावरणीय अनुप्रयोगों में नियोजित नहीं होता है क्योंकि इसकी अपेक्षाकृत मोटाई बहुत कम थर्मल इन्सुलेशन और यांत्रिक स्थिरता प्रदान करती है। दूसरी ओर एक-आधा तरंगदैर्ध्य वाली दीवार निर्माण का व्यापक रूप से उपयोग किया गया है क्योंकि यह संरचनात्मक रूप से मजबूत और विद्युत अभिकल्पन में सरल है। हालाँकि, एक-आधा तरंगदैर्ध्य वाली दीवार बहुत भारी होती है और बहुत संकीर्ण बैंड आवृत्ति विशेषता दिखाती है। एक और रेडोम डिज़ाइन दृष्टिकोण जो अच्छी तरह से काम करता है वह सैंडविच टोपोलॉजी पर आधारित एक कॉन्फ़िगरेशन है जो हल्का, मजबूत और वाइडबैंड विशेषताएँ प्रदान कर सकता है। [1, 2, 3]

ईएम विनिर्देश और क्यू बैंड रेडोम के लिए संचालन की आवश्यकता को ध्यान में रखते हुए ए-सैंडविच निर्माण पर विचार किया जाता है। ए-सैंडविच रेडोम का व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है क्योंकि यह संरचना में सरल है जबकि अन्य प्रकार के रेडोम निर्माण की तुलना में ब्रॉडबैंड क्षमताएं और साथ ही उत्कृष्ट क्षमता-से-वजन अनुपात प्रदान करता है। ए-सैंडविच रेडोम निर्माण में कम पारद्युतिक स्थिरांक और कम घनत्व वाली कोर सामग्री होती है जो उच्च पारद्युतिक स्थिरांक और उच्च घनत्व वाली आउटर लेयर सामग्री के बीच सैंडविच होती है। एक विशिष्ट ए-सैंडविच निर्माण चित्र 2 में दिखाया गया है।



चित्र 2: ए-सैंडविच निर्माण

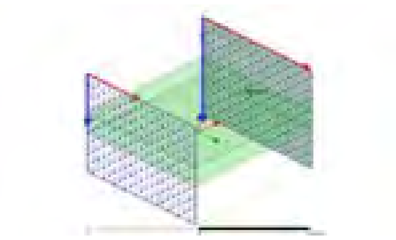
एपॉक्सी के साथ एस-ग्लास फैब्रिक को स्किन मटेरियल माना जाता है और रोहासेल51एचएफ को कोर मटेरियल माना जाता है। एस-ग्लास और रोहासेल के पारद्युतिक गुण और मटेरियल विवरण तालिका 1 में दर्शाए गए हैं।

गुण	एस-ग्लास इपॉक्सी	रोहासेल 51 एचएफ
पारद्युतिक स्थिरांक	3.5 @एफसी	1.048 @26.5 गीगाहर्ट्ज़
पारद्युतिक हानि स्पर्शज्या	0.035 @एफसी	0.0135 @26.5 गीगाहर्ट्ज़

रेडोम का ईएम अभिकल्पन और विश्लेषण

ए-सैंडविच का निर्माण करने वाली आउटर लेयर और कोर सामग्री की मोटाई और पारद्युतिक गुणधर्म, रेडोम की ईएम विशेषताओं को निर्धारित करते हैं, जबकि आउटर लेयर, कोर और निर्माण का तनाव प्रतिबल, अंतर- पटलीय अपरूपण प्रतिबल आदि जैसे सामग्री गुणधर्म किसी भी रेडोम अनुप्रयोग के लिए संरचनात्मक पर्याप्तता निर्धारित करते हैं।

रेडोम निर्माण का यूनिट सेल विश्लेषण 3D ईएम टूल Ansys एचएफएसएस का उपयोग करके किया जाता है ताकि आउटर लेयर और कोर सामग्री की इष्टतम मोटाई निर्धारित की जा सके। यूनिट सेल विश्लेषण में, उपकरण एचएफएसएस की मास्टर-स्लेव सीमा विशेषता का उपयोग उत्तेजना के रूप में समतल तरंग का उपयोग करके एक असीम रूप से बड़े रेडोम निर्माण का अनुकरण करने के लिए किया जाता है। चित्र 3 एचएफएसएस में एक विशिष्ट यूनिट सेल सेटअप को दर्शाता है।



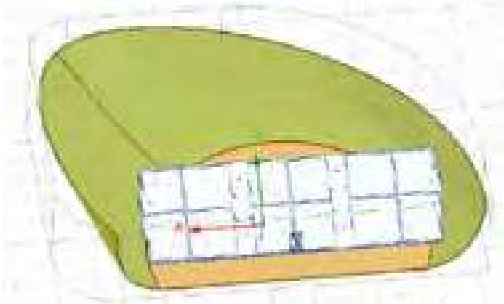
चित्र 3: ए-सैंडविच निर्माण के लिए यूनिट सेल सेटअप

कोर के लिए प्रारंभिक पैरामीटर आमतौर पर λ/4 और आउटर लेयर की मोटाई λ/20 के रूप में लिया जाता है। पैरामीट्रिक विश्लेषण किया जाता है और विभिन्न स्कैन कोणों में समानांतर और लंबवत ध्रुवीकरण दोनों में न्यूनतम संचरण हानि पैरामीटर प्राप्त करने के लिए आउटर लेयर और कोर की मोटाई को अनुकूलित किया जाता है। चित्र 3 समानांतर और लंबवत ध्रुवीकरण के लिए विभिन्न कोर मोटाई के लिए संचरण हानि को दर्शाता है।

रेडोम निर्माण के यूनिट सेल विश्लेषण से आगे के ईएम विश्लेषण के लिए विचारित आउटर लेयर की मोटाई और कोर की मोटाई क्रमशः 0.45 मिमी और 3.5 मिमी है।

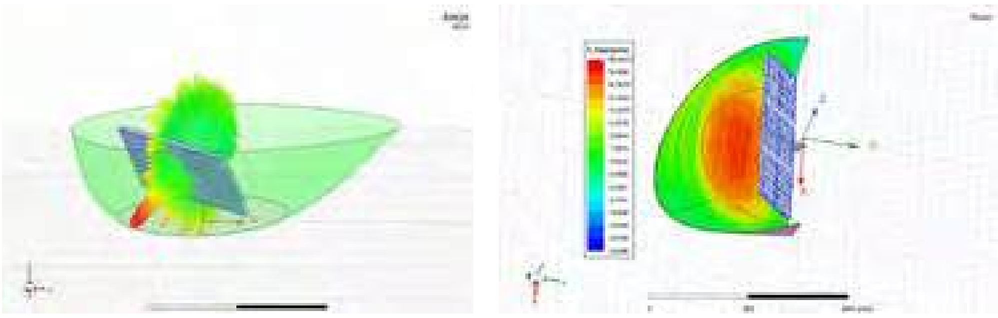
एंटीना के साथ पूर्ण रेडोम ईएम सिमुलेशन करने के लिए कई सिमुलेशन दृष्टिकोण अपनाए गए जैसे FEBI (फईएम (एंटीना) और।E (रेडोम)), एंटीना और रेडोम का पूर्ण तरंग विश्लेषण, SBR+। एंटीना पोजिशनिंग सिस्टम का उपयोग करके रेडोम के अंदर एंटीना को यांत्रिक रूप से स्कैन किया जाता है। रेडोम का कुल आयाम 1.4mX0.82X0.5m है।

एंटीना को एजिमुथ प्लेन में ±135^{0} और एलिवेशन प्लेन में +5^{0} से -45^{0} तक स्कैन किया जाना आवश्यक है। FEBI और एफईएम विश्लेषण के लिए रेडोम के बड़े आकार के कारण, विश्लेषण के दौरान रेडोम को स्लाइस किया गया था। नीचे दिया गया चित्र 4 Ansys एचएफएसएस में एंटीना और रेडोम के 3डी मॉडल को दर्शाता है।



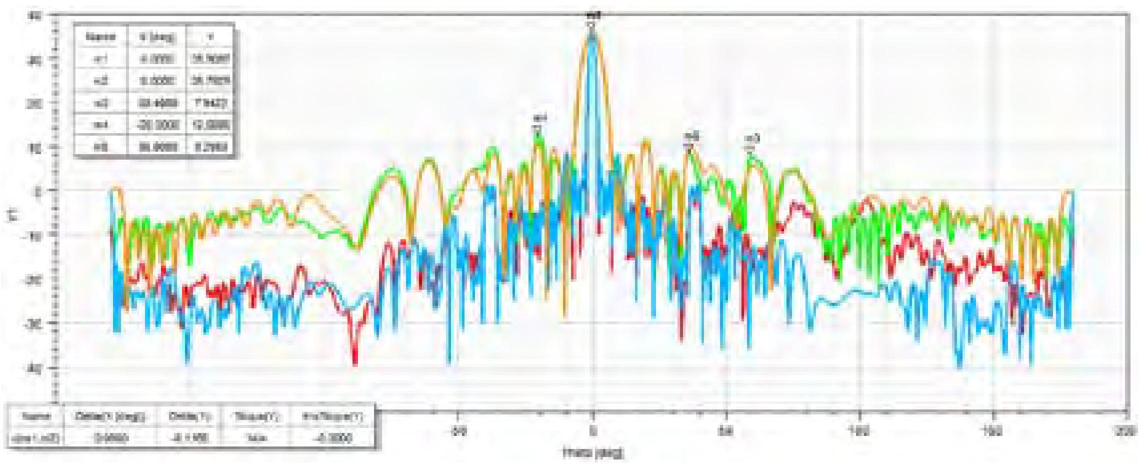
चित्र 4: एंटीना और रेडोम का ईएम सिमुलेशन

नीचे दिया गया चित्र 5 विद्युत क्षेत्र के तीव्रता ग्राफ और अनुरूपित 3D विकिरण पैटर्न को दर्शाता है।



चित्र 5: विद्युत क्षेत्र आलेख और 3D विकिरण पैटर्न (SBR+)

रेडोम के साथ एंटीना की विकिरण विशेषताओं की तुलना अकेले एंटीना के विकिरण पैटर्न से की गई। चित्र 6 में स्कैन ऐंगल (अजीमुथ 45° और ऊंचाई -45°) पर केंद्र आवृत्ति पर रेडोम के साथ और बिना एंटीना के विकिरण पैटर्न को दिखाया गया है। सिम्युलेटेड ट्रांसमिशन लॉस 0.12dB है और रेडोम के साथ अन्य सभी एंटीना पैरामीटर विनिर्देशों को पूरा कर रहे हैं।



चित्र 6: सिम्युलेटेड विकिरण पैटर्न–रेडोम के साथ और बिना रेडोम के

लाल: रेडोम के साथ एच-प्लेन   नीला: रेडोम के बिना एच-प्लेन

हरा: रेडोम के साथ ई-प्लेन   नारंगी: रेडोम के बिना ई-प्लेन

0.2 गीगाहर्ट्ज़ की आवृत्ति चरणों में 1.6 गीगाहर्ट्ज़ बैंडविड्थ पर विभिन्न स्कैन ऐंगल में विश्लेषण किया गया और पाया गया कि यह ईएम आवश्यकताओं को पूरा करता है। साथ ही रेडोम पर मॉडल विश्लेषण सहित संरचनात्मक विश्लेषण भी किया गया और पाया गया कि यह संरचनात्मक आवश्यकताओं को पूरा करता है।

रेडोम का निर्माण

रेडोम निर्माण प्रक्रिया में ऑटोक्लेव में 120⁰ सेल्सियस पर उच्च तापमान पर वैक्यूम बैगिंग शामिल है। रेडोम का निर्माण भारतीय उद्योग, मेसर्स आरआर इंडस्ट्रीज, हैदराबाद द्वारा किया गया है। 300 मिमीX300 मिमी आयाम के रेडोम कूपन बनाए गए और 2X16 एंटीना सरणी के साथ ईएम परीक्षण किया गया। 0.65 डीबी की अधिकतम हानि मापी गई। इसके अलावा, विनिर्माण प्रक्रिया की उपयुक्तता का आंकलन करने के लिए समान आयाम के कूपन को उच्च तापमान, कम दबाव और आर्द्रता के अधीन किया गया। किसी भी दरार, शून्यता और विघटन की जांच के लिए कूपन पर पूर्व और बाद में अल्ट्रासोनिक परीक्षण किए गए। नीचे चित्र 7 निर्मित रेडोम को दर्शाता है।

चित्र 7: फैब्रिकेटेड रेडोम

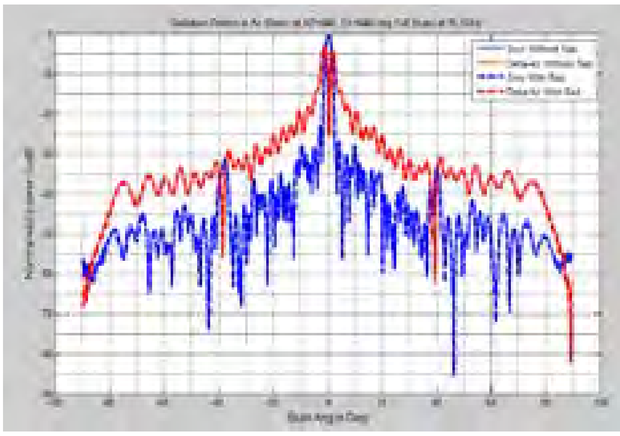
कार्यात्मक परीक्षण और योग्यता

रेडोम का अभिलक्षणन हैदराबाद के आरसीआई में रेडोम परीक्षण सुविधा में किया गया। रेडोम के अभिलक्षणन के लिए केयू बैंड एसएआर के लिए निर्मित एंटीना का उपयोग किया गया। रेडोम के साथ और बिना रेडोम के विभिन्न स्कैन ऐंगल पर एंटीना पैटर्न लिए गए जो कि नीचे मैट्रिक्स में दर्शाए गए है।

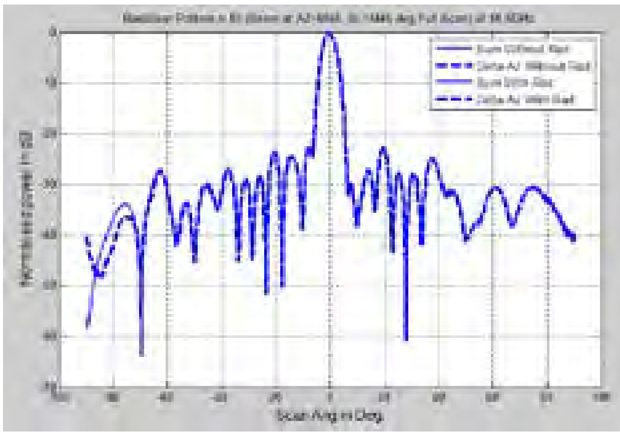
दिगंश कोण	उन्नयन कोण			
	+5⁰	-10⁰	-30⁰	-45⁰
45⁰				
90⁰				
135⁰				
225⁰				
270⁰				
315⁰				

मेज़ 1: माप स्कैन तालिका

नीचे दिए गए चित्र 8 और 9 केंद्र आवृत्ति पर मापे गए पैटर्न को दर्शाते हैं।



चित्र 8 में एच-प्लेन में रेडोम के साथ योग चैनल और डेल्टा अजीमुथ विकिरण पैटर्न मापा गया



चित्र 9 ई-प्लेन में रेडोम के साथ योग चैनल विकिरण पैटर्न मापा गया

सभी स्कैन कोणों और आवृत्तियों के लिए सभी मापे गए डेटा का विश्लेषण किया गया और नीचे दी गई प्ररूपी संचरण हानि तालिका तैयार की गई।

अधिकतम हानि: 0.42dB तालिका 2

टीएक्स हानि (डीबी) @आवृति: एफकेंद्र				
दिगंश कोण	उन्नयन कोण			
	+5°	-15°	-30°	-45°
45°	0.23	0.34	0.25	0.40
90°	0.24	0.31	0.22	0.20
135°	0.26	0.28	0.24	0.20
225°	0.32	0.25	0.29	0.28
270°	0.22	0.3	0.24	0.3
315°	0.32	0.22	0.34	0.22

केंद्र पर संचरण हानि

चार रेडोम बनाए जा चुके हैं और एक रेडोम को SoFT योग्यता प्राप्त हो चुकी है, 1 QT और 2 ESS इकाई कार्यात्मक परीक्षण से गुजर रही है। रेडोम पर वायुगतिकीय भार को झेलने की क्षमता का आंकलन करने के लिए स्थैतिक भार परीक्षण भी किया गया।

निष्कर्ष

रेडोम विकास में बहु-विषयक डोमेन शामिल है मुख्य रूप से ईएम अभिकल्पन, संरचनात्मक अभिकल्पन, कंपोजिट और कंपोजिट फैब्रिकेशन। एक हवाई प्लेटफॉर्म के लिए एक वाइड बैंड केयू बैंड रेडोम को स्वदेशी रूप से अभिकल्पन और विकसित किया गया है। रेडोम की ईएम और संरचनात्मक आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए कार्यात्मक परीक्षण और योग्यता पूरी हो गई है। यूएवी पर एक ट्रायल फिट भी किया गया है और रेडोम को उड़ान परीक्षणों से गुजरना होगा।

आभार

लेखक एलआरडीई के निदेशक को उनके प्रोत्साहन के लिए धन्यवाद देना चाहते हैं। लेखक टीडी-डीरैम और जीएच-आरईआरएमए को भी उनके मार्गदर्शन के लिए आभार व्यक्त करते हैं। मैकेनिकल टीम, HiSAR, PD-HiSAR और हमारे सहयोगियों को उनके निरंतर समर्थन के लिए हमारा हार्दिक धन्यवाद।

संदर्भ

1] Kyung-Won Lee, Yeong-Chul Chung, Ic-Pyo Hong and Jong-Gwan Yook, "An Effective Design Procedure for A-Sandwich Radome," IEEE Antennas and Propagation Society International symposium, 2010
2] Dennis J. Kozakoff, "Analysis of radome-enclosed antennas," Artech House, Inc. 1997
3] A. Kedar, U.K. Revankar, "Parametric study of flat sandwich multilayer radome," Progress In Electromagnetics Research, PIER 66, 253-265, 2006.

✦✦✦

एमईएमएस पर आधारित शून्य-ऊर्जा अनअटेंडेड ग्राउंड सेंसर (यूजीएस) की राष्ट्रीय सीमा सुरक्षा में उपयोगिता

शंकर दत्त

ठोसावस्था भौतिकी प्रयोगशाला (एसएसपीएल), दिल्ली

shankar.dutta.sspl@gov.in

सार

आधुनिक समय में किसी भी देश के युद्ध क्षेत्र के वर्चस्व का फैसला उसकी रक्षा तकनीक, प्रभावी सीमा-निगरानी की क्षमता और 'युद्धक्षेत्र पारदर्शिता' (Battlefield Transparency or BT) के द्वारा किया जाता है ना कि उसके बटालियन के आकार के द्वारा। बीटी को मुख्य रूप से युद्धक्षेत्र की जानकारी इकट्ठा करने के लिए, सेंसर की तैनाती और नेटवर्किंग द्वारा तय किया जाता है। अनअटेंडेड ग्राउंड सेंसर (यूजीएस) प्रणाली को मुख्य रूप से बीटी, सीमा निगरानी तथा रणनीतिक बुनियादी ढांचे को सुरक्षित करने के लिए मानव रहित सूचना एकत्र करने वाले उपकरण के रूप में उपयोग किया जाता है। इसमें कंपन, त्वरण, ध्वनि, अवरक्त, चुंबकीय और भी अन्य सेंसर होते हैं। सेंसर और नेटवर्क इलेक्ट्रॉनिक नोड के रूप में कार्य करने के लिए इन सेंसरों को सिस्टम और संचार स्रोत के साथ पैक किया जाता है। माइक्रो-इलेक्ट्रो-मैकेनिकल-सिस्टम (MEMS) तकनीक के विकास के साथ एक ही मंच में इनमें से कई छोटे-छोटे सेंसर इकट्ठा बनाना संभव है। इस प्रकार एक छोटा-सा बहु-विषयक सेंसर मंच विकसित करना संभव हैं जो न्यूनतम ऊर्जा (लगभग शून्य) की आवश्यकता के साथ एक छोटा-सा radio-frequency (RF) एंटीना द्वारा बेस स्टेशन तक सूचना प्रसारण करे। इसके अलावा, लघु, कम लागत, भरोसेमंद और मजबूत एमईएमएस सेंसर आधारित यूजीएस सिस्टम आर्टिलरी गन फायरिंग या किसी भी सीमा पार से काउंटर इनसर्जेंसी ऑपरेशन के दौरान बहुत जल्दी तैनात किए जा सकते हैं।

मूलशब्द: अनअटेंडेड ग्राउंड सेंसर; माइक्रो-इलेक्ट्रो-मैकेनिकल-सिस्टम; सीमा सुरक्षा

परिचय

प्रागैतिहासिक युग से, राष्ट्र-राज्यों की सीमाएं उनकी भौगोलिक, सामाजिक, राजनीतिक और सैन्य सीमाओं से परिभाषित होती हैं।[1-3] देश अपनी सैन्य शक्ति और सीमा पर बुनियादी ढांचे को सुरक्षित रखने के आधार पर अपनी सीमाओं को बनाए रखने या बढ़ाने में सक्षम हो रहे हैं जैसे कांटेदार तार या मोटी ईंट की दीवार (हर कोई जानता है कि Great wall of China क्यों बनाई गई थी)। यहां यह समझना महत्वपूर्ण है कि ये सीमाएं एक ही समय में वास्तविक और काल्पनिक दोनों हैं। भू-राजनीतिक सीमाएँ केवल मानचित्र और पाठ्यपुस्तकों द्वारा दर्शायी जाती हैं जो सीमा की सार्वजनिक धारणा को परिभाषित करती हैं। हालाँकि जमीनी स्तर पर यह बहुत अलग है।

घुसपैठ, तस्करी और सैन्य हमले को रोकने के लिए राष्ट्रीय सीमा को सुरक्षित करने की आवश्यकता है। राष्ट्रीय सीमाओं की रखवाली और नियंत्रण को ऐतिहासिक रूप से चुनौतीपूर्ण बनाती है उसकी कठोर जलवायु (जैसे राजस्थान के रेगिस्तान में तेज़ गर्मी, रन ऑफ कच्छ की नमक की भूमि, उत्तर-पूर्व के म्यांमार के घने जंगल और सियाचीन और अन्य हिमालयी इलाके की ठंडी जलवायु) और प्रतिकूल सीमावर्ती क्षेत्र। यह चुनौती कई गुना बढ़ जाती है जब हम भारत की विशाल सीमारेखा (पाकिस्तान के साथ 3,323 किलोमीटर; बांग्लादेश: 4,096 किमी; इंडो-चाइनीज लाइन ऑफ़ एक्चुअल कंट्रोल: 4057 किमी; म्यांमार: 1643 किमी; नेपाल: 1751 किमी) और तटीय रेखा (7516 किमी) के बारे में बात करते हैं।[1-2] भारतीय सीमा सुरक्षा बल (BSF) और भारतीय तटरक्षक बल सीमा रेखा और तट रेखा की रखवाली में पूरी तरह से समर्पित हैं।

सीमा को घुसपैठ से सुरक्षित करने के लिए कांटेदार तारों की बाड़ लगाने का काम कई सीमावर्ती क्षेत्रों में किया जाता है। लेकिन घुसपैठ और तस्करी को पूरी तरह से रोका नहीं जा सकता है। सीमा सुरक्षा में सुधार लाने के लिए कई उन्नत तकनीकों को नियोजित किया जा सकता है जैसे कि घुसपैठ या तस्करी प्रवण सीमावर्ती क्षेत्रों में लेजर फेंसिंग (बाड़) या अनअटेंडेड ग्राउंड सेंसर (unattended ground sensors, या UGS) की तैनाती।[4-6] लेजर बाड़ लगाने के लिए ऊर्जा के निरंतर स्रोत की आवश्यकता होती है; जबकि माइक्रो-इलेक्ट्रो-मैकेनिकल सिस्टम (MEMS) आधारित UGS बिजली की बहुत कम आवश्यकता के साथ निगरानी का काम कर सकता है। यूजीएस प्रणाली में सौर-सेल (solar cell) के एकीकरण के साथ, इन यूजीएस को कोई भी दूरस्थ स्थानों पर तैनात किया जा सकता है जहां लेजर बाड़ लगाने के लिए बिजली की निरंतर आपूर्ति संभव नहीं है।

1960 के दशक में, UGS की अवधारणा दूरस्थ रूप से मॉनिटर और सुरक्षित बॉर्डर या दुश्मन प्रतिष्ठानों से सामरिक प्रतिष्ठानों की परिधि के लिए काफी नयी थी। अमेरिकी सेनाओं ने 1966 में पहली बार वियतनाम युद्ध में यूजीएस का उपयोग किया था। 1980 में, यूएस में ध्वनिक और भूकंपीय सेंसर आधारित वाइड एरिया युद्धास्त्र (WAM) विकसित किया गया, जो निकटतम बिंदु पर एक लक्ष्य का पता लगाने और उसे मारने में सक्षम था। अफगानिस्तान और इराक युद्धों के समय दसियों-हजार यूजीएस तैनात किए गए, जो युद्ध क्षेत्रों के आसपास इलेक्ट्रॉनिक परिधि बनाते हैं और रणनीतिक दूरस्थ स्थानों पर निगरानी रखते हैं। एक बाजार सर्वेक्षण (एसआरएडी 238)[3] के अनुसार, चीन, भारत और जापान में 2020-2025 के दौरान यूजीएस के लिए सबसे तेजी से बढ़ने की उम्मीद है। इस रिपोर्ट में स्पष्ट रूप से बताया गया है कि चीन एशिया-प्रशांत क्षेत्र में यूजीएस के सबसे बड़ा बाजार होने जा रहा है; चीन विभिन्न सुधारों के माध्यम से अपनेIntegrated Network Electronic Warfare (INEW) को युद्ध स्तर तक बढ़ाने के लिए तत्पर है। देश की पश्चिमी और उत्तरी सीमा पर बढ़ते खतरे के साथ, यूजीएस आधारित सीमा निगरानी की मांग भी बढ़ रही है। आत्मनिर्भर भारत के नए प्रोत्साहन के साथ, हमें देश में ही यूजीएस सिस्टम का निर्माण करने की आवश्यकता है।

चित्र 1: अमेरिकी सेना की अनअटेंडेड ग्राउंड सेंसर (सीएफ यूजीएस) (स्रोत: इंटरनेट)

अनअटेंडेड ग्राउंड सेंसर (UGS)

अनअटेंडेड ग्राउंड सेंसर (UGS) कई सेंसरों का सम्मेलन है जो कंपन, त्वरण, ध्वनि, अवरक्त, चुंबकीय, ऑप्टिकल, रासायनिक और भी अन्य संभावित जानकारी एकत्र करते हैं।[4-9] यूजीएस में एक या एकाधिक सेंसर होते हैं, जो आमतौर पर बैटरी द्वारा संचालित होते हैं। हालांकि, अत्याधुनिक यूजीएस में बेस स्टेशन के साथ अंतर्निहित (in-built) ऊर्जा स्रोत (सोलर सेल) और रेडियो कम्यूनिकेशन सिस्टम भी होता है। कई अलग-अलग प्रकार की परियोजनाओं के लिए UGS का उपयोग किया जा सकता है। उन्हें कई अलग-अलग तरीकों से भी तैनात किया जा सकता है, जैसे कि मानव द्वारा, तोपखाने, अथवा हवाई जहाज से। उनके उपयोग क्षेत्रों के आधार पर, यूजीएस को मोटे तौर पर दो श्रेणियों में वर्गीकृत किया जा सकता है:

1. टैक्टिकल अनअटेंडेड ग्राउंड सेंसर (T-UGS) एक छोटे भूमि-आधारित सेंसर हैं, जो भूकंपीय, ध्वनिक, रेडियोलॉजिकल परमाणु और इलेक्ट्रो-ऑप्टिकल साधनों के माध्यम से शत्रु के खुफिया जानकारी इकट्ठा करते हैं। T-UGS नेटवर्क रूप में जुड़े होते हैं, और एक छोटे आकार के सैन्य-बल को प्रारंभिक चेतावनी प्रणाली और दूरस्थ संचालन प्रदान करते हैं।
2. शहरी अनअटेंडेड ग्राउंड सेंसर (U-UGS) हल्के वजन, कम लागत, वायरलेस, हाथ में पकड़ने-वाले सेंसर का सिस्टम हैं। U-UGS का उपयोग क्लियरिंग ऑपरेशंस के निर्माण के दौरान और गुफाओं, सीवरों, सुरंगों और अन्य कंफ्यूजन वॉल्यूम में एक निगरानी उपकरण के रूप में किया जाता है।

चित्र 2: टैक्टिकल और शहरी यूजीएस (स्रोत: इंटरनेट)

पूर्वानुमान है के वर्ष 2020-2025 दौरान यूजीएस की बाजार में हिस्सेदारी 5.2% के सीएजीआर (CAGR) से बढ़ने की संभावना है, क्योंकि यह वैश्विक स्तर पर आतंकवाद, भू-राजनीतिक मुद्दों और घुसपैठ रोकने के कारगर है। यूजीएस तकनीक के क्षेत्र में प्रमुख संस्था है: Applied Research Associates (ARA), Domo tactical Communications (DTC), Lockheed Martin Corporation, Northrop Grumman Corporation, Textron, Elbit Systems, Harris Corporation, L3 Technologies, Thales Group, और The Raytheon Company.

एमईएमएस प्रौद्योगिकी से उन्नत यूजीएस का विकास

लागत अनुपात उत्कर्षता के अनुसार, यूजीएस की सामर्थ्य को एमईएमएस प्रौद्योगिकी आधारित मल्टी-सेंसर प्लेटफॉर्म का उपयोग करके काफी बढ़ाया जा सकता है। एमईएमएस तकनीक के उपयोग से कई फायदे हैं, उनमें से लघुरूपण, batch-fabrication के माध्यम से उच्च विश्वसनीयता और कम लागत, और कम बिजली की आवश्यकता, प्रमुख है।[10-11] एमईएमएस आधारित यूजीएस को संबंधित इलेक्ट्रॉनिक्स के साथ छोटे आकार और स्मार्ट पैकेज (एलटीसीसी) में पैक किया जा सकता है जो इसे अत्यधिक मजबूत, आघात-प्रतिरोधी, और जलवायु-रोधक बनाता है। यह अत्याधुनिक यूजीएस प्रणाली के इन-हाउस विकास के लिए आवश्यक प्रोत्साहन प्रदान कर सकता है जिसे आर्टिलरी प्रोजेक्टाइल या एयरबोर्न प्लेटफॉर्म (UAV या ड्रोन) के द्वारा बड़ी पैमाने पर अति शीघ्र तैनात किया जा सकता है।

एमईएमएस आधारित यूजीएस के सभी लाभ भी संबंधित चुनौतियों के साथ आते हैं। प्रमुख चुनौतियों में से एक उन्नत ऊर्जा प्रबंधन है; आर्टिलरी या UAV तैनात UGS को अपने संचालन समय को दीर्घ करने के लिए बहुत कम शक्ति पर काम करने की आवश्यकता होती है। वैकल्पिक रूप से, उच्च दक्षता वाली सौर सेल (GaAs Solar cell ~ 27% की क्षमता) को भी उसी UGS प्लेटफार्म में एकीकृत किया जा सकता है। यह भी सर्वविदित है कि यूजीएस क्षमता को noise, मौसम, और दिन-रात के परिवर्तन, आदि सीमित कर सकता है। इसलिए, निरंतर सीमा-निगरानी सुनिश्चित करने के लिए कई यूजीएस डिवाइस को एक दूसरे के आसपास के क्षेत्र में तैनात किए जाने की आवश्यकता है।

रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन (डीआरडीओ) अलग-अलग लघु सेंसरों पर काम कर रहा है जैसे: ध्वनिक सेंसर, एमईएमएस बोलोमीटर, प्रेशर सेंसर, एक्सेलेरोमीटर, मैग्नेटिक सेंसर, आरएफएमईएमएस एंटीना इत्यादि, जैसा कि चित्र 3 में दिखाया गया है। डीआरडीओ को रोबोटिक्स और डेटा नेटवर्किंग में अपेक्षित अनुभव भी है।IITs और IISc जैसे प्रमुख शैक्षणिक संस्थानों के सहयोग से डीआरडीओ के शोधकर्ता स्मार्ट राष्ट्रीय सीमा निगरानी कार्य के लिए भविष्य में MEMS आधारित UGS विकसित करने में सक्षम हैं।

चित्र 3: विभिन्न डीआरडीओ प्रयोगशालाओं द्वारा विकसित miniaturized सेंसर समूह

निष्कर्ष

21 वीं सदी में, सीमा/युद्ध क्षेत्र में सेंसर की तैनाती और नेटवर्किंग के कारण 'बैटलफील्ड ट्रांसपेरेंसी' में सुधार हुआ है, जो अपने समकक्ष से अधिक तकनीकी उन्नत देश को बढ़त प्रदान करता है। अनअटेंडेड ग्राउंड सेंसर (यूजीएस) दृष्टि

की सीधी रेखा पर न होते हुए भी एक व्यवहार्य मानव रहित सूचना एकत्र करने वाले उपकरण के रूप में मील का पत्थर साबित हुआ है। एम.ई.एम.एस (MEMS) प्रौद्योगिकी के तेजी से विस्तार के साथ, त्वरण, ध्वनि, अवरक्त, चुंबकीय सेन्सर समूह को बहुत छोटी सी एक प्लेटफार्म में बनाना सम्भव है जिससे यूजीएस टेक्नोलॉजी एक लंबी छलांग लगा सकता है। यूजीएस का उपयोग मुख्य रूप से सीमा निगरानी, महत्पूर्ण संस्थान और सीमा सुरक्षा के लिए force multiplier के रूप में किया जा सकता है। वह दिन दूर नहीं जब रोबोटिक्स और एमईएमएस तकनीक में तेजी से हुई सफलताएँ हमें सही मायने में स्मार्ट यूजीएस के तरफ ले चलेगा; जो अपने आप चलने फिरने या उड़ने में सक्षम होगा। इस उन्नत तकनीक के माध्यम से, युद्ध के मैदान में दृष्टि की रेखा से परे स्थिति जागरूकता प्राप्त करने के लिए स्थानीय सैन्य कमांडर को सक्षम करना संभव होगा, जिससे हमें युद्ध क्षेत्र में See First, Shoot First, and Kill First का वर्चस्व रहेगा।

आभार

लेखक डॉ. मीना मिश्रा, निदेशक, ठोसावस्था भौतिकी प्रयोगशाला (डीआरडीओ) को उनके मार्गदर्शन और इस लेख को प्रकाशित करने की अनुमति के लिए आभार व्यक्त करते हैं। लेखक STARC बैंग्लोर के कर्मियों को अलग अलग एमईएमएस डिवाइस fabrication के लिए धन्यवाद करते हैं। डॉ. ईशा यादव, और डॉ. अखिलेश पाण्डेय जी को यह हिन्दी लेख लिखने में सहायता के लिए लेखक आभार व्यक्त करते हैं।

संदर्भ

1] A. Gupta, Border Management: Challenges and Opportunities, Security and Policy Initiatives (SAPI) Conference, 26th October 2021.
2] Maj Gen Alok Deb, Challenges to India's land border management: A call for an all of government approach, Synergy 2, 106-116 (2023).
3] Unattended Ground Sensors Market Size, Share, Trend, Forecast, & Industry Analysis – 2020-2025, Stratview Research (SRAD238).
4] J.H. Mcuiddy, Advanced unattended sensor and systems: state of the art and future challenges, Proc. SPIE 7693, 76931J (2010).
5] R. Knober, R. Fish, B. Jones, P. Schaumont, M. Gora, Security concerns and solutions for unattended ground sensors, Proc. SPIE 7333 (2009).
6] L.B. Stotts, D.D. Bryski, unattended ground sensor related technologies; an Army perspective, Proc. SPIE 4743 (2002).
7] T. Xu, N. Wang, X. Xu, Seismic target recognition based on parallel recurrent neural network for unattended ground sensor systems, IEEE Access 7, 137823 (2019).
8] K.A. Kramer, S.C Stubberud, UAVS working In conjunction with unattended ground sensors, Proc. IEEE Conf. (2016).
9] Y. Wang, X. Cheng, X. Li, B. Li, X. Yuan, Powerset fusion network for target classification In unattended ground sensors, IEEE Sensors 21, 13466 (2021).
10] B.D. Majumder, J.K. Roy, S. Padhee, Recent Advances In Multifunctional Sensing Technology on a Perspective of Multi-Sensor System: A Review, IEEE Sensors 19, 1204 (2019).
11] P. Ragam, N.D. Sahebraoji, Application of MEMS-based accelerometer wireless sensor systems for monitoring of blast-induced ground vibration and structural health: a review, IET Wireless Sensor Systems 9, 103 (2019).

रेडार वार्नर जैमर की कार्य प्रक्रिया

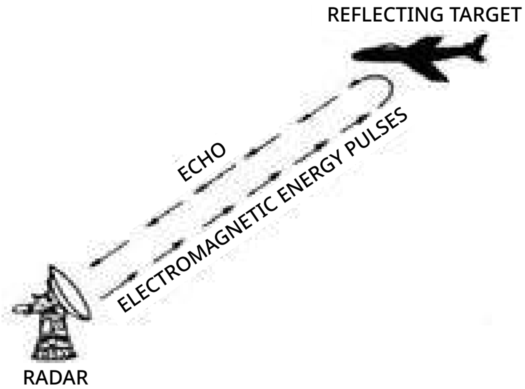
रोहन विवेक

युद्धक विमान प्रणालियाँ विकास एवं एकीकरण केंद्र (कासिडक), बेंगलुरु

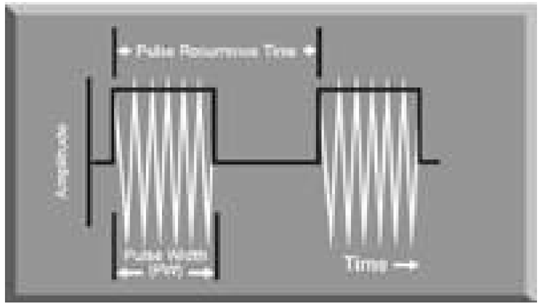
rohanvivek.casdic@gov.in

परिचय

आधुनिक युद्ध, सूचना और संसाधनों की लड़ाई है। सन 1939 से 1945 के बीच हुए दूसरे विश्व युद्ध ने रेडार और रेडार काउंटर उपायों के क्षेत्र में तेज़ी से प्रगति को जन्म दिया। रेडार एक शक्तिशाली, सभी मौसम में प्रचालित सेंसर है जो आधुनिक युद्ध का एक अविभाज्य हिस्सा साबित हुआ है। अपने सरल ऑपरेशन में, रेडार विद्युत चुम्बकीय विकिरण के विस्फोट को प्रसारित करता है और प्रतिबिंबित इको (चित्र-1) को प्राप्त करता है। विलंब को मापकर यह लक्ष्य की दूरी का अनुमान लगाता है। एंटीना से अपने शक्ति के स्तर को मापकर, यह लक्ष्य की दिशा (चित्र 1.1) का अनुमान लगाता है। यह लक्ष्य की गति का अनुमान लगाने के लिए डॉपलर सिद्धांत भौतिकी का उपयोग करता है। इस प्रकार लक्ष्य की दूरी, दिशा और गति रेडार के लिए उपलब्ध होती है। कई दशकों से रेडार सैन्य अनुप्रयोगों के साथ-साथ नागरिक अनुप्रयोगों में भी उपयोग किया जा रहा है। इस लेख में हमारा ध्यान इसके सैन्य अभियान से संबन्धित है। सभी आधुनिक लड़ाकू विमानों में रेडार लगाए गए हैं जो उनके आसपास के शत्रुतापूर्ण लक्ष्यों का पता लगाने में सक्षम है। रेडार एक सक्रिय प्रणाली है। लक्ष्यों का पता लगाने के लिए इसे विकिरण संचारित करना होता है, यह दायित्व विपरीत पक्ष को रेडार की उपस्थिति के बारे में किसी भी वार्निंग को जानने के लिए "रेडार वार्निंग रिसीवर (आरडबल्यूआर)" के डिज़ाइन और विकास का अवसर प्रदान करता है। आरडबल्यूआर निष्क्रिय उपकरण हैं। ये चुपचाप "रेडार प्रसारणों को" सुनते है और अपने मापदंडों को निर्धारित करते हैं और रेडार से दिशा और अनुमानित दूरी के बारे में लड़ाकू पायलट को सचेत करते हैं। कॉकपिट में पायलट को प्रदान किए गए स्क्रीन पर जानकारी प्रस्तुत की जाती है। मित्र/फ्रेंडली रेडार को नजरंदाज कर दिया जाता है जबकि दुश्मन रेडार को ट्रैक किया जाता है। यदि किसी विशेष शत्रु रेडार के खिलाफ जवाबी उपाय वांछित है, तो विमान पर "जैमर" या "सेल्फ प्रोटेक्शन जैमर" नामक एक विशेष उपकरण स्थापित किया जाएगा। रेडार जैमर का उद्देश्य शत्रु रेडार को जैम करना होता है ताकि मेजबान विमान की दूरी, गति और दिशा को या तो दुश्मन द्वारा नकार दिया जाए या धोखा दे दिया जाए। आमतौर पर जैमर एक पॉड के अंदर लगाए जाते हैं, जो विमान की बाहरी बॉडी से जुड़ा होता है। नवीनतम युद्धक विमान के अंदर आरडबल्यूआर और जैमर को "रेडार वॉर्नर जैमर (RWJ)" नामक एकल प्रणाली में एकीकृत किया जाता है। इस प्रकार RWJ = R रेडार, W वार्निंग, R रिसीवर + R रेडार, W वॉर्नर, J जैमर होता है। इस लेख का विषय गुणात्मक दृष्टि से RWJ यानि रेडार वॉर्नर जैमर के तत्त्वविज्ञान (The philosophy of RWJ) पर प्रकाश डालना है।



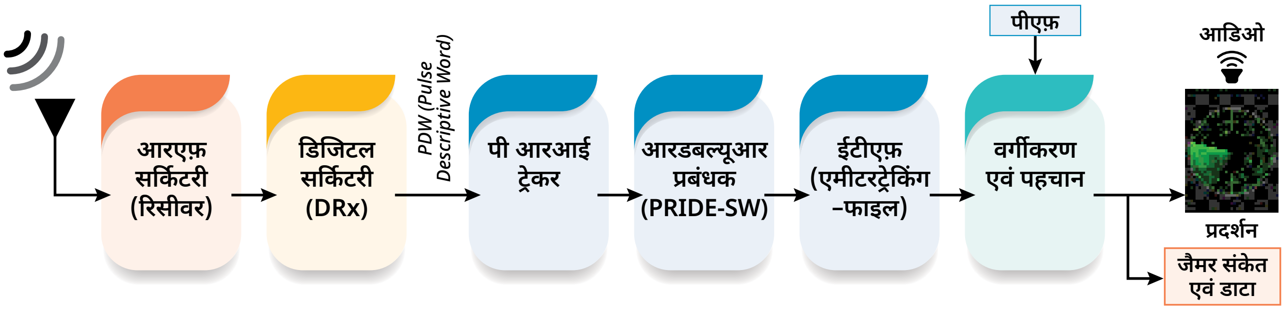
चित्र 1: रेडार विधुत चुम्बकीय विकिरण को प्रसारित और प्रतिबिंबित इको को प्राप्त करते हुए



चित्र 1.1: रेडार पल्स

रेडार वार्निंग रिसीवर (आरडबल्यूआर)

जैसा कि नाम से पता चलता है, आरडबल्यूआर एक सैन्य उपकरण है जिसका उपयोग रेडार सिग्नल मापदंडों को रोकने, विश्लेषण करने और रिपोर्ट करने के लिए किया जाता है। यह निष्क्रिय प्रणाली है, इसे नीचे ब्लॉक आरेख में दिखाया गया है।



चित्र 2: विशिष्ट (Typical आरडबल्यूआर) रेडार वार्निंग रिसीवर का ब्लॉक आरेख

आरडबल्यूआर आकस्मिक रेडार संकेतों को एकत्र करने के लिए विमान के विभिन्न स्थानों पर स्थित रिसीविंग एंटेना का उपयोग करता है। एक उपकरण के रूप में आरडबल्यूआर हमेशा विमान के अंदर पायलट के नीचे या कॉकपिट के पास कहीं स्थित होता है। विभिन्न एंटीना से सिग्नल प्राप्त करके हम जान सकते हैं कि किस एंटीना को अधिकतम शक्ति प्राप्त हुई है। तो हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि रेडार उस विशेष दिशा में स्थित है। एक बार जब सिग्नल एंटीना से प्राप्त हो जाता है, तो इसे आवश्यक एंपलीफायर, फिल्टरिंग और आवृत्ति/फ्रिक्वेन्सी डाउन रूपान्तरण करने के लिए आरएफ़ सर्किटरी के माध्यम से पारित किया जाता है। प्राप्त रेडार सिग्नल आवृत्तियों की एक विस्तृत शृंखला पर कब्जा किया जाता हैं जो आवृत्तियों की बहुत विशाल शृखंला होती है। डिजिटल सर्किटरी के लिए आवृत्तियों की उस बड़ी श्रृंखला को संभालना बहुत कठिन होगा। इसलिए डिजिटल सर्किटरी की सहायता के लिए आवृत्तियों को छोटी रेंज में परिवर्तित किया जाता है। डिजिटल सर्किटरी सिग्नल प्राप्त करता है और एनालॉग से डिजिटल का रूपान्तरण (ADC) करता है। एक बार जब डिजिटल नमूने उपलब्ध हो जाते हैं, तो सिग्नल और अन्य महत्वपूर्ण जानकारी प्राप्त करने के लिए एक फास्ट फुरियर ट्रान्सफ़ोर्म (FFT) की गणना की जाती है। डिजिटल रिसीवर का आउटपुट डिजिटल बिट्स का एक समूह होता है जिसे स्पंद वर्णित शब्द/पल्स डिस्कृप्टिव वर्ड्स यानि (PDWs) कहा जाता है। उनमें रेडार सिग्नल

की निम्नलिखित जानकारी होती है:

क) आवृत्ति/फ्रिक्वेन्सी

ख) स्पंद चौड़ाई/पल्स विड्थ

ग) विद्युत शक्ति / पावर

घ) आगमन का समय (TOA)

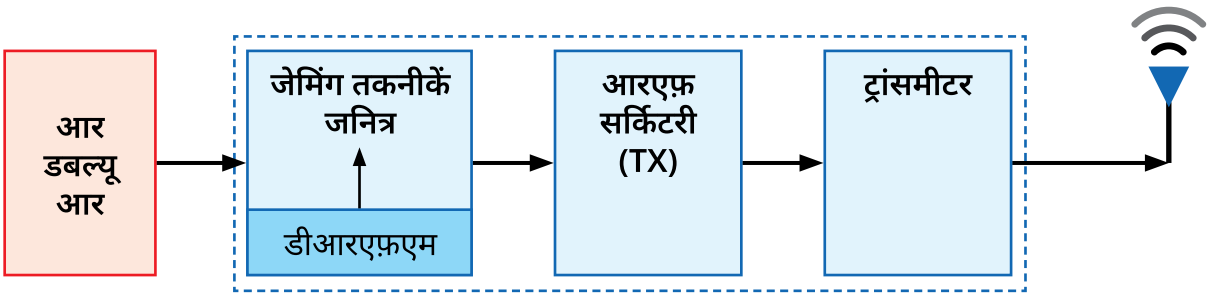
ड़) दिशा (पीडीडबल्यू में दिशा की जानकारी चैनलों की संख्या पर आधारित होती है)

एक बार जब पीडीडबल्यू की जानकारी डिजिटल रिसीवर से प्राप्त की जाती है, तो उसके बाद सॉफ्टवेयर प्रोसेसिंग में विश्लेषण और इंटरसेप्टिंग के लिए पीआरआई डी-अंतर्ग्रंथन/De-Interleaving और एमिटर ट्रेकिंग फाइल (ईटीएफ़) द्वारा पीआरआई के प्रकार, मोड्स ऑफ रेडार, डीएफ़ मापन आदि जैसी मतलब की जानकारी निकालने के लिए डाटा का वर्गीकरण और पहचान करना शामिल होता है। एक बार जब सूचना संसाधित हो जाती है तो इसे ऑडिओ संदेश के साथ-साथ पायलट की स्थिति संबंधी जागरूकता के लिए कॉकपिट के भीतर डिस्प्ले (चित्र 2) पर प्रस्तुत किया जाता है। आरडबल्यूआर एक लड़ाकू विमान की आँख है। इस प्रकार आरडबल्यूआर रेडार सिग्नल की जानकारी को इंटरसेप्ट करने, विश्लेषण करने और रिपोर्ट करने में मदद करता है। यदि पकड़ा गया रेडार सिग्नल दुश्मन का हो तो क्या होगा? इसमें “जैमर” या “सेल्फ प्रोटेक्शन जैमर“ का काम आता है।

स्व सुरक्षा जैमर/सेल्फ प्रोटेक्शन जैमर (Self-Protection Jammer)

रेडार जैमर एक ऐसी प्रणाली है जो दुश्मन के रेडार के प्रदर्शन पर प्रतिकूल प्रभाव डालने के उद्देश्य से उत्सर्जन को जानबूझकर विकिरणित या पुनः विकिरणित करती है। एक जैमर, आरडबल्यूआर द्वारा आपूर्ति की गयी जानकारी पर निर्भर करता है तो, यदि आरडबल्यूआर एक आँख है, तो जैमर वह “हाथ” है जिसके माध्यम से दुश्मन रेडार से लड़ा जाता है और उसे हराया जाता है। रेडार जैमर को स्थान के आधार पर वर्गीकृत किया जाता है:

1. स्व सुरक्षा/सेल्फ प्रोटेक्शन जैमर
2. दूरस्थ/रिमोट जैमर (स्टैंड-ऑफ, स्टैंड-इन, एस्कॉर्ट)

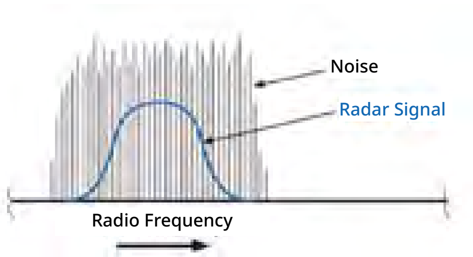


चित्र 3: “जैमर” या सेल्फ प्रोटेक्शन जैमर का ब्लॉक आरेख

जैमिंग तकनीक

जैमिंग में तीन प्रकार की तकनीकें शामिल होती हैं। (क) शोर जैमिंग (ख) डिसेप्शन जैमिंग (ग) रिपीटर जैमिंग

क) शोर जैमिंग (नॉइज़ जैमिंग): इस ऑपरेशन में, एक जैमर, शोर को दुश्मन के रेडार सिग्नल की ओर पंप करता है। शोर का उद्देश्य दुश्मन के रेडार ऑपरेशन को बाधित करना होता है। याद रखें कि एक रेडार विद्युत चुंबकीय ऊर्जा के विस्फोट को आसमान में भेजता है, इको एकत्र करता है, इको का विश्लेषण करता है और लक्ष्य की उपस्थिति का निर्धारण करता है। जब भी शोर होता है तो शोर के कारण इको विकृत हो जाती है। ऐसे में रेडार लक्ष्य का पता नहीं लगा पाएगा। स्पॉट नॉइज़, स्वेप्ट- स्पॉट नॉइज़, बैराज नॉइज़ और डॉपलर नॉइज़ जैसी कई नॉइज़ तकनीकें मौजूद है, लेकिन ऑपरेशन का मूल सिद्धान्त शोर को रेडार की ओर पंप करना होता है।



चित्र 3.1 नॉइज़ के कारण रेडार सिग्नल का इको विकृत

ख) डिसेप्शन जैमिंग: इस ऑपरेशन में, एक रेडार जैमर एक स्मार्ट तरीका अपनाता है। केवल शोर को बढ़ाने के बजाय, जैमर जितना संभव हो सके रेडार सिग्नल की 'नकल' करने की कोशिश करता है। यह रेडार की ओर धोखा देने वाला संकेत भेजता है। इसका उद्देश्य यह है कि यदि रेडार वास्तविक इको के विपरीत धोखा देने वाले सिग्नल पर विश्वास करता है तो जैमर अपनी इच्छानुसार रेडार को धोखा दे सकता है। जैमर जानबूझकर विलंब को बदल सकता है जिससे रेडार को उसकी वास्तविक दूरी के बारे में भ्रम हो सकता है, इसी प्रकार गति और दिशा के साथ भी। पल्स डिसेप्शन जैमिंग, RGPO, RGPI, VGPO, VGPI, CRVGP और FALSE TARGET जैसी कई डिसेप्शन तकनीकें हैं।

चित्र 3.1 रेडार की ओर धोखा देने वाला संकेत भेजते हुए

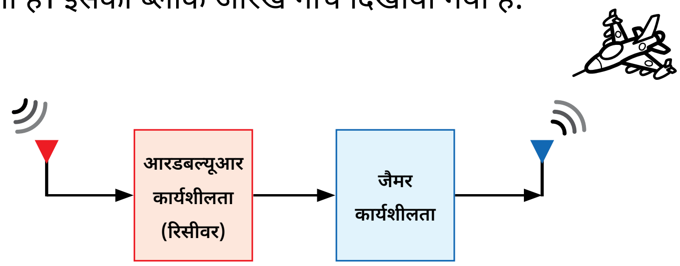
ग) रिपीटर जैमिंग: रिपीटर जैमर एक डिजिटल रेडियो फ्रिक्वेन्सी मेमोरी (डीआरएफ़एम) और तकनीक जनरेटर का उपयोग करते हैं, विभिन्न जैमिंग तकनीक उत्पन्न करते हैं।

आरएफ़ सर्किटरी: आवश्यक एंपलीफाइंग, फिल्टरिंग और उच्च आवृत्ति रूपान्तरण करने के लिए आरएफ़ सर्किटरी के माध्यम से पारित किया जाता है।

ट्रांसमीटर: ट्रांसमीटर एंटीना के माध्यम से रेडार की ओर उच्च शक्ति पंप करने के लिए जिम्मेदार होता है। आमतौर पर एक जैमर सिस्टम एक पॉड में रखा जाता है, जो एयरक्राफ्ट के बाहर या तो विंग टिप के नीचे या एयरक्राफ्ट की बेली पर लगाया जाता है, ऐसे जैमर को पॉडेड जैमर कहा जाता है।

रेडार वार्नर जैमर (आरडबल्यूजे)

यह एक ऐसी प्रणाली है जिसमें आरडबल्यूआर और जैमिंग ऑपरेशन दोनों को एक ही प्रणाली में संयोजित किया जाता है और विमान के अंदर तैनात किया जाता है। इस प्रकार RWJ = RWJ = R रेडार, W वार्निंग, R रिसीवर + R रेडार W वॉर्नर J जैमर। चूंकि दोनों प्रणालियों को एक-दूसरे के साथ संचार करना होता है, इसलिए दोनों को एक ही प्रणाली में एकीकृत करना बेहतर माना जाता है। इसका ब्लॉक आरेख नीचे दिखाया गया है:



चित्र 3: रेडार वार्नर जैमर ब्लॉक आरेख

आरडबल्यूजे प्रणाली के लाभ

क) एक एकीकृत वास्तुकला एक सामान्य हार्डवेयर, सॉफ्टवेयर विकास की सुविधा प्रदान करती है। ख) कुछ कार्यत्मक्ताओं को दो प्रणालियों के बीच साझा किया जा सकता है। ग) रिसीवर और जैमर के बीच उच्च गति इंटरफ़ेस प्रदान करना आसान होता है, जो वास्तविक समय डाटा (Real Time Data) प्रवाह में मदद करती है। घ) तेजी से प्रतिक्रिया समय, एलपीआई (कम- संभावना – अवरोधन) रेडार को कुशलतापूर्वक संभालती है। ड़) डीबग, टेस्टिंग और क्वॉलिफ़िकेशन के लिए आसान रहती है।

हालांकि इसकी कुछ त्रुटियाँ भी हैं। वे निम्न हैं:

क) रिसीवर और जैमर हार्डवेयर दोनों के एक में संयुक्त होने से आकार, वजन और बिजली की खपत में वृद्धि। ख) यदि रिसीवर या जैमर में कोई समस्या है, तो पूरे सिस्टम की जांच की जानी पड़ती है। ग) कार्यात्मक जटिलता में वृद्धि। घ) इन्स्टालेशन संबंधी समस्याएं जहां रिसीवर और ट्रांसमिट एंटीना से कई आरएफ़ केबलों को आरडबल्यूजे स्थान के पास एक साथ चलना पड़ता है।

निष्कर्ष

इस लेख में हमने रेडार, रेडार वार्निंग रिसीवर, एक जैमर और एकीकृत रेडार वॉर्नर जैमर के काम करने के बुनियादी सिद्धांतों पर गुणात्मक रूप से चर्चा की है। आरडबल्यूआर आर्किटैक्चर में हमने पीडीडबल्यू, ईटीएफ़ और चेतावनी तंत्र में निहित सूचना सामग्री पर चर्चा की। जैमर में, हमने जैमिंग तकनीक, अप-कन्वर्टर और ट्रांसमीटर और इसके एंटीना पर चर्चा की। हमने एकीकृत प्रणाली के रूप में आरडबल्यूजे के लाभों और त्रुटियों पर भी चर्चा की है।

संदर्भ

1] Introduction to Electronic Defense System by Flippo Neri, 2nd Edition
2] Introduction to Modern EW System- De Martino Andrea

चिकित्सा एवं स्वास्थ्य देखभाल में बिग डेटा विश्लेषण

डॉ रश्मि अग्रवाल

नाभिकीय औषधि तथा संबद्ध विज्ञान संस्थान (इनमास), दिल्ली

rashmi.inmas@gov.in

प्रस्तावना

रोगियों के लिए सर्वोत्तम सेवाएँ और देखभाल प्राप्त करने के लिए कई देशों में स्वास्थ्य सेवा संगठनों ने स्वास्थ्य देखभाल सूचना प्रणाली के विभिन्न मॉडल प्रस्तावित किए हैं। ये मॉडल निजीकरण, भविष्यसूचक, सहभागी तथा निवारक चिकित्सा, इलेक्ट्रॉनिक स्वास्थ्य रिकॉर्ड (ईएचआर), भारी मात्रा में जटिल बायोमेडिकल डेटा एवं उच्च गुणवत्ता वाले–ओमिक्स डेटा के उपयोग पर आधारित हैं।

समकालीन रूप से जीनोमिक्स और पोस्टजेनॉमिक्स प्रौद्योगिकियां जीवित जीवों में जटिल जैव रासायनिक और नियामक प्रक्रियाओं के संबंध में भारी मात्रा में कच्चे डेटा का उत्पादन करती हैं। ये -ओमिक्स डेटा विषम या भिन्न प्रकार के होते हैं और अक्सर इन्हें विभिन्न डेटा प्रारूपों में संग्रहीत किया जाता है। इन्हीं के समान–ओमिक्स डेटा, ईएचआर डेटा भी भिन्न प्रारूपों में हैं। ईएचआर डेटा संरचित, असंरचित अर्ध-संरचित या पृथक हो सकता है।

स्वास्थ्य देखभाल और चिकित्सा में बिग डेटा इन विभिन्न बड़े और जटिल डेटा को संदर्भित करता है जिनका पारंपरिक सॉफ़्टवेयर या हार्डवेयर के साथ विश्लेषण और प्रबंधन करना मुश्किल होता है। बिग डेटा विश्लेषण (analytics) में विषम या भिन्न डेटा, डेटा गुणवत्ता नियंत्रण, विश्लेषण, मॉडलिंग, व्याख्या और सत्यापन आदि का एकीकरण सम्मिलित है। बिग डेटा विश्लेषण का अनुप्रयोग बड़ी मात्रा में डेटा से विस्तृत ज्ञान की खोज उपलब्ध करता है।

विशेष रूप से चिकित्सा और स्वास्थ्य सेवा में बिग डेटा विश्लेषण (analytics) हजारों रोगियों के बड़े डेटासेट का विश्लेषण करने, डेटासेट के बीच समूहों और सहसंबंध की पहचान करने के साथ-साथ डेटा माइनिंग तकनीकों का उपयोग करके पूर्वानुमानित मॉडल विकसित करने में सक्षम बनाता है। चिकित्सा और स्वास्थ्य सेवा में बिग डेटा विश्लेषण (analytics) कई वैज्ञानिक क्षेत्रों जैसे जैव सूचना विज्ञान, चिकित्सा इमेजिंग, सेंसर सूचना विज्ञान, चिकित्सा सूचना विज्ञान और स्वास्थ्य सूचना विज्ञान के विश्लेषण को एकीकृत करता है। चिकित्सा और स्वास्थ्य देखभाल संस्थानों/संगठनों में बिग डेटा मामलों का एक सर्वेक्षण भी है।

बिग डेटा विश्लेषण (analytics) तकनीकों द्वारा खोजे गए नए ज्ञान से रोगियों, चिकित्सकों और स्वास्थ्य नीति निर्माताओं को व्यापक लाभ मिलना चाहिए।

उभरती सूचना प्रौद्योगिकियों, प्रयोगात्मक प्रौद्योगिकियों और विधियों, क्लाउड कंप्यूटिंग, इंटरनेट ऑफ थिंग्स, सोशल नेटवर्क का तेजी से विकास, डेटा की मात्रा की आपूर्ति करता है जो कई शोध क्षेत्रों में जबरदस्त रूप से बढ़ रहा है।

इस बिंदु पर समकालीन जीनोमिक्स और पोस्टजेनॉमिक्स प्रौद्योगिकियां जीवों में जटिल जैव रासायनिक और नियामक प्रक्रियाओं के संबंध में भारी मात्रा में कच्चे डेटा का उत्पादन करती हैं। ये उच्च थ्रूपुट–ओमिक्स डेटा विभिन्न प्रकार के आणविक प्रोफाइल, परिवर्तन और इंटरैक्शन के बारे में व्यापक जानकारी प्रदान करते हैं, जैसे कि जीनोम, एपिजेनोम, ट्रांस्क्रिप्टोम, प्रोटिओम, मेटाबोलोम, इंटरैक्टोम, फार्माकोजेनोम, डिज़ीसोम आदि से संबद्ध ज्ञान। ये–ओमिक्स डेटा विषम या भिन्न होते हैं और अक्सर विभिन्न डेटा प्रारूपों में संग्रहीत होते हैं। विभिन्न ओमिक्स विषयों के मुख्य उद्देश्य और विशेषताएं तालिका 1 में दी गई हैं।

ओमिक्स अध्ययन क्षेत्र: प्रकार एवं मुख्य उद्देश्य

तालिका 1

ओमिक्स	अध्ययन के उद्देश्य
जीनोमिक्स	एक जीव में सभी जीनों के समूहों का अध्ययन, विस्तृत संदर्भ में डीएनए के नॉन-कोडिंग भाग का अध्ययन।
एपिजेनोमिक्स	एक कोशिका के भीतर आनुवंशिक सामग्री पर सभी एपिजेनोमिक संशोधनों का अध्ययन।
ट्रांसक्रिपटॉमिक्स	विशेष कोशिका या कोशिका जनसंख्या में सभी आरएनए के अभिव्यक्ति स्तर का अध्ययन।
प्रोटिओमिक्स	प्रोटीन द्वारा प्रस्तुत की जा सकने वाली सभी संभावित अंतःक्रियाओं का अध्ययन, एक निश्चित समय पर, परिभाषित परिस्थितियों में, किसी दिए गए कोशिका प्रकार या जीव में जीनोम द्वारा व्यक्त प्रोटीन का पूरा समूह।
मेटालोबोमिक्स	एक कोशिका, एक अंग, एक ऊतक, एक अंग या एक जीव के भीतर चयापचयों (छोटे-अणु यौगिकों) के पूरे समूह का अध्ययन
इंटरएक्टोमिक्स	किसी विशेष कोशिका के भीतर प्रोटीन और अन्य अणुओं के बीच पारस्परिक क्रिया (दोनों: भौतिक और अप्रत्यक्ष) के पूरे समूह और उन क्रियाओं के परिणामों का अध्ययन। इन अंतःक्रियाओं को ग्राफ़ के रूप में प्रदर्शित किया जाता है और इन्हें जैविक नेटवर्क कहा जाता है
फार्माकोजेनोमिक्स	अध्ययन जो व्यक्ति की दवा प्रतिक्रिया में जीनोम की भूमिका का विश्लेषण करने के लिए फार्माकोलॉजी और जीनोमिक्स को जोड़ता है।
डिसीसोमिक्स	किसी जीव के सभी रोगों और विकारों का अध्ययन, अक्सर आनुवंशिक संशोधनों के कारण होने वाले रोगों और विकारों पर ध्यान केंद्रित करता है।

विभिन्न ओमिक्स डेटा की बढ़ती मात्रा को चिकित्सकों के सामने प्रस्तुत करने के लिए उपयुक्त तरीके से एकत्र करने, साफ करने, संग्रहीत करने, बदलने, स्थानांतरित करने, कल्पना करने और वितरित करने की आवश्यकता है।

समानांतर प्रोसेसिंग विधियों के साथ क्लाउड कंप्यूटिंग और पावरफुल मल्टीकोर सेंट्रल प्रोसेसिंग यूनिट (सीपीयू), ग्राफिक्स प्रोसेसिंग यूनिट (जीपीयू) और फील्ड-प्रोग्रामेबल गेट एरेज़ (एफपीजीए) का उपयोग करके चिकित्सा और स्वास्थ्य सेवा में इन बड़े डेटा प्रोसेसिंग में तेजी लाई जा सकती है।

बिग डेटा का मूल्य उनके सुसंगत विश्लेषण को संदर्भित करता है, जो रोगियों और चिकित्सकों के लिए मूल्यवान होना चाहिए।

बिग डेटा विश्लेषण

बिग डेटा विश्लेषण के अनुप्रयोग रोगी-आधारित सेवा में सुधार कर सकते हैं, फैलने वाली बीमारियों का पहले ही पता लगा सकते हैं, रोग तंत्र में नई अंतर्दृष्टि उत्पन्न कर सकते हैं, चिकित्सा और स्वास्थ्य देखभाल संस्थानों की गुणवत्ता की निगरानी कर सकते हैं और साथ ही बेहतर उपचार के तरीके प्रदान कर सकते हैं।

ईएचआर, वेब (EHRs Web) और सोशल मीडिया डेटा पर नियोजित डेटा माइनिंग तकनीक अस्पतालों में सर्वोत्कृष्ट व्यावहारिक दिशानिर्देशों की पहचान करने, ईएचआर में एसोसिएशन नियमों की पहचान करने और रोग निगरानी और स्वास्थ्य-आधारित रुझानों को प्रकट करने में सक्षम बनाती है। इसके अलावा, विभिन्न प्रकृति, जैसे कि सामाजिक और वैज्ञानिक, के साथ डेटा का एकीकरण और विश्लेषण, नए ज्ञान और बुद्धिमत्ता को जन्म दे सकता है, नई परिकल्पना की खोज कर सकता है, छिपे हुए पैटर्न की पहचान कर सकता है।

आजकल, स्मार्ट फोन मरीजों को व्यक्तिगत संदेश देने और उनकी भलाई और स्वास्थ्य स्थितियों में सुधार एवं व्यवहारात्मक परिवर्तन में शामिल करने के लिए उत्कृष्ट मंच है। मोबाइल फोन संदेश रोगियों को चिकित्सा और प्रेरक सलाह देने का स्थान ले सकते हैं।

चित्र 1: बिग डेटा की विशेषताएँ

बिग डेटा विश्लेषण में चुनौतियाँ

बड़ी मात्रा में डेटा एकत्र करने के संबंध में कुछ चुनौतीपूर्ण मुद्दों पर विचार किया जाना चाहिए। उच्च-थ्रूपुट प्राप्त करना–ओमिक्स डेटा प्रयोगात्मक माप की लागत से जुड़ा हुआ है। डेटा स्रोतों की विविधता के संबंध में, प्रयोगात्मक-ओमिक्स डेटा के प्रभुत्व, प्रयोगात्मक तकनीकों की विविधता, पर्यावरणीय स्थितियों एवं जैविक प्रकृति पर इन विषम डेटा के एकीकरण से पहले और डेटा माईनिंग विधियों को नियोजित करने से पहले विचार किया जाना चाहिए। इन विषम बायोमेडिकल डेटा सेटों पर विभिन्न डेटा माइनिंग तकनीकों को लागू किया जा सकता है, जैसे: विसंगति का पता लगाना, क्लस्टरिंग, वर्गीकरण, एसोसिएशन नियम और साथ ही उन बड़े डेटा समूहों का सार और विज़ुअलाइज़ेशन आदि।

इन कमियों के कारण कुछ डेटा बिंदुओं की अविश्वसनीयता हो सकती है, जैसे लुप्त मान या आउटलायर्स। ओमिक्स डेटा की इन कमियों के बावजूद, ईएचआर डेटा मरीज के डेटा में प्रवेश करने वाले कर्मचारियों से बहुत प्रभावित होता है, जिससे त्रुटियों , गलतफहमी या मूल डेटा की गलत व्याख्या के परिणामस्वरूप गलत डेटा दर्ज हो सकता है। विभिन्न डेटाबेस से डेटा का एकीकरण और प्रयोगशाला प्रोटोकॉल और मूल्यों के लिए मानकीकरण अभी भी चुनौतीपूर्ण मुद्दे बने हुए हैं।

ओमिक्स डेटा की उच्च आयामीता का मतलब है कि नमूनों की संख्या की तुलना में कई अधिक आयाम या विशेषताएं हैं, और दूसरी तरफ ईएचआर डेटा जो व्यक्तियों/मरीजों से संबंधित है, डेटा माईनिंग तकनीकों को और अधिक चुनौतीपूर्ण बनाता है।

अगला चरण डेटा का प्री-प्रोसेसिंग है, जिसमें आम तौर पर प्रभुत्वशाली डेटा, आउटलायर्स, लुप्त मान, डेटा परिवर्तन और सामान्यीकरण को नियंत्रित करना आदि शामिल होता है।यह डेटा प्री-प्रोसेसिंग सांख्यिकीय तकनीकों और डेटा माइनिंग विधियों को लागू करने में सक्षम बनाता है और इस प्रकार बड़े डेटा विश्लेषण(analytics) की गुणवत्ता और परिणामों में सुधार हो सकता है और नवीन ज्ञान की खोज हो सकती है। ओमिक्स और ईएचआर डेटा के एकीकरण से प्राप्त इस नवीन ज्ञान का परिणाम रोगियों के लिए कार्यान्वित स्वास्थ्य देखभाल में सुधार के साथ-साथ स्वास्थ्य सेवा निर्णय नीति निर्माताओं द्वारा उन्नत निर्णय लेने में होगा।

बिग डेटा: गोपनीयता और सुरक्षा

स्वास्थ्य देखभाल और चिकित्सा में बड़े डेटा के प्रति दो महत्वपूर्ण मुद्दे व्यक्तियों/मरीज़ों की सुरक्षा और गोपनीयता हैं। सभी मेडिकल डेटा बहुत संवेदनशील होते हैं और विभिन्न देश इन डेटा को कानूनी रूप से मरीजों के पास होना मानते हैं। इन सुरक्षा और गोपनीय चुनौतियों का समाधान करने के लिए, बड़े डेटा विश्लेषण सॉफ़्टवेयर समाधानों को उन्नत कूटलेखन कलन विधि और व्यक्तिगत डेटा के आभासी-अनामीकरण का उपयोग करना चाहिए। इन सॉफ़्टवेयर समाधानों को नेटवर्क स्तर पर सुरक्षा और सभी शामिल उपयोगकर्ताओं के लिए प्रमाणीकरण प्रदान करना चाहिए, गोपनीयता और सुरक्षा की गारंटी देनी चाहिए, साथ ही अच्छे प्रशासन मानकों और कार्यप्रणाली को स्थापित करना चाहिए।

परिचर्चा और भावी कार्य

चिकित्सा और स्वास्थ्य देखभाल में बिग डेटा विश्लेषण विभिन्न प्रकारों के साथ बड़ी मात्रा में जटिल विषम डेटा को एकीकृत, अन्वेषण और विश्लेषण करने की बहुत ही आशाजनक प्रक्रिया है: बायोमेडिकल डेटा, प्रयोगात्मक डेटा, इलेक्ट्रॉनिक स्वास्थ्य रिकॉर्ड डेटा और सोशल मीडिया डेटा। इस तरह के विविध डेटा का एकीकरण बड़े डेटा विश्लेषण को कई क्षेत्रों, जैसे- जैव सूचना विज्ञान, चिकित्सा इमेजिंग, सेंसर सूचना विज्ञान, चिकित्सा सूचना विज्ञान, स्वास्थ्य सूचना विज्ञान और कम्प्यूटेशनल बायोमेडिसिन को आपस में जोड़ता है। आगामी कार्य के रूप में, बिग डेटा विशेषताएँ उन अनुप्रयोगों के विकास के लिए आशाजनक सॉफ़्टवेयर प्लेटफ़ॉर्म का उपयोग करने के लिए बहुत उपयुक्त आधार प्रदान करती हैं जो चिकित्सा और स्वास्थ्य देखभाल में बिग डेटा को नियंत्रित कर सकते हैं। ऐसा ही एक प्लेटफ़ॉर्म ओपन-सोर्स वितरित डेटा प्रोसेसिंग प्लेटफ़ॉर्म Apache Hadoop MapReduce है जो बड़े पैमाने पर समानांतर प्रोसेसिंग (MPP) का उपयोग करता है। इन अनुप्रयोगों को डेटा से छिपे हुए पैटर्न और नवीन ज्ञान को प्राप्त करने के लिए इन विषम और जटिल डेटा पर डेटा माईनिंग तकनीकों को लागू करने में सक्षम होना चाहिए।

✦✦✦

डिजिटल ट्रोपोस्कैटर संचार प्रणाली

राजेंद्र सिंह

रक्षा इलेक्ट्रॉनिकी प्रयोज्यता प्रयोगशाला (डील), देहरादून

rajendra.singh.deal@gov.in

सार

संचार क्षेत्र में की गयी तकनीकी प्रगति के फलस्वरूप, ट्रोपोस्कैटर संचार प्रणाली ,भारी एवं कम क्षमता वाले सिस्टम से छोटे, हल्के एवं उच्च क्षमता वाले नेटवर्क सिस्टम में विकसित हुई हैं, जो एक सुरक्षित लिंक पर आईपी डेटा संचारित करने में सक्षम है तथा जो मौजूदा ऑप्टिकल फाइबर नेटवर्क को निर्बाध इंटरफ़ेस प्रदान कर सकता है। सामरिक ट्रोपो के पुनरुत्थान के कारण डेटा दर (data rate) में वृद्धि और उच्च बैंडविड्थ के नेटवर्क संभव हो पाये हैं। बेसबैंड प्रौद्योगिकी, सिग्नल प्रोसेसिंग, और एंटीना प्रौद्योगिकी में सुधार के फलस्वरूप उपयोगकर्ताओं को कम लागत, उच्च बैंडविड्थ, दूरस्थ स्थानों पर क्षितिज से परे संचार (बी.एल.ओ.एस. संचार) सम्भव हो पाया है। यह प्रणाली, उपग्रह संसाधनों पर निर्भर नहीं करती है। ट्रोपोस्कैटर संचार यू.एच.एफ. आवृत्ति बैंड से शुरू होती है, एवं एस-बैंड, सी-बैंड और केयू-बैंड आवृत्तियों (frequencies) पर संभव है।तीनों आवृत्ति बैंड के अपने-अपने फायदे, नुकसान और कार्यान्वयन की चुनौतियाँ हैं। यह लेख ट्रोपोस्कैटर संचार प्रणाली के क्षेत्र में तकनीकी प्रगति, चुनौतियां और उन्हें कम करने की तकनीकों के बारे में बताता है।

परिचय

रक्षा बलों को सुरक्षित संचार और उच्च डेटा दर की क्षमता सुनिश्चित करने के लिए, बियॉण्ड लाइन-ऑफ-साइट (बी.एल.ओ.एस) संचार जैसी विश्वसनीय प्रणाली समय की मांग है।

ट्रोपोस्कैटर संचार को लगभग भूली हुई तकनीक के रूप में देखा गया था। ये टर्मिनल भारी, उच्च शक्ति, कम क्षमता के होने के कारण सेना द्वारा कभी भी पूरी तरह से उपयोग में नहीं लाये गये थे। बेसबैंड डिवाइस, सिग्नल प्रोसेसिंग, एंटीना तकनीक, सॉलिड-स्टेट पावर एम्पलीफायर तकनीकों की उन्नति के साथ, ट्रोपोस्कैटर संचार फिर से वापस आया है और इसका उपयोग निकट भविष्य की जरूरतों को पूरा करने के लिए किया जा रहा है, जो उपग्रहों के महंगे और दुर्लभ संसाधनों का उपयोग किए बिना भारत सहित दुनिया के कई हिस्सों में फैले सैन्य बलों को जोड़ता है। मजबूती, उपयोग में आसानी, लचीलापन, अंतरसंचालनीयता, विश्वसनीयता, सुरक्षित संचार किसी भी सामरिक संचार प्रणाली के लिए मूलभूत आवश्यकताएं होती हैं।[1][2]

ट्रोपोस्कैटर संचार प्रकीर्णन के उपयोग से बी.एल.ओ.एस. संचार प्रदान करता है, यह संचार रणनीतिक नेटवर्क के

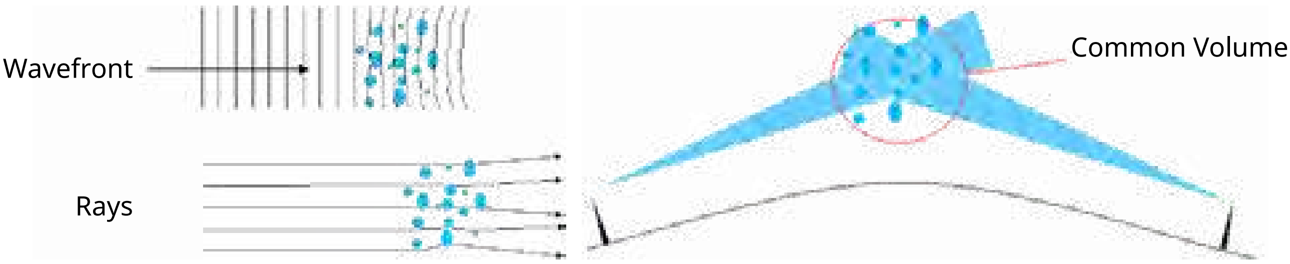
लिए कम विलंबता के साथ उच्च डेटा दर प्रदान करता है और नेट-केंद्रित युद्ध में अधिक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।[3][4][5] ट्रोपोस्कैटर संचार या "ट्रोपो" क्षोभमंडल (troposphere) से प्राप्त सिग्नल अग्रिम प्रकीर्णन (forward scattering) पर निर्भर करता है यह क्षोभमंडल पृथ्वी की सतह से लगभग 8-16 किमी ऊपर तक फैला होता है।

ट्रोपोस्कैटर संचरण के लिए अत्यधिक संवेदनशील रिसीवरों की आवश्यकता होती है क्योंकि प्रकीर्णन पाथ लॉस बहुत अधिक होता है और प्राप्त सिग्नल में आवृत्ति चयनात्मक फेडिंग होती है।[5][6][7][8] आवृत्ति चयनात्मक फेडिंग को विविधता संयोजन तकनीकों और अनुकूल चैनल समीकरण[9][10][11][12] द्वारा कम किया जा सकता है।

पेपर के विभिन्न खंड इस प्रकार हैं, खंड II में प्रकीर्णन की घटना और चैनल व्यवहार की व्याख्या की गई है। खंड III प्रणाली के अनुप्रयोगों का वर्णन करता है। खंड IV में ट्रोपो प्रणालियों के फायदे और नुकसान दिए गए हैं, खंड V में विशिष्ट सिस्टम कॉन्फ़िगरेशन और खंड VI में पेपर का निष्कर्ष दिया गया है।

ट्रोपोस्कैटर घटना और चैनल

क्षोभमंडल वह क्षेत्र है जहाँ सभी वायुमंडलीय और पर्यावरणीय घटनाएं (जैसे कोहरा, बादल, ठंड बारिश, तूफान आदि) होती है। वायु स्थिर गति में रहती है क्षोभमंडल में ऊंचाई बढ़ने पर तापमान और दबाव कम हो जाता है। यह क्षेत्र 8-16 किलोमीटर की ऊँचाई तक फैला हुआ है।[3][4] क्षोभमंडल में बादल, एड्डी करंट,थर्मल, वर्षा ,आर्द्रता और सक्रिय संवहन धाराएं जो अपवर्तन सूचकांक (Refraction Index) में परिवर्तन लाती है।इस परिवर्तन से अपवर्तन सूचकांक से रेडियो सिग्नल की ट्रोपोस्फियर परत में स्कैटरिंग होती है। स्कैटरिंग द्वारा प्राप्त रिसीव सिंग्नल का उपयोग संचार के लिए किया जाता है। यह परिवर्तन ऊँचाई के व्युत्क्रमानुपाती होता है, जिसमें सबसे अधिक परिवर्तन पृथ्वी की सतह के निकटतम होता है।

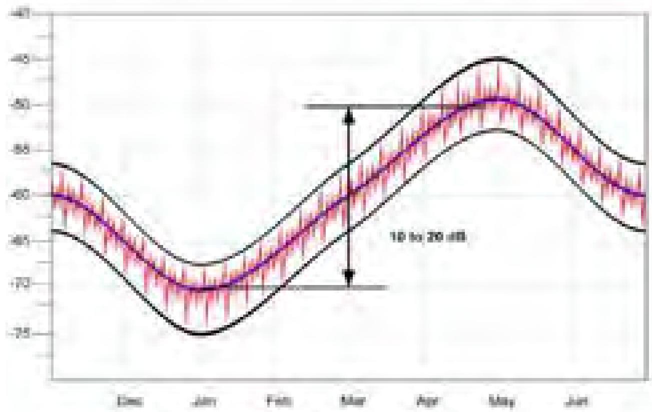


चित्र 1: कामन वोल्यूम और प्रकीर्णन कोण वाला ट्रोपोस्कैटर मॉडल[4]

क्षोभमंडल में हवा हमेशा निरंतर गति में रहती है। इस गति के कारण छोटे-छोटे विक्षोभ (ब्लोब) या एड्डीज बनते हैं। ये विक्षोभ पृथ्वी की सतह के पास सबसे अधिक प्रबल होते हैं और ऊँचाई बढ़ने पर धीरे-धीरे कम हो जाते हैं। बूँदें प्रकृति में अपवर्तक होती हैं जो आवृत्तियों की एक सीमा पर रेडियो तरंगों के प्रकीर्णन की अनुमति देती हैं। यह प्रकीर्णन माइक्रोवेव आवृत्तियों पर उन्नत संचार प्रदान करता है[1][3] इस तरह के ब्लॉब्स ट्रोपोस्फेरिक स्कैटर रेडियो सिस्टम में उपयोग की जाने वाली तरंग दैर्ध्य के संबंध में बड़े होते हैं और आसपास के माध्यम की तुलना में अपवर्तन का थोड़ा अलग सूचकांक प्रस्तुत करते हैं। अपवर्तन सूचकांक में ये अपेक्षाकृत अचानक परिवर्तन घटना रेडियो किरण का एक प्रकीर्णन प्रभाव उत्पन्न करते हैं।[1][3]

चित्र 1 उभयनिष्ठ आयतन (कामन वोल्यूम) की अवधारणा को दर्शाता है। ट्रांसमिटर और रिसीवर एण्टीना के बीम विड्थ का प्रतिच्छेदन(इंटरसेक्शन) से कॉमन वाल्यूम बनता है,जिससे प्रकीर्णन सिग्नल(स्कैटर सिग्नल) रिसीवर पर रिसीव किया जाता है। इस प्रकार ट्रोपोस्कैटर संचार प्रणाली में स्कैटरिंग (प्रकीर्णन प्रभाव) का उपयोग करके बियोन्ड लाइन आफ साइट संचार करते है।[4] एक बेहतर ट्रोपो लिंक, स्कैटर कोण (θ) के मान पर निर्भर करता है और यह जितना संभव हो उतना कम होना चाहिए, क्योंकि जैसे-जैसे हम स्कैटर कोण θ का मान बढ़ाते हैं, प्राप्त सिग्नल का का मान काफी तेजी से घटता है।

ट्रोपो संचार में फेडिंग दो प्रकार की होती हैं: अल्पकालिक और दीर्घकालिक फेडिंग।[2][3][4] दीर्घकालिक फेडिंग होने की विशेषता दिन-प्रतिदिन की फेडिंग और मौसमी फेडिंग होती हैं।



चित्र 2: अल्पावधि और दीर्घावधि फेडिंग होने का ग्राफ

दिन-प्रतिदिन की विविधताएँ प्रकीर्णन की मात्रा के विभिन्न गुणों जैसे तापमान, घनत्व, नमी की मात्रा और प्रकीर्णन परतों की ऊँचाई में परिवर्तन के कारण होती हैं। दीर्घकालिक फेडिंग होना आमतौर पर लॉग-सामान्य वितरण का अनुसरण करता है। ट्रोपोसकैटर में शॉर्ट-टर्म फेडिंग मल्टीपाथ ट्रांसमिशन का परिणाम है जो रेडियो सिग्नल के ट्रोपोस्फीयर के माध्यम से अलग-अलग ट्रांसमिशन पथ (और इसलिए ट्रांसमिशन देरी) होने के कारण होता है।

शॉर्ट-टर्म फेडिंग को सिग्नल स्तर में तेज़ और गहरे बदलावों के रूप में देखा जाता है। इन शॉर्ट-टर्म फेडिंग का आयाम रेले वितरण का अनुसरण करता है। दीर्घ अवधि और अल्पकालिक फेडिंग का एक ग्राफ़िकल उदाहरण चित्र 2 में दिखाया गया है। इस समय अवधि के दौरान औसत सिग्नल स्तर (लेवल) 50 डीबी या उससे अधिक परिवर्तित हो सकता है। इस दीर्घकालिक एनवेलप (long-term envelope) के भीतर अल्पकालिक फेडिंग को चित्रित किया गया है। अल्पकालिक फेडिंग, फेडिंग की अवधि के समानुपातिक है और कुछ मिलीसेकंड के दौरान 40 डीबी से अधिक हो सकता है, 1 या 2 सेकंड के दौरान 10-15 डीबी और 2 मिनट या उससे अधिक समय के लिए 1 डीबी से कम हो सकता है।[1][3]

सबसे खराब मौसमी प्रभावों को ध्यान में रखते हुए उच्च शक्ति ट्रांसमीटर द्वारा प्रकीर्णन के नुकसान और दीर्घकालिक फेडिंग को कम किया जाता है। अल्पकालिक फेडिंग के प्रभावों को कम करने के लिए ट्रोपोस्कैटर लिंक पर विविधता का सार्वभौमिक रूप से उपयोग किया जाता है। विविधता अल्पकालिक फेडिंग को उचित सीमाओं के भीतर रखने की प्रवृत्ति रखती है।

ट्रोपोस्कैटर प्रणालियों के अनुप्रयोग

1950 के दशक से कई देशों में ट्रोपोस्कैटर सिस्टम का इस्तेमाल किया जा रहा है। ये सिस्टम सभी वातावरणों में काम करते हैं, नागरिक अथवा सैन्य अनुप्रयोग के लिए विशिष्ट आवृत्ति उपलब्धता के अधीन होते हैं जहाँ उन्हें स्थापित किया जाता है, ट्रोपोस्कैटर अनुप्रयोगों के कुछ उदाहरण नीचे सारणी 1 में दिखाए गए हैं। ये सभी लिंक लगभग आज भी चालू हैं[1]

सारणी–1

उपयोग	देश	संचार का प्रकार
सेना	भारत	रणनीतिक संचार
सेना	इजराइल	परिवहन योग्य रणनीतिक संचार
सरकारी	ब्राज़ील	समुद्र के किनारे से लेकर द्वीप तक अपतटीय
तेल और गैस	इंग्लैंड	अपतटीय तेल मंच
सरकारी	ताइवान, सिंगापुर	अपतटीय द्वीपों के लिए लिंक
सेना	अफ्रीका	परिवहन योग्य रणनीतिक संचार
सेना	इंग्लैंड	परिवहन योग्य तीव्र प्रतिक्रिया बल संचार
सेना	अमेरिका	परिवहन योग्य तीव्र प्रतिक्रिया बल संचार

लाभ और हानियाँ

ट्रोपोस्कैटर सिस्टम से दो लंबी दूरी के स्थानों जिन्हें आमतौर पर किसी अन्य माध्यम से नहीं जोड़ा जा सकता था के बीच संचार प्रदान करता है। ट्रोपोस्कैटर सिस्टम के कुछ लाभ नीचे दिए गए हैं[3][4]:

1. सैटेलाइट लिंक की तुलना में बहुत कम देरी (विलंबता) के साथ रेडियो लिंक प्रदान करता है। ट्रोपोस्कैटर लिंक में विलंबता माइक्रोसेकंड के क्रम में होती है सैटेलाइट लिंक में यह विलंबता 500 मिली सेकेंड से अधिक की राउंड ट्रिप के लिए होता है, विलंबता एक ऐसा कारक जो कुछ प्रकार के आई.पी. आधारित इंटरैक्टिव अनुप्रयोगों को गंभीर रूप से ख़राब कर सकता है।
2. एक सिंगल हॉप कम्यूनिकेशन की लंबाई सैकड़ों किलोमीटर हो सकती है, LOS हॉप की सामान्य लंबाई से पाँच या छह गुना तक।
3. दुर्गम इलाकों में इस्तेमाल किया जा सकता है।
4. हॉप्स और स्टेशनों की कम संख्या के कारण आवृत्तियों की बचत होती है।
5. स्टेशनों की संख्या में कमी के कारण कम रखरखाव की आवश्यकता होती है।
6. रिपीटर्स की कम संख्या के कारण लागत कम हो जाती है।
7. बहुत संकीर्ण बीम एंटेना के उपयोग के कारण अवरोधन के लिए उच्च प्रतिरक्षा है।

कुछ नुकसान नीचे सूचीबद्ध किये गए हैं[8][9][10]

1. एल.ओ.एस. (LOS) और सैटकॉम सिस्टम की तुलना में उपकरण की लागत अधिक है। कुछ परिस्थितियों में समग्र लागत (संयंत्र के जीवन के दौरान निवेश, संचालन और रखरखाव) वैकल्पिक समाधानों की लागत से अधिक हो सकती है।
2. विविधता संयोजन से हार्डवेयर बढ़ता है, जो सामान्य एल.ओ.एस. (LOS) और सैटकॉम सिस्टम की तुलना में उच्च लागत का मुख्य कारण है।
3. व्यापक क्षेत्र में इंटरफेरेंस का जोखिम है।

एल. ओ. एस. बनाम ट्रोपोस्कैटर लिंक की तुलना सारणी 2 में दी गई है।

सारणी–2

पैरामीटर	एल.ओ.एस.	ट्रोपो
लिंक दूरी	40 किमी तक	50-300 किमी तक
प्रेषित आर. एफ. पॉवर	10 वाट तक	0.1–2 किलोवाट तक
डाटा रेट	100 एम्. बी. पी. एस. से अधिक	50 100 एम्. बी. पी. एस. तक
डायवर्सिटी	नहीं या दोहरी	दुगुनी या चौगुनी
एंटीना का साइज	1-12 फीट	6-120 फीट

अनुभव से पता चलता है कि जब ट्रोपोस्कैटर विचाराधीन कई समाधानों में से एक है, तो ऊपर चर्चा किए गए कारकों पर विचार करने के साथ-साथ तकनीकी-आर्थिक मूल्यांकन आसानी से ट्रोपोस्कैटर के पक्ष में हो सकता है। हालाँकि, एक सामान्य नियम देना मुश्किल है, क्योंकि प्रत्येक मामला अलग है और इसके लिए व्यक्तिगत विश्लेषण की आवश्यकता होती है।[4][7]

ट्रोपो प्रणालियों का वर्गीकरण

ट्रोपोस्कैटर सिस्टम मुख्य रूप से दो प्रकारों में विभाजित हैं: i) स्थिर प्रणाली और ii) परिवहन योग्य सिस्टम।[1][3][4]

चित्र 3: ट्रोपो सिस्टम की स्थिर/अचल स्थापना[3][4]

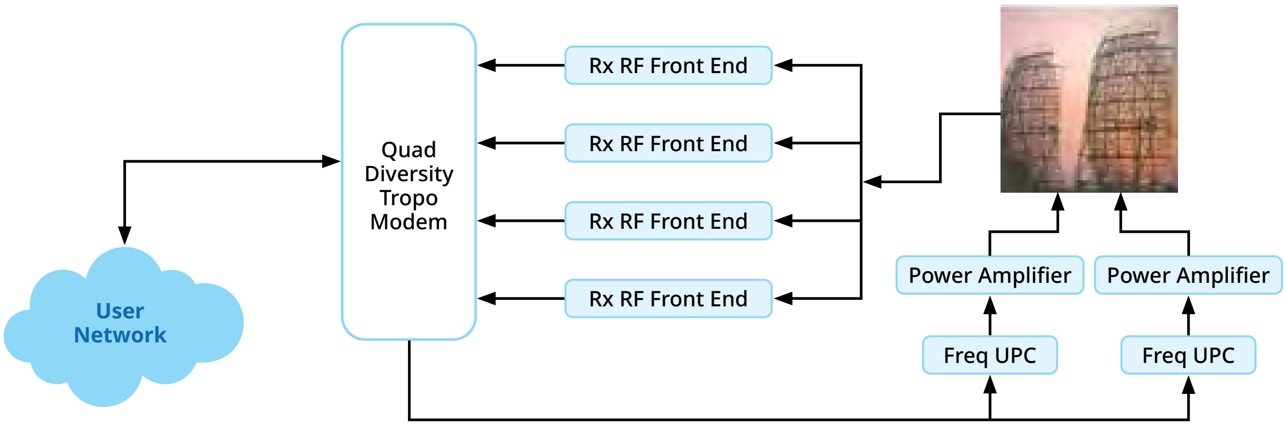
चित्र 4: परिवहन योग्य ट्रोपो प्रणालियाँ[3][4]

i) **स्थिर प्रणालियाँ:** ये प्रणालियाँ सबसे आम हैं, जिसमें इलेक्ट्रॉनिक उपकरण इमारतों में लगाए जाते हैं और एंटेना बाहरी क्षेत्र में स्थापित किये जाते हैं। चित्र 4 स्पेस डायवर्सिटी का उपयोग करके स्थापित स्थिर ट्रोपो सिस्टम के दृश्य को दिखाता है।

ii) **परिवहन योग्य प्रणाली:** पूरा टर्मिनल शेल्टर्स में लगाया जाता है जो कारखाने में तैयार किए जाते हैं और फिर ट्रक, जहाज और/या हेलीकॉप्टर द्वारा साइटों पर ले जाया जाता है। एंटेना और पावर जनरेटर भी आसानी से लगाए और उतारे जा सकते हैं और ट्रक द्वारा परिवहन योग्य हैं। चित्र 5 एक परिवहन योग्य ट्रोपो सिस्टम दिखाता है।

सिस्टम कॉन्फ़िगरेशन

एक विशिष्ट क्वाड डायवर्सिटी ट्रोपोस्कैटर सिस्टम नीचे चित्र 6 में दिखाया गया है।



चित्र 6: क्वाड डायवर्सिटी ट्रोपोस्कैटर सिस्टम

ट्रोपो सिस्टम में स्पेस और फ़्रीक्वेंसी डायवर्सिटी के लिए दो एंटेना और दो ट्रांसमीटर हैं। दोहरी (डुअल) विविधता कॉन्फ़िगरेशन में कोण और फ़्रीक्वेंसी डायवर्सिटी के लिए एकल एंटेना और दो ट्रांसमीटर का उपयोग करता है।

निष्कर्ष

यह लेख ट्रोपोस्कैटर संचार के पुनुरुत्थान तथा इस तकनीक के सामरिक नेटवर्क उपयोग के महत्त्व को प्रदर्शित करता है। ट्रोपोस्कैटर संचार का पुनुरुत्थान बी.एल.ओ.एस. संचार प्रौद्योगिकी एवं बेसबैंड सिस्टम, डिवाइस, सिग्नल प्रोसेसिंग, एंटीना प्रौद्योगिकी, सॉलिड-स्टेट पावर एम्पलीफायर प्रौद्योगिकियों की उन्नति के कारण ही संभव हो पाया है। यह प्रणाली, उपग्रह संसाधनों पर निर्भर नहीं करती है, जिसके कारण ये कम विलंबता के साथ अधिक डाटा दर का सुरक्षित रेडियो लिंक प्रदान करती है। इस तकनीक की ये खूबियाँ इसे तीव्र प्रतिक्रिया बल संचार एवं रणनीतिक संचार के लिए अनुकूल बनाते हैं।

संदर्भ

1] Comtech Systems, Technical Information, Introduction to Troposcatter Communications: A Brief Synopsis

of Over-the-Horizon Troposcatter [Online] Available: http://www.comtechsystems.com/wp-content/uploads/2014/05/Troposcatter-Introduction-Nov-2013.pdf (URL)

2] MILITARY HANDBOOK, "Facility design for tropospheric scatter (Transhorizon microwave system design)", Dept of Defence, USA, Nov 1977

3] PL Rice at al., Technical Note 101, "Transmission loss predictions for Tropospheric circuits Vol 1", National Beuero of standards, Colorado, Jan 1967

4] Roger Freeman, "Radio System Design for Telecommunications", Third Edition, IEEE, Wiley-Interstice publication

5] G Roda, "Troposcatter Radio Links", Publisher: Artech House, 1988

6] Ergin Dinc and Ozgur B Akan, "Fading Correlation Analysis In MIMO-OFDM Troposcatter Communications: Space, Frequency, Angle and Space- Frequency Diversity", IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, VOL 63, NO 2, FEBRUARY 2015

7] W S Patrick, "Troposcatter for tactical communications," IEEE Trans Mil Electron., vol 9, no 2, pp 137–143, Apr 1965.

8] M W Gough and G C Rider, "Angle diversity In Troposcatter communications Some confirmatory trials," Proc IEE, vol 122, no 7, pp 713– 719, Jul 1975

9] S Da-shan, G J Foschini, M J Gans, and J M Kahn, "Fading correlation and Its effect on the capacity of multielement antenna systems," IEEE Trans Commun., vol 48, no 3, pp 502–513, Mar 2000. L Bastos and H Wietgrefe, "Tactical Troposcatter applications In challenging climate zones," In Proc IEEE MILCOM, 2012, pp 1–6.

10] Y Wang, Y Fang, X Da, and W Jin, "Study on modeling of Troposcatter communication and MRC In correlated channel by Matlab," In Proc WiCOM, 2008, pp 1–4. Y Wang,

11] Y Fang, X Da, and W Jin, "Study on modeling of Troposcatter communication and MRC In correlated channel by Matlab," In Proc WiCOM, 2008, pp 1–4.

12] Simon Haykin, "Communication Systems, 4th edition", Wiley,2004

✦✦✦

भविष्य की ऊर्जा दक्षता के संवाहक: सिलिकॉन कार्बाइड और गैलियम नाइट्राइड

डॉ. रुपेश कुमार चौबे

ठोसावास्था भौतिकी प्रयोगशाला (एसएसपीएल), दिल्ली

rupeshkchaubey.sspl@gov.in

सार

बदलते समय में जीवाश्म ईंधन पर अत्यधिक निर्भरता ने ग्लोबल वार्मिंग तथा जलवायु परिवर्तन जैसी समस्याओं को जन्म दिया है। इस चुनौती से निपटने के लिए नवीकरणीय ऊर्जा की भूमिका महत्वपूर्ण हो गयी है। तकनीकी के विभिन्न आयामों में इलेक्ट्रिक पावर कन्वर्टर्स की दक्षता (एफिशिएंसी), ऊर्जा संचित करने की दिशा में प्रासंगिक हो रही है। प्रस्तुत पत्र में पारम्परिक इलेक्ट्रॉनिक मटेरियल सिलिकॉन की तुलना में अधिक दक्ष सिलिकॉन कार्बाइड और गैलियम नाइट्राइड पदार्थों की उपयोगिता का उनके गुणों और अनुप्रयोगों के आधार पर वर्णन किया गया है।

परिचय

दिसंबर 1947 में पॉइंट कांटेक्ट ट्रांजिस्टर के अविष्कार ने आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक युग की शुरुआत की थी। जर्मेनियम अर्धचालक पर गोल्ड कॉन्टेक्ट्स की सहायता से बना यह डिवाइस बेल लेबोरेटरी में जॉन बार्डीन, विलियम शोक्ली और वॉल्टर ब्रैट्टैन के द्वारा विकसित किया गया था। कालांतर में बेहतर विशेषताओं वाले एक अन्य तत्व सिलिकॉन का प्रयोग किया जाने लगा और तब से सिलिकॉन अर्धचालक आधारित इलेक्ट्रॉनिकी का उपयोग दैनिक जीवन के उत्पादों से लेकर औद्योगिक अनुप्रयोगों के लिए होने लगा। ऊर्जा की बढ़ती मांग ने नए सेमीकंडक्टर पदार्थों तथा सेमीकंडक्टर डिवाइसेस को जन्म दिया। ऐसे पदार्थ जो सिलिकॉन की तुलना में बेहतर इलेक्ट्रॉनिक गुण वाले थे तथा उन पर आधारित डिवाइसेस जो ऊर्जा की बचत करते हुए सिलिकॉन डिवाइसेस से उन्नत प्रदर्शन कर सकते हैं। सिलिकॉन की तुलना में बेहतर प्रदर्शन करने वाले इन पदार्थों को वाइड बैंड गैप अर्धचालक की संज्ञा दी जाती है। सबसे प्रासंगिक डब्लूबीजी अर्धचालकों के भौतिक गुण और सिलिकॉन के साथ तुलना अगले पृष्ठ पर तालिका में दी गई है।

तालिका–1

Material	E_G (eV)	E_{crit} (MV/cm)	μ_e (cm²/Vs)	v_s (·10^7 cm/s)	K_{th} (W/cmK)
Si	1.12	0.3	1440	1	1.3
4H-SiC	3.23	2.5	950	2	3.7
GaN	3.4	3.3	1400	2.4	2.5
β-Ga_2O_3	4.9	8	250	1.1	0.1-0.3
Diamond	5.5	10	4500	2.3	23
A1N	6.2	15	450	1.4	2.85

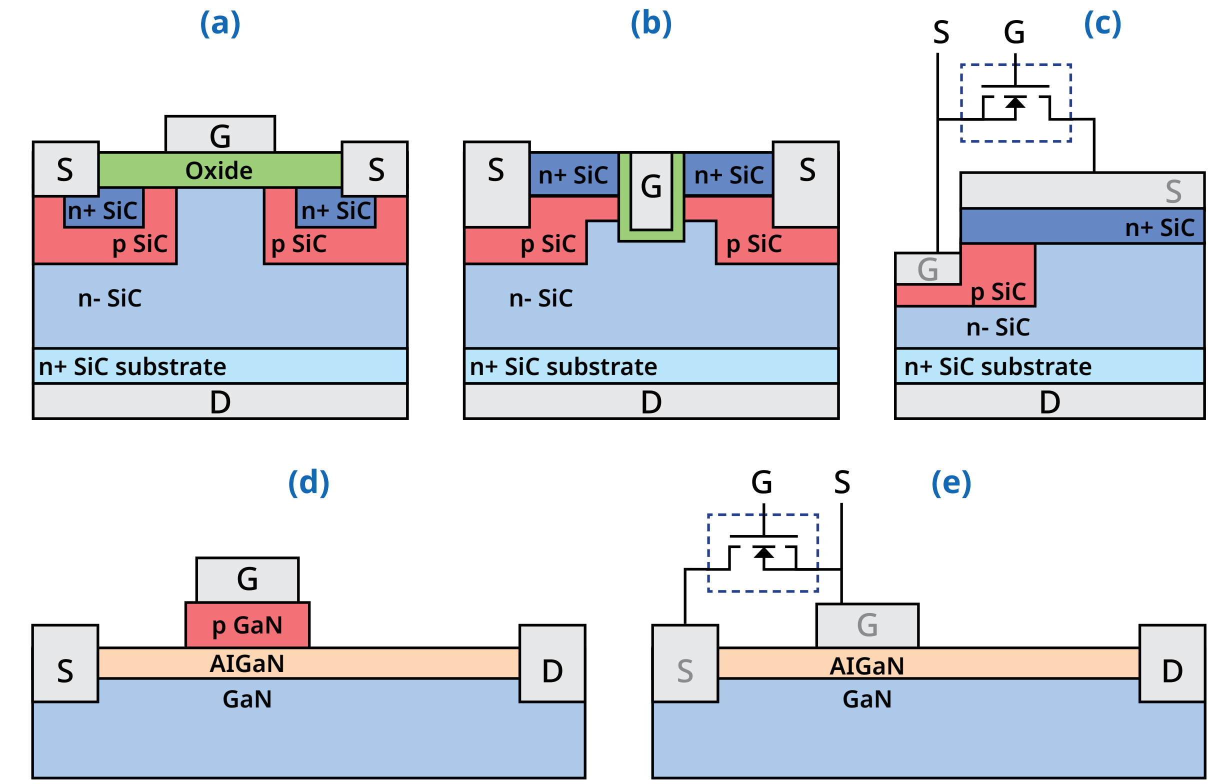
सिलिकॉन की तुलना में डब्लूबीजी सामग्री एक हाई क्रिटिकल इलेक्ट्रिक फील्ड प्रदान करती है, जिससे उच्च वोल्टेज पर काम करने वाले पावर कन्वर्टर्स संभव हो पाते हैं, साथ ही साथ कम ऑन-प्रतिरोध और उच्च तापीय चालकता का लाभ भी मिलता है। WBG (वाइड बैंड गैप) अर्धचालकों में, सिलिकॉन कार्बाइड (SiC) और गैलियम नाइट्राइड (GaN) पावर कन्वर्टर्स (dc-ac इनवर्टर और dc-dc कन्वर्टर्स दोनों) में उपयोग किए जाने वाले उच्च-वोल्टेज स्विच के लिए शानदार प्रदर्शन प्रदान करते हैं। सबसे महत्वपूर्ण बात यह है कि इनमें उच्चतम स्तर की परिपक्वता और औद्योगीकरण की सम्भावना है। इसलिए, आजकल कई व्यावसायिक उपकरण उपलब्ध हैं और कई अनुप्रयोगों के लिए पहले से ही अपनाए जा चुके हैं। SiC और GaN के अलावा, अन्य WBG (वाइड बैंड गैप) अर्धचालक, जैसे गैलियम ऑक्साइड, हीरा और एल्यूमीनियम नाइट्राइड, अनुसंधान के दृष्टिकोण से बहुत रुचि रखते हैं, लेकिन उनका वर्तमान परिपक्वता स्तर पर्याप्त नहीं है तथा अभी भी बाजार में औद्योगिक निवेश को रोक रहा है। फिर भी, ये सामग्रियां विशिष्ट अनुप्रयोगों के लिए प्रमुख रुचि की हैं।

ऐतिहासिक रूप से, पहला WBG सेमीकंडक्टर जिसने पावर इलेक्ट्रॉनिक्स में रुचि बढ़ाई वह SiC था। यह मुख्य रूप से सिलिकॉन के साथ इसकी समानता के कारण है, जिसने पहले से ही समेकित (consolited) डिवाइस संरचनाओं को आसानी से दोहराने की अनुमति दी है। इसके अलावा, SiC में मूल ऑक्साइड के रूप में SiO2 है, जिसकी महत्ता सिलिकॉन-आधारित इलेक्ट्रॉनिक्स पर किए गए गहन और व्यापक शोध से पहले ही सिद्ध हो चुकी है। परिणामस्वरूप, SiC प्रौद्योगिकी का विकास तेजी से शुरू करना संभव हो सका। पावर इलेक्ट्रॉनिक्स क्षेत्र में ऐसी सामग्री पर अध्ययन शुरू होने के दस साल बाद, यानी 1990 के आसपास, पहले SiC शोट्की डायोड का व्यावसायीकरण करना संभव हो गया था। तब से, प्रौद्योगिकी के निरंतर सुधार ने MOSFETs, जंक्शन क्षेत्र प्रभाव ट्रांजिस्टर (JFETs) और डायोड के लिए SiC को 1700 V तक के वोल्टेज रेंज में बाजार में उपलब्ध कराया।

GaN ने प्रकाश उत्सर्जक डायोड (एलईडी) क्षेत्र में अपना इतिहास शुरू किया, और वाइड बैंड गैप होने के कारण 1990 के आसपास पावर इलेक्ट्रॉनिक क्षेत्र के लिए SiC के साथ साथ रुचि का विषय बन गया तथा 1991 में GaN ट्रांजिस्टर का पहला प्रदर्शन हुआ। GaN के लाभों का उपयोग AlGaN/GaN हाई-इलेक्ट्रॉन-मोबिलिटी-ट्रांजिस्टर

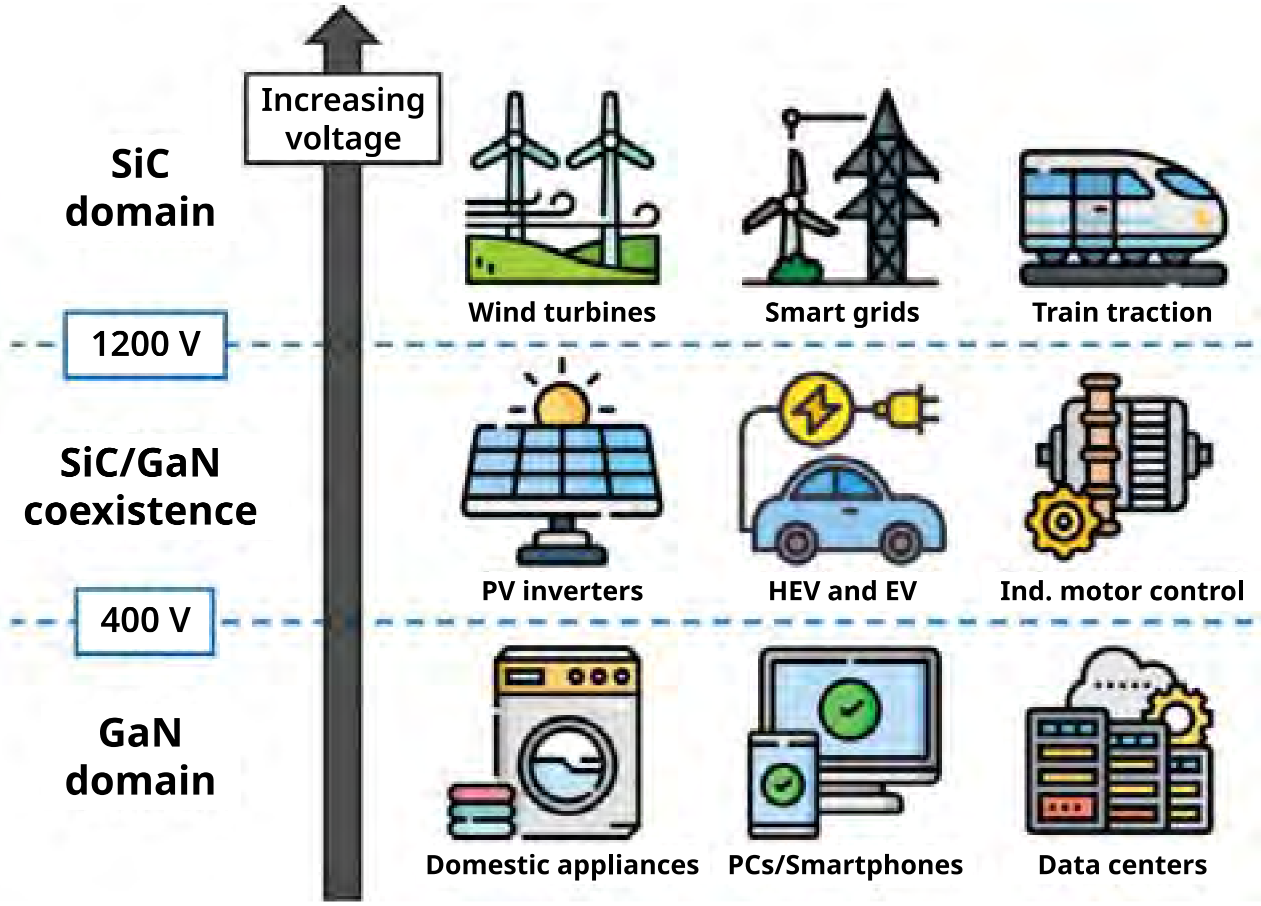
(HEMT) के माध्यम से किया जाता है। गैलियम नाइट्राइड तथा एल्युमीनियम गैलियम नाइट्राइड की एपिटैक्सी से HEMT में 2DEG बनता है जिसकी सहायता से कम रेजिस्टेंस तथा हाई switching फ्रीक्वेंसी के ट्रांजिस्टर संभव हो पाते हैं। अनुसंधान और औद्योगिक दोनों स्तरों पर निरंतर प्रयास से बाजार में 1200 V तक रेटेड GaN HEMTs उपलब्ध हैं।

व्यावसायिक रूप से उपलब्ध होने के लिए, एक पावर ट्रांजिस्टर को तीन मुख्य आवश्यकताओं को पूरा करना होता है। 1) पर्याप्त उच्च वोल्टेज और बिजली बनाए रखने में सक्षम होना 2) कंडक्शन और स्विचिंग हानि का कम होना 3) ऑफ स्टेट ऑपरेशन में सक्षम। SiC तथा GaN की विशेषताएं इस लक्ष्य को प्राप्त करने में अलग-अलग संरचनाओं का प्रयोग करती हैं जैसा नीचे चित्र में दिया गया है।



चित्र 1: कमर्शियल SiC और GaN पावर ट्रांजिस्टर में प्रयुक्त विभिन्न अर्धचालक संरचनाओं की योजना (a) SiC वर्टिकल प्लेनर-गेट डिप्लेशन MOSFET (b) SiC वर्टिकल डबल ट्रेंच MOSFET (c) SiC वर्टिकल कैस्कोड जेएफईटी (d) GaN p-GaN गेट HEMT (e) GaN कैस्कोड HEMT

वर्तमान में, SiC उच्च-वोल्टेज के पावर ट्रांजिस्टर का उपयोग करता है, जो कई वोल्टेज वर्गों को कवर करता है: जैसे 650V, 900V, 1000V, 1200V और 1700V। इसके बजाय, GaN, 15V से 1200 V तक की एक विस्तृत वोल्टेज रेंज को कवर कर रहा है। हालाँकि, जहाँ तक उच्च आपूर्ति वोल्टेज का सवाल है, GaN-आधारित उपकरणों का प्रसार लगभग पूरी तरह से 650 V रेंज तक सीमित है। SiC-आधारित ट्रांजिस्टर अभी भी पावर कन्वर्शन डिजाइन के लिए पहले विकल्प हैं। वोल्टेज लेवल के आधार पर SiC तथा GaN के अनुप्रयोगों को अगले पृष्ठ पर चित्र में दिया गया है।



चित्र 2: SiC GaN के परस्पर अनुप्रयोग

SiC और GaN सामग्रियों के इन अद्वितीय गुणों ने उन्हें भविष्य में उच्च शक्ति, उच्च आवृत्ति अनुप्रयोगों के लिए उपयुक्त बना दिया है। इन सामग्रियों पर आधारित उपकरणों की कम हानि विशेषताएँ उन्हें भविष्य के ऊर्जा कुशल उपकरणों के लिए उपयुक्त तथा ऊर्जा दक्षता के संवाहक अर्धचालक उपकरणों के लिए महत्वपूर्ण उम्मीदवार बनाती हैं।

संदर्भ

1] Overview of Power Electronic Devices And Their Characteristics
2] Silicon carbide benefits and advantages for power electronics circuits and systems Article In Proceedings of the IEEE · July 2002
3] Review and Outlook on GaN and SiC Power Devices: Industrial State-of-the-Art, Applications, and Perspectives M. Buffolo et al.2024,Page(s):1344 – 1355 IEEE ED

✦✦✦

इलेक्ट्रॉनिक युद्ध अनुप्रयोग के लिए एक स्वदेशी सी-एक्स-केयू आवृत्ति प्रसार वाला सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक

विशाल केशरी, अवधेश कुमार बरनवाल, जयतीर्थ डी, रामराय हंस्दा, पी सिद्धार्थन, सुब्रत कुमार दत्ता

सूक्ष्मतरंग नलिका अनुसंधान तथा विकास केंद्र (एमटीआरडीसी), बेंगलुरु

vishalkesari.mtrdc@gov.in

परिचय

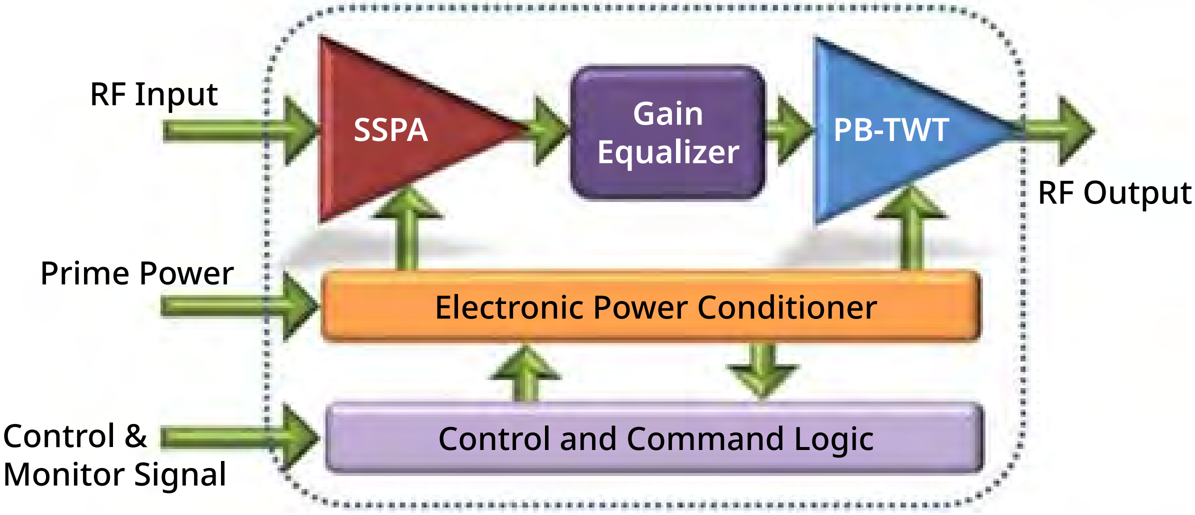
आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक युद्ध (ईडब्ल्यू) प्रणाली संकुचित आकार में उच्च आरएफ निर्गत शक्ति और व्यापक आवृत्ति प्रसार की मांग करते हैं। इस तरह की मांग के लिए सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक (एमपीएम) एक उपयुक्त समाधान है। सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक एक आरएफ प्रवर्धक है जो एक ठोस-अवस्था शक्ति-प्रवर्धक (एसएसपीए) और शक्ति-बूस्टर चल-तरंग नलिका (टीडब्ल्यूटी), दोनों के लाभों को एक साथ संजोता है। यह आवश्यक उच्च-प्रवर्धन प्रदान करने और समग्र युक्ति दक्षता में सुधार के लिए ठोस-अवस्था शक्ति-प्रवर्धक और चल-तरंग नलिका के बीच प्रवर्धन-साझा करने की अवधारणा का उपयोग करता है।

सूक्ष्मतरंग नलिका अनुसंधान तथा विकास केंद्र (एमटीआरडीसी), बेंगलुरु में अभिनव तापीय प्रबंधन, प्रवेश / निर्गत शक्ति और वीएसडब्ल्यूआर, सेंसिंग और नियंत्रण, और माइक्रोप्रोसेसर आधारित प्रोग्राम करने योग्य संचार और नियंत्रण की आवश्यकताओं के अनुसार अतिसंकुचित सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक विकसित किए गए हैं। सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक अवधारणा का उपयोग समग्र युक्ति दक्षता को प्राप्त करने और सुधार के द्वारा ठोस-अवस्था इलेक्ट्रॉनिक्स और निर्वात शक्ति बूस्टर चल-तरंग नलिका तकनीक के सर्वश्रेष्ठ गुणों को एक युक्ति में समाग्रहित करता है। इस श्रृंखला में, एक पूरी तरह से स्वदेशी सी-एक्स-केयू आवृत्ति प्रसार सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक (चित्र 1) एमटीआरडीसी में अभिकल्पित और विकसित किया गया है। इसके अलावा, इस सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक की प्राप्ति और योग्यता मेसर्स भारत इलेक्ट्रॉनिक्स लिमिटेड, बेंगलुरु के साथ 10 इकाइयों के लिए की गई है। इस लेख में, हम इस सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक की विशेषताओं पर संक्षेप में चर्चा कर रहे हैं।

चित्र 1: सी-एक्स-केयू आवृत्ति प्रसार सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक का इंजीनियर मॉडल

सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक विन्यास

इस सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक में निम्नलिखित पांच प्रमुख उप-प्रणालियां: i) लघु शक्ति-बूस्टर-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका, ii) ठोस-अवस्था शक्ति-प्रवर्धक, iii) सूक्ष्म-स्ट्रिप आधारित प्रवर्धन-इक्वलाइजर, iv) इलेक्ट्रॉनिक शक्ति कंडीशनर (ईपीसी), और v) आरएफ प्लंबिंग सर्किट शामिल हैं (चित्र 2)। एक लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका, एक ईपीसी, एक ठोस-अवस्था शक्ति-प्रवर्धक, एक प्रवर्धन-इक्वलाइजर, इत्यादि सभी को प्रतिबंधित अनुमत समग्र भार (£3.6 किलोग्राम) और आकार के भीतर एकीकृत करने के लिए इस सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक की योजना बनाई गई है। सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक के लिए उष्मीय प्रबंधन संचलन द्वारा किया गया है क्योंकि यह प्रतिरूपक एक इस तरह के कोल्ड प्लेट पर लगाया जाता है जिसका तापमान प्रवेश करने वाले पानी की सहायता से 20 डिग्री सेंटीग्रेट पर बनाए रखा जाता है।



चित्र 2: सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक का योजनाबद्ध ब्लॉक

इस सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक में न्यूनतम आरएफ शक्ति की आवश्यकता पूरे आवृत्ति प्रसार पर एक समान नहीं है। सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक का उद्देश्य आवृत्ति प्रसार-1 में न्यूनतम 80 वाट, आवृत्ति प्रसार-2 में 100 वाट और आवृत्ति प्रसार-3 में न्यूनतम 70 वाट, और पूरे आवृत्ति प्रसार पर 160 वाट अधिकतम आरएफ शक्ति प्रदान करना है। कुल प्रवर्धन (49–54 डीबी) एक ठोस-अवस्था शक्ति-प्रवर्धक और एक लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका के बीच साझा किया जाता है। लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका के लिए प्राप्त होने वाला आरएफ प्रवेश ठोस-अवस्था शक्ति-प्रवर्धक और प्रवर्धन-इक्वलाइजर से होकर गुजरता है। ठोस-अवस्था शक्ति-प्रवर्धक मेसर्स अस्त्रा माइक्रोवेव प्राईवेट लिमिटेड, हैदराबाद द्वारा विकसित किया गया है। आवृत्ति प्रसार में वांछित प्रवर्धन भिन्नता प्राप्त करने के लिए एक प्रवर्धन-इक्वलाइजर का उपयोग किया गया है। यह सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक अंतरिक्ष में आरएफ शक्ति के मिलान हेतु इच्छित संचालन के लिए विभिन्न प्रतिरुपकों के मध्य प्रवर्धन और कला मिलान सुनिश्चित करता है (तालिका 1)।

ठोस-अवस्था शक्ति-प्रवर्धक लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका को दिए जाने वाले सिग्नल को पूर्व-प्रवर्धित करता है। आमतौर पर ठोस-अवस्था शक्ति-प्रवर्धक -3 से 0 डीबीएम के प्रवेश सिग्नल को प्रवर्धित कर 27-30 डीबीएम के निर्गत स्तर पर पहुंचा देता है। इस निर्गत आरएफ शक्ति को प्रवर्धन-इक्वलाइजर द्वारा लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका के लिए

यथाआवश्यक स्तर पर लाया जाता है जिससे लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका अपने सेचुरेशन स्तर पर कार्य करे। लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका के प्रवेश पर प्राप्त सिग्नल प्रवर्धित होकर सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक के निर्गत पर 48-52 डीबीएम निर्गत शक्ति प्रदान करने में सक्षम हो पाता है। ठोस-अवस्था शक्ति-प्रवर्धक का कम शोर आंकड़ा चल-तरंग नलिका प्रवर्धक (टीडब्ल्यूटीए) की तुलना में सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक के लिए कम शोर आंकड़ा सुनिश्चित करता है। ठोस-अवस्था शक्ति-प्रवर्धक की दक्षता, हालांकि लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका की तुलना में कम (<15%), परंतु यह सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक की समग्र दक्षता को बहुत प्रभावित नहीं करती है।

प्रवर्धन-इक्वलाइजर के साथ संयुक्त ठोस-अवस्था शक्ति-प्रवर्धक लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका को आवश्यक आरएफ प्रवेश शक्ति प्रदान करता है। प्रवर्धन- इक्वलाइजर प्रत्येक लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका की प्रवर्धन-आवृत्ति प्रतिक्रिया को बनाए रखता है जो परिवर्तनीय और अद्वितीय है। हालांकि, कुछ अनुप्रयोगों में संतृप्ति पर निरंतर निर्गत शक्ति प्राप्त करने के लिए समपूर्ण आवृत्ति प्रसार पर एक समान प्रवर्धन प्रतिक्रिया की आवश्यकता होती है। लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका के प्रवेश पर जुड़ा प्रवर्धन-इक्वलाइजर स्वीकार्य स्तरों (आमतौर पर 1-2 डीबी) के भीतर सम्पूर्ण आवृत्ति प्रसार में सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक की एक समान प्रवर्धन प्रवृत्ति (प्रवर्धन फ्लैटनेस) सुनिश्चित करता है। प्रवर्धन-इक्वलाइजर की क्षीणन प्रवृत्ति लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका के प्रवर्धन प्रवृत्ति का पूरक है। प्रवर्धन-इक्वलाइजर को लघु आकार की आवश्यकता के लिए माइक्रोस्ट्रिप-फॉर्म में अभिकल्पित और विकसित किया जाता है।

इस सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक में उपयोग की जाने वाली लघु शक्ति-बूस्टर हेलिक्स-चल-तरंग नलिका कॉम्पैक्ट, हल्के वजन, कम शोर, मध्यम प्रवर्धन, उच्च-दक्षता, हेलिक्स प्रकार की चल-तरंग नलिका हैं (चित्र 3)। एक पतले सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक को सक्षम बनाने के लिए इसमें प्रयोग की जाने वाली लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका को छोटी लंबाई (250 मिमी) और छोटे अनुप्रस्थ आयामों के लिए न्यूनतम पैकेजिंग के साथ विन्यासित किया गया है। सी-एक्स-केयू आवृत्ति प्रसार के विस्तृत आवृत्ति प्रसार में न्यूनतम 70-100 वाट निर्गत शक्ति प्राप्त करने के लिए बहु-विवर्तन अवधारणा के साथ लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका को स्वदेशी रूप से अभिकल्पित और विकसित किया गया है। आवश्यक आवृत्ति प्रसार में इस लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका का प्रवर्धन 25 से 30 डीबी के मध्य है। इस लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका की उच्च समग्र-दक्षता के लिए बहु-स्तरीय डिप्रेस्ड संग्राहक की अवधारणा का उपयोग किया गया है। इलेक्ट्रॉनिक दक्षता 18-20% है और लगभग 30-35% की समग्र-दक्षता के साथ संग्राहक दक्षता 75-80% है। -5 डीबीसी की तुलना में कम हर्मोनिक आरएफ शक्ति इस लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका की एक विशेष विशेषता है।

चित्र 3: लघु शक्ति-बूस्टर हेलिक्स-चल-तरंग नलिका का इंजीनियर मॉडल

तालिका 1: सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक की मुख्य विशेषता एवं विनिर्देश

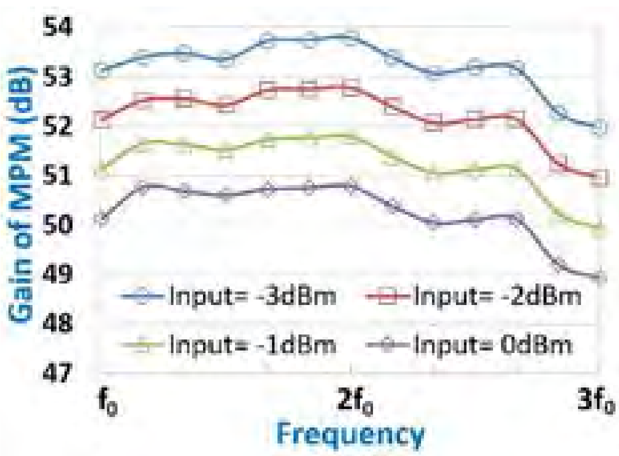
पैरामीटर	विनिर्देश		
आवृत्ति प्रसार	सी-एक्स-केयू (1.56 ऑक्टेव)		
आरएफ प्रवेश शक्ति	-3 से 0 डीबीएम		
आवृत्ति प्रसार पर आरएफ निर्गत शक्ति	आवृत्ति प्रसार-1	न्यूनतम 80 वाट	अधिकतम 160 वाट
	आवृत्ति प्रसार-2	न्यूनतम 100 वाट	अधिकतम 160 वाट
	आवृत्ति प्रसार-3	न्यूनतम 70 वाट	अधिकतम 160 वाट
दक्षता	न्यूनतम 16%		
आवृत्ति प्रसार पर प्रवर्धन फ्लैटनेस	अधिकतम 1.75 डीबी		
सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपकों के बीच कला मिलान	90% आवृत्ति प्रसार में अधिकतम 20 अंश और शेष आवृत्ति प्रसार में अधिकतम 25 अंश		
सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूप कों के बीच प्रवर्धन मिलान	90% आवृत्ति प्रसार में अधिकतम 1.5 डीबी और शेष आवृत्ति प्रसार में अधिकतम 2.0 डीबी		
हार्मोनिक स्तर	-5 डीबीसी या बेहतर		
स्पूरियस	-40 डीबीसी या बेहतर		
एएम/पीएम रूपांतरण	अधिकतम 6 अंश/डीबी (आरऍफ प्रवेश शक्ति के प्रसार पर)		
शोर शक्ति घनत्व	अधिकतम -80 डीबीएम/मेगाहर्ट्ज (बीम आफ)		
	अधिकतम -30 डीबीएम/मेगाहर्ट्ज (बीम ऑन)		
परिचालन मोड	पल्स और सीडब्ल्यू		
प्रवेश विभव	270 ± 4% वोल्ट डीसी		
विद्युत खपत	अधिकतम 550 वाट		

इलेक्ट्रॉनिक शक्ति कंडीशनर अत्यधिक संकुचित, अत्यधिक कुशल (90-95%), विषम, विश्वसनीय और माइक्रोप्रोसेसर नियंत्रित है। यह इलेक्ट्रॉनिक शक्ति कंडीशनर सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक की सभी इकाइयों: ठोस-अवस्था शक्ति-प्रवर्धक, लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका, आरएफ स्विच, हाउसकीपिंग आदि को विद्युत शक्ति प्रदान करती है। इलेक्ट्रॉनिक्स को एक ऑनबोर्ड माइक्रोकंट्रोलर के माध्यम से नियंत्रित किया जाता है ताकि दोष सुरक्षा (फाल्ट प्रोटेक्सन), संचालन की अनुक्रमण और बाहरी प्लेटफॉर्म के साथ एक कमांड और संचार इंटरफ़ेस का प्रबंधन किया जा सके। यह अनिवार्य रूप से एक लघु उच्च-दक्षता शक्ति आपूर्ति है जिसमें कम विभव और नियंत्रण मॉड्यूल, एक उच्च-विभव शक्ति परिवर्तक, बीम मॉड्यूलेटर और एक ही पैकेज में रखा गया ईएमआई फ़िल्टर

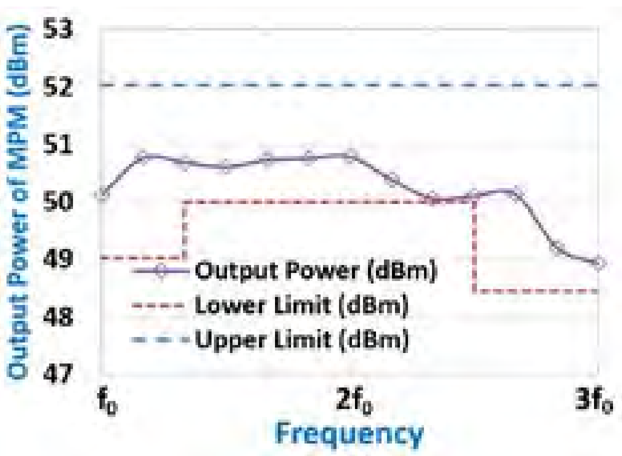
शामिल है। यह उच्च-दक्षता, विश्वसनीयता और कॉम्पैक्ट आकार प्राप्त करने के लिए बहु-परत पीसीबी, सतह-माउंट उपकरणों और प्लानर ट्रांसफार्मर प्रौद्योगिकी का उपयोग करता है। पारंपरिक उच्च-विभव परिवर्तकों के विपरीत, एक इलेक्ट्रॉनिक शक्ति कंडीशनर में प्रायोजित उच्च-विभव परिवर्तक आकार और वजन में उल्लेखनीय कमी के लिए उच्च-आवृत्ति स्विचिंग तकनीक और प्लानर मैग्नेटिक को नियोजित करता है। विकसित उच्च-विभव प्लानर ट्रांसफार्मर उच्च-विभव कन्वर्टर में 500 वाट की डिलीवरी करने में सक्षम है। लघु मॉड्यूलेटर 250 किलोहर्ट्ज़ के ऑर्डर के उच्च पीआरएफ को संभाल सकता है। पल्स्ड ऑपरेशन में 70 नैनोसेकेण्ड से कम थ्रूपुट देरी प्राप्त किया गया है। सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक का तंग लेआउट आरएफ निर्गत में बेहतर ओवरशूट और रिंगिंग सुनिश्चित करता है। इस सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक में उत्पादन और रखरखाव में आसानी के लिए लचीले पीसीबी के माध्यम से संचार कनेक्शन किए जाते हैं।

सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक परिचालन

यह सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक सी-एक्स-केयू आवृत्ति प्रसार में संचालित एक पूरी तरह से एकीकृत मध्यम शक्ति सूक्ष्मतरंग प्रवर्धक है। चित्र 1 में एक सरलीकृत योजनाबद्ध ब्लॉक दिया गया है। प्राइम शक्ति के आवेदन पर (सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक को 270 वोल्ट डीसी लाइन में प्लग करके), आंतरिक हाउसकीपिंग पावर सप्लाई सक्षम हो जाती है। सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक वार्म-अप स्थिति में प्रवेश करता है, जिसका समय लगभग तीन मिनट तक है। हाउसकीपिंग पावर सप्लाई ठोस-अवस्था शक्ति-प्रवर्धक को सक्रिय करती है। वार्म-अप स्थिति के दौरान सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक आगे के आदेशों की उपेक्षा करता है। एक बार वार्म-अप स्थिति पूरा हो जाने के बाद, एचवी आन के परिणाम स्वरूप उच्च-विभव लघु-हेलिक्स-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका पर आरोपित हो जाता है, इसे आरम्भ कर देता है और आरएफ प्रवर्धन करने की अनुमति देता है। विकसित किए गए एक विशिष्ट सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक की प्रवर्धन (चित्र 4) और निर्गत शक्ति (चित्र 5) प्रवृत्तियों को चित्र 4 और 5 में दिखाया गया है।



चित्र 4: एक विशिष्ट सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक की प्रवर्धन प्रवृत्ति



चित्र 5: एक विशिष्ट सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक की निर्गत शक्ति प्रवृत्ति

सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक अर्हता

इस सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक को स्वीकृति परीक्षण, योग्यता परीक्षण और पर्यावरणीय तनाव स्क्रीनिंग (ईएसएस) से गुजरना पड़ा है। ईएसएस परीक्षण में पावर बर्न-इन परीक्षण, प्री-थर्मल रैंडम कंपन, थर्मल साइकिल, पोस्ट-थर्मल रैंडम कंपन और पोस्ट-ईएसएस फाइनल फंक्शनल परीक्षण शामिल हैं। योग्यता परीक्षणों में कार्यात्मक परीक्षण (भौतिक सत्यापन, पता संगतता परीक्षण, प्रवेश/निर्गत कोल्ड वीएसडब्ल्यूआर मापन, पल्स्ड और सीडब्ल्यू मोड में माप), ईएसएस परीक्षण, साइन ओवर रैंडम परीक्षण, त्वरण परीक्षण (संरचना), उच्च-तापमान (भंडारण), उच्च-तापमान (संचालन), आर्द्रता, अल्टीट्युड (ऊंचाई), कार्यात्मक झटका, पारगमन गिरना, बेंच हैंडलिंग, विस्फोट धूल, वर्षा ड्रिप और नमक कोहरे परीक्षण शामिल हैं।

निष्कर्ष

विस्तृत आवृत्ति प्रसार (सी-एक्स-केयू आवृत्ति प्रसार) और कुशल लघु-हेलिक्स-चल-तरंग नलिका, कुशल ईपीसी, एमएमआईसी आधारित प्रवर्धन-इक्वलाइजर और पूर्ण सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक के डिजाइन और विकास के लिए प्रौद्योगिकियों को पूरी तरह से स्वदेशी रूप से विकसित किया गया है। सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक पूरे आवृत्ति प्रसार पर आवश्यक शक्ति प्रदान करते हैं। इस सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक को स्वीकृति परीक्षण, योग्यता परीक्षण और पर्यावरणीय तनाव स्क्रीनिंग (ईएसएस) से गुजरना पड़ा है। कला- और प्रवर्धन-मिलान के लिए डिजिटल एटिन्यूएटर और डिजिटल कला-शिफ्टर के साथ एक डिजिटल रूप से नियंत्रित आरएफ प्रवर्धक सर्किट का प्रयोग किया गया है। सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक का परीक्षण एकीकृत इकाई के रूप में किया जाता है ताकि सूक्ष्मतरंग-शक्ति-प्रतिरूपक के पूरे आवृत्ति प्रसार पर 4 अंश के भीतर कला मिलान और 1.5 डीबी के भीतर प्रवर्धन मिलान प्राप्त किया जा सके।

आभार

लेखकगण परियोजना की सफलता में प्रत्यक्ष और परोक्ष रुप से जुड़े सभी सदस्यों के प्रति अपना आभार व्यक्त करते हैं।

संदर्भ

1] एमटीआरडीसी की आंतरिक रिपोर्ट।
2] टेकनोलॉजी फोकस: माइक्रोवेव पावर मॉड्यूल और कॉम्पैक्ट ट्रांसमीटर, रक्षा अनुसंधान और विकास संगठन का बुलेटिन, अंक 23, जून 2015।

✦✦✦

टेराहर्ट्ज (THz) पैकेज स्कैनर प्रणाली एवं राष्ट्रीय सुरक्षा में इसका महत्व

अजय मिश्रा

यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान (आईआरडीई), देहरादून

amishra.irde@gov.in

सार

टेराहर्ट्ज (THz) विकिरण इलेक्ट्रोमैगनेटिक स्पेक्ट्रम में माइक्रोवेब एवं अवरक्त विकिरण के मध्य में पड़ता है। शुरुआत में टेरा हर्ट्ज़ के क्षेत्र में स्रोत एवम संसूचक की कमी के कारण इसे इलेक्ट्रोमैगनेटिक स्पेक्ट्रम में "टेराहर्ट्ज गैप" के नाम से जाना जाता था। आज टेराहर्ट्ज तकनीकी के क्षेत्र में उन्नत शोध कार्य होने के फलस्वरुप इस तकनीकी में भी उल्लेखनीय प्रगति हुई है। शोधकर्ता भी नित प्रतिदिन टेराहर्ट्ज से संबंधित अनेक उपयोगों पर नये एवं उल्लेखनीय शोध कार्य कर रहे हैं।

एक टेराहर्ट्ज (THz) को हम निम्न प्रकार से परिभाषित कर सकते है:

आवृत्ति (ν)	= 1 टेराहर्ट्ज	= 1000 गीगा हर्ट्ज
कोणीय आवृत्ति (2πν)	= 6.28 टेराहर्ट्ज	
आवर्ती (τ)	= 1/ν	= 1 पीको सेकंड
तरंगदैर्ध्य (λ)	= 300 माइक्रोमीटर	
तरंगांक (1/λ)	= 33.3 सेमी-1	
फोटॉन ऊर्जा (E=hν)	= h	= 4.14 मिली इलेक्ट्रॉन वोल्ट
तापमान (T= hν/ KB)	= 48 केल्विन	

जहाँ c, प्रकाश को वेग, h प्लांक नियतांक एक KB बोल्ट्समैन नियतांक है। सामान्यत: 0.1-10 टेराहर्ट्ज को "टेराहर्ट्ज विकिरण" के क्षेत्र के नाप से जाना जाता है।

टेराहर्ट्ज तकनीकी पर आधारित आज बहुत से संयंत्र ऎसे हैं, जिनका कि राष्ट्रीय सुरक्षा में बहुतायत से उपयोग हो रहा है। यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान, देहरादून, ने अभी हाल ही में, टेराहर्ट्ज विकिरण पर आधारित एक "टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली" का अभिकल्पन एवं निर्माण किया है। टेराहर्ट्ज विकिरण अधातुओं के लिए सामान्यत: पारदर्शी होता है। इसी कारण पेपर प्लास्टिक, कपड़े, लकड़ी, सेरामिक्स इत्यादि पदार्थ जो कि अन्य विकिरणों के लिए अपारदर्शी

है, टेराहर्ट्ज विकिरण के लिए पारदर्शी होते है। जैसा कि हमें विदित है कि अधिकतर पैकेजिंग पदार्थ, लकड़ी, कार्डबोर्ड, प्लास्टिक आदि के ही बने होते है। टेराहर्ट्ज विकिरण के इस विशेष गुण के कारण ही हम विभिन्नर संकुल (Package) के भीतर की वस्तुओं को भी आसानी से देख सकते है। टेराहर्ट्ज विकिरण के इसी गुण धर्म का प्रयोग टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली के निर्माण में किया गया है। अगर किसी ने कपड़ो में या बैग में कोई पदार्थ जैसे की चाक़ू, कैंची, बंदूक, शेविंग ब्लेड आदि छुपा कर रखा हो तो हम टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली की सहायता से आसानी से छुपाई गई खतरनाक वस्तुओं का पता लगा सकते हैं, और किसी बड़ी अनहोनी को टाल सकते है।

टेराहर्ट्ज विकिरण की विशेषताएं

टेराहर्ट्ज विकिरण की अनेक विशेषताएं ही इसे विभिन्न उपयोगों के लिए कारगर बनाती हैं। टेराहर्ट्ज विकिरण के गुणधर्म के आधार पर ही शोध कर्ताओं ने इसे संचार क्षेत्र, चिकित्सा क्षेत्र, रक्षा क्षेत्र, जैविक क्षेत्र एवं निगरानी रखने जैसे महत्वपूर्ण क्षेत्रों में उपयोगी पाया है।

टेराहर्ट्ज विकिरण की विभिन्न विशेषताएं एवं उपयोग निम्न प्रकार हैं:

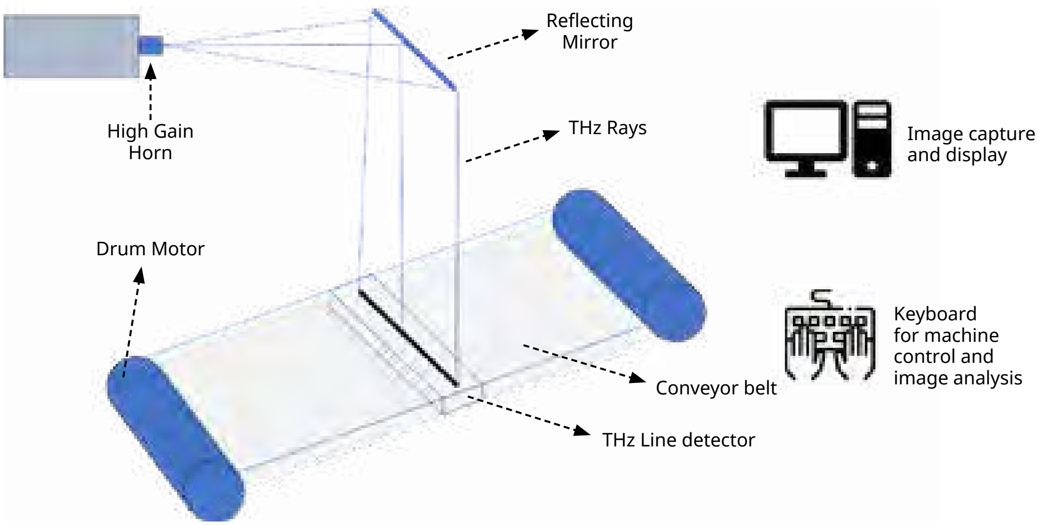
1. अधिकतर विस्फोटक जैसे कि RDX, TNT,HMX,PETN, C-4 आदि का स्पेक्ट्रोस्कोपिक स्पेक्ट्रम विशिष्ट रूप से टेराहर्ट्ज विकिरण के क्षेत्र में ही पड़ता है। ये सभी विस्फोटक सामान्यत: और किसी अन्य विकिरण के बजाय केवल विशेष टेराहर्ट्ज विकिरण को ही प्रबल रूप से अवशोषित करते हैं। टेराहर्ट्ज विकिरण के इस गुण के कारण ही आजकल शोधकर्ता टेराहर्ट्ज विकिरण के स्रोत द्वारा विस्फोटकों का पता लगा सकते है।
2. टेराहर्ट्ज विकिरण की आयनीकरण (ionization) ऊर्जा बहुत कम होती है, इसके अलावा इसकी भेदन क्षमता भी अच्छी होती है। अत: आजकल कई उन्नत चिकित्सालयों में टेराहर्ट्ज विकिरण द्वारा विश्लेषण एवं रोगों का निदान करने की सुविधा स्थापित की जा रही है। इस क्षेत्र में उन्नत शोध कर हम टेराहर्ट्ज विकिरण के माध्यम से चिकित्सा जगत में उल्लेखनीय कार्य कर सकते हैं।
3. टेराहर्ट्ज विकिरण अधातुओं के लिए सामान्यत: पारदर्शी होता है। इसी कारण पेपर प्लास्टिक, कपड़े, लकड़ी, सेरामिक्स इत्यादि पदार्थ जो कि अन्य विकिरणों के लिए अपारदर्शी है, टेराहर्ट्ज विकिरण के लिए पारदर्शी होते है। टेराहर्ट्ज विकिरण के इस विशेष गुण के कारण ही हम विभिन्न संकुल (Package) के भीतर की वस्तुओं को भी आसानी से देख सकते है।
4. टेराहर्ट्ज विकिरण की सहायता से हम एयरपोर्ट आदि संवेदनशील स्थानों पर निगरानी रख सकते है। शोधकर्ताओं ने इस विकिरण पर आधारित ऐसे कैमरों का निर्माण किया है जिससे हम टेराहर्ट्ज प्रतिबिंबन कर सकते हैं। इस विकिरण के विशेष गुण धर्म के फलस्वरूप हम कोई भी विस्फोटक तथा छुपाये हुए हथियारों का पता लगा सकते है एवं समय रहते आवश्यवक कार्यवाही कर सकते है।

अत: टेराहर्ट्ज विकिरण जीवन के हर क्षेत्र में अपना व्यापक महत्व रखता है जोकि चित्र 1 में दर्शाया गया है

चित्र 1: टेराहर्ट्ज विकिरण का विभिन्न क्षेत्रों में उपयोग

टेराहर्ट्ज प्रतिबिम्बन

जैसा कि टेराहर्ट्ज के विवरण में विस्तार से बताया गया है कि टेराहर्ट्ज विकिरण के प्रयोग से हम कई पैकेजिंग पदार्थों के अन्दर भी छुपाई हुई चीजों को आसानी से देख सकते है। इसके लिए हमें एक टेराहर्ट्ज सोर्स की आवयश्कता होती है। टेराहर्ट्ज प्रतिबिम्बन के लिए हम एक ऐसे टेराहर्ट्ज सोर्स जिसकी क्षमता अच्छी हो को प्रयोग में ला सकते है। इसके साथ ही हमें एक संसूचक की भी ज़रूरत होती है, जो कि, प्रतिबिंब बनाने में मददगार होता है। टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली प्रतिबिम्बन का सेट-अप निम्नलिखित चित्र (चित्र 2) में दर्शाया गया है। प्रतिबिम्बन की गुणता उचित टेराहर्ट्ज क्षमता वाले सोर्स तथा उचित संसूचक के चयन पर निर्भर करता है।



चित्र 2: टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली प्रतिबिम्बन का रेखाचित्र

टेराहर्ट्ज प्रतिबिम्बन हम दो प्रकार से कर सकते हैं:

अ) परावर्तित टेराहर्ट्ज प्रतिबिम्बन

ब) ट्रांसमिशन (संचरण) टेराहर्ट्ज प्रतिबिम्बन

अ) **परावर्तित टेराहर्ट्ज प्रतिबिम्बन:** इस प्रक्रिया में टेराहर्ट्ज विकिरण किसी सैम्पल (नमूना) से टकराकर जब परावर्तित होती है, तो हम टेराहर्ट्ज कैमरा को परावर्तित टेराहर्ट्ज विकिरण के मार्ग में कुछ दूरी पर रख देते है। टेराहर्ट्ज कैमरा की सहायता से हम प्रतिबिम्ब को देख लेते हैं।

ब) **ट्रांसमिशन (संचरण) टेराहर्ट्ज प्रतिबिम्बन:** इस प्रक्रिया में टेराहर्ट्ज विकिरण किसी सैम्पल (नमूना) से गुजरती है, तो हम टेराहर्ट्ज कैमरा को टेराहर्ट्ज विकिरण के गुजरने के मार्ग में कुछ दूरी पर रख देते हैं। इस प्रकार, हम टेराहर्ट्ज कैमरा की सहायता से प्रतिबिम्ब को देख सकते हैं।

टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली के निर्माण में हमने संचरण टेराहर्ट्ज प्रतिबिंबन का उपयोग किया है। सामान्यतः परावर्तित टेराहर्ट्ज प्रतिबिंबन का प्रयोग टेराहर्ट्ज बॉडी स्कैनर प्रणाली के निर्माण में किया जाता है।

टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली

टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली छोटे पैकेट्स में रखे हुए पदार्थों जैसे की चाकू, कैंची, बंदूक, शेविंग ब्लेड आदि वस्तुओं को पहचानने की क्षमता रखता है। टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली में, पैकेट के ऊपर टेराहर्ट्ज विकिरण को प्रकाशित किया जाता है, तथा जब वह उस पैकेट से होकर गुज़रता है तो उसे रेखीय संसूचक पर डाला जाता है। इस टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली के निर्माण में, 0.1 टेराहर्ट्ज टेराहर्ट्ज, अर्थात 3 एमएम (मिलीमीटर) तरंग दैर्ध्य वाले सोर्स जिसकी क्षमता 50 mW (मिलीवॉट) है, का प्रयोग किया गया है। रेखीय संसूचक के लिए 256x1 फ़ॉर्मेट का प्रयोग किया गया है। इस प्रणाली में पैकेट को एक कन्वेयर बेल्ट पर रखा जाता है, और उसे टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली के द्वारा गुज़ारा जाता है। यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान, देहरादून में निर्मित टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली को चित्र संख्या 3 में दर्शाया गया है। इस टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली का संपूर्ण वज़न 80 किलो से भी कम है।

चित्र 3: टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली

हमने विभिन्न वस्तुओं जैसे चाक़ू, बंदूक, शेविंग ब्लेड आदि को कपड़ों के अंदर तथा प्लास्टिक के बॉक्स के अंदर छुपाकर इस टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली से गुज़ारा और नीचे दिये गए चित्र संख्या 4 में हम देख सकते हैं कि कपड़ों तथा बॉक्स के अंदर छिपे होने के बावजूद हम टेराहर्ट्ज विकिरण प्रतिबिंबन की सहायता से आसानी से इन वस्तुओं को पहचान सकते हैं। इसके लिए हमने एक चाक़ू को, काग़ज़ के लिफ़ाफ़े के अंदर छिपाकर टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली से गुज़ारा और चित्र संख्या 4, में हम देख सकते हैं, कि, काग़ज़ के लिफ़ाफ़े में छिपे होने के बावजूद चाक़ू को पहचाना जा सकता

है। इसके पश्चात हमने एक बंदूक को कपड़ों के लगभग 16 तह के अंदर छिपाया और उसके बाद उसे इस टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली से गुज़ारा। जैसा कि, नीचे दिये गये चित्र में हम देख सकते हैं कि कपड़ों के कई तह के अंदर छिपे होने के बावजूद भी हम बंदूक को आसानी से पहचान सकते हैं। इस प्रयोग के समय, हमने कई प्रकार के कपड़ों की वैराइटी जैसे की सूती, ऊनी, नायलॉन, सिंथेटिक आदि और कपड़ों के कई तहों का इस्तेमाल किया और उसे इस प्रणाली से गुज़र कर देखा। हमने ये पाया कि, कुछ कपड़ों की वैराइटी में, अधिकतम 96 कपड़ों के तहों के अंदर भी हम बंदूक को टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली के माध्यम से आसानी से पहचान सकते हैं। हमने एक चाकू को पॉली-कार्बोनेट के बॉक्स के अंदर रखा और उसे भी इस प्रणाली से गुज़ारा नीचे दिये गये चित्र में हम देख सकते हैं कि लगभग 5mm मोटाई के बॉक्स के अंदर छिपे होने के बावजूद भी हम चाकू को इस टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली के माध्यम से आसानी से पहचान सकते हैं। अंत में, हमने बहुत ही छोटे पदार्थ, जैसे की शेविंग ब्लेड को कपड़ों के लगभग 16 तह के अंदर छिपा कर इस टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली के द्वारा गुज़ारा और जैसा कि हम देख सकते हैं कि कपड़ों के कई तहों के अंदर छिपे होने के बावजूद भी हम छोटे से शेविंग ब्लेड को भी आसानी से पहचान सकते हैं। हम कह सकते हैं कि, टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली बहुत ही महत्वपूर्ण है, और इसका प्रयोग करके हम कई प्रकार के निषेधात्मक वस्तुओं का पता लगा सकते हैं और समय रहते उपयुक्त क़दम उठाकर के किसी बड़े हादसे को भी होने से रोक सकते हैं।

चित्र 4: टेराहर्ट्ज पैकेज स्कैनर प्रणाली के द्वारा छिपाए हुए वस्तुओं का प्रतिबिंबन

निष्कर्ष

अत: उपरोक्त विवरण के आधार पर हम कह सकते है कि टेराहर्ट्ज विकिरण अपनी अनेक विषेशताओं के कारण हमें रक्षा के क्षेत्र में अपने देश को और मजबूत बनाने में सहायक है। टेराहर्ट्ज प्रतिबिंबन के द्वारा हम किसी कपड़े अथवा पैकेजिंग पदार्थ में छुपाए हुए हथियार जैसे कि चाकू, कैंची, बन्दूक आदि का पता बहुत ही आसानी से लगा सकते है। टेराहर्ट्ज विकिरण अपनी अनेक विशेषताओं एवं गुणधर्म के कारण आज विज्ञान एवं समाज के विभिन्न क्षेत्रों में प्रयोग में लाया जा रहा है। टेराहर्ट्ज विकिरण की विशेषताओं के आधार पर हम एक नये सुनहरे भविष्य की कामना कर सकते हैं। हम इस विकिरण के माध्यम से आवश्यक क्षेत्र जैसे कि रक्षा, चिकित्सा, संचार इत्यादि में एक अभूतपूर्व कार्य संभव कर सकते हैं और इस प्रकार अपने देश को विभिन्न क्षेत्रों में एक सुनहरा विकल्प प्रदान कर सकते हैं।

आज भारत ही नहीं बल्कि विश्व में टेराहर्ट्ज तकनीकी के क्षेत्र में कई शोध कार्य हो रहे हैं। अच्छी क्षमता के टेराहर्ट्ज सोर्स तथा उच्च गुणवत्ता वाले वाले संसूचक पर उन्नत शोध कार्य करके हम टेराहर्ट्ज विकिरण प्रतिबिंबन के क्षेत्र में एक अभूतपूर्व सफलता हासिल कर सकते हैं और इसे और व्यापक तथा और उपयोगी भी बना सकते हैं। इसलिए आज

हमारी आवश्यकता है कि हम टेराहर्ट्ज प्रतिबिंबन के क्षेत्र में पूरी क्षमता से शोधकार्य करें ताकि अपने देश को सुरक्षा के क्षेत्र में पूर्णत: आत्मनिर्भर बना सके।

संदर्भ

1] Latha, A. Mercy, and AS Nirmala Devi. "Automatic Threat Object Detection from THz Images using Artificial Intelligence Algorithms." 2023 24th International Vacuum Electronics Conference (IVEC). IEEE, (2023)

2] Federici, John F., et al. "THz Imaging and sensing for security applications—explosives, weapons and drugs." Semiconductor science and technology 20.7 (2005)

3] P. H. Siegel, "Terahertz technology In biology and medicine," IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 52, no. 10, pp. 2438–2447, (2004)

4] H. Chen, S. Lee, R. Rao, M. A. Slamani, and P. Varshney, "Imaging for concealed weapon detection," IEEE Signal Process. Mag., vol. 22, no. 2, pp. 52–61, (2005)

5] Xu, Fan, et al. "YOLO-MSFG: toward real-time detection of concealed objects In passive terahertz Images." IEEE Sensors Journal 22.1, 520-534. (2021)

6] A. Jagdale, et al., "Advanced Image Processing for Rapid Threat Object Identification In Terahertz Images," 2021 14th UK-EuropeChina Workshop on Millimetre-Waves and Terahertz Technologies (UCMMT), Lancaster.

✦✦✦

कंपन परीक्षण

पवन कुमार सूरज

यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान (आईआरडीई), देहरादून

pksuraj@gov.in

परिचय

पर्यावरण परीक्षण से तात्पर्य है, "ऐसी परिस्थितियां, जो उत्पादों की कार्यक्षमता पर दुष्प्रभाव डालती हैं, उन परिस्थितियों में उत्पादों का परीक्षण करना" या तकनीकी भाषा में कहें तो **"पर्यावरण परीक्षण एक ऐसा विज्ञान है, जिसके अन्तर्गत हम उत्पादों की कार्यकुशलता का विभिन्न पर्यावरण में मूल्याँकन करते हैं।"**

पर्यावरण परीक्षणों को दो भागों में बाँटा जाता है, पहला जलवायवीय पर्यावरण परीक्षण व दूसरा गत्यात्मक पर्यावरण परीक्षण। इन सभी परीक्षणों में कंपन परीक्षण का अपना विशेष और मुख्य स्थान है।

विभिन्न प्रयोगों के आधार पर ऐसा अनुभव किया गया है, कि उत्पादों में विफलता लगभग 30% कंपन प्रतिबलों के कारण ही होती है, इसका मुख्य कारण मानव त्रुटियां है, जो उत्पादों के संयोजन के समय स्वाभाविक होती है। कंपन परीक्षण की इसी महत्ता के कारण अधिकतर राष्ट्रीय एवं अंतरराष्ट्रीय मानकों के अनुसार सर्वप्रथम कंपन परीक्षण को ही करने का सुझाव दिया गया है।

कंपन परीक्षण की आवश्यकता

उच्च गति संचालन की मांग और आधुनिक मशीनरी में हल्की संरचनाओं के उपयोग के कारण, तनावों/प्रतिबलों के गुणों का स्थिर मापन ही पर्याप्त नहीं होता है, बल्कि इनका गतिशील मापन भी अति आवश्यक होता है, इसलिए आजकल लगभग हर क्षेत्र में कंपन परीक्षण व्यापक रूप से उपयोग किया जा रहा है।

कंपन परीक्षण के उद्देश्य

कंपन परीक्षण एक ऐसी विधि प्रदान करता है, जिसके द्वारा कार्य क्षेत्र में होने वाले कंपन के प्रभावों का प्रयोगशाला में प्रयोगात्मक कंपन प्रभावों के साथ तुलनात्मक अध्ययन किया जाता है।

कंपन परीक्षण का उद्देश्य, उत्पादों की संरचना की दृढ़ता को, यातायात या उनके प्रयोग के समय में यंत्र के प्लेटफॉर्म पर उत्पन्न होने वाले कंपन के परिवेश में खरा उतरने की जांच को करना या परखना होता है।

कंपन परीक्षण करने का उद्देश्य, वर्णित प्रदर्शन में यान्त्रिक कमजोरी या गिरावट का निरीक्षण करना भी हो सकता है। कुछ मामलों में, उत्पाद की संरचनात्मक दृढ़ता को निर्धारित करने और उनके गतिशील अध्ययन के लिए भी कंपन परीक्षण किया जाता है।

कंपन परीक्षण के प्रकार

कम्पन: किसी सन्दर्भ स्थिति के इधर उधर दोलन को कम्पन कहते है, यह एक यान्त्रिक घटना है। दोलन आवधिक (Periodic) हो सकते है जैसे एक पेंडुलम की गति या यादृच्छिक (Random) भी हो सकते है, जैसे बजरी वाली सड़क पर गाड़ी के टायरों की गति। कम्पन वांछनीय हो भी सकते हैं उदाहरण के लिए ट्यूनिंग फोर्क की गति।

हाँलाकि कई मामलों में, कम्पन अवांछनीय भी होते हैं और ऊर्जा को बर्बाद, अनावश्यक ध्वनि को पैदा करते है। उदाहरण के लिए, इंजन, इलेक्ट्रिक मोटर्स या किसी भी यान्त्रिक उपकरण के ऑपरेशन में कम्पन सम्बन्धी गति आमतौर पर अवांछित होती है। इस तरह के कम्पन घूर्णन भागों में असन्तुलन, असमान घर्षण या गियर दाँतों के जाल के कारण हो सकते हैं। सतर्कता से किये गए डिजाइन आमतौर पर अवांछित कम्पन को कम करते हैं। ध्वनि और कम्पन के अध्ययन का गहरा सम्बन्ध होता है।

कम्पन के प्रकार

मुक्त (free) कम्पन: जब किसी वस्तु को, जोकि दोलन कर सकती है उसकी साम्य स्थिति से थोड़ा सा विस्थापित करके छोड़ दिया जाता है, तो वह एक निश्चित आवृत्ति से दोलन करने लगती है। यह आवृत्ति उस वस्तु के आकार, प्रत्यास्थता इत्यादि निजी गुणों पर निर्भर करती है इसे वस्तु की **स्वाभाविक आवृत्ति** कहते हैं। वस्तु के यह दोलन जिन पर बाहर से कोई प्रभाव या बल नहीं पड़ रहा हो, **मुक्त दोलन** कहलाते हैं। जैसे डोरी से लटके गोलक को जब अपनी साम्य स्थिति से विस्थापित करके छोड़ते है तो वह अपनी स्वाभाविक आवृत्ति से दोलन करने लगता है, जो डोरी की लम्बाई पर निर्भर करता है। पुल, ऊँचे भवन, जहाज, मशीनों के विभिन्न भाग इत्यादि भी दोलन कर सकते है तथा उनकी अपनी- 2 स्वाभाविक आवृत्ति होती है ये सभी मुक्त दोलन के उदाहरण हैं।

वास्तव में इन उदाहरणों में प्रत्येक में कोई न कोई अवमन्दन बल उपस्थित रहता है जिसके कारण वस्तु के दोलन कराने में दी गई ऊर्जा का ह्रास होता है फलस्वरूप वस्तु के दोलनों का आयाम समय के साथ घटता जाता है और कुछ देर के बाद दोलन बन्द हो जाते है इन्हें **अवमन्दित** दोलन कहा जाता है। अत: व्यवहार में मुक्त दोलन सम्भव नहीं हैं।

प्रणोदित (forced) कम्पन: जब किसी वस्तु पर कोई बाहरी आवर्त्त बल (external periodic force) लगाते है, जिसकी आवृत्ति स्वाभाविक आवृत्ति से भिन्न होती है, तो प्रारम्भ में वस्तु अपनी स्वाभाविक आवृत्ति से कम्पन करती है परन्तु जब बाहरी आवर्त्त बल उस पर अपनी आवृत्ति आरोपित करने का प्रयत्न करता है तो वस्तु तथा बाहरी आवर्त्त बल के बीच एक प्रकार की स्पर्धा होती है जिसमें कभी तो आयाम बढ़ता है तो कभी घटता है, परन्तु वस्तु के अनियमित दोलन शीघ्र ही समाप्त हो जाते है तथा वस्तु बाहरी आवर्त्त बल की आवृत्ति से ही दोलन करने लगती है, इन दोलनों को प्रणोदित दोलन कहा जाता है। इन्हें प्रणोदित दोलन इसलिए कहा जाता है कि वस्तु बाहरी आवर्त्त बल की आवृत्ति से

दोलन करती है चाहे उसकी स्वाभाविक आवृत्ति से ही कुछ भी हो।
"जब कोई वस्तु किसी बाह्य आवर्त्त बल की आवृत्ति से दोलन करती है तो वस्तु के दोलनों को प्रणोदित दोलन कहते हैं।"

यह बाहरी आवर्त्त बल आवधिक और स्थिर स्थिति, क्षणिक या रैंडम हो सकते हैं तथा आवधिक आवर्त्त बल हार्मोनिक या गैर-हार्मोनिक हो सकते हैं। इस प्रकार के कम्पन के उदाहरणों में असन्तुलन से कम्पित वाशिंग मशीन, इंजन या असमान सड़क के कारण वाहन चालन या भूकम्प के दौरान इमारत में उत्पन्न कम्पन शामिल है। रैखिक प्रणालियों के लिए, आवधिक, हार्मोनिक आवर्त्त बल के परिणामस्वरूप कम्पन प्रतिक्रिया की आवृत्ति, लागू बल या गति की आवृत्ति के बराबर होती है और प्रतिक्रिया परिमाण वास्तविक यान्त्रिक प्रणाली पर निर्भर होता है।

अवमन्दित (Damped) कम्पन: जब किसी कम्पन प्रणाली की ऊर्जा घर्षण और अन्य प्रतिरोधों के कारण से धीरे-धीरे कम होती है, तो कम्पन को अवमन्दित कम्पन कहते हैं। यह कम्पन धीरे-धीरे कम हो जाते है। आवृत्ति या तीव्रता में कमी से सिस्टम अपनी सन्तुलन स्थिति में वापस आ जाता है। इस तरह के कम्पन का एक उदाहरण, शॉक अवशोषक (Absorber) द्वारा अवमन्दित किए गए वाहनों के सस्पेंशन (suspension) है।

कंपन परीक्षण को निम्न प्रकार में बाँटा जा सकता है:

1. साइनोसोडल कंपन परीक्षण
2. रैंडम कंपन परीक्षण
3. मिश्रित मोड़ कंपन परीक्षण

1. **साइनोसोडल कंपन परीक्षण:** इस परीक्षण का उद्देश्य सरंचनात्मक मजबूती तथा उत्पादों को यातायात या अन्य प्रयोग के दौरान उत्पन्न कंपनों पर खरा उतरने की जांच करना होता है।

   परीक्षण तीव्रता: साइनोसोडल कंपन की तीव्रता को निम्नलिखित पैरामीटर द्वारा व्यक्त किया जा सकता है

   » आवृत्ति सीमा
   » कंपन आयाम
   » एण्डूरेन्स (कुल) समय (Endurance Duration)

   कंपन का स्तर: कंपन परीक्षण के तीन स्तर होते हैं:

   i) प्रारम्भिक अनुनाद जांच: वर्णित की गयी पूरी आवृत्ति सीमा में उत्पाद को साइनोसोडली कंपित कराया जाता है तथा यह निरीक्षण किया जाता है, कि उत्पाद पर आवृत्ति से निर्भर होने वाले कोई प्रभाव तो नहीं है जैसे अनुनाद या कोई अन्य कुसंक्रिया आदि।

   ii) एण्डूरेन्स परीक्षण: निम्नलिखित विधियों में से किसी एक को चुनते है जिसमें प्रासंगिक विनिर्देश निर्दिष्ट किया जाता है।

   क) स्वीपिंग द्वारा एण्डूरेन्स परीक्षण: इस तरीके को वरीयता दी जाती है, क्योंकि यह उपकरणों द्वारा प्रयोग में अनुभव होने वाले प्रतिबलों का अनुकरण करने का सबसे उपयुक्त तरीका है। यह परीक्षण वर्णित आयाम, स्वीप दर, आवृत्ति सीमा तथा समय सीमा के अनुसार किया जाता है।

ख) अनुनाद आवृत्ति एण्डूरेन्स परीक्षण: यह परीक्षण, उन उत्पादों पर उपयुक्त होता है, जहाँ अनुनाद आवृत्ति स्पष्ट होती है, यह परीक्षण अनुनाद आवृत्ति पर वर्णित आयाम तथा समयानुसार किया जाता है।

ग) पूर्व निर्धारित आवृत्तियों पर एण्डूरेन्स परीक्षण: यह परीक्षण, उन उत्पादों पर उपयुक्त होता है, जहाँ प्रयोग के दौरान कुछ प्रबल आवृत्तियों के प्रभाव की पूर्व जानकारी उपलब्ध होती है, यह परीक्षण एक या एक से अधिक वर्णित आवृत्तियों पर दिये गए आयाम तथा समयानुसार किया जाता है।

घ) अनुनाद आवृत्तियों पर स्वीपिंग द्वारा एण्डूरेन्स परीक्षण: यह परीक्षण, उन उत्पादों पर उपयुक्त होता है, जहाँ कुछ प्रत्यक्ष अनुनाद आवृत्तियों की जानकारी उपलब्ध होती है। इन परिस्थितियों में स्वीपिंग द्वारा एण्डूरेन्स, कुछ चुनी हुई अनुनाद आवृत्तियों पर वर्णित आयाम तथा समयानुसार किया जाता है।

ड़) प्रारम्भिक व अन्तिम अनुनाद आवृत्ति जांच के बिना एण्डूरेन्स परीक्षण: यह परीक्षण मुख्यता बहुत छोटे उपकरणों पर होता है, जहाँ वर्णित आवृत्ति सीमा में कोई अनुनाद आवृत्ति नहीं है।

iii) **अन्तिम अनुनाद जांच:** उपरोक्त परीक्षण के बाद प्रतिमान का पुन: निरीक्षण तथा कार्यशीलता कि जांच करते है तथा प्रारम्भिक व अन्तिम अनुनाद जांच का तुलनात्मक अध्ययन किया जाता है।

कंपन परीक्षण का अनुक्रम:

किसी प्रासंगिक उपकरण के विनिर्देश के परीक्षण अनुक्रम को निम्न में से किसी एक को चुना जा सकता है:

क) प्रारम्भिक अनुनाद जांच
स्वीप द्वारा एण्डूरेन्स परीक्षण
अन्तिम अनुनाद जांच

ख) प्रारम्भिक अनुनाद जांच
अनुनाद आवृत्तियों पर एण्डूरेन्स परीक्षण
अन्तिम अनुनाद जांच

ग) प्रारम्भिक अनुनाद जांच
पूर्व-निर्धारित आवृत्तियों पर एण्डूरेन्स परीक्षण
अन्तिम अनुनाद जांच

घ) प्रारम्भिक अनुनाद जांच
स्वीप द्वारा एण्डूरेन्स परीक्षण
अनुनाद आवृत्तियों पर एण्डूरेन्स परीक्षण
अन्तिम अनुनाद जांच

ड़) स्वीपिंग द्वारा एण्डूरेन्स परीक्षण।

अनुनाद आवृत्ति की जांच: कंपन से उत्पाद पर पडने वाले प्रभाव का अध्ययन करने के लिए या अनुनाद आवृत्ति की जांच करने के लिए अनुनाद जांच परीक्षण किया जाता है।

अनुनाद आवृत्ति की जांच करने के लिये उत्पाद को एक स्थिर त्वरण और एक पूरी आवृत्ति सीमा में, कम्पित कराया जाता है। इस परीक्षण में एक एक्सलरोमीटर से कंपन मशीन को कन्ट्रोल किया जाता है तथा अन्य

एक्सलरोमीटर को उत्पाद के वांछित स्थान या स्थानों पर लगाकर इनके आऊटपुट को कन्ट्रोल एक्सलरोमीटर के आऊटपुट से तुलनात्मक अध्ययन करके अनुनाद आवृत्ति की जांच की जाती है। जिस आवृत्ति पर पीक 3डीबी से अधिक होती है वही आवृत्ति पिण्ड की अनुनाद आवृत्ति होती है।

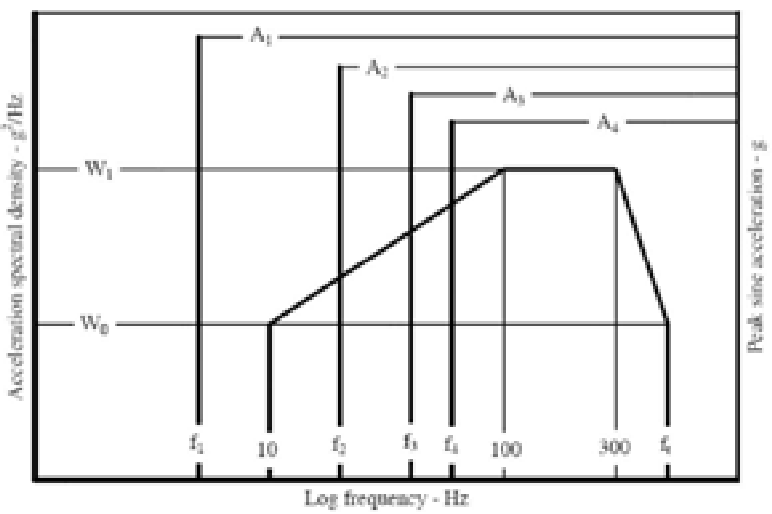
2. **रैंडम कंपन परीक्षण:** रैंडम कंपन परीक्षण को एक आवधिक तरंग के रूप में वर्णित किया जा सकता है जिसमें कुछ आवृत्ति बैण्ड के भीतर सभी आवृत्तियों का अधिकार होता है तथा आयाम निरन्तर बदलता रहता है।

रैंडम कंपन परीक्षण महत्वपूर्ण है क्योंकि हथियारों में विशेष रूप से मिसाइलों और जेट विमानों में ये उत्पन्न होते है। उत्तेजन (एक्साईटेशन) बल आवृत्ति बैण्ड के अलग अलग बिन्दुओं पर नहीं बल्कि एक वृहद सीमा में निरन्तर आवृत्ति बैण्ड में उपस्थित होते है। वास्तविक पर्यावरण का उचित रूप से अनुकरण करने के लिए उत्पाद को आवधिक प्रतिबलों के बजाय रैंडम प्रतिबलों का सामना करना पड़ता है। यह प्रतिबल, उत्पाद पर कंपन के कारण उत्पन्न होते हैं।

3. **मिश्रित मोड़ कंपन परीक्षण:** मिश्रित मोड़ कंपन परीक्षण साइनोसोड़ल व रैंडम कंपन परीक्षण से कम देखने को मिलता है हालांकि विशेष हेलीकॉटर कंपन को अनुकरण करने के लिए या टैंक जैसे ट्रैक्ड वाहनों में इसका विशेष उद्देश्य होता है। कंपन परीक्षण के तीन मिश्रित तरीके हैं:

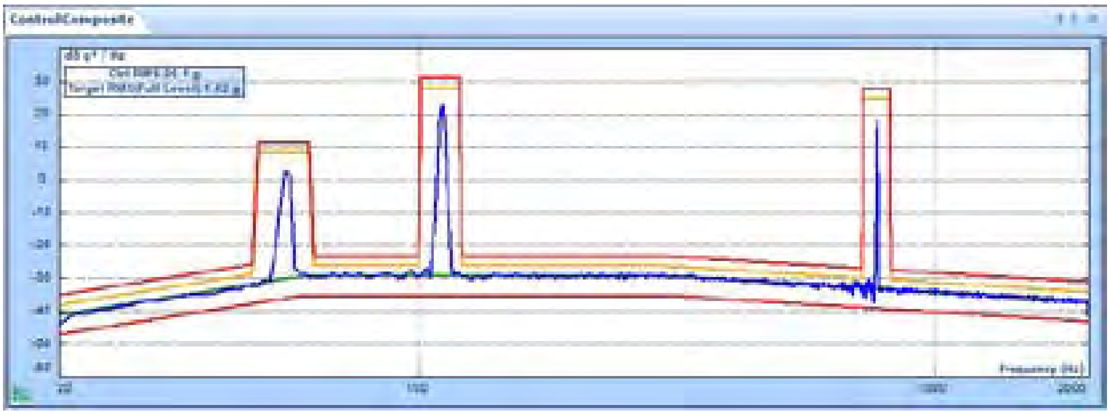
- साइन–ऑन–रैंडम (SoR)
- रैंडम–ऑन–रैंडम (RoR)
- साइन–ऑन–रैंडम–ऑन–रैंडम (SoRoR)

साइन–ऑन–रैंडम: साइन–ऑन–रैंडम में साइन टोन शामिल हैं, जो ब्रॉडबैंड रैंडम कंपन के निम्न स्तर पर अध्यारोपित होते हैं। साइन टोन या तो निश्चित आवृत्ति या स्वीपिंग तरह की होती है। यदि वे स्वीपिंग है तो बहुत ही संकीर्ण आवृत्ति बैंण्डविड्थ होते हैं।



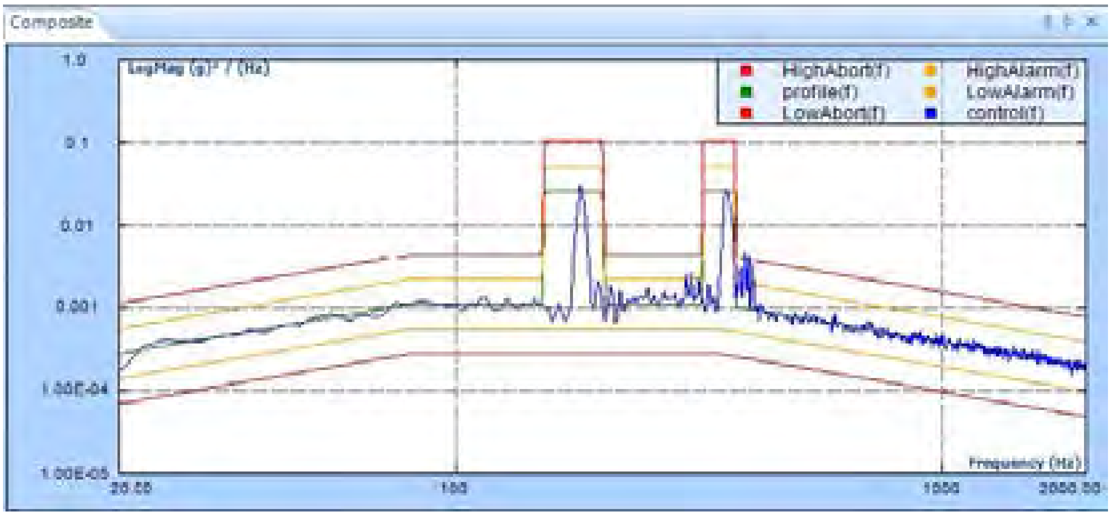
चित्र 1: MIL-STD-810G से एक विशिष्ट SoR हेलीकॉप्टर कंपन परीक्षण प्रोफ़ाइल दिखाता है।

साइन–ऑन–रैंडम के कुछ उदाहरण हेलीकॉप्टर, प्रोपेलर संचालित हवाई जहाज और रेपिड गन फायर घटनाओं से यह कंपन उत्पन्न होता हैं। सभी विमानों में कुछ ना कुछ स्तर के रैंडम कंपन होते है। हेलीकॉप्टरों और प्रोपेलर संचालित हवाई जहाज और विमानों में साइन टोन मुख्यत: घूर्णन करते घटकों द्वारा उत्पादित होते हैं।



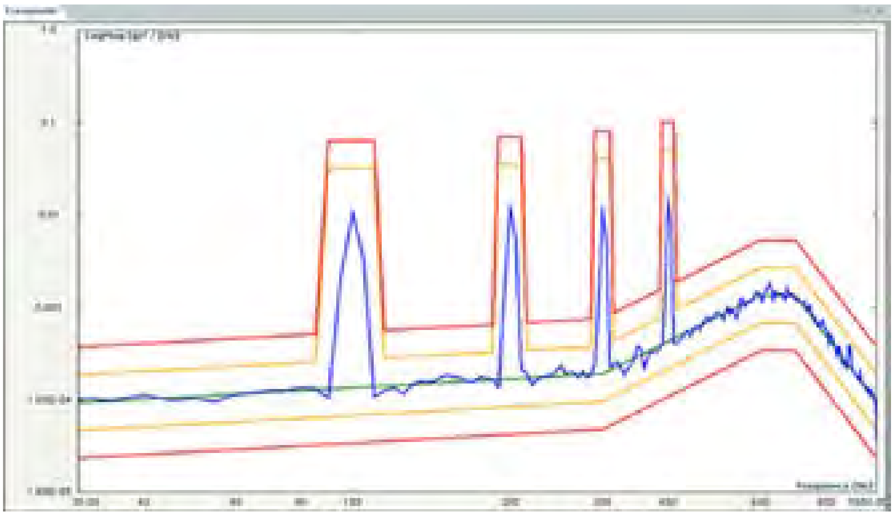
चित्र 2: MIL-STD-810G से एक विशिष्ट ट्रैक किए गए वाहन कंपन परीक्षण प्रोफ़ाइल को दर्शाता है।

रैंडम–ऑन–रैंडम: आरऑनआर कंपन परीक्षण में रैंडम के संकीर्ण बैंड के शिखर होते हैं, जो कम स्तर के रैंडम कंपन के ब्रॉडबैंड पर अध्यारोपित (superimposed) होते हैं। आरऑनआर कंपन विशिष्ट रूप से, प्रोप्लर एयरक्राफ्ट तथा ट्रैक्ड वाहन में अनुप्रयोग होते हैं। जैसे सड़क पर ड्राईविंग करते समय टैंक या खुरदुरी रोड पर वाहन की गति में निरंतर बदलाव। उदाहरण के लिए सड़क की पिच (pitch) वाहन की गति के सापेक्ष, किसी विशिष्ट आवृत्ति के लयबद्ध रैंडम कंपन शिखरों का उत्पादन करती है।



चित्र 3: MIL-STD-810G से विशिष्ट रैंडम-ऑन-रैंडम कंपन परीक्षण प्रोफ़ाइल को दर्शाता है

साइन–ऑन–रेण्ड़म–ऑन–रेण्ड़म: एसओआरओआर कंपन परीक्षण में ब्रॉडबैंड रेण्ड़म कंपन पर साईन टोन तथा संकीर्ण रेण्ड़म शिखर दोनो अध्यारोपित होते हैं। एसओआरओआर के उदाहरण ट्रेक्ड वाहन पर रेपिड गन फायर इवेन्ट, टरबाईन इन्जन की मशीनरी पर लगे विभिन्न घूर्णन करते अवयव या वायु विक्षोम के कारण पृथ्वी की परिवृत्तीय सतह पर उत्पन्न होने वाले कंपन।



चित्र 4: साइन-ऑन-रैंडम-ऑन-रैंडम (SoRoR) कंपन परीक्षण प्रोफ़ाइल को दर्शाता है

कंपन परीक्षण की उपयोगिता

कंपन, उपकरणों, तंत्र प्रणालियों, संरचनाओं के स्थायित्व और गुणवत्ता को प्रभावित कर सकता है और असामान्य ब्रेकडाउन, आपदा जैसी समस्याओं का कारण भी बन सकता है।

आजकल के प्रतिस्पर्धी युग में कंपन परीक्षण, कंपन विश्लेषण ने विभिन्न क्षेत्रों में अपनी उपयोगिता को साबित कर रहा है और विश्वसनीय उत्पादों को विकसित करने में उसकी महत्त्वपूर्ण भूमिका रहा है।

इसके अतिरिक्त यंत्रों के अभिकल्पन के विभिन्न स्तरों में उत्पाद की गुणवत्ता सुधार, कारखानों में सुरक्षा, उत्पाद प्रणालियों के रखरखाव में भी अपनी उपयोगिता को सिद्ध कर रहा है।

✦✦✦

डीआरडीओ द्वारा निर्मित एंटी-ड्रोन प्रणाली

ललित मोहन पाठक, वेणुगोपाल कुलकर्णी

इलेक्ट्रॉनिक्स तथा रेडार विकास स्थापना (एलआरडीई), बेंगलुरु

lalit.mohan99@gov.in

परिचय

ड्रोन क्या है? ड्रोन एक मानव रहित विमान है, जिसे दूर से ही रिमोट या अन्य इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों की सहायता से संचालित किया जा सकता है। ड्रोन मुख्यत: दो श्रेणियों के होते हैं -पहला, स्थिर पंखों (फिक्स्ड विंग) वाले ड्रोन तथा दूसरा, घूर्णक पंखों (रोटरी विंग) वाले ड्रोन। इनका आकार अतिसूक्ष्म (नैनो) ड्रोन से लेकर एक बड़े हवाई जहाज के समान भी हो सकता है। ड्रोन की खासियत इनकी गज़ब की नियंत्रण क्षमता तथा मानव रहित होना है जिससे यह दुर्गम इलाकों में भी अधिक ऊंचाई पर घंटों हवा में उड़ सकते हैं।

विभिन्न क्षेत्रों में ड्रोन की उपयोगिता

अपनी असाधारण क्षमताओं की वजह से ड्रोन का प्रयोग वृहत स्तर पर किया जा रहा है। ड्रोन का इस्तेमाल आपदा प्रबंधन के तहत राहत तथा बचाव कार्यों में, औद्योगिक क्षेत्रों में, सिनेमा में, राशन तथा दवाइयों को दूरस्थ स्थानों तक पहुँचाने में, सैनिकों को दुर्गम इलाकों में हथियार तथा जरुरी सामान मुहैया कराने में किया जा रहा है। इसके साथ ही कृषि संबंधित कार्य जैसे दवा का छिड़काव, फसलों की निगरानी के रूप में इसका प्रयोग काफी तेज़ी से बढ़ा है।

वैश्विक परिपेक्ष्य में विभिन्न देशों द्वारा ड्रोन का उपयोग अपनी सीमाओं की निगरानी, सैनिकों को अन्य जरुरी सामान उपलब्ध कराने तथा दुश्मन के अड्डों पर ड्रोन से हमला करने के लिए किया जा रहा है।

ड्रोन से उपजने वाले खतरे

साल 2001 में अमेरिका में वर्ल्ड टावर्स पर हमला होने के बाद अमेरिका ने तय किया कि वो अपने ड्रोन को सशस्त्र बनाएगा और इसके अगले महीने ही अफगानिस्तान पर ड्रोन हमला हुआ, जिसे सैन्य इतिहास का पहला ड्रोन हमला माना जाता है। हाल ही में आर्मेनिया तथा अज़रबैजान के युद्ध में, अज़रबैजान ने 'बयरख्तर टी.बी. 2' नामक ड्रोनों की

सहायता से आर्मेनिया पर इतना भीषण हमला किया गया कि युद्ध प्रारंभ होते–होते ही आर्मेनिया हार की कगार पर पहुँच गया। फिर चाहे बात, रूस-यूक्रेन युद्ध की हो या फिर इजराइल-हमास युद्ध की, ड्रोन का उपयोग काफ़ी बड़े स्तर पर किया जा रहा है।

इसी कड़ी में ड्रोन के उपयोग का एक और पहलु भी है, जो सभी देशों के लिए चिंता का विषय बना हुआ है, और यह है – आतंकवाद। आतंकी हमलों के लिए अब ड्रोन का उपयोग होने लगा है, हाल ही में भारत के जम्मू एयरबेस पर आतंकियों ने ड्रोन से हमला किया था। इसके साथ ही हथियार, ड्रग्स और पैसे की तस्करी सीमा पार से कराई जाती है, यह समस्या देश के सुरक्षाबलों के सामने एक नई चुनौती बनकर उभरी है। इसका मुख्य कारण यह भी है, कि छोटे ड्रोन कम मूल्य में आसानी से बाजार में उपलब्ध हो जाते हैं।

ड्रोन प्रतिरोधी प्रणालियों की जरुरत

उपरोक्त बातों को संदर्भ में लेते हुए यह आवश्यक हो जाता है कि हमारे पास भी ऐसी आधुनिक तकनीक या प्रणाली होनी चाहिए जिससे शत्रु देशों और आतंकी गतिविधियों को न केवल रोका जाए, बल्कि इसका मुंहतोड़ जवाब भी दिया जाये। इसी के साथ ही देश के मुख्य संस्थानों, हवाईअड्डों, रक्षा उपकरणों, अनुसंधान तथा विकास संस्थानों की सुरक्षा, वीवीआईपी लोगों की सुरक्षा समेत कई ऐसे क्षेत्र हैं जहाँ इन प्रणालियों की जरुरत अत्यंत आवश्यक हो जाती है। इन सभी समस्याओं से निपटने के लिए भारत की अग्रिम रक्षा अनुसंधान संगठन डीआरडीओ ने एक ऐसी ही प्रणाली तैयार की है, जो इन खतरों से निपटने के लिए काफी कारगर साबित हो सकती है।

ड्रोन की पहचान में आने वाली चुनौतियां

ड्रोन की संरचना व गतिशीलता को देखते हुए उसको खोजना तथा पहचान करना काफी दुष्कर हो जाता है। आइए इन चुनौतियों को क्रमबद्ध तरीके से जानते हैं।

1. ड्रोन काफ़ी छोटे आकार के होते हैं जिससे ये थोड़ी दूर जाने पर ही आँखों से ओझल हो जाते हैं।
2. ड्रोन बहुत कम ऊंचाई पर भी स्थिर रहते हुए उड़ सकते हैं जिससे ये आसानी से रेडार की पकड़ में नहीं आते।
3. अतिसूक्ष्म(नैनो) प्रकार के ड्रोन,एक पक्षी के समान ही हवा में उड़ते हैं जिससे केवल रेडार के द्वारा इन को पकड़ना मुश्किल होता है।

इसलिए ड्रोन की पहचान करने के लिए बहु-सेंसर प्रणालियों की आवश्यकता होती है।

डी आर डीओ द्वारा बनाई गई ड्रोन प्रतिरोधी प्रणाली- डी4

डी4 जो अंग्रेजी के चार शब्दों (ड्रोन, डिटेक्शन, डेटर एंड डेस्ट्रॉय) शब्दों का संक्षिप्तीकरण है अर्थात डी4 एक ऐसी प्रणाली है जिसमे ड्रोन का पता लगाकर, उसके रेडियो फ्रीक्वेंसी कम्युनिकेशन को रिमोट के साथ तोड़कर उसको अपनी सीमा में आने से रोका जा सकता है। यदि येन-केन प्रकारेण ड्रोन नज़दीक भी आ जाता है तो उसको जलाकर भी नष्ट किया जा सकता है, जिससे ड्रोन हमारी परिसीमा में प्रवेश नहीं कर पायेगा।

डीआरडीओ द्वारा इस महत्वपूर्ण परियोजना का कार्य एलआरडीई तथा अन्य कुछ प्रयोगशालाओं को सौंपा गया था। जिन्होंने एक साथ मिलकर इस सिस्टम के विभिन्न भागों को अभिकल्पित एवं विकसित किया है। इसी के साथ ही डीआरडीओ ने इस परियोजना को रिकॉर्ड समय में बनाकर इसके सभी परीक्षण संपन्न कर लिए हैं तथा यह हमारी सेनाओं तथा कुछ केंद्रीय बलों द्वारा उपयोग में लाया जा रहा है।

डी4 कैसे काम करता है?

डी4 एक बहु-सेंसर प्रणाली (मल्टी सेंसर सिस्टम) है, जिसके मुख्यतः पांच अवयव हैं–रेडार, इलेक्ट्रो-ऑप्टिक/ इंफ्रारेड कैमरा, जैमर, लेजर तथा इंटीग्रेटेड कमांड पोस्ट। क्रमबद्ध तरीके से इनकी विशेषताओं तथा संचालन को समझते हैं:

1. **रेडार**: डी4 सिस्टम में प्राथमिक डिटेक्शन का काम रेडार करता है। इसमें एक सेमी-एक्टिव इलेक्ट्रानिकली स्कैन्ड ऐरे ऐन्टेना लगा है, जो 360 डिग्री में घूम सकता है तथा यह रेडार सभी प्रकार के ड्रोन को निर्धारित रेंज में ढूँढ सकता है।
2. **इलेक्ट्रोऑप्टिक/इंफ्रारेड कैमरा:** जब रेडार ड्रोन का पता लगा लेता है तो यह जानकारी इलेक्ट्रो ऑप्टिक (EO/IR) कैमरा को देता है। यह एक विशेष प्रकार का कैमरा होता है, जो दिन–रात में भी किसी वस्तु को उसके थर्मल सिग्नेचर के हिसाब से देख सकता है जिससे उस वस्तु का सटीक निर्धारण कर सकते हैं कि वहां ड्रोन है या नहीं।
3. **जैमर:** वस्तुतः जैमर सिस्टम एक घूर्णक प्लेटफ़ॉर्म (रोटरी प्लेटफ़ॉर्म) पर लगा होता है, जिस पर इलेक्ट्रो ऑप्टिक कैमरा सिस्टम भी लगा होता है, अतः जब कैमरा में ड्रोन दिख जाता है तो हम उसी दिशा में इसे घुमाकर, जैमर में लगे विशेष प्रकार के ऐन्टेना से रेडियो फ्रीक्वेंसी छोड़कर उस ड्रोन के कम्युनिकेशन को उसके रिमोट के साथ तोड़ सकते है, जिससे वह अनियंत्रित होकर गिर जायेगा। यह जैमर सिस्टम कई प्रकार के GNSS (ग्लोबल नेविगेशन सैटेलाइट सिस्टम) तथा आईएसएम (इंडस्ट्रियल, साइंटिफिक, मेडिकल) फ्रीक्वेंसी बैंड को जाम कर सकता है। ड्रोन को इस प्रकार रोकने की विधि को सॉफ्ट-किल कहते है।
4. **लेजर:** डी4 सिस्टम में एक उच्च पावर का लेज़र भी लगा हुआ है। यदि किसी भी कारणवश ड्रोन, सॉफ्ट-किल द्वारा नहीं रोका जा सका है और वह लेजर की रेंज में आ गया है तब हम उसको लेजर की सहायता से पिनपॉइंट सटीकता के साथ जला सकते हैं, इसे हार्ड-किल कहते हैं।
5. **इंटीग्रेटेड कमांड पोस्ट:** यह एक प्रकार का कंप्यूटर सिस्टम होता है जिसकी डिस्प्ले पर हम पूरे डी4 के संचालन को देख सकते हैं। उपरोक्त में जितने भी सेंसर के बारे में हमने जाना है उन सभी को इसी कमांड पोस्ट से संचालित किया जाता है।

डीआरडीओ द्वारा भारतीय निजी कंपनियों को प्रौद्योगिकी हस्तांतरण

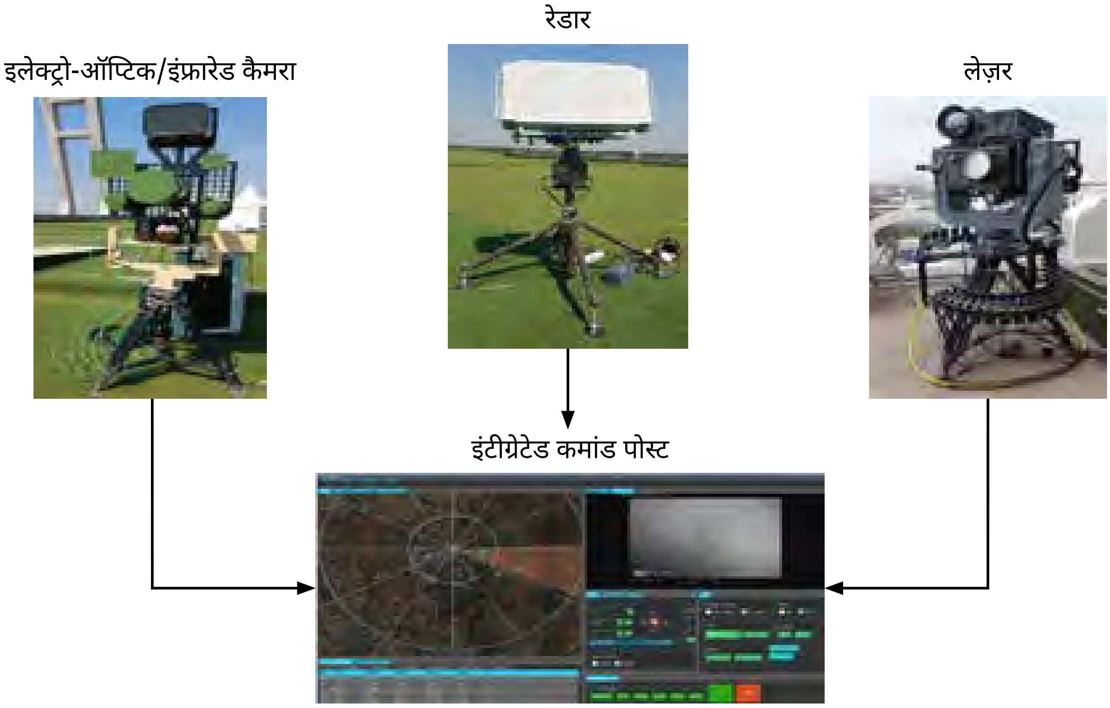
डी4 सिस्टम के उत्पादन के लिए डीआरडीओ द्वारा निम्नलिखित कंपनियों को प्रौद्योगिकी हस्तांतरण किया गया है:

1. बीईएल
2. अस्त्रा माइक्रोवेव लिमिटेड
3. अडानी डिफेन्स
4. एल एंड टी डिफेन्स
5. ईसीआईएल
6. आईकॉम

डी4 के संस्करण

फ़िलहाल डी4 सिस्टम के दो वर्जन (संस्करण) उपलब्ध हैं:

1. **स्थिर पेडेस्टल वर्जन:** इसमें डी4 सिस्टम के अलग-अलग सेंसर को ईमारत के ऊपर अथवा एक खुले समतल पर स्थिर प्लेटफॉर्म पर लगा दिया जाता है और यह सिस्टम अपनी रेंज के हिसाब से उस पूरे क्षेत्र की निगरानी करता रहता है।



चित्र 1: इंटीग्रेटेड कमांड पोस्ट

2. **व्हीकल माउंटेड वर्जन:** इसमें पूरे डी4 सिस्टम को 4X4 साइज़ के एक वाहन में लगा दिया जाता है और इसमें ऐसी व्यवस्था होती है, कि जब भी वाहन को एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाया जाता है तो पूरे सिस्टम को मोटर विधि द्वारा वाहन के अन्दर कर लिया जाता है। जबकि किसी स्थान पर इसके प्रयोग के दौरान सभी सिस्टम को मोटर के द्वारा ही एक निर्धारित ऊंचाई तक निकाल लिया जाता हैं, अतः यह सिस्टम ऐसे इलाकों जैसे– बॉर्डर, पहाड़ी क्षेत्रों में काफी कारगर साबित हुए हैं।

डी4 सिस्टम की उपलब्धियां

आइये इस सिस्टम की मुख्य उपलब्धियों पर बिन्दुवार नजर डालते हैं:

1. डी4 सिस्टम को वर्ष- 2021 से गणतंत्र दिवस तथा स्वतंत्रता दिवस आयोजन, डिफेन्स एक्सपो-2023, एयरोशो-2023 तथा अन्य कई महत्त्वपूर्ण आयोजनों के दौरान वीवीआईपी लोगों की सुरक्षा हेतु तैनात किया गया।

चित्र 2: दिल्ली के लाल किले पर आयोजित स्वतंत्रता दिवस समारोह में डी4 सिस्टम को एएनआई मीडिया द्वारा दिखाया गया

2. भारतीय नौसेना द्वारा इसके दोनों वर्जन प्रयोग किये जा रहे हैं।
3. भारतीय वायुसेना के द्वारा भी इसका प्रयोग शत्रु द्वारा भेजे गए ड्रोन को रोकने के लिए किया जा रहा है।
4. इसी प्रकार अन्य भारतीय केंद्रीय बलों को भी यह सिस्टम बॉर्डर निगरानी तथा महत्वपूर्ण संस्थानों की सुरक्षा हेतु दिया जा चुका है।

चित्र 3: बी० एस०एफ द्वारा सीमा पार से ड्रग्स तस्करी के लिए भेजे गए ड्रोन को डी4 सिस्टम का उपयोग करके पकड़ा गया (सौजन्य एएनआई मीडिया)

5. दुनिया के कई देश जैसे–ओमान, मालदीव तथा मिस्र आदि ने भी इस सिस्टम को खरीदने में काफी दिलचस्पी दिखाई है।

संदर्भ

1] जेन्स पत्रिका, एएनआई रिपोर्ट एवं न्यूज़ चैनल।

✦✦✦

एक्टिव एरे ट्रांसमिट-रिसिव यूनिट

गजेंद्र सिंह कर्दम

युद्धक विमान प्रणालियाँ विकास एवं एकीकरण केंद्र (कासडिक), बेंगलुरु

gajendra.casdic@gov.in

सार

सक्रिय सरणी पारेषण-प्राप्ति यूनिट (आतरु) आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक युद्ध प्रणाली में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। आतरू जैमिंग के साथ-साथ वायुवाहित और भूमि आधारित उत्सर्जकों की दिशा खोजने हेतु रिसीवर के लिए एक उच्च शक्ति ईडब्ल्यू ट्रांसमीटर के रूप में काम करता है। चरणबद्ध सरणी आधारित ट्रांसमीटर त्वरित प्रतिक्रिया समय के साथ कई लक्ष्यों को संलग्न और जैम करने के लिए एक प्रभावी उपकरण है।

आज, हवाई और जमीनी उत्सर्जकों से विकिरणों की उपस्थिति के साथ गहन बादल रूपी विद्युत चुंबकीय वातावरण में, आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक युद्ध प्रणाली को दुश्मन के विभिन्न खतरों से निपटने/संभालने के लिए पर्याप्त रूप से सक्षम होने की आवश्यकता है। एक इलेक्ट्रॉनिक युद्ध प्रणाली (ईडब्ल्यू) हवाई और जमीन पर आधारित खतरों का पता लगाती है, उनका नियंत्रण करती है और इस तरह दुश्मन के उत्सर्जकों को हमारे विमान का पता लगाने से बचने के लिए सक्षम बनाती है। इसी प्रक्रिया को संबोधित करने हेतु, आधुनिक विमान आतरू से सुसज्जित किए जाते हैं।

पारंपरिक इलेक्ट्रॉनिक युद्ध प्रणालियों में, ट्रैवलिंग वेव ट्यूब (टीडबल्यूटी) एम्पलीफायर आधारित ट्रांसमीटरों को जैमिंग करने के उद्देश्य से नियोजित किया जाता था। इस प्रकार के ट्रांसमीटरों का मुख्य दोष टीडबल्यूटी की उच्च विफलता दर थी। इसके अलावा, इन ट्रांसमीटरों को संचालित करने के लिए अधिक विद्युत ऊर्जा की खपत होती थी। इसके विपरीत, आधुनिक ईडब्ल्यू प्रणाली में सक्रिय सरणी आधारित ट्रांसमीटर (आतरु) को नियोजित किया जाता है। पारंपरिक टीडबल्यूटी आधारित ट्रांसमीटरों की बजाय आतरु के विभिन्न फायदे हैं। यह कम वोल्टेज बिजली आपूर्ति, इलेक्ट्रॉनिक बीम स्टीयरिंग और ट्रैकिंग सुविधा, उच्च प्रभावी रेडिएटेड पावर (ईआरपी), उच्च संवेदनशीलता, क्रमिक रूप से गिरावट आदि का उपयोग करने के कारण बेहतर विश्वसनीयता प्रदान करता है।

आतरु/AATRU की विशेषताएं

- व्यापक आवृत्ति कवरेज
- गतिशील बीम नियंत्रण के लिए उच्च गति एफ़पीजीए
- बाहरी नियंत्रक के साथ उच्च गति इंटरफेस
- मॉड्यूलर अनुकूलन वास्तुकला
- बहुपरत आरएफ डिजाइन के साथ कॉम्पैक्ट आरएफ मॉड्यूल
- निम्न के साथ ट्रांसमिट रिसीव मॉड्यूल:
  - उच्च शक्ति ठोसावस्था पावर एम्पलीफायर
  - उच्च गति ठोसावस्था स्विच
  - सटीक चरण और आयाम नियंत्रण
- निम्न पक्षीय लोब/पालि स्तर
- कॉम्पैक्ट द्रव संघनित चेसिस
- झंझरी लोब नि: शुल्क वाइड फील्ड ऑफ़ व्यू (एफओवी)
- कॉम्पैक्ट विवाल्डी एंटीना सरणी

आतरु का निर्माण

आतरु के प्राथमिक घटक निम्नलिखित हैं:

1. विवाल्डी एंटीना सरणी यूनिट (वीएएयू): यह एक अप्रतिरोधी यूनिट है। इस यूनिट की सहायता से वायुमंडल में उपस्थित शत्रु विमानों या उत्सर्जकों से उत्सर्जित आरएफ़ संकेतों को प्राप्त किया जाता है तथा आरएफ़ संकेतों को वायुमंडल में संचारित किया जाता है। इस यूनिट का सामान्य चित्र दर्शाया गया है।

चित्र 1: विवाल्डी एंटीना सरणी यूनिट (वीएएयू)

2. एक्टिव ट्रांसमिट रिसीव यूनिट (एटीआरयू): यह यूनिट विवाल्डी एंटीना सरणी यूनिट से प्राप्त आरएफ़ संकेतों को आवर्धित करती है तथा शत्रु विमानों एवं उत्सर्जकों की दिशा निर्धारण हेतु उन्हें योग व अंतर/विभेदक किरणों में बदलती है।

   यह यूनिट शत्रु विमानों या उत्सर्जकों को जाम करने के लिए उच्च शक्ति आरएफ़ संकेतों को विवाल्डी एंटीना सरणी यूनिट की मदद से निर्धारित दिशा में वायुमंडल में संचारित करती है। इस यूनिट का सामान्य चित्र दर्शाया गया है।

चित्र 2: एक्टिव ट्रांसमिट रिसीव यूनिट (ATRU)

एंटिना एरे (वीएएयू) और एटीआरयू चरण मिलान वाले आरएफ केबलों का उपयोग करके एक साथ जुड़े होते हैं।

आतरु में निम्नलिखित उप-मॉड्यूल शामिल हैं

i) 16-ट्रांसमिट/रिसीव (T/R) मॉड्यूल ii) बीम सेटिंग मॉड्यूल (बीएसएम) iii) द्वि-दिशात्मक प्रवर्धक (बीडीए) iv) सरणी नियंत्रक v) बिजली आपूर्ति

आतरु का संचालन-मोड/कार्यप्रणाली

आतरु के कामकाज को निम्न तीन तरीकों के तहत समझाया जा सकता है:
अ) पारेषण/ट्रांसमिशन मोड ब) प्राप्ति मोड स) अंशांकन मोड

अ) **पारेषण/ट्रांसमिशन मोड:** इस मोड में, आरएफ़ इनपुट पोर्ट पर न्यून पावर संकेत लगाए जाते हैं। इन संकेतों में से प्रत्येक को स्वतंत्र रूप से प्रवर्धित किया जाता है, समान रूप से विभाजित किया जाता है और टी/आर मॉड्यूल को भेजा जाता है। प्रत्येक टी/आर मॉड्यूल बाहरी नियंत्रक से कमांड के अनुसार बीम स्टीयरिंग के लिए आवश्यक फेज शिफ्ट के साथ प्रदान किया जाता है और संकेत को प्रवर्धित करता है। प्रवर्धित संकेतों को चयनित वीएएयू के एंटीना तत्वों को भेजा जाता है और इन विकिरणित संकेतों को उच्च प्रभावी रेडिएटेड पावर (ERP) उत्पन्न करने के लिए स्थानिक रूप से संयोजित किया जाता है। प्रत्येक टी/आर मॉड्यूल का आउटपुट बाहरी नियंत्रण के आधार पर एंटीना एरे 1 या एंटीना एरे 2 के दो एंटेना में से एक को भेजा जाता है। इसलिए, प्रत्येक आतरु तेजी से स्विचिंग क्षमता के साथ दो वीएएयू को संभाल सकता है।

ब) **प्राप्ति मोड:** प्राप्त मोड में, प्रत्येक टी/आर मॉड्यूल संबंधित एंटीना तत्वों से आरएफ सिग्नल प्राप्त करता है, सिग्नल को प्रवर्धित करता है और बाहरी नियंत्रक से कमांड के अनुसार आवश्यक क्षीणन और चरण स्थानांतरण प्रदान करता है। टी/आर मॉड्यूल से इन प्रवर्धित संकेतों को दो उप-सरणियों के रूप में संयोजित किया जाता है और बीम सेटिंग मॉड्यूल को भेजा जाता है ताकि दो अंतर सिग्नल (डिफ. पोर्ट-1 और डिफ. पोर्ट-2) द्वारा उत्सर्जकों की दिशा का पता लगा सकें।

स) **अंशांकन मोड:** इस मोड में, आरएफ़ इनपुट का उपयोग अंशांकन संकेत के रूप में किया जाता है। आतरु में बीम सेटिंग मॉड्यूल में आरएफ पथ से गुजरने के बाद यह संकेत ऐन्टेना एरे यूनिट्स (एएयू) के कैल पोर्ट पर प्राप्त होता है। एएयू में पूर्ण सिग्नल को उत्पन्न करने के लिए कैलिब्रेशन सिग्नल को मुख्य प्राप्त पथ पर जोड़ा जाता है। इन संकेतों को तदनुसार प्राप्त श्रृंखलाओं को कैलिब्रेट करने के लिए उपयोग किया जाता है। इसके अलावा, आतरु में अंतर्निर्मित परीक्षण (बीआईटी) के लिए आंतरिक स्रोत होते हैं।

निष्कर्ष

आधुनिक विमानों में, आतरु एक सटीक, विश्वसनीय और त्वरित तरीके से ट्रांसमीटर का पता लगाने और जेम्मिंग करने की उपयोगिता प्रदान करता है। यह समय-बहुसंकेतन के साथ कई खतरों/उत्सर्जकों को जैम करने के लिए तेजी से स्विचिंग-बीम कार्यक्षमता प्रदान करता है। चूंकि आतरु ठोस अवस्था आधारित टीआरएम को नियोजित करता है, अतः

पारंपरिक टीडबल्यूटी आधारित ट्रांसमीटरों की तुलना में आतरु के जीवन-चक्र और विश्वसनीयता में काफी सुधार होता है, जो कि पारंपरिक टीडबल्यूटी आधारित ट्रांसमीटरों में माइक्रोवेव-ट्यूब विफलता के लिए बहुत अधिक प्रवण होता हैं। यदि कुछ टीआरएम खराब होते हैं, तो सिस्टम का (आतरु) प्रदर्शन, पारंपरिक टीडबल्यूटी आधारित ट्रांसमीटरों की तरह अचानक नहीं गिरेगा, अपितु क्रमिक रूप से गिरेगा। आतरु-16 को कासडिक में ही डिजाइन, विकसित और सफल परीक्षण किया गया है।

✦✦✦

वॉयस संचार नेटवर्क का डिजाइन, विकास एवं तैनाती

लक्ष्मी

रक्षा इलेक्ट्रॉनिक्स अनुसंधान प्रयोगशाला (डीएलआरएल), हैदराबाद

lakshmitiwari.dlrl@gov.in

सार

वॉयस संचार का उपयोग संचार नेटवर्क में किया जाता है। ये नेटवर्क वाइड एरिया नेटवर्क (वीएएन) हैं, जो लैन के नेटवर्क वाले कम्प्युटर नेटवर्किंग प्रौद्योगिकी का उपयोग करके व्यापक क्षेत्र को कवर करते हैं जो पैकेट स्वीचिंग तकनीकों का उपयोग करते हैं। ये वॉयस पैकेट मल्टीप्लेक्स, एंक्रीप्टेड और वायरलेस या लीज्ड लाइन लिंक के माध्यम से भेजे जाते हैं। संचार चैनल वायरलेस लिंक या लीज्ड लाइन लिंक हो सकता है। वायरलेस लिंक (बीएचएफ) रेडियो का उपयोग करते हैं और लाइन लिंक या लीज्ड लाइन लिंक मॉडेम का उपयोग करता है। ये वॉयस नेटवर्क आवश्यकता के अनुसार प्रसारित किए जाते हैं, जिन्हें क्रियाशील रूप से बदला जा सकता है।

मुख्य शब्द: एफ़ईसी, एलओएस, एमयूएक्स, डीईएमयूएक्स, डीईएस, वीओसीओडीईआर

किसी भी परिदृश्य में वॉयस संचार बहुत महत्वपूर्ण है। चूंकि वॉयस वार्तालाप वास्तविक समय के वातावरण में होता है, इसलिए सुरक्षित पैकेट वॉयस संचार को डिजाइन करने में विभिन्न समस्याओं का सामना करना पड़ा, चैनल में देरी को न्यूनतम रखने की कोशिश की गई है, लेकिन इसे टाला नहीं जा सकता क्योंकि चैनल हमेशा शोर जोड़ता है।

लीज़्ड लाइन देरी नहीं देता है लेकिन लाइनों को टैप करने और वॉयस संचार को बाधित करने की संभावना हमेशा बनी रहती है, इसलिए वास्तविक समय संचार और देरी के बीच ट्रैड ऑफ होता है।

डिजाइन और विकास

वॉयस संचार वास्तविक समय के वातावरण के करीब है, सबसे लंबे लिंक में अधिकतम देरी एक सेकंड से भी कम है। पावती (एसीके) या नकारात्मक पावती (एनएके)की प्रतीक्षा किए बिना सही जानकारी प्राप्त करने के लिए मजबूत त्रुटि नियंत्रण योजनाएँ भी नियोजित की जाती हैं।

इन्हें चैनल कोडिंग तकनीक के रूप में जाना जाता है। मुख्य मुद्दे पैकेटीकरण/एनक्रिप्शन और त्रुटि नियंत्रण कोडिंग में

होने वाली देरी (delay) हैं। ये संचार प्रकृति तीव्र और गैर-निरंतर है। डिजाइन किया गया नेटवर्क 100 किमी x 100 किमी के तैनाती क्षेत्र को कवर करता है।

वॉयस वार्तालाप प्रकृति में तीव्र है, वॉयस चैनल 35% से 40% और 60%-65% उपलब्ध है, बातचीत क्षेत्रों के बीच में मौन क्षेत्र भी हैं। इसलिए पैकेट स्वीचिंग तकनीक का उपयोग किया जाता है। ताकि मौन समयावधि का उपयोग अन्य डेटा ट्रैफिक के लिए किया जा सकता है। स्त्रोत पर इन पैकेटों को प्रसारित किया जाता है और गंतव्य पर प्राप्त पैकेटों को बफर (संग्रहीत और अग्रेषित) किया जाता है और फिर कुछ देरी से चलाया जाता है।

ये वॉयस पैकेट विभिन्न तरीकों से प्रसारित करते हैं इसलिए कुछ देरी होती है और कुछ पैकेट त्रुटि के साथ भी आ सकते हैं या कुछ पैकेट कभी भी खो सकते हैं। एक लिंक 275-410 एमएस की देरी देता है, डेटा एनक्रिप्शन स्कीम(डीईएस) के साथ वॉयस पैकेट के एनक्रिप्शन/डिसक्रिप्शन में एक सेकंड की देरी होती है। देरी की कुछ मात्रा चैनल कोडिंग योजनाओं के कारण है। चैनल की विविध प्रकृति के कारण, कॉनकैटेनेटेड फॉरवर्ड एरर करेक्शन(एफईसी) योजना का उपयोग किया जाता है। एफईसी इंटरलीवर्स के साथ रीड सोलोमन (आरएस) कोडिंग और कनवल्शन कोडिंग का उपयोग करता है। रिसीवर पर आरएस डिकोडर और विटर्बी डिकोडर के साथ-साथ बर्स्ट त्रुटियों को भी ठीक कर सकती है। यह 50% तक ओवरहेड के लिए तथा 25% त्रुटि प्रतीकों के साथ डेटा को सही करने में सक्षम होगी, यह बिट त्रुटियों (बहुत नजदीक होने वाली यादृच्छिक बिट त्रुटियों के साथ) को भी ठीक कर सकती है।

वॉयस कम्युनिकेशन यूनिट

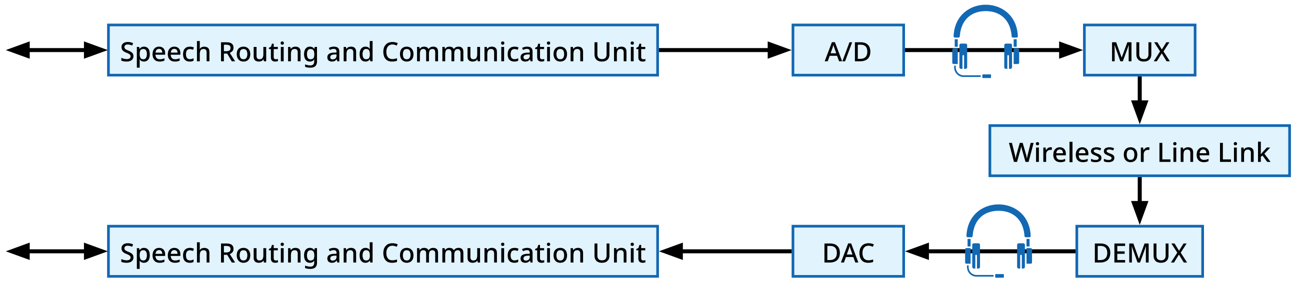
वॉयस कम्युनिकेशन यूनिट में विशेष रूप से डिजाइन की गई दोहरी लाइन डिजिटल टेलीफोन इकाइयां, सॉफ्टवेयर नियंत्रित स्पीच रूटिंग और संचार इकाइयां, मल्टीप्लेक्सर (एमयूएक्स) और डीमल्टीप्लेक्सर (डीएमयूएक्स), एनालॉग से डिजिटल कन्वर्टर्स (एडीसी), डिजिटल से एनालॉग कन्वर्टर (डीएसी) और वीएचएफ रेडियो/लाइन लिंक मोडेम शामिल हैं।

स्पीच रूटिंग और संचार इकाइयां डिजिटल स्वीचिंग, नॉन-ब्लॉकिंग प्रकार के एक्सचेंज और विशेष टेलीफोन उपकरण के साथ हैं जो किसी भी पदानुक्रम में विभिन्न उपयोगकर्त्ताओं के लिए ऑडियो रूट कर सकते हैं और साथ ही टेलीफोन उपकरण के माध्यम से अन्य उपयोगकर्त्ताओं के साथ संचार कर सकते हैं।

एनालॉग स्पीच को पीसीएम (PCM) एंकोडर और वॉयस (वोकोडर्स) द्वारा डिजिटलीकृत किया जाता है। कई भाषण बहुसंकेतन वाले होते हैं और पैकेट बफर्ड होते हैं। फिर इन पैकेटों को प्रसारित किया जाता है। यदि वॉयरलेस लिंक का उपयोग किया जाता है तो एनक्रिप्शन के साथ चैनल कोडिंग लागू की जाती है, जिससे कम डेटा थ्रुपुट और अधिक देरी होती है। लाइन लिंक में कोई एनक्रिप्शन नहीं है और कोई चैनल कोडिंग नियोजित नहीं है, इसलिए देरी को केवल लीज़्ड देरी के लिए जिम्मेदार ठहराया जाता है।

उपयोग किए जाने वाले मल्टीप्लेक्सर्स टाइम डिवीजन (टीडीएम) और एटीएंडटी (एटी एंड टी) मोडेम का उपयोग किया जाता है। सामान्य टेलीफोन केबल का उपयोग किया जाता है और यदि कुछ मौजूदा नेटवर्क में ओएफसी (ओएफसी)

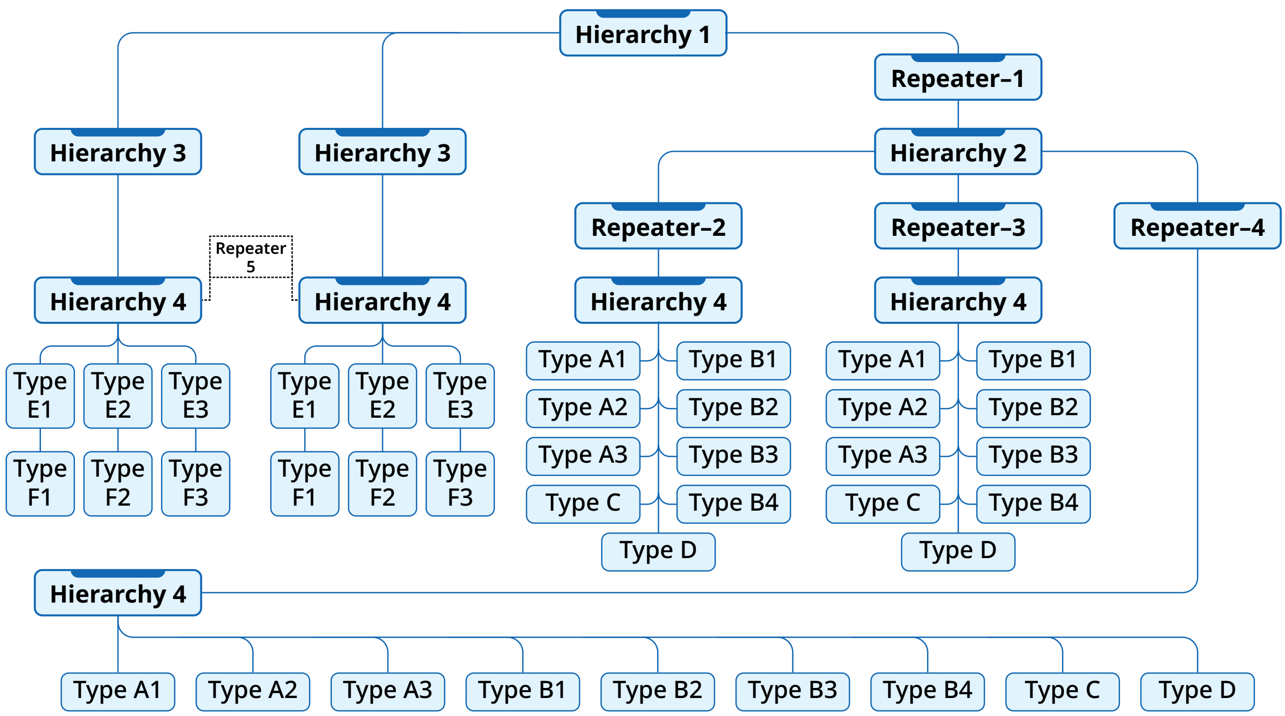
कनेक्टिविटी उपलब्ध है तो इसका उपयोग भी किया जा सकता है। उपयोग किए जाने वाले मल्टीप्लेक्सर्स टाइम डिवीजन मल्टीप्लेक्सर (टीडीएम) और एटीएंडटी हैं।



चित्र 1: वॉयस कम्युनिकेशन यूनिट

परिनियोजन

चित्र 2 में दर्शाई गई कनेक्टिविटी पदानुक्रम के विभिन्न स्तरों और प्रकार ए, बी, सी और डी को दर्शाती है। प्रत्येक पदानुक्रम वीएएन (WAN) नेटवर्क में है और प्रत्येक प्रकार का आंतरिक रूप से अपना स्वयं का एलएएन (LAN) नेटवर्क है। प्रत्येक प्रकार और उसके पदानुक्रम के बीच अधिकतम दूरी प्रत्येक स्तर के बीच दृष्टि रेखा (एलओएस) के आधार पर 18-20 किलोमीटर है। यदि दो पदानुक्रम के बीच आवश्यक दूरी 20 किलोमीटर से अधिक है तो रिपीटर्स (Repeater Station) का उपयोग किया जाता है। ये रिपीटर्स सिग्नल प्राप्त करते हैं, प्रोसेस करते हैं, बूस्ट करते हैं और सिग्नल को वांछित दिशा में पुनः प्रेषित करते हैं। परिनियोजन करते समय इसकी व्यवहार्यता पर पहुँचने के लिए भौगोलिक और स्थिति पर भी विचार किया जाता है जैसे कि, सभी स्टेशनों के लिए एक ही सावधानीपूर्वक परिनियोजन प्रक्रिया दोहराई जाती है। अंत में प्रभावी कवरेज को मापा जाता है और आवश्यक समग्र परिनियोजन प्राप्त होने तक पुनः समायोजित किया जाता है।



चित्र 2: परिनियोजन का नेटवर्क

परिनियोजन परीक्षण

प्रशिक्षण करते समय (आरएफ) केबल और वेरिएबल एटेन्यूएटर को जोड़ा गया तथा मल्टीप्लेक्सर के स्विच को दोनों सिरों पर रेडियो की ओर रखा गया।

क) एक प्रकार के टेलीफोनों में से एक से दूसरे प्रकार के टेलीफोनों के संगत नंबर पर डायल किया, तो पाया कि वांछित टेलीफोन की घंटी बज रही है। टेलीफोन उठाया और पाया कि वार्तालाप स्थापित हो गया है और किये गये व्यक्ति को पहचानना संभव हो गया।

ख) अन्य टेलीफोनों से विभिन्न प्रकार के स्टेशनों पर विभिन्न टेलीफोनों पर उपर्युक्त अभ्यास दोहराया गया।

ग) मल्टीप्लेक्सर के रेडियो/लाइन मोडेम स्विच को लाइन मोडेम की ओर दोनों सिरों पर रखा और एटेन्यूएटर को 34 डीबी पर सेट किया और चरण (क) को दोहराया।

परिणाम

वन लिंक में वॉयस देरी

Voice Delay	FEC On/Off	VO Coder Rate	VO Coder Delay	MUX Delay	RS Codec Delay	Interleaver Delay	Store Forward Delay	Total Delay
Voice Delay	FEC On	4.8 Kbps	120 msec	10 msec	< 55 msec	< 180 msec	52 msec	410 msec
	FEC Off			7 msec	< 30 msec	< 90 msec		275 msec

निष्कर्ष

इस वॉयस नेटवर्क का अभिकल्पन, विकास एवं तैनाती करके सेना अपने दूसरे रेजीमेंट्स/छावनियों से सुरक्षित संचार स्थापित कर सकती है। क्योंकि वॉयस संचार इंक्रीप्टेड होता है इसलिए इसे टैप नहीं किया जा सकता तथा इसमें विलंब बहुत कम है।

✦✦✦

एमटीआरडीसी-डीआरडीओ में उच्च-शक्ति डब्ल्यू-बैंड जाइरोट्रॉन का विकास

शांतनु कर्मकार, रामराय हंसदा, नानी मेडिचेर्ला, नवीन कुमार शर्मा, जयतीर्थ डी, विशाल केशरी, सुब्रत कुमार दत्ता

सूक्ष्मतरंग नलिका अनुसंधान तथा विकास केन्द्र (एमटीआरडीसी), बेंगलुरु

vishalkesari.mtrdc@gov.in

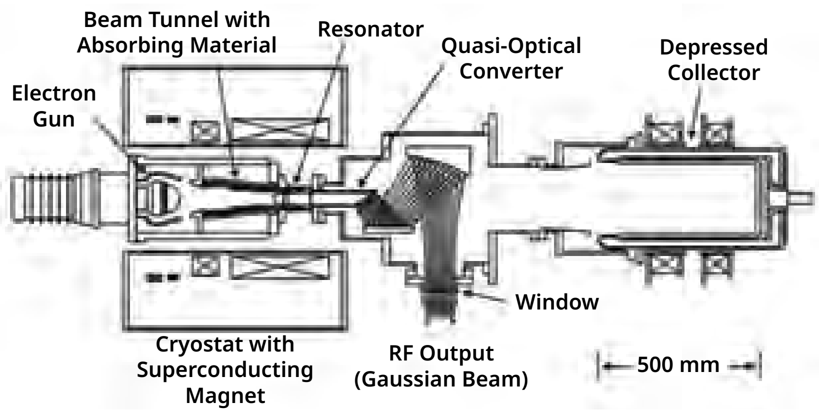
परिचय

पारंपरिक सूक्ष्मतरंग नलिका, जैसे चल-तरंग नलिका (टीडब्ल्यूटी) और क्लाइस्ट्रॉन पीएफ^2 नियम का पालन करते हैं। इस नियम के अनुसार, किसी युक्ति के लिए अधिकतम शक्ति (पी) और आवृत्ति के वर्ग (एफ^2) का गुणनफल स्थिर होता है। यह मिलीमीटर और उप-मिलीमीटर-तरंग आवृत्तियों पर किसी युक्ति की अधिकतम शक्ति सहन करने की क्षमता को सीमित करता है। इसलिए, मिलीमीटर-तरंग आवृत्ति पर मेगावाट शक्ति देने में सक्षम सूक्ष्मतरंग स्रोत विकसित करना अत्यधिक कठिन पाया गया। पिछले कुछ दशकों में, निर्वात नलिका का एक नया समूह उभरा है, जिसे जाइरोट्रॉन[1-9] कहा जाता है, जो साइक्लोट्रॉन रेजोनेंस मेसर (सीआरएम) अस्थिरता[10-11] पर आधारित है। इस समूह के युक्ति में मिलीमीटर-तरंग आवृत्तियों पर बहुत अधिक शक्ति उत्पन्न करने की क्षमता है, जो अन्य सूक्ष्मतरंग युक्तियों की तुलना में बहुत अधिक है। यह मिलीमीटर-तरंग से लेकर टेराहर्ट्ज़ तक की आवृत्तियों पर बहुत अधिक शक्ति (कुछ सौ किलोवाट से लेकर कुछ मेगावाट तक) के उत्पादन के लिए सबसे उपयुक्त युक्ति पाया गया है। नियंत्रित थर्मोन्यूक्लियर फ़्यूज़न रिएक्टरों के लिए टोकामक में प्लाज़्मा को गर्म करने के लिए जाइरोट्रॉन आदर्श स्रोत है। जाइरोट्रॉन का उपयोग कम तीव्रता वाले संघर्ष को नियंत्रित करने के लिए सक्रिय डिनायल प्रणाली (एडीएस)[12] के लिए मिलीमीटर-तरंग स्रोत के रूप में भी किया जा रहा है।

सूक्ष्मतरंग निर्वात युक्तियों में जाइरो-युक्तियों का एक परिवार है और जाइरोट्रॉन उस परिवार का एक सदस्य है। हालाँकि, जाइरोट्रॉन सबसे लोकप्रिय जाइरो-युक्ति है। पूरे जाइरो-युक्ति परिवार को कभी-कभी जाइरोट्रॉन के रूप में संदर्भित किया जाता है। जाइरो-क्लाइस्ट्रॉन, जाइरो-चल-तरंग नलिका (जाइरो-टीडब्ल्यूटी) और जाइरो-ट्वाइस्ट्रॉन (जाइरो-टीडब्ल्यूटी और जाइरो-क्लाइस्ट्रॉन का संयोजन) व्यावसायिक रूप से उपलब्ध अन्य जाइरो-युक्तियाँ हैं।[1-9] जाइरो-युक्ति में, थर्मिओनिक उत्सर्जन के तापमान-सीमित अवस्था में संचालित मैग्नेट्रॉन इंजेक्शन गन (एमआईजी) की मदद से एक खोखली इलेक्ट्रॉन-बीम उत्पन्न की जाती है।[1-3, 11] इस खोखले इलेक्ट्रॉन बीम को उच्च अक्षीय चुंबकीय क्षेत्र के प्रभाव में साइक्लोट्रॉन आवृत्ति पर घुमाया जाता है जाइरोट्रॉन में, सन्योग-संरचना एक खुली-छोर वाली कैविटी है। जब साइक्लोट्रॉन आवृत्ति विद्युतचुम्बकीय-तरंग की आवृत्ति के साथ तालमेल बिठाती है, तो बीम-तरंग सन्योग होता है, और इलेक्ट्रॉन-बीम की अनुप्रस्थ गतिज ऊर्जा विद्युतचुम्बकीय ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है। इस तरह जाइरोट्रॉन में

विद्युतचुम्बकीय-तरंग उत्पन्न होती है। इस सन्योग घटना को साइक्लोट्रॉन अनुनाद सन्योग के रूप में जाना जाता है। इसके लिए बहुत उच्च चुंबकीय क्षेत्र की आवश्यकता होती है, जो अतिचालक चुंबक द्वारा प्राप्त किया जाता है।[1-11]

गॉसियन बीम के त्रिज्यात निर्गम के साथ उच्च-शक्ति वाले जाइरोट्रॉन का योजनाबद्ध दृश्य[6, 7] चित्र 1 में दिखाया गया है। यहाँ बीम-तरंग सन्योग एक खुले सिरे वाली कैविटी में होता है। उष्मीय मुद्दों से बचने के लिए, जाइरोट्रॉन में आमतौर पर एक अत्यधिक ओवरमोडेड कैविटी शामिल होती है।[13] जाइरोट्रॉन के लिए रिपोर्ट की गई सतत तरंग (CW) और स्पंदित शक्ति क्षमताएँ पारंपरिक सूक्ष्मतरंग स्रोत की तुलना में तीन गुणा अधिक हैं। विद्युतचुम्बकीय-तरंग का कैविटी मोड एक अर्ध-ऑप्टिकल लॉन्चर (QOL)[14-15] और चरण सुधार दर्पणों[15-16] की मदद से गॉसियन ($TEM_{0,0}$) मोड में परिवर्तित हो जाता है। गॉसियन बीम निर्गत खिड़की[17-18] के माध्यम से जाइरोट्रॉन से त्रिज्यात (जाइरोट्रॉन की धुरी के लंबवत) बाहर आती है और बची इलेक्ट्रॉन-बीम को संग्राहक[19] में एकत्र किया जाता है।



चित्र 1: त्रिज्यात निर्गम के साथ जाइरोट्रॉन[6, 7]

डब्ल्यू-बैंड जाइरोट्रॉन का अभिकल्पन

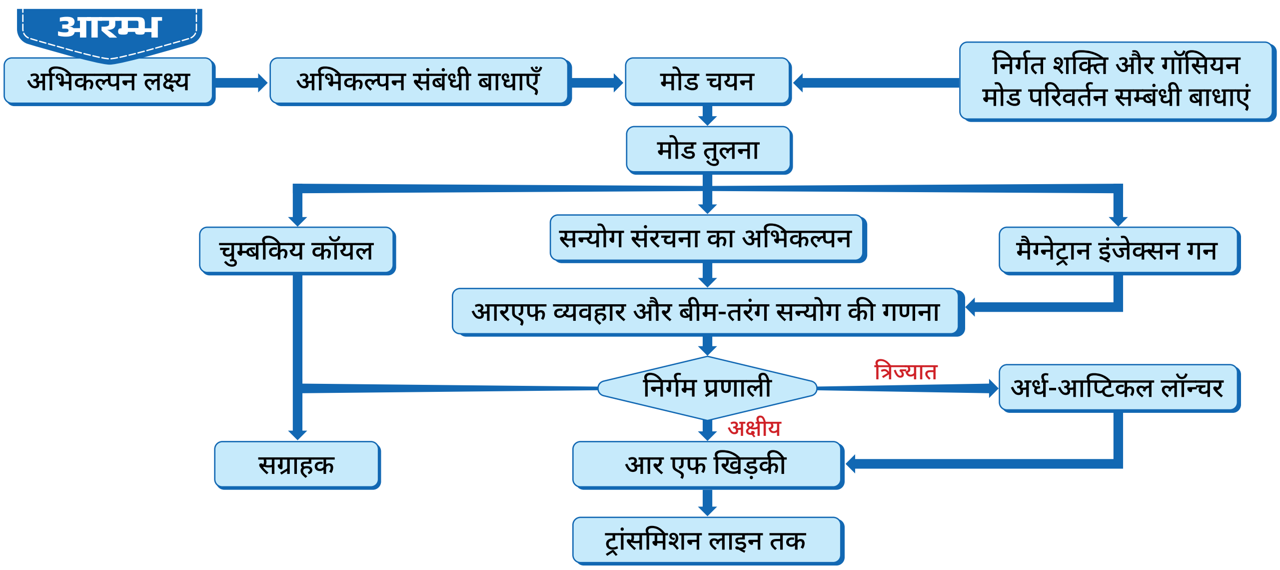
एमटीआरडीसी जाइरोट्रॉन और अन्य जाइरो-युक्ति के अनुसंधान में सक्रिय रूप से शामिल है। एमटीआरडीसी ने जाइरोट्रॉन के लिए अभिकल्पन और विकास क्षमताओं की स्थापना की है और डब्ल्यू-बैंड आवृत्ति पर 100 किलोवाट की स्पंदित शक्ति प्रदान करने में सक्षम दो जाइरोट्रॉन प्रोटोटाइप को सफलतापूर्वक विकसित किया है। जाइरोट्रॉन अभिकल्पन के उद्देश्य से, कई विशेष अभिकल्पन कम्प्यूटर कोड/सॉफ्टवेयर, जैसे जाइरो-के, जीडीएस-वी2, वीसिम, सर्फ-3डी[14, 15] और एलओटी,[14,15] का उपयोग किया गया है। ये कोड पहले भारत में उपलब्ध नहीं थे। जाइरोट्रॉन अभिकल्पन के लिए अपनाई गई अभिकल्पन पद्धति को फ्लो-चार्ट (चित्र 2) में प्रस्तुत किया गया है। सन्योग कैविटी जाइरोट्रॉन का सबसे महत्वपूर्ण घटक है, क्योंकि ऑपरेटिंग आवृत्ति और निर्गत शक्ति कैविटी द्वारा नियंत्रित होती है। अभिकल्पन लक्ष्य, अभिकल्पन बाधाएं और प्राथमिक बीम और कैविटी पैरामीटर तालिका-1 में प्रस्तुत किए गए हैं।

मैग्नेट्रॉन इंजेक्शन गन का सिमुलेशन ई-गन का उपयोग करके किया गया है और इलेक्ट्रॉन गन का उष्मीय विश्लेषण एनसिस का उपयोग करके किया गया है। मैग्नेट्रॉन इंजेक्शन गन से उत्पन्न इलेक्ट्रॉन बीम बीम-टनेल में पर्याप्त संकुचित होकर आवश्यक बीम पैरामीटर के साथ कैविटी में पहुँचती है।[20] जाइरोट्रॉन कैविटी और गैर-रेखीय टेपर का संश्लेषण एमटीआरडीसी में विकसित पैरामीट्रिक अभिकल्पन कोड के साथ-साथ जाइरो लार्ज सिग्नल एनालिसिस कोड जाइरो-के

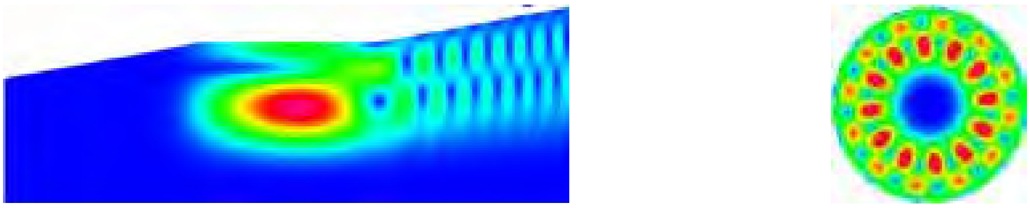
और जीडीएस-वी2 का उपयोग करके किया गया है। कैविटी अभिकल्पन का बेंचमार्किंग सीएसटी पार्टिकल स्टूडियो का उपयोग करके किया गया है।[13] चित्र 3 जाइरो-के में सिम्युलेट किए गए जाइरोट्रॉन कैविटी के अंदर अक्षीय और अनुप्रस्थ विद्युत क्षेत्र पैटर्न को दर्शाता है। एक अर्ध-ऑप्टिकल मोड लॉन्चर और चरण सुधार दर्पणों का अभिकल्पन एलओटी और सर्फ-3डी का उपयोग करके किया गया है। अर्ध-ऑप्टिकल लॉन्चर और दर्पण प्रणाली (3 दर्पणों से मिलकर) के लिए सिमुलेशन परिणाम चित्र 4 में प्रस्तुत किए गए हैं। यहाँ, $TE_{6,2}$ कैविटी मोड को 90% मोड शुद्धता के साथ गॉसियन ($TEM_{0,0}$) मोड में परिवर्तित किया गया है।[14, 15]

तालिका-1

अभिकल्पन लक्ष्य	
ऑपरेटिंग आवृत्ति	डब्ल्यू-बैंड
निर्गत शक्ति	100 किलोवाट
ऑपरेशन का मोड	सतत/स्पंदित
अभिकल्पन संबंधी बाधाएँ/प्रतिबंध	
कैविटी और संग्राहक सतह पर अधिकतम स्वीकार्य अपव्ययित शक्ति घनत्व	1 किलोवाट/वर्ग सेंटीमीटर
बीम और कैविटी पैरामीटर	
बीम वोल्टेज	55 किलोवोल्ट
बीम धारा	5 एम्पीयर
वेग पिच फैक्टर	1.3
सन्योग का मोड	टी ई $_{6,2}$



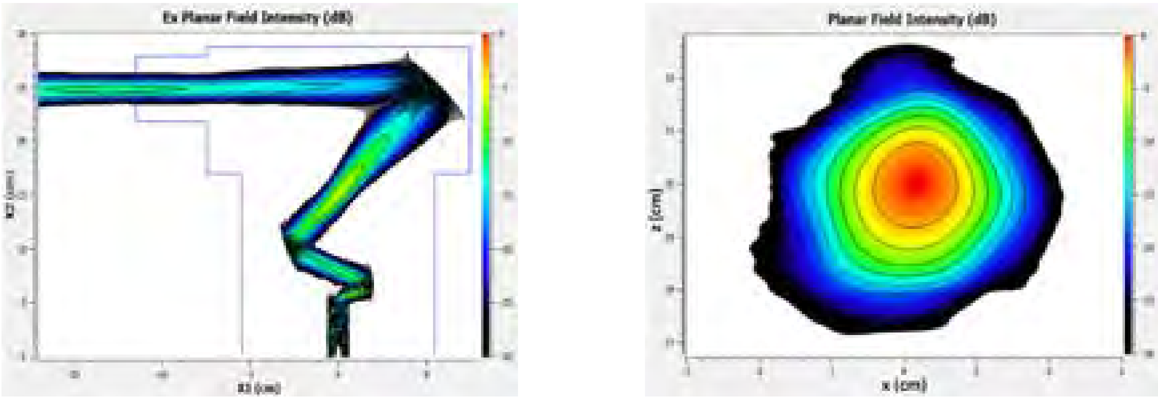
चित्र 2: जाइरोट्रॉन के लिए अभिकल्पन फ्लो-चार्ट



(क) (ख)

चित्र 3: जाइरो-के का उपयोग करके प्राप्त जाइरोट्रॉन कैविटी में अक्षीय (क) और अनुप्रस्थ (ख) क्षेत्र वितरण

जैसा कि चित्र 4 (ख) से स्पष्ट है, जाइरोट्रॉन से निकलने वाली निर्गत बीम गॉसियन प्रकृति की है। अर्ध-ऑप्टिकल मोड लॉन्चर एक टेपर खोखला सिलेंडर है जिसमें लॉन्चर का शीर्ष हेलिकल-कट होता है और लॉन्चर की आंतरिक सतह में डेनिसोव-प्रकार की सतही उतार-चढ़ाव वाली डिम्पल पैटर्न होती है।[14, 15] इसे एक विशेष युक्ति के साथ 5-अक्ष मिलिंग मशीन की मदद से बनाया जाता है।



(क) (ख)

चित्र 4: अनुप्रस्थ (क) और विंडो-एपर्चर (ख) पर इलेक्ट्रिक फ़ील्ड प्रोफाइल का प्रतिनिधित्व करने वाले अर्ध-ऑप्टिकल मोड लॉन्चर और दर्पणों का सिमुलेशन

डब्ल्यू-बैंड जाइरोट्रॉन का विकास

जाइरोट्रॉन के मुख्य घटक भाग मैग्नेट्रॉन इंजेक्शन गन, बीम-टनल,[20] कैविटी,[13] नॉन-लीनियर टेपर,[13] अर्ध-ऑप्टिकल मोड लॉन्चर,[14, 15] फेज करेक्टिंग मिरर,[15, 16] निर्गत खिड़की[17, 18] और संग्राहक[19] हैं। इस जाइरोट्रॉन संरचना को अंततः एक सुपरकंडक्टिंग चुंबक के वार्म-बोर में डाला जाता है। यह चुंबक बीम-तरंग साइक्लोट्रॉन अनुनाद सन्योग के लिए 3.65 टेस्ला का आवश्यक चुंबकीय क्षेत्र प्रदान करता है। सभी घटक-सन्योजन को बनाने के लिए विभिन्न अल्ट्रा-उच्च-निर्वात ग्रेड सामग्री और सिरेमिक का उपयोग किया जाता है। बेहतर उष्मीय प्रबंधन, लघु आकार और संरेखण के लिए, कैविटी और नॉन-लीनियर टेपर[13] (चित्र 5 (ख)) को ऑक्सीजन मुक्त उच्च चालकता वाले तांबे के साथ एक टुकड़े में बनाया गया है जिसमें द्रव शीतलन चैनलों का एकीकृत प्रावधान है। डिम्पल्ड प्रोफाइल वाला एक बहुत ही लघु डेनिसोव प्रकार के अर्ध-ऑप्टिकल मोड लॉन्चर को दो भागों में बनाया गया है, जिन्हें बाद में एक टुकड़े में अर्ध-ऑप्टिकल मोड लॉन्चर प्राप्त करने के लिए एक साथ जोड़ा जाता है। यहाँ, तीन, दो टोरोइडल और एक गोलाकार, चरण सुधार दर्पण ऑक्सीजन मुक्त उच्च चालकता वाले तांबे (चित्र 5 (ग)) के साथ विशेष रूप से अभिकल्पन किए

गए ग्राइंडिंग पहियों का उपयोग करके बनाए गए हैं। निर्गत खिड़की के लिए एल्यूमिना सिरेमिक को चुना जाता है और शीतलन चैनल विंडो के लिए प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष परिधीय शीतलन के लिए प्रावधानित किए जाते हैं (चित्र 5 (घ))। संग्राहक को दो गुंबदों में बनाया जाता है जिन्हें संग्राहक की पूरी बाहरी सतह पर एक पतली शीतलन चैनल को साकार करने के लिए एक दूसरे के ऊपर जोड़ा और ब्रेज़ किया जाता है (चित्र 5 (च))। सभी घटक-सन्योजन को रिसाव दर 10^{-9} टॉर लीटर/सेकंड रखने के लिए रिसाव परीक्षण किया जाता है।

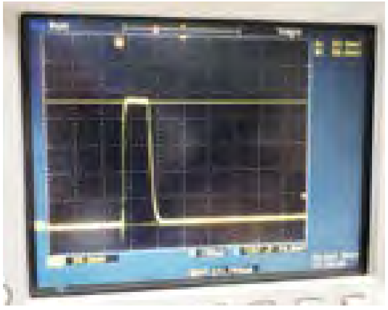
(क) (ख) (ग) (घ) (ङ)

चित्र 5: जाइरोट्रॉन की कुछ निर्मित/संयोजनित/ब्रेज़्ड उप-संयोजन: कैथोड (क), कैविटी के साथ बीम-टनेल (ख), दर्पण-सन्योजन (ग), निर्गत खिड़की (घ) और संग्राहक (ङ)

इसके अलावा, सभी उप-सन्योजन को टीग वेल्डिंग का उपयोग करके एकीकृत किया गया है और रिसाव दर 10^{-8} टॉर लीटर/सेकंड रखने के लिए रिसाव परीक्षण किया गया है। इस एकीकृत पूर्ण सन्योजन को दो बेकिंग चक्र में निर्वात प्रसंस्करण किया जाता है, और प्रत्येक बेकिंग चक्र के बाद कैथोड सक्रियण किया जाता है। निर्वात प्रसंस्करण पूरा करने और ठंडा होने के बाद, जाइरोट्रॉन के निर्वात आवरण को निकास कॉपर पाइप को बंद करके निर्वात प्रसंस्करण यूनिट से अलग किया जाता है।

चित्र 6: अतिचालक चुम्बक के साथ जाइरोट्रॉन

एक जाइरोट्रॉन परीक्षण सेट-अप भी इन-हाउस स्थापित किया गया है (चित्र 6)। इस सेट-अप में संधारित आधारित उच्च-वोल्टेज स्पंदित शक्ति प्रणाली, क्रायोजेन-मुक्त सुपरकंडक्टिंग प्रणाली, शीतलन व्यवस्था और रिसीविंग हॉर्न एंटीना आधारित सूक्ष्मतरंग माप प्रणाली शामिल है। जाइरोट्रॉन प्रोटोटाइप का परीक्षण किया गया है। जाइरोट्रॉन प्रोटोटाइप ने डब्ल्यू-बैंड में वांछित आवृत्ति पर 100 किलोवाट की स्पंदित निर्गत शक्ति प्राप्त की गई है। रिसीविंग हॉर्न एंटीना द्वारा पता लगाए गए डिटेक्टर निर्गत पल्स और पता लगाए गए सिग्नल के आवृत्ति स्पेक्ट्रम को दिखाया गया है (चित्र 7)।



(क)

(ख)

चित्र 7: निर्गत शक्ति पल्स (क) और आवृत्ति स्पेक्ट्रम (ख)

निष्कर्ष

जाइरोट्रॉन एक नई पीढ़ी के सूक्ष्मतरंग निर्वात इलेक्ट्रॉनिक युक्ति के रूप में उभरा है, जिसमें उपलब्ध निर्गत शक्ति के लिए में उप-मिलीमीटर तरंग से लेकर टेराहर्ट्ज़ आवृत्ति में अपार संभावनाएँ मौजूद हैं। एमटीआरडीसी ने जाइरोट्रॉन के क्षेत्र में एक महत्वपूर्ण योगदान दिया है, जिसमें डब्ल्यू-बैंड, 100 किलोवाट स्पंदित जाइरोट्रॉन को सफलतापूर्वक अभिकल्पित और विकसित किया गया है, जिसका उपयोग लघु सक्रिय डिनायल प्रणाली के स्रोत के रूप में किया जा सकता है। प्रौद्योगिकी और क्षमताएँ स्वदेशी रूप से विकसित की गई हैं। जाइरोट्रॉन के घटकों को बनाने के लिए विभिन्न विक्रेताओं को भी विकसित किया गया है। इस विकास के साथ, डीआरडीओ ने युक्तियों की नई श्रेणी (फास्ट-तरंग) को साकार करने की पूरी जानकारी विकसित की है।

संदर्भ

1] V. Kesari and B. N. Basu, High Power Microwave Tubes: Basics and Trends, Morgan and Claypool Publishers, California for IOPConcise Physics, London, 2018.

2] विशाल केशरी, सूक्ष्मतरंग और मिलीमीटर-तरंग निर्वात इलेक्ट्रॉनिक युक्तियां एवं सम्बंधित तथ्य, डी.आर.डी.ओ. विशेष प्रकाशन श्रृंखला, रक्षा विज्ञान सूचना एवं प्रलेखन केन्द्र (डेसीडाक), रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन (रक्षा मंत्रालय), नई दिल्ली द्वारा मुद्रण एवं प्रकाशन, जनवरी 2019।

3] A. S. Gilmour Jr., "Klystrons, Traveling Wave Tubes, Magnetrons,Crossed-Field Amplifiers, and Gyrotrons", Artech House, USA, 2011.

4] J. E. Rowe, "Non-linear Electron wave Interaction phenomenon", Academic Press, New York, 1965.

5] D. E. Baldwin, "Advances In Plasma Physics", vol. 3, John Wiley & Sons, New York, 1969.

6] M. V. Kartikeyan, E. Boris, M.K.A. Thumm, "Gyrotrons: High Power Microwave and Millimeter Wave Technology", Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2004.

7] M. K.A. Thumm, State-of-the-art of high power gyro- devices and free electron masers, Update 2016, KIT, Karlsruhe, Germany, 2017.

8] G. S. Nusinovich, Introduction to the Physics of Gyrotron, Maryland: JHU, USA, 2004.

9] C. J. Edgecombe, Gyrotron Oscillators: Their principles and practice, Taylor & Francis Ltd., London, 1993.

10] S. E. Tsimring, "Electron Beams and Microwave Vacuum Electronics", Wiley-Interscience, 2007

11] V. A. Flyagin, A. V. Gaponov, M. I. Petelin and V. K. Yulpatov, "The Gyrotron," IEEE. Trans. Microwave Theory and Tech., vol. 25, pp 514 – 512, 1977

12] V. Kesari, “Vacuum electronic device based active denial system,” डीआरडीओ Technology Spectrum, Book of Technology Day Orations, National Technology Day – 2019, Defence Scientific Information and Documentation Centre, डीआरडीओ, New Delhi, pp. 135-141, May 2019.
13] V. B. Naidu, V. Kesari, S. Karmakar and R. Seshadri, “Particle-in-cell simulation of a tapered cavity for a millimeter wave gyrotron,” IEEE Trans. Plasma Science, Vol. 46, No. 7(2), pp. 2460-2464, Jul. 2018.
14] Shahana K., V. Kesari, S. Karmakar and R. Seshadri, “Simulation of TE6,2-to-Gaussian mode launcher for a millimeter-wave gyrotron,” Journal of Electromagnetic Waves and Applications, Vol. 31, No. 17, pp. 1959–1970, Aug. 2017.
15] Shahana K., V. Kesari, S. Karmakar and R. Seshadri, “Simulation of TE6,2-to-Gaussian mode converter for a W-band gyrotron,” IEEE Trans. Plasma Science, Vol. 46, No. 1, pp. 84-89, Jan. 2018.
16] V. Kesari, R. Sudhakar and R. Seshadri, “Thermal management of a quasi-optical mirror in a millimetre-wave gyrotron,” Fusion Engineering and Design, Elsevier, Vol. 162, pp. 112129-1-6, Jan. 2021.
17] V. Kesari and R. Seshadri, “RF and thermo-mechanical examinations of output windows for W-band gyrotron,” IEEE Trans. Electron Devices, Vol. 68, No. 4, pp. 1899-1904, Apr. 2021.
18] V. Kesari, A. K. Singh, R. Seshadri and S. Kamath, “Boron nitride and sapphire windows for 95-GHz Gaussian RF beam,” IEEE Trans. Electron Devices, Vol. 63, No. 8, pp. 3257 – 3261 Aug. 2016.
19] V. Kesari, Sudhakar R., Jayateertha D., P. Srikrishna, and R. Seshadri, “Simulation of a depressed collector for millimeter-wave gyrotron,” Journal of Electromagnetic Waves and Applications, Vol. 33, No. 9, pp. 1107-1118, Apr. 2019.
20] V. Kesari, Sudhakar R., P. Srikrishna, and R. Seshadri, “RF and thermal analysis of beam compression unit for a W-band gyrotron,” IEEE Trans. Plasma Science, Vol. 47, No. 12, pp. 5264-5270, Dec. 2019.

✦✦✦

डिजिटल स्वास्थ्य प्रौद्योगिकी विश्लेषण: भारत के परिप्रेक्ष्य में

प्रकाश नीरव

यंत्र अनुसंधान एवं विकास संस्थान (आईआरडीई), देहरादून

prakashneerav1@gmail.com

सार

जब 1980 के दशक में पहली बार इंटरनेट बनाया गया था, तो इसका प्राथमिक उद्देश्य कंप्यूटरों को एक ही भाषा में बोलना सिखाना था ताकि डेटा किसी भी नेटवर्क पर यात्रा कर सके। समय के साथ, इंटरनेट ने संचार, व्यवसाय, शिक्षा और स्वास्थ्य सेवाओं को बदल दिया है। इंटरनेट का सबसे कठिन और सबसे विशिष्ट प्रवेश स्वास्थ्य सेवा क्षेत्र में है। परंपरागत रूप से, इस क्षेत्र में ज्ञान और कौशल के अनुप्रयोग के माध्यम से बीमारियों के निदान, उपचार और रोकथाम के माध्यम से स्वास्थ्य में सुधार और रखरखाव माना जाता है। आज, स्वास्थ्य सेवा में डिजिटल प्रौद्योगिकियों के आगमन के साथ, स्वास्थ्य सेवाओं का वितरण व्यक्तिगत और सटीक हो गया है और इसमें स्वास्थ्य सेवा विशेषज्ञ के प्रत्यक्ष हस्तक्षेप की आवश्यकता नहीं है। "डिजिटल स्वास्थ्य" शब्द सर्वव्यापी है और इसमें स्वास्थ्य सेवा और प्रौद्योगिकी के संगम से उभरने वाले सभी अनुप्रयोग शामिल हैं। विश्व स्वास्थ्य संगठन डिजिटल स्वास्थ्य को "एक व्यापक शब्द" के रूप में परिभाषित करता है जिसमें ई-हेल्थ के साथ-साथ उभरते क्षेत्र, जैसे कि 'बिग डेटा', जीनोमिक्स और आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस में उन्नत कंप्यूटिंग विज्ञान का उपयोग शामिल है।

1.4 बिलियन की आबादी वाला भारत, विशेष रूप से ग्रामीण क्षेत्रों में दुर्गम सार्वजनिक स्वास्थ्य प्रणालियों के कारण स्वास्थ्य समानता चुनौतियों का सामना कर रहा है। इस अंतर को पाटने के लिए इंटरनेट और मोबाइल फोन जैसी आधुनिक तकनीकों का उपयोग किया जा रहा है, जो महत्वपूर्ण स्वास्थ्य जानकारी का प्रसार करके स्वास्थ्य समानता को बढ़ाता है। स्वास्थ्य प्रौद्योगिकी मूल्यांकन (HTA) इन तकनीकों का मूल्यांकन करता है, स्वास्थ्य सेवा नीति को प्रभावित करता है और स्वास्थ्य परिणामों में सुधार करता है। प्रमुख रणनीतियों में डिजिटल स्वास्थ्य केंद्र, मोबाइल स्वास्थ्य इकाइयाँ, सार्वजनिक-निजी भागीदारी और सामुदायिक स्वास्थ्य कार्यकर्ताओं के लिए डिजिटल उपकरण शामिल हैं। इन हस्तक्षेपों को बढ़ाने के लिए, क्षमता निर्माण, बुनियादी ढाँचे का विकास, सामुदायिक जुड़ाव और निगरानी की आवश्यकता है। नीति निर्माताओं से अनुरोध है कि वे लागत-प्रभावशीलता, स्वास्थ्य परिणामों और स्वास्थ्य समानता पर विचार करते हुए साक्ष्य के आधार पर स्वास्थ्य प्रौद्योगिकियों में निवेश को प्राथमिकता दें। डेटा गोपनीयता और सुरक्षा को संबोधित करना महत्वपूर्ण है। भविष्य के चिकित्सीय शोध को मातृ और बाल स्वास्थ्य के लिए प्रौद्योगिकी-आधारित हस्तक्षेपों पर ध्यान केंद्रित करना चाहिए।

मूल शब्द: प्रौद्योगिकी, स्वास्थ्य प्रणाली, जनसंख्या स्वास्थ्य, भारत, समीक्षा, परिचय

परिचय

भारत की जनसंख्या 1.4 बिलियन है, तथा 664,000 गांवों में 898 मिलियन लोग रहते हैं। इन गांवों में स्वास्थ्य प्रणालियों तक पहुंच भारत में स्वास्थ्य समानता सुनिश्चित करने में प्रमुख चिंताओं में से एक है। सूचना और संचार प्रौद्योगिकियां, विशेष रूप से निम्न और मध्यम आय वाले देशों में, कठिन पहुंच वाले गरीब, ग्रामीण और अलग-थलग क्षेत्रों में समुदायों तक पहुंचने के लिए आशाजनक उपकरण हैं।

विश्व स्वास्थ्य संगठन (WHO) स्वास्थ्य शिक्षा को सीखने के अनुभवों के रूप में परिभाषित करता है जो ज्ञान को बढ़ाकर और दृष्टिकोण को प्रभावित करके स्वास्थ्य में सुधार करते हैं। जबकि स्वास्थ्य सेवा प्रदाता पारंपरिक रूप से स्वास्थ्य शिक्षा का प्राथमिक स्रोत रहे हैं, कम संसाधन वाले क्षेत्रों में स्वास्थ्य जानकारी प्रसारित करने के लिए अधिक सुलभ समाधानों की आवश्यकता है।

इंटरनेट और मोबाइल फोन जैसी आधुनिक तकनीकों के उदय ने स्वास्थ्य संबंधी सूचना वितरण में क्रांति ला दी है। उनकी पहुंच विविध दर्शकों के लिए प्रभावी संचार को सक्षम बनाती है। एसएमएस रिमाइंडर प्रत्यक्ष संचार प्रदान करते हैं, मास मीडिया दृश्य और श्रवण माध्यमों के माध्यम से जुड़ता और शिक्षित करता है, और मोबाइल-स्वास्थ्य तकनीकें और वेब प्लेटफ़ॉर्म प्राथमिक देखभाल सेटिंग्स में स्वास्थ्य सेवा कर्मियों की पहुँच बढ़ाते हैं।

जनसंख्या स्तर पर, इन तकनीकों को तीन मुख्य श्रेणियों में वर्गीकृत करना सहायक है: 1) संचार तकनीक, 2) डेटा विश्लेषण तकनीक और 3) डिजिटल स्वास्थ्य तकनीक।

1. **संचार तकनीक:** टेलीमेडिसिन प्लेटफ़ॉर्म और मोबाइल स्वास्थ्य ऐप जैसी संचार तकनीकों ने स्वास्थ्य सेवाओं को वितरित करने के तरीके में क्रांति ला दी है, जिससे वे अधिक सुलभ और सुविधाजनक हो गई हैं। टेलीमेडिसिन उन समुदायों और भौगोलिक क्षेत्रों तक डिजिटल पहुँच प्रदान करता है जहाँ पहुँचना मुश्किल है। यह दूरस्थ डिजिटल शिक्षा, रोगसूचक प्रबंधन और रोग निगरानी प्रदान करता है।

2. **डेटा विश्लेषण तकनीक:** दूसरी ओर, डेटा विश्लेषण तकनीकें, जिसमें बिग डेटा एनालिटिक्स और आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस शामिल हैं। यह सार्वजनिक स्वास्थ्य हस्तक्षेपों की जानकारी देते हुए, रोग प्रवृत्तियों और स्वास्थ्य व्यवहारों में मूल्यवान अंतर्दृष्टि प्रदान करता है। इलेक्ट्रॉनिक स्वास्थ्य रिकॉर्ड और पहनने योग्य डिवाइस जैसी डिजिटल स्वास्थ्य तकनीकें, स्वास्थ्य डेटा के संग्रह और साझाकरण को सुविधाजनक बनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। इससे रोग निगरानी और प्रबंधन में सुधार होता है। हालांकि यह ध्यान रखना महत्वपूर्ण है कि स्वास्थ्य सेवा में इन डिजिटल तकनीकों का उपयोग संभावित रूप से उन व्यक्तियों को बाहर कर सकता है जिनके पास इन तकनीकों तक पहुँच या जागरूकता की कमी है, खासकर ग्रामीण क्षेत्रों में और महिलाओं और किशोर लड़कियों के बीच। इस समस्या के समाधान के लिए डिजिटल पद्धतियों को शामिल करना आवश्यक है, जिससे दूरदराज के क्षेत्रों में चिकित्सा सेवाओं की उपलब्धता में सुधार हो सके और स्वास्थ्य समानता को बढ़ावा मिल सके।

3. **डिजिटल स्वास्थ्य तकनीक:** भारतीय दूरसंचार विनियामक प्राधिकरण के आंकड़ों के अनुसार, मार्च 2023 तक भारत में सक्रिय वायरलेस सब्सक्रिप्शन की कुल संख्या लगभग 1.034 बिलियन थी। यह व्यापक मोबाइल नेटवर्क कवरेज वंचित आबादी तक पहुँचने और स्वास्थ्य परिणामों को बेहतर बनाने के लिए मोबाइल तकनीकों का लाभ उठाने का एक महत्वपूर्ण अवसर प्रस्तुत करता है।

इस कवरेज को ध्यान में रखते हुए, विशेष रूप से भारत में जनसंख्या स्तर पर, स्वास्थ्य संवर्धन को बढ़ाने में सहायता करने वाली तकनीकों का अध्ययन किया जाना चाहिए, ताकि इस संचार को और अधिक प्रभावी बनाया जा सके। डिजिटल तकनीकों का उपयोग करके नवीनतम तकनीकी प्रगति और बड़े डेटा एनालिटिक्स को लागू करने में सक्षम कर एक प्रशिक्षित सार्वजनिक स्वास्थ्य कार्यबल रोग महामारी विज्ञान को स्पष्ट करने और सार्वजनिक स्वास्थ्य हस्तक्षेपों को लागू करने में मदद कर सकता है।

प्रौद्योगिकी-संचालित स्वास्थ्य संवर्धन में चुनौतियाँ और बाधाएँ

भारत में विभिन्न क्षेत्रों में जनसंख्या स्तर पर स्वास्थ्य को बढ़ावा देने के लिए प्रौद्योगिकियों का उपयोग किया जा रहा है, जैसे संचारी रोग (मलेरिया की रोकथाम), मातृ स्वास्थ्य (मातृ और शिशु स्वास्थ्य योजनाएँ, प्रसवपूर्व देखभाल), गैर-संचारी रोग (तम्बाकू सेवन),और मानसिक स्वास्थ्य (आत्महत्या की रोकथाम)। प्रौद्योगिकी-संचालित स्वास्थ्य संवर्धन के संभावित लाभों के बावजूद, कई चुनौतियाँ और बाधाएँ हैं जिन्हें संबोधित करने की आवश्यकता है।

जनसंख्या स्तर पर स्वास्थ्य को बढ़ावा देने में प्रौद्योगिकी के उपयोग में संसाधन-विहीन सेटिंग्स में प्रौद्योगिकी अंतर, प्रौद्योगिकी को उन्नत करने के लिए आर्थिक प्रतिबद्धताएँ, फ़ोन द्वारा दी गई जानकारी की विश्वसनीयता की कमी, रोगियों और स्वास्थ्य प्रदाताओं के लिए प्रौद्योगिकी शिक्षा की कमी आदि शामिल हैं। स्वास्थ्य संबंधी डिजिटल प्रौद्योगिकियों का

उपयोग करने की चुनौतियों में से एक स्वास्थ्य समानता से निपटना है।

स्वास्थ्य समानता विभिन्न आबादी में स्वास्थ्य सेवा की गुणवत्ता में अंतर को संबोधित करके सभी को स्वास्थ्य तक पहुँचने का एक उचित अवसर प्रदान करती है। स्वास्थ्य प्रौद्योगिकियों के उपयोग की चुनौतियों में वित्तीय आय, साक्षरता दर और सांस्कृतिक विविधता में असमानताएँ शामिल हैं। डिजिटल समाधानों में इन चुनौतियों को छोड़कर ऐसी असमानताओं को दूर करने की क्षमता है। डिजिटल स्वास्थ्य साक्षरता, इलेक्ट्रॉनिक स्रोतों से स्वास्थ्य संबंधी जानकारी प्राप्त करने, खोजने, समझने और उसका मूल्यांकन करने की क्षमता, स्वास्थ्य समस्याओं के समाधान के लिए महत्वपूर्ण है। हालाँकि, जब व्यक्तियों में यह साक्षरता नहीं होती है, तो स्वास्थ्य परिणामों में असमानताएँ उत्पन्न हो सकती हैं, जो उन्हें डिजिटल स्वास्थ्य उपकरणों और सेवाओं का प्रभावी ढंग से उपयोग करने से रोकती हैं। डिजिटल स्वास्थ्य की रीढ़, इंटरनेट कनेक्टिविटी, डिजिटल स्वास्थ्य प्रौद्योगिकियों के लाभों को साकार करने के लिए आवश्यक है। फिर भी, ऐसे संदर्भों में जहाँ इंटरनेट की पहुँच सीमित या न के बराबर हो सकती है, विशेष रूप से ग्रामीण या दूर-दराज के क्षेत्रों में, इन लाभों को पूरी तरह से प्राप्त नहीं किया जा सकता है। हाल ही में, स्वास्थ्य के व्यापक सामाजिक निर्धारकों के लिए डिजिटल स्वास्थ्य साक्षरता और इंटरनेट कनेक्टिविटी के निहितार्थों को स्वीकार किया गया है। इसलिए, ये कारक जनसंख्या-स्तरीय स्वास्थ्य को बढ़ावा देने में प्रौद्योगिकी के सफल उपयोग के लिए महत्वपूर्ण चुनौतियाँ प्रस्तुत करते हैं।

डिजिटल स्वास्थ्य प्रौद्योगिकी के बढ़ते कदम

स्वास्थ्य सेवा क्षेत्र में तकनीकी नवाचारों का विकास जारी है और उन्हें उपभोक्ताओं के लिए बहुत तेज़ गति से उपलब्ध कराया जा रहा है। इस विकसित होते स्वास्थ्य सेवा परिदृश्य में, देखभाल अधिक व्यक्तिगत, अधिक रोगी केंद्रित, कम प्रासंगिक, अधिक सर्वव्यापी और पूरी तरह से आबादी की जीवन शैली में अंतर्निहित होती जा रही है। स्वास्थ्य सेवा वितरण के मूल सिद्धांतों में होने वाले परिवर्तन स्वास्थ्य सेवा मूल्य श्रृंखला के सभी घटकों को प्रभावित करते हैं–टेलीमेडिसिन के माध्यम से सक्षम आउट पेशेंट देखभाल से लेकर, दूरस्थ देखभाल के माध्यम से अनुकूलित इनपेशेंट देखभाल और डिजिटलीकरण, इंटरनेट ऑफ़ थिंग्स (IoT) और अन्य हस्तक्षेपों के माध्यम से सक्षम होम हेल्थ तक।

COVID-19 महामारी ने तकनीकी और व्यवहारिक दोनों तरह के बदलावों को उत्प्रेरित किया है–एक ओर, लोगों को जीवन के सभी क्षेत्रों और विशेष रूप से स्वास्थ्य सेवा में डिजिटल नवाचारों को अपनाने के लिए बाह्य किया है, और

दूसरी ओर, स्वास्थ्य प्रणालियों पर महत्वपूर्ण दबाव पैदा किया है। एक बड़े और बढ़ते स्वास्थ्य सेवा बाजार और वैश्विक स्तर पर नवाचार और डिजिटल उद्यमिता के केंद्र के रूप में, भारत डिजिटल रूप से सक्षम स्वास्थ्य सेवा में एक आदर्श बदलाव देखने के लिए तैयार है।

स्वास्थ्य सेवा में, डिजिटल तकनीक एक क्वांटम बदलाव ला रही है, जो भारत में स्वास्थ्य सेवा को लगभग कल्पना से परे बदल सकती है। भारत में 2030 तक 1 बिलियन डिजिटल स्वास्थ्य उपयोगकर्ता हो सकते हैं, जो एक समावेशी स्वास्थ्य प्रणाली का आनंद ले रहे हैं जहाँ स्वास्थ्य सेवा का विस्तार होता रहता है लेकिन लागत कम होती रहती है–एक ऐसी प्रणाली जो रोगों को कुशलतापूर्वक रोकती है और उनका इलाज करती है और व्यक्तिगत जीवनशैली और रोग प्रोफाइल के अनुसार अनुकूलित उपचार करती है, वह भी किफायती कीमत पर। यह एक ऐसा भविष्य है जिसे स्वास्थ्य सेवा का डिजिटलीकरण हासिल कर सकता है। लेकिन केवल तभी जब इसमें शामिल हितधारक चुनौती का सामना करने के लिए आगे आएं। मांग पहले से ही मौजूद है।

भारत में पहले से ही 400 मिलियन डिजिटल स्वास्थ्य उपयोगकर्ता हैं, जो टेलीहेल्थ, होम हेल्थ, होम टेस्टिंग, ई-फार्मेसियों और अन्य डिजिटल रूप से संचालित सेवाओं का उपयोग कर रहे हैं, भले ही बड़े स्वास्थ्य सेवा प्रदाताओं द्वारा बहुत अधिक नवाचार न किए गए हों। भारत में डिजिटल स्वास्थ्य सेवा को अपनाने के पीछे क्या कारण है, इसकी पहचान करने के लिए आर्थर डी. लिटिल (ADL) द्वारा किए गए एक सर्वेक्षण से पता चला है कि ई-कॉमर्स सेवाओं का उपयोग करने वाले ग्राहकों के बीच डिजिटल स्वास्थ्य समाधानों की 65% तक स्वीकृति है। हृदय रोग, मधुमेह और उच्च रक्तचाप जैसे दीर्घकालिक विकारों से पीड़ित रोगियों द्वारा डिजिटल स्वास्थ्य उपकरणों को अपनाने की रिपोर्ट काफी अधिक थी। महामारी ने लोगों को देखभाल की ज़रूरतों के लिए डिजिटल चैनलों का उपयोग करने के लिए बाह्य किया। डिजिटल रूप से सक्षम स्वास्थ्य सेवा वितरण के लाभों का अनुभव करने के बाद, उपभोक्ता अब उन्हें एक आवश्यकता मानते हैं। हालाँकि, भारत में अक्सर आपूर्ति माँग से बहुत पीछे रह जाती है। आधार पहले से ही मौजूद हैं–भारत के पास अब आयुष्मान भारत डिजिटल मिशन (ABDM) के माध्यम से एक मजबूत डिजिटल रीढ़ है। चिकित्सकों, प्रदाताओं और रोगियों के स्वास्थ्य डेटा को कैप्चर करने के उद्देश्य से, यह प्लेटफ़ॉर्म इंटरऑपरेबिलिटी, लचीलापन, सुरक्षा, मापनीयता और व्यापक पहुँच का वादा करता है।

डिजिटल स्वास्थ्य प्रौद्योगिकी और वित्तीय निवेशक

अब यह स्वास्थ्य सेवा प्रदाताओं, स्टार्ट-अप, प्रौद्योगिकी प्रदाताओं, निवेशकों और अन्य हितधारकों पर निर्भर है कि वे डिजिटल स्वास्थ्य पेशकशों को विकसित करें जो मांग को पूरा करें और उसे प्रोत्साहित करें। प्रकृति की तरह, अर्थव्यवस्था भी शून्यता को नापसंद करती है–जो लोग इसमें देरी करते हैं, उन्हें पता चल सकता है कि अन्य लोगों ने पहले ही अवसरों पर कब्ज़ा कर लिया है।

इस समय, अवसरों की भरमार है। भारत को प्रभावी, सुलभ और उच्च गुणवत्ता वाले स्वास्थ्य सेवा समाधानों की आवश्यकता है जो समान पहुँच प्रदान करें और जिन्हें तेज़ी से लागू और बढ़ाया जा सके। पारंपरिक स्वास्थ्य सेवा क्षमता देश में वर्तमान में मांग और आपूर्ति के अंतर को पूरा करने की बहुत कम संभावना है। डिजिटल समाधान ही इसका उत्तर हैं, जो स्मार्ट उपकरणों की गहरी पैठ और कनेक्टिविटी में वृद्धि पर आधारित हैं, जिस पर देश ने पिछले दशकों में निवेश किया है।

महामारी ने टेलीहेल्थ, होम हेल्थ, होम टेस्टिंग, ई-फ़ार्मेसी और अन्य डिजिटल पेशकशों को अपनाने में उत्प्रेरक की भूमिका निभाई। लेकिन अभी भी विकास की बहुत गुंजाइश है। इस बीच, कुछ समाधान काफी हद तक अनदेखे रह गए हैं, जिनमें ई-डायग्नोसिस और तकनीक-सक्षम होम हेल्थ और अधिक परिपक्व ई-फ़ार्मेसी समाधान शामिल हैं। पारंपरिक स्वास्थ्य सेवा, स्वास्थ्य प्रौद्योगिकी स्टार्ट-अप और निवेशकों के लिए, यह समय निवेश प्रारंभ करने का है। वे ऐसा कैसे कर सकते हैं और उन्हें किस नीति और विनियामक समर्थन की आवश्यकता होगी, इसका सार 11 अनिवार्यताओं के माध्यम से निम्नानुसार दिया जा सकता है:

I. प्रदाता अनिवार्यताएँ

1. पारंपरिक व्यवसायों के लिए "डिजिटल को बोल्ट-ऑन के रूप में" के बजाय "डिजिटल पहले" रणनीतियाँ विकसित करें।
2. डिजिटल स्वास्थ्य पेशकशें बनाएँ जो एकीकृत हों–निवारक स्वास्थ्य से लेकर रोगी के पहले संपर्क से लेकर पॉइंट-ऑफ़-केयर डिलीवरी, आगे की देखभाल के बाद की अनुवर्ती कार्रवाई और फिर स्वास्थ्य लाभ की देखभाल तक।
3. साझेदारी और बिल्ड-बाय पार्टनर रणनीति तैयार करें।
4. स्वास्थ्य प्रणाली को बेहतर बनाने के लिए डेटा का उपयोग करने के लिए एक स्पष्ट डेटा रणनीति निर्धारित करें।

II. भुगतानकर्ता अनिवार्यताएँ

5. ग्राहक की सहजता और पहुँच पर ध्यान केंद्रित करते हुए डिजिटल वितरण रणनीतियाँ विकसित करें।
6. दक्षता में सुधार और जोखिम और धोखाधड़ी को कम करने के लिए स्वास्थ्य दावा प्लेटफ़ॉर्म बनाएँ।

III. नियामक अनिवार्यताएँ

7. नीति के लिए नियामक ढाँचा विकसित करें जो विरासत खिलाड़ियों को डिजिटल समाधान, डेटा सुरक्षा और उपभोक्ता संतुष्टि में विश्वास प्रदान करते हुए डिजिटल स्वास्थ्य पेशकशों को अपनाने के लिए प्रेरित करे।
8. सही नियामक और नीति समर्थन के माध्यम से स्टार्ट-अप को प्रोत्साहित करें।

IV. निवेशक और वित्तपोषण अनिवार्यताएँ

9. डिजिटल स्वास्थ्य निवेश के विपरीत डिजिटल-प्रथम स्वास्थ्य सेवा के लिए एक आकर्षक, स्वतंत्र निवेश पारिस्थितिकी तंत्र विकसित करें–जिसमें निवेश विचार, सौदे की पहचान, लेन-देन की जांच और सौदे के बाद मूल्य सृजन के लिए डिजिटल एक प्रमुख पैरामीटर हो।

10. एकीकरण के दृष्टिकोण से डिजिटल प्लेटफार्म को लक्षित करना शुरू करें जहाँ पहले से ही कुछ गति देखी जा रही है (विशेष रूप से प्रैक्टो और प्रिस्टिन केयर जैसे बड़े प्लेटफार्म के साथ)।
11. हेल्थटेक और इंश्योरटेक स्टार्ट-अप पारिस्थितिकी तंत्र पर अधिक जोर देकर डिजिटल स्वास्थ्य नवाचारों और प्लेटफार्मों को वित्तपोषित करें।

डिजिटल स्वास्थ्य के अनुप्रयोग

"डिजिटल स्वास्थ्य" शब्द अनुप्रयोगों की एक विस्तृत श्रृंखला का प्रतिनिधित्व करता है। स्वास्थ्य और तंदुरुस्ती को प्रबंधित करने के लिए सूचना प्रौद्योगिकी और संचार का कोई भी उपयोग डिजिटल स्वास्थ्य माना जाता है। नीचे कुछ प्रमुख अनुप्रयोगों पर चर्चा की गई है:

क) **टेलीमेडिसिन:** टेलीमेडिसिन स्वास्थ्य सेवा प्रदान करने के लिए दूरसंचार प्रौद्योगिकी का उपयोग है। जबकि टेलीमेडिसिन अपने आप में एक अलग विशेषता नहीं है, यह पारंपरिक स्वास्थ्य सेवा प्रदान करने में विभिन्न तकनीकों के उपयोग में अलग है। यह एक व्यापक अवधारणा है जो अपने दायरे में टेली-रेडियोलॉजी, टेली-परामर्श, टेली-नर्सिंग, टेली-आईसीयू और टेली-सर्जरी जैसे विभिन्न पहलुओं को शामिल करती है। भारत में उपचार के परिणामों को बेहतर बनाने के लिए टेलीमेडिसिन एक विशेष रूप से उपयोगी उपकरण हो सकता है क्योंकि देश का 75% से अधिक स्वास्थ्य सेवा बुनियादी ढांचा शहरी क्षेत्रों में केंद्रित है जबकि 75% से अधिक आबादी ग्रामीण क्षेत्रों में रहती है। टेलीमेडिसिन रोगी और डॉक्टर के बीच को प्रभावी ढंग से पाट सकता है।

ख) **पॉइंट-ऑफ-केयर डायग्नोस्टिक्स:** पॉइंट-ऑफ-केयर डायग्नोस्टिक्स ("पीओसीडी") चिकित्सा उपकरण उद्योग में एक उभरता हुआ चलन है और इसमें ऐसे उत्पादों की एक विस्तृत श्रृंखला शामिल है जो सीमित संसाधनों में रोगियों या स्वास्थ्य सेवा प्रदाताओं द्वारा सटीक निदान को सक्षम बनाता है। यह रोग प्रबंधन, निगरानी और कई स्थितियों के वास्तविक समय के निदान की सुविधा प्रदान करता है। हाल के दिनों में बायोसेंसर, पोर्टेबल एक्स-रे, हैंडहेल्ड अल्ट्रासाउंड और स्मार्टफोन आधारित पीओसीडी जैसे कई अनुप्रयोग विकसित किए गए हैं। पारंपरिक नैदानिक निदान प्रक्रियाएं जिनके लिए आम तौर पर महंगे और बड़े उपकरणों की आवश्यकता होती है, उन्हें सॉफ्टवेयर या पोर्टेबल पीओसीडी उपकरणों में सरलीकृत किया गया है। जिनका उपयोग अस्पताल या प्रयोगशाला के विपरीत रोगी के स्थान पर किया जा सकता है। पीओसीडी डिवाइस आम तौर पर स्वचालित तकनीकें होती हैं जो कृत्रिम बुद्धिमत्ता और/या मशीन लर्निंग एल्गोरिदम पर चलती हैं जो जटिल नैदानिक प्रक्रियाओं को सरल बनाने में सक्षम बनाती हैं ताकि तत्काल परीक्षण/निदान परिणाम प्रदान किए जा सकें। इन परिणामों का उपयोग रोगी द्वारा आगे के सटीक निदान और उपचार योजनाओं के लिए स्वास्थ्य सेवा पेशेवर से संपर्क करने के लिए किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त, बायो-सेंसर जैसे प्रत्यारोपण किसी विशेष स्वास्थ्य स्थिति की निरंतर निगरानी में मदद करते हैं।

उनमें वास्तविक समय और सटीक परिणाम प्रदान करने की क्षमता है और इसलिए वे बिंदु-देखभाल विश्लेषण के लिए उपयोगी हैं। यह रोग की ट्रैकिंग, निगरानी और प्रबंधन को सक्षम बनाता है जो रोगी के चिकित्सीय निर्णय

लेने और चिकित्सकों के पूर्वानुमान में सीधे सहायता कर सकता है क्योंकि यह सूक्ष्म स्वास्थ्य परिवर्तनों के बड़े डेटा सेट उत्पन्न करता है। वैकल्पिक रूप से, यह भारत जैसे देशों में भी फायदेमंद है जहां ग्रामीण क्षेत्रों में उच्च स्तरीय चिकित्सा सुविधाओं और बुनियादी ढांचे की कमी है। पीओसीडी चिकित्सकों को पीओसीडी उपकरणों के माध्यम से निदान के बाद मरीजों को शारीरिक रूप से यात्रा करने और चिकित्सा सुविधाओं पर नैदानिक परीक्षणों से गुजरने की आवश्यकता के बिना टेलीहेल्थ सेवाएं प्रदान करने में सक्षम बनाएगा।

ग) **मोबाइल स्वास्थ्य (m-Health):** मोबाइल स्वास्थ्य, या m-Health, मोबाइल प्लेटफ़ॉर्म पर डिजिटल स्वास्थ्य सेवाओं का प्रावधान है। भारत दुनिया में दूसरे सबसे बड़े स्मार्टफोन बाज़ार का घर है, जो m-Health को एक बहुत ही आकर्षक विकल्प बनाता है। स्मार्टफ़ोन पर ऐसे एप्लिकेशन तक पहुँच प्रदान करना भी कोई बड़ी बाधा नहीं होगी, क्योंकि देश में 2023 तक 664 मिलियन मोबाइल इंटरनेट उपयोगकर्ता होने की उम्मीद है। डिजिटल स्वास्थ्य की सुविधा और m-Health की गतिशीलता ने क्रांति में सक्रिय रूप से भाग लेने के लिए बहुत से खिलाड़ियों के लिए क्षेत्र खोल दिया है।

घ) **मेडिकल वर्चुअल असिस्टेंट:** मेडिकल वर्चुअल असिस्टेंट ("MVAs") m-Health परिदृश्य में एक उभरता हुआ चलन है। वर्चुअल हेल्थ असिस्टेंट और चैटबॉट मरीज़ों और चिकित्सकों के बीच की खाई को पाटते हैं और प्रिस्क्रिप्शन रिफ़िल को प्रेरित करने, मेडिकल स्थिति के बारे में जानकारी प्रदान करने, अपॉइंटमेंट शेड्यूल करने, स्वास्थ्य रिकॉर्ड बनाए रखने और अन्य प्रशासनिक कार्यों जैसी सेवाओं के माध्यम से मरीज़ों की ज़रूरतों को पूरा करते हैं। एमवीए आम तौर पर बड़े डेटा सेट की प्रोसेसिंग को सक्षम करने और व्यक्तिगत सलाह प्रदान करने और व्यक्तिगत विशिष्ट कार्य करने के लिए एआई आधारित सॉफ़्टवेयर पर चलते हैं। एमवीए अस्पतालों और अन्य स्वास्थ्य सेवा संस्थानों में प्रशासनिक कार्य करने के लिए भी फायदेमंद हैं।

ड़) **रोबोट-सहायता प्राप्त सर्जरी:** रोबोट की सहायता से, डॉक्टर शल्य चिकित्सा प्रक्रियाओं को अधिक कुशलता से करने में सक्षम हैं। न्यूनतम इनवेसिव सर्जरी कुछ समय से चलन में है, लेकिन रोबोटिक्स की सहायता से, सर्जन अधिक सटीकता से और छोटे चीरों के साथ काम करने में सक्षम हैं। इससे अंततः रक्त की हानि कम होती है, दर्द प्रबंधन बेहतर होता है और रोगी जल्दी ठीक हो जाता है। भविष्य में हम रोगों के निदान और उपचार के लिए माइक्रोबॉट्स (जिन्हें माइक्रो-रोबोट भी कहा जाता है) का उपयोग भी देख सकते हैं। कैप्सूल एंडोस्कोपी नामक एक ऐसी प्रक्रिया, जिसमें रोगी एक छोटा कैमरा निगलता है ताकि स्वास्थ्य सेवा प्रदाता पाचन तंत्र की तस्वीरें ले सके, को पहले ही यूनाइटेड स्टेट्स फूड एंड ड्रग्स एडमिनिस्ट्रेशन (संयुक्त राज्य अमेरिका में दवाओं और चिकित्सा उपकरणों को नियंत्रित करने वाला शीर्ष नियामक निकाय) द्वारा अनुमोदित किया जा चुका है। भविष्य में अन्य अनुप्रयोगों में धमनियों से पट्टिका को हटाना, ऊतक बायोप्सी लेना, कैंसरग्रस्त ट्यूमर पर सीधे हमला करना और लक्षित दवा देना शामिल हो सकता है। पारंपरिक चिकित्सा हस्तक्षेपों, जैसे सर्जिकल चीरे और कैथेटर सम्मिलन की तुलना में माइक्रोबॉट्स ऊतक क्षति का कारण बनने की बहुत कम संभावना रखते हैं। शरीर में विशिष्ट स्थानों पर लक्ष्य करके, माइक्रोरोबोट्स दवाइयों के दुष्प्रभावों को काफी हद तक कम कर सकते हैं। इसके अलावा, डीप लर्निंग में प्रगति के साथ, रोबोट सरल और दोहराव वाली प्रक्रियाओं का निरीक्षण और प्रतिकृति करने में सक्षम होंगे, जबकि सर्जन अधिक जटिल कार्यों पर ध्यान केंद्रित करेगा।

च) स्व-निगरानी स्वास्थ्य सेवा उपकरण: मॉनीटर और सेंसर अब पहनने योग्य उपकरणों में एकीकृत किए जा रहे हैं, जो इसे शरीर में विभिन्न शारीरिक परिवर्तनों का पता लगाने की अनुमति देते हैं। ये स्मार्ट डिवाइस वजन, नींद के पैटर्न, मुद्रा, आहार और व्यायाम को ट्रैक करने में सक्षम हैं। एकत्र किए गए कच्चे डेटा का उपयोग विभिन्न स्वास्थ्य लक्षणों का पता लगाकर स्व-निगरानी करने और संभावित मुद्दों के मामले में उपयोगकर्ता को सचेत करने के लिए किया जा सकता है।

छ) **इलेक्ट्रॉनिक स्वास्थ्य रिकॉर्ड ("ईएचआर"):** ईएचआर एक मरीज के स्वास्थ्य रिकॉर्ड का एक डिजिटल संस्करण है। ईएचआर भौतिक रिकॉर्ड से जुड़ी समस्याओं जैसे कि नुकसान और पहुंच की कमी को खत्म करने में मदद करते हैं। ईएचआर को केंद्रीय रूप से संग्रहीत किया जा सकता है और किसी भी समय एक्सेस किया जा सकता है, चाहे जानकारी कहाँ या कब एकत्र की गई हो। ईएचआर के साथ, डॉक्टर अपने मरीज का पूरा चिकित्सा वृत देख सकते हैं, भले ही वे पहली बार मरीज का इलाज कर रहे हों। इससे परीक्षणों के दोहराव को कम करने और सूचनाओं के सुरक्षित आदान-प्रदान की सुविधा मिलेगी, जो बदले में मरीज और स्वास्थ्य सेवा सुविधाओं को लागतों का प्रबंधन करने में मदद करता है।

ज) **स्वास्थ्य सेवा एकत्रीकरण:** सूचना विषमता स्वास्थ्य सेवा में सबसे बड़ी चुनौतियों में से एक है। मरीजों को वह जानकारी नहीं मिल पाती जो डॉक्टरों के चयन में उनकी सहायता के लिए आवश्यक है, और कई बार डॉक्टर दृश्यता की कमी के कारण बड़ी संख्या में मरीजों तक नहीं पहुंच पाते हैं। कई ऑनलाइन प्लेटफ़ॉर्म उभर रहे हैं जो इस समस्या को हल करने का प्रयास करते हैं। ये प्लेटफ़ॉर्म डॉक्टरों के नाम उनकी विशेषताओं के साथ सूचीबद्ध करते हैं और मरीजों को उनकी विशिष्ट आवश्यकताओं के अनुरूप सही डॉक्टर की खोज करने और उनके साथ अपॉइंटमेंट लेने की अनुमति देते हैं। मरीज डॉक्टर या संस्थान द्वारा प्रदान की गई सेवा की गुणवत्ता को रेट और समीक्षा करने में भी सक्षम हैं, जो भविष्य के मरीजों के लिए एक सूचित निर्णय लेने के लिए मार्गदर्शन के रूप में कार्य करता है।

झ) **स्वास्थ्य सेवा में बड़ा डेटा:** विभिन्न डिजिटल स्वास्थ्य सेवाओं के उपयोग से कच्चा डेटा एकत्र किया जाता है। EHR अपने आप में बहुत बड़ी मात्रा में जानकारी उत्पन्न करता है जिसका उपयोग विभिन्न तरीकों से किया जा सकता है। इंटरनेट ऑफ थिंग्स ("IOT") के ज़रिए 25 बिलियन डिवाइस कनेक्ट होने की उम्मीद है, इन कनेक्टेड डिवाइस से जो डेटा निकलने की उम्मीद है, उसे प्रोसेस करना होगा। उत्पन्न होने वाली जानकारी की विशाल मात्रा के लिए बिग डेटा प्रोसेसिंग जैसे समाधानों की आवश्यकता होती है, जिसे तब विभिन्न कंपनियों द्वारा उपयोग में लाया जा सकता है।

ञ) **हेल्थकेयर में ब्लॉकचेन:** हाल के वर्षों में ब्लॉकचेन डेटा उद्योग में चर्चा का विषय रहा है। यह ऑनलाइन डेटा के भंडारण, पहुँच, साझाकरण और गोपनीयता के तरीकों में सुधार कर रहा है। यह देखते हुए कि स्वास्थ्य सेवा उद्योग डेटा की विशाल मात्रा पर निर्भर है, ब्लॉकचेन सक्षम प्रौद्योगिकियाँ पारंपरिक मात्रा-आधारित प्रणाली से मूल्य-आधारित स्वास्थ्य सेवा में संक्रमण को सक्षम करने का अवसर प्रस्तुत करती हैं। विशेष रूप से, ब्लॉकचेन हस्तक्षेपों की शुरूआत स्वास्थ्य डेटा प्रबंधन और सूचना विनिमय को विभिन्न हितधारकों के बीच अधिक सहज और एकीकृत बना सकती है। अन्य संभावित उपयोगों में स्वास्थ्य प्रोफ़ाइलिंग, दवा प्रबंधन और बीमा प्रबंधन भी शामिल हैं।

ट) लक्षित विज्ञापन: उपयोगकर्ताओं द्वारा प्रदान की जाने वाली पहनने योग्य वस्तुएँ और जानकारी उपयोगकर्ता के चिकित्सा इतिहास और स्वास्थ्य स्थितियों से संबंधित जानकारी उत्पन्न करती हैं। इस जानकारी का उपयोग कंपनियों द्वारा उन उपयोगकर्ताओं को उत्पादों का लक्षित विज्ञापन प्रदान करने के लिए किया जा सकता है, जो ऐसे उत्पादों को खरीदने या उपयोग करने की अधिक संभावना रखते हैं। उदाहरण के लिए, ग्लूकोज मॉनिटरिंग उत्पादों को मधुमेह रोगियों को उनके द्वारा प्रदान किए गए चिकित्सा वृत के आधार पर विज्ञापित किया जा सकता है। लक्षित विज्ञापन हालाँकि, कई कानूनी और नैतिक प्रश्न उठाता है, जहाँ कुछ मामलों में, सही दृष्टिकोण का पता लगाना मुश्किल हो सकता है।

ठ) ई-फार्मेसियाँ: भारत ने पिछले कुछ वर्षों में ई-फार्मेसियों या ऑनलाइन फ़ार्मेसियों में वृद्धि देखी है। ई-फ़ार्मेसी या ऑनलाइन फ़ार्मेसी एक फ़ार्मेसी है जो इंटरनेट पर काम करती है और मेल, कूरियर या डिलीवरी व्यक्तियों के माध्यम से ऑर्डर पूरा करती है। ऐसे कई मॉडल हैं जिन्हें अपनाया गया है जैसे ऑनलाइन-केवल फ़ार्मेसी और ऑनलाइन उपस्थिति वाली भौतिक फ़ार्मेसी। ऑनलाइन फ़ार्मेसियाँ फ़ार्मासिस्टों को रोगियों के एक बड़े समूह की सेवा करने की अनुमति देती हैं क्योंकि ऑनलाइन मॉडल में भौतिक फ़ार्मेसियों पर निहित भौगोलिक प्रतिबंध हटा दिए जाते हैं। जबकि ऑनलाइन फ़ार्मेसियों की कानूनी स्थिति अभी भी ग्रे क्षेत्र में है, न्यायोचित व्याख्या इस उन्नति की कानूनी मान्यता के लिए आगे का रास्ता प्रशस्त कर सकती है।

ड) हेल्थकेयर सेक्टर में ई-लर्निंग: डॉक्टरों को नियंत्रित करने वाले विनियमन के तहत निरंतर चिकित्सा शिक्षा एक अनिवार्य आवश्यकता है और यह इसलिए आवश्यक है ताकि डॉक्टर चिकित्सा के क्षेत्र में मौजूदा रुझानों और विकास के साथ संपर्क में रह सकें। ई-लर्निंग डॉक्टरों के लिए ऐसे कार्यक्रमों में भाग लेने के लिए एक अधिक सुविधाजनक मंच है। ई-लर्निंग समय और लागत भी बचाता है और इसे कहीं से भी प्राप्त किया जा सकता है।

निष्कर्ष

जैसे-जैसे भारतीय स्वास्थ्य सेवा क्षेत्र में व्यय बढ़ता है, डिजिटल स्वास्थ्य क्षेत्र में भी इसी तरह की वृद्धि की उम्मीद है। हालाँकि यह अपनी प्रारंभिक अवस्था में है, लेकिन कोविड-19 महामारी की शुरुआत के बाद से डिजिटल स्वास्थ्य सेवा और टेलीमेडिसिन का तेजी से विस्तार हुआ है। लोग अस्पतालों और रोगियों के बीच बाधाओं को कम करने के लिए नई स्वास्थ्य तकनीकों और बुद्धिमान समाधानों को अपना रहे हैं। टेलीमेडिसिन तकनीक और आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस आने वाले वर्षों में अमेरिकी फर्मों के लिए महत्वपूर्ण अवसर प्रदान करेंगे। अपोलो, एम्स और नारायण हृदयालय जैसी कई प्रमुख भारतीय कंपनियों ने टेलीमेडिसिन सेवाओं को अपनाया है। स्वास्थ्य और परिवार कल्याण मंत्रालय (MOFHW) ने हाल ही में NITI आयोग–भारत सरकार के सार्वजनिक नीति थिंक टैंक के साथ मिलकर, राष्ट्रीय चिकित्सा आयोग, जिसे पहले भारतीय चिकित्सा परिषद कहा जाता था, की देखरेख में दूरस्थ परामर्श प्रदान करने के लिए टेलीमेडिसिन प्रथाओं के लिए आधिकारिक दिशा-निर्देश जारी किए हैं। ग्रामीण भारत में स्वास्थ्य सेवाएँ आसानी से उपलब्ध नहीं हैं, औसत ग्रामीण भारतीय निकटतम सुविधा पर सस्ती स्वास्थ्य सेवा प्राप्त करने के लिए 62 मील से अधिक की यात्रा करते हैं। ग्रामीण भारतीयों को भारतीय सरकार और निजी क्षेत्र द्वारा डिजिटल स्वास्थ्य सेवा तकनीकों पर बढ़ते ध्यान से लाभ होगा क्योंकि भारत महामारी के बाद के युग में इस नए सेवा क्षेत्र के साथ तालमेल बिठा रहा है।

आभार

लेखक, संस्थान के निदेशक डॉ. अजय कुमार, उत्कृष्ट वैज्ञानिक, श्रीमती रुमा ढाका, वैज्ञानिक 'जी', डॉ. ललित मोहन पंत, वैज्ञानिक 'एफ' एवं उपाध्यक्ष, श्री कृष्ण मुरारी, राजभाषा कार्यान्वयन समिति, तकनीकी अधिकारी 'डी' एवं नामित राजभाषा अधिकारी तथा श्री त्रिलोक सिंह, डाटा प्रोसेसिंग अधिकारी का हृदय से आभार प्रकट करता है जिन्होंने डी.आर.डी.ओ., मुख्यालय की वार्षिक हिंदी गृह पत्रिका रक्षा अनुसंधान भारती में शोधपत्र प्रकाशित करने की प्रेरणा एवं अनुमति प्रदान की।

संदर्भ

1] Frank SR. Digital health care: The convergence of health care and the Internet. J Ambul Care Manage 2000;23:8-17.
2] World Health Organization. Classification of digital health interventions v1. 0: A shared language to describe the uses of digital technology for health (No. WHO/RHR/18.06). World Health Organization; 2018.
3] Bajpai N, Wadhwa M. India's National Digital Health Mission. 2020.
4] Available from: https://www.National Family Health Survey (NFHS-5) (rchiips.org).
5] Available from: https://pib.gov.in/Pressreleaseshare. aspx?PRID=1536456
6] ASHA-MIS (karnataka.gov.in).
7] Available from: https://esanjeevaniopd.in.
8] Electronic Vaccine Intelligence Network (eVIN) | National Health Portal Of India (nhp.gov.in)
9] Gopichandran V, Ganeshkumar P, Dash S, Ramasamy A. Ethical challenges of digital health technologies: Aadhaar, India. Bull World Health Organ 2020;98:277-81.
10] Dhingra D, Dabas A. Global strategy on digital health. Indian Pediatr 2020;57:356-8.
11] Rieke N, Hancox J, Li W, Milletarì F, Roth HR, Albarqouni S, et al. The future of digital health with federated learning. Npj Digit Med 2020;3:119.
12] Das AV. People to policy: The promise and challenges of big data for India. Indian J Ophthalmol 2021;69:3052-7.
13] Sarbadhikari SN. Digital health In India–As envisaged by the National Health Policy (2017). BLDE Univ J Health Sci 2019;4:
14] Jobie Budd et al., "Digital technologies In the public-health response to COVID-19", Nature Medicine, https://doi.org/10.1038/s41591-020-1011-4
15] Dean Sitting et al., "COVID-19 and the Need for a National Health Information Technology Infrastructure", https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/ 2766368
16] MeeraSubash et al., "The emerging role of clinical Informatics fellows In service learning during the COVID-19 pandemic", https://doi.org/10.1093/jamia/ocaa241
17] William Hersh, MD Professor, "Impact of COVID-19 on Digital Health and Health Informatics", CBIS'20 – XVII CongressoBrasileiro de InformáticaemSaúde
18] Niles Peek et al., "Digital health and care In pandemic times: Impact of COVID-19", BMJ Health & Care Informatics, http://dx.doi.org/10.1136/bmjhci-2020-100166
19] https://newsletter.indiaai.in/webview/7dafe058-4c77-4166-94dd-28cbc4943d2c
20] http://www.healthdata.org/india
21] "Measuring universal health coverage", The Lancet, 2020, https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30750-9
22] https://www.newindianexpress.com/nation/2019/nov/01/indias-publicexpenditure-on-health-less-than-lower-income-countries-government-data2055553.html

एवियोनिक्स डिजिटल डेटा बस प्रणाली: एक अवलोकन

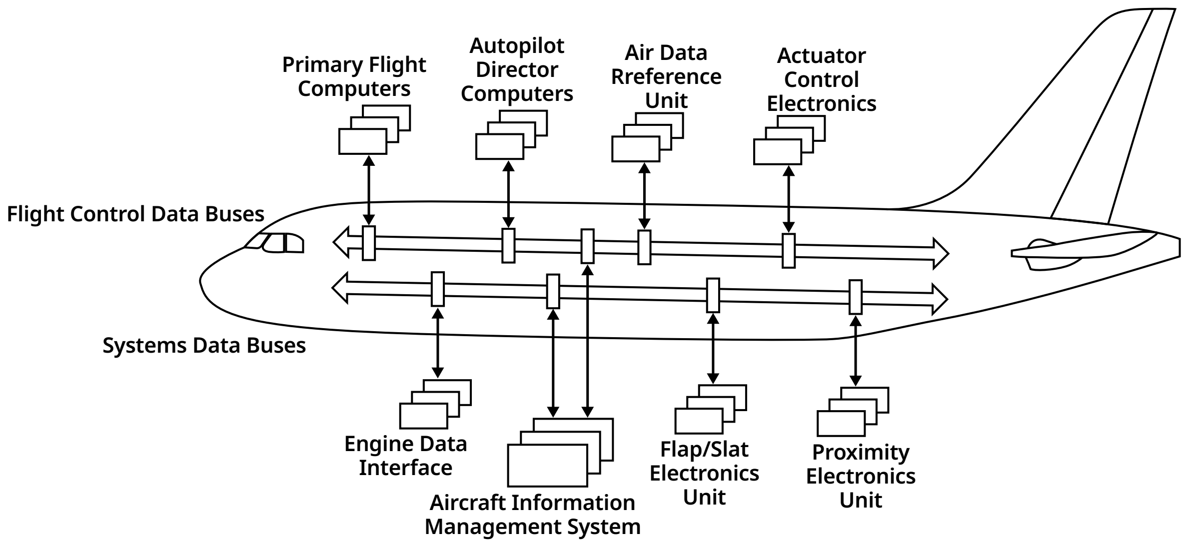
प्रज्ञा मिश्रा

सेना उड़न-योग्यता एवं प्रमाणीकरण केन्द्र (सेमिलाक), बेंगलुरु

pragyamishra.cemilac@gov.in

परिचय

इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों का उपयोग सबसे पहले विमानों, सिग्नलिंग और अंतर-संचार प्रणालियों में किया गया था। विमान में उपयोग किए जाने वाले सभी इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों और प्रणालियों को आम तौर पर "एवियोनिक्स" कहा जाता है। विमानों में प्रयोग किए जाने वाले डिजिटल एवियोनिक्स सिस्टम में सेंसर, डेटा बस, डिस्प्ले और माइक्रोप्रोसेसर इत्यादि का समावेश होता है। ये बाइनरी इलेक्ट्रॉनिक सिग्नल का सामूहिक रूप से उपयोग करके विभिन्न प्रकार के संचालनो के दौरान महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। पिछले कई वर्षों में, एवियोनिक्स क्षेत्र में विभिन्न प्रकार की डेटा-उपभोग करने वाली और डेटा-उत्पादक प्रणालियाँ विकसित की गईं और वर्तमान में ये इतनी महत्त्वपूर्ण हो गई हैं कि स्टीयरिंग और फ्लाई-बाई-वायर जैसे बुनियादी कार्य भी उन पर ही निर्भर हैं। डिजिटल डेटा बस एक कंप्यूटर से दूसरे कंप्यूटर में डिजिटल रूप में सूचना को स्थानांतरित करने का एक साधन है, जो आमतौर पर उच्च बैंडविड्थ वाले सिस्टम के लिए तांबे के तारों या फाइबर-ऑप्टिक केबल के माध्यम से अपने कार्य को सम्पन्न करता है। दूसरे शब्दों में, डिजिटल एवियोनिक्स डेटा बसों को विमान के तंत्रिका तंत्र के रूप में माना जा सकता है, जिसमें डेटा बस द्वारा जुड़े सिस्टम के बीच मल्टीप्लेक्स सिग्नल साझा किए जाते हैं। एक डेटा बस सिस्टम, आधुनिक विमान में स्थापित विविध एवियोनिक्स प्रणाली के बीच डेटा के आदान-प्रदान का कितना कुशल माध्यम है, यह चित्र 1 में दिखाया गया है।



चित्र 1: आधुनिक यात्री विमान में प्रयोग की गई मल्टीबस प्रणाली (चित्र साभार: गूगल)

एवियोनिक्स डिजिटल डेटा बस प्रणाली

डेटा बस पर सूचना 0 और 1 की श्रृंखला में स्थानांतरित की जाती है जो संबंधित मात्रा के बाइनरी कोडित समकक्ष का प्रतिनिधित्व करता है। किसी भी डेटा पैकेट में डेटा शब्दों की एक श्रृंखला होती है, जो एक कमांड शब्द या हेडर से पहले उपस्थित होती है। यह कमांड शब्द डेटा पैकेट के साथ-साथ इसके भीतर सीमित सूचना की मात्रा की पहचान करता है। इसके अलावा, इसमें डेटा की अन्य जानकारियां जैसे- इसकी मात्रा, स्रोत और गंतव्य के बारे में भी सूचना निहित होती है। प्रोटोकॉल किसी सिस्टम के बीच सूचना के प्रवाह को नियंत्रित करने वाले मानक नियमों का एक समूह है। यह डेटा की टक्कर से बचने, डेटा अखंडता, प्रोटोकॉल और इसके संबंधित घटकों द्वारा नियंत्रित बस की गति को भी नियंत्रित करता है। डेटा स्ट्रीम में इसके भीतर दूषण या त्रुटियों का पता लगाने का एक साधन भी शामिल होता है। त्रुटियों का पता लगाने का सबसे आसान तरीका पैरिटी जांच कहलाता है। पैरिटी जांच के लिए, डेटा स्ट्रीम में एक अतिरिक्त बिट (पैरिटी बिट) 0 या 1 जोड़ा जाता है ताकि डेटा स्ट्रीम में 1 के कुल योग को एक सम संख्या बनाया जा सके। पैरिटी जांच केवल एक बिट त्रुटि का पता लगाने में सक्षम है। यही कारण है कि यह केवल छोटे संदेशों के लिए उपयुक्त है। लंबे संदेशों में अतिरिक्त बिट्स जोड़े जाते हैं ताकि त्रुटि पहचान क्षमता में सुधार किया जा सके। इसे चक्रीय अतिरेक जांच (साइक्लिक रिडंडेसी चेक) कहा जाता है। चित्र 2 और चित्र 3 क्रमशः डेटा शब्द और डेटा स्ट्रीम के प्रारूप को दर्शाते हैं।

← → **डेटा बिट्स**

वैलिडीटी बिट	कंट्रोल बिट											स्पेयर बिट	पैरिटी बिट

चित्र 2: डेटा वर्ड का निरूपण

कमांड वर्ड		**डेटा वर्ड**	**डेटा वर्ड**	**डेटा वर्ड**	**डेटा वर्ड**

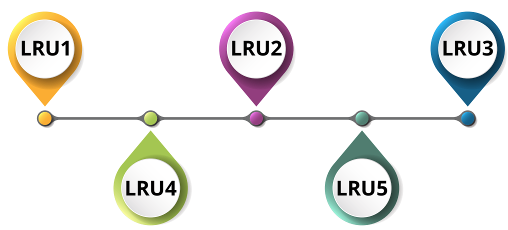
चित्र 3: डेटा स्ट्रीम का निरूपण

सांस्थिति (टोपोलॉजी)

डेटा बस में आम तौर पर एक रैखिक टोपोलॉजी होती है। लेकिन जब हम मल्टीपल डेटा-लिंक बस टोपोलॉजी में एक से अधिक लिंक के साथ इसकी जटिलता को बढाते हैं, तो हम इसे नीचे दिये गये विभिन्न तरीकों से व्यवस्थित कर सकते हैं:

1. रैखिक/बस टोपोलॉजी

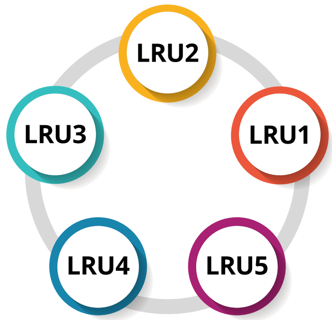
- इसमें सभी एल.आर.यू सभी प्रकार के ट्रांसमिशन को सुन सकते हैं।
- इसमें सभी एल.आर.यू को बस में रैखिक रूप से जोड़ा जाता है।



2. रिंग टोपोलॉजी

» इसमें सभी संदेश क्रमिक रूप से एक एल.आर.यू से अगले एल.आर.यू में रिंग संरचना पथ पर प्रेषित किए जाते हैं।

» किसी भी नए एल.आर.यू को जोड़ने के लिए, रिंग संरचना को तोड़ना पड़ता है।

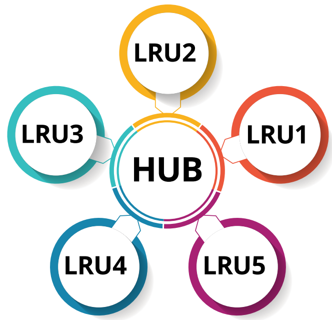


3. स्टार टोपोलॉजी

» एल.आर.यू एक केंद्रीय हब, स्विच या राउटर से जुड़े होते हैं।

» कोई भी संदेश हब के माध्यम से अन्य सभी एल.आर.यू में भेजा जाता है।

» स्विच पर पोर्ट लगाकर किसी भी एल.आर.यू को जोड़ा जा सकता है।



डेटा बसों की विशेषताएँ

एवियोनिक्स डेटा बसों की सबसे वांछनीय विशेषताएँ निम्नलिखित हैं:

- **कम विलंबता:** "विलंबता" डेटा बस प्रणाली में अनुरोध और प्रतिक्रिया के बीच समय के अंतराल की माप है। कम विलंबता वाला डेटा बस वास्तविक समय (रियल टाईम) के अनुप्रयोगों हेतु बहुत ही महत्त्वपूर्ण हैं। अत: इनके उच्च व कुशल प्रदर्शन हेतु डेटा विलंबता पर सावधानीपूर्वक विचार किया जाना चाहिए, विशेष रूप से तब जब ट्रांसमिशन, ट्रांसमीटर और रिसीवर दोनों की ही नमूना दरों के साथ प्रकृति में गैर-समकालिक है।
- **उच्च दक्षता:** यदि बस पर प्रेषित उपयोगी डेटा की मात्रा कुल प्रेषित बिट्स की तुलना में तुलनात्मक रूप से अधिक है, तो डेटा बस को उच्च कुशल कहा जाएगा। डेटा प्रेषण की तेज दर किसी भी डेटा बस की एक अत्यंत महत्त्वपूर्ण वांछनीय विशेषता है।
- **नियतात्मक:** सुरक्षा-महत्त्वपूर्ण और समय-महत्त्वपूर्ण प्रणालियों को पूर्वानुमानित व्यवहार की आवश्यकता होती है। टकराव से बचने के प्रोटोकॉल और अतुल्यकालिक संचरण स्वभाव से गैर-नियतात्मक हैं।
- **उच्च अखंडता:** डेटा बस की यह विशेषता त्रुटियों का पता लगाने और उन्हें ठीक करने के लिए आवश्यक है। (इसमें संदेश को फिर से प्रसारित करना शामिल है)

एनकोडिंग

एनकोडिंग डेटा या अक्षरों, वर्णों, प्रतीकों आदि के दिए गए अनुक्रम को एक निश्चित व्यवस्था में परिवर्तित करने की विधि है, ताकि डेटा को सुरक्षित रूप से प्रेषित किया जा सके। एनकोडिंग की विपरीत या रिवर्स प्रक्रिया को डिकोडिंग कहा जाता है। डिजिटल डेटा को डिजिटल सिग्नल में एनकोड करने के दौरान वोल्टेज या करंट लेवल के विभिन्न पैटर्न को ट्रांसमिशन लिंक पर डिजिटल सिग्नल के 1 और 0 के रूप में दर्शाया जाता है। बाइपोलर एनकोडिंग, नॉन रिटर्न टू जीरो-एन.आर.ज़ेड स्कीम, रिटर्न टू जीरो (आर.ज़ेड), मैनचेस्टर एनकोडिंग आदि एनकोडिंग स्कीम के सामान्य प्रकार हैं।

ट्रांसमिशन मोड

ट्रांसमिशन मोड या संचार मोड का मतलब है–दो डिवाइस के बीच डेटा ट्रांसफर करने का एक तरीका। डेटा के ट्रांसमिशन मोड के तीन प्रकार हैं, जिनका वर्णन नीचे दिया गया है:

1. **सिंप्लेक्स मोड:** सिंप्लेक्स मोड में संचार एक तरफा होता है यानी दो में से केवल एक डिवाइस को लिंक पर डेटा संचारित करने की अनुमति होती है। दूसरे को केवल प्राप्त करने की अनुमति होती है। सिंप्लेक्स मोड में एक दिशा में डेटा भेजने के लिए चैनल की संपूर्ण क्षमता का उपयोग करने की क्षमता मौजूद होती है। उदाहरण के लिए पारंपरिक मॉनिटर और कीबोर्ड। कीबोर्ड केवल इनपुट भेज सकता है जबकि मॉनिटर केवल आउटपुट दे सकता है।

2. **हाफ-डुप्लेक्स मोड:** ट्रांसमिशन के इस मोड में, प्रत्येक स्टेशन डेटा को संचारित भी कर सकता है और प्राप्त भी कर सकता है, लेकिन ऐसा एक ही समय पर किया जाना संभव नहीं है। किसी समय पर एक डिवाइस डेटा को भेज रहा होता है, तो दूसरा केवल उसे प्राप्त कर सकता है और इसके विपरीत किसी समय पर डेटा भेजने वाला डिवाइस डेटा को प्राप्त कर रहा होता है। हाफ-डुप्लेक्स मोड का उपयोग उन मामलों में किया जाता है जहां एक ही समय में दोनों दिशाओं में संचार की आवश्यकता नहीं होती है। चैनल की पूरी क्षमता का उपयोग प्रत्येक दिशा के लिए किया जा सकता है। जैसे कि वॉकी-टॉकी जिसमें संदेश दोनों दिशाओं में भेजा जा सकता है, लेकिन विशेष समय पर केवल एक दिशा से।

3. **फुल-डुप्लेक्स मोड:** फुल-डुप्लेक्स मोड में, दोनों छोर एक साथ डेटा संचारित और प्राप्त कर सकते हैं। फुल-डुप्लेक्स मोड का उपयोग तब किया जाता है, जब हर समय दोनों दिशाओं में संचार की आवश्यकता होती है। हालाँकि, चैनल की क्षमता दोनों दिशाओं के बीच विभाजित हो जाती है। संचार के इस मोड में, एक दिशा में जाने वाले सिग्नल दूसरी दिशा में जाने वाले सिग्नल के साथ लिंक की क्षमता साझा करते हैं। यह साझाकरण दो तरीकों से हो सकता है:
   - » या तो लिंक में दो भौतिक रूप से अलग ट्रांसमिशन पथ होने चाहिए, एक डेटा भेजने के लिए और दूसरा डेटा प्राप्त करने के लिए।
   - » या क्षमता को दोनों दिशाओं में यात्रा करने वाले सिग्नल के बीच विभाजित किया जाता है। उदाहरण के लिए टेलीफोन नेटवर्क जिसमें दो व्यक्तियों के बीच एक टेलीफोन लाइन द्वारा संचार होता है, जिसके माध्यम से दोनों एक साथ बात कर सकते हैं और सुन सकते हैं।

एवियोनिक्स डेटा बस मानक

आधुनिक विमानों में डेटा संचारित करने के लिए कई प्रकार के एवियोनिक डेटा बस का उपयोग किया जाता है, जिनमें से प्रत्येक की अपनी अनूठी विशेषताएं और लाभ हैं। कुछ मानक दस्तावेज हैं, जो अधिकांश एवियोनिक्स डेटा इंटरचेंज के लिए जिम्मेदार हैं। ये मानक डेटा बसों से जुड़े उप-प्रणालियों के लिए संचार की विधि और विद्युत इंटरफ़ेस आवश्यकताओं का वर्णन करते हैं। ARINC 429, MIL 1553B, AFDX, CANbus और कई अन्य मानक हैं जो डेटा बस आवश्यकता विनिर्देशों के बारे में मार्गदर्शन करते हैं।

1. **एरिंक 429 (ARINC 429):** ARINC 429, जिसे डिजिटल सूचना हस्तांतरण प्रणाली (डी.आई.टी.एस) भी कहा जाता है, पहली बार 1977 में प्रकाशित हुआ था। तब से लेकर आज तक यह वाणिज्यिक और सैन्य विमानों में सबसे अधिक इस्तेमाल की जाने वाली डेटा बस रही है। इस डेटा बस की कम लागत और स्थापनाओं के एकीकरण के गुण इसे आसान और व्यापक रूप से प्रयोज्य बनाते हैं। विशेष बात यह है कि 1977 में प्रकाशित होने के बाद आज तक इसमें कोई संशोधन नहीं किया गया है और आज भी यह अपने मूल रूप में आधुनिक विमानों में प्रयोग किया जा रहा है। यह एक एकदिशीय बस है, जिसमें बाइपोलर रिटर्न टू जीरो एनकोडिंग का प्रयोग किया गया है। ARINC 429 डेटा दर के दो मानकों का समर्थन करता है। इसकी 12 से 14 kbps तक की कम गति वाली डेटा दर का उपयोग नियंत्रण पैनलों, कम डेटा सामग्री वाले सेंसर के साथ संचार के लिए किया जाता है। जबकि उच्च गति वाली डेटा दर यानी 100 kbps का उपयोग एवियोनिक्स कंप्यूटरों के बीच संचार करने के लिए किया जाता है। यह एक ही बस पर 20 रिसीवर तक का समर्थन कर सकता है। यह सरलता और उपयोग में आसानी के साथ एकल स्रोत, मल्टीसिंक, रैखिक टोपोलॉजी डेटा बस है। लेकिन इसमें असफल या दूषित संदेश के लिए कोई हैंडशेक या त्रुटि–पुनर्प्राप्ति के लिए क्रियाविधि उपलब्ध नहीं है।

2. **एरिंक 629 (ARINC 629):** ARINC विनिर्देश 629 एक डिजिटल संचार प्रणाली को परिभाषित करता है। इसमें एक रैखिक टोपोलॉजी (बस), मल्टीसिंक और मल्टीसोर्स नेटवर्क है। इसमे उपयोग किए जाने वाले प्रोटोकॉल को कैरियर सेंस मल्टीपल एक्सेस/टकराव से बचाव के रूप में नामित किया गया है। इस प्रोटोकॉल में, बस तक पहुँचने और बस में डेटा स्थानांतरित करने के लिए प्रत्येक टर्मिनल को एक निश्चित समय स्लॉट आबंटित किया जाता है। प्रत्येक टर्मिनल केवल आवंटित समय स्लॉट में ही डेटा संचारित कर सकता है और इस प्रकार डेटा के किसी भी टकराव को दूर करता है। बस की पहुंच का नियंत्रण सभी योगदान देने वाले टर्मिनलों के बीच वितरित किया जाता है। ARINC 629 मानक को बोइंग 777 पर लागू किया गया था।

3. **एरिंक 664 (ARINC 664 Part 7) (AFDX):** ARINC 664, जिसे एवियोनिक्स फुल-डुप्लेक्स स्विच्ड इथरनेट (ए.एफ.डी.एक्स) के नाम से भी जाना जाता है, एक नया डेटा बस मानक है, जिसे पारंपरिक एवियोनिक डेटा बसों की सीमाओं को संबोधित करने के लिए विकसित किया गया था। ए.एफ.डी.एक्स का डेटा नेटवर्क कमर्शियल ऑफ-द-शेल्फ (सी.ओ.टी.एस) घटकों का उपयोग करके 'इथरनेट' तकनीक पर आधारित है। इथरनेट एक लोकप्रिय डेटा बस है, जिसका व्यापक रूप से विमानन सहित कई अलग-अलग उद्योगों में उपयोग किया जाता है। यह एक हाई-स्पीड बस है, जो 10 Gbps तक की डेटा दरों का समर्थन कर सकती है। इथरनेट एक द्विदिशिय बस है जो बड़ी संख्या में उपकरणों का समर्थन कर सकती है और इसकी यहीं उपयोगिता इसे आधुनिक एवियोनिक प्रणालियों के लिए एक आकर्षक विकल्प बनाती है। आधुनिक एवियोनिक प्रणालियों में उच्च बैंडविड्थ और वास्तविक समय डेटा स्थानांतरण की आवश्यकता होती है। यह टकराव का पता लगाने के साथ कैरियर सेंस मल्टीपल एक्सेस प्रोटोकॉल पर आधारित है। इस प्रोटोकॉल में सभी टर्मिनल टकराव के लिए अपने ट्रांसमिशन की निगरानी करते हैं। यदि यह पता चलता है कि ट्रांसमिशन में कुछ दूषण है, तो संचारित टर्मिनल संचरण करना बंद कर देते हैं। संचारित टर्मिनल एक यादृच्छिक समय अवधि तक प्रतीक्षा करने के बाद ट्रांसमिशन को फिर से शुरू करता है। यादृच्छिक रूप से, सभी टर्मिनलों में से किसी एक टर्मिनल को पहले बस तक पहुंच प्राप्त हो जाती है और इस प्रकार यह सुनिश्चित हो जाता है कि पुनः प्रयास किया गया ट्रांसमिशन दूषित नहीं होगा।

4. **एरिंक 818 एवियोनिक्स डिजिटल वीडियो बस (फाइबर चैनल):** ARINC 818 को 2007 में विकसित किया गया था। यह एक एवियोनिक्स डिजिटल वीडियो बस (ए.डी.वी.बी) है। ARINC 818 को दो प्रमुख एयरोस्पेस कार्यक्रमों, एयरबस A400M और बोइंग 787 द्वारा अपनाया गया था। यह वीडियो डेटा के सीरियल ट्रांसमिशन के लिए पॉइंट-टू-पॉइंट प्रोटोकॉल है, जिसमें 8B/10B एनकोडिंग का प्रयोग किया गया है। यह प्रोटोकॉल वीडियो-केंद्रित और बहुपयोगी है। जब किसी वीडियो फ्रेम को लक्ष्य यानी डिस्प्ले यूनिट तक पहुँचने के लिए ग्राफिक जनरेटर या मिशन प्रोसेसर द्वारा तैयार किया जाता है, तो इसे ए.डी.वी.बी कंटेनर नामक ट्रांसपोर्ट यूनिट में बदल दिया जाता है। इस कंटेनर के भीतर के पैकेट को ए.डी.वी.बी फ्रेम कहा जाता है। एक वीडियो फ्रेम में कई ए.डी.वी.बी फ्रेम होते हैं। ARINC 818 एक ही लिंक पर कई वीडियो स्ट्रीम को मल्टीप्लेक्स करने की अनुमति देता है। यह उच्च गति की डेटा-संचरण क्षमता रखता है और इस प्रकार तीव्र गति से डेटा संचरण कर वीडियो सिग्नल का वास्तविक समय संचरण प्रदान करता है। यह मिशन जटिल प्रयोज्यता के लिए अत्यंत ही महत्त्वपूर्ण है।

5. **कैन बस (CANbus):** शुरुआत में यह ऑटोमोटिव अनुप्रयोगों के लिए कम लागत वाली या किफायती डेटा बस थी। यह एक सीरियल संचार प्रोटोकॉल है जो उच्च स्तर की सुरक्षा के साथ वितरित वास्तविक समय नियंत्रण प्रदान करता है। CANbus को ग्राउंड वाहनों के लिए व्यापक रूप से अपनाया गया है क्योंकि इसमें इसके प्रभावी अनुप्रयोग हैं। इसे सबसे पहले मर्सिडीज-बेंज कारों में लगाया गया था। अब, यह एयरोस्पेस अनुप्रयोगों में अपनी पैठ बना रहा है। यह एक मल्टीसोर्स, मल्टीसिंक, ब्रॉडकास्ट डेटा बस है। CANbus नोड्स आमतौर पर एक्ट्यूएटर, सेंसर और अन्य नियंत्रण उपकरण होते हैं, जिनमें समय-महत्त्वपूर्ण डेटा की छोटी मात्रा होती है। CANbus एक बहुत ही विश्वसनीय प्रणाली है जिसमें कई प्रकार के त्रुटि जांच जैसे बिट त्रुटि, चक्रीय अतिरेक जांच (सी.आर.सी) आदि कि सुविधा उपलब्ध है।

आधुनिक एवियोनिक्स में नेटवर्किंग डिज़ाइन को उच्च स्तर की सुरक्षा, बचाव, अतिरिक्तता के साथ-साथ विफलता से बचाव डिफॉल्ट को प्रदान करना चाहिए। आज के वाणिज्यिक और सैन्य विमान अलग-अलग विशेषताओं के साथ अलग-अलग एवियोनिक्स डेटा और वीडियो बस प्रौद्योगिकियों का उपयोग करते हैं, जिनमें ARINC 429, MIL-STD-1553, ARINC 664, फाइबर चैनल, ARINC 818 और ईथरनेट और कई अन्य शामिल हैं। आने वाले समय में डेटा संचरण तकनीकें ज्यादातर एकीकृत मॉड्यूलर एवियोनिक्स (आई.एम.ए) पर केंद्रित हो सकती हैं।

निष्कर्ष

इस प्रकार की विकसित तकनीकों के और बेहतर प्रदर्शन के लिए डेटा की सुरक्षा और संपूर्ण अखंडता के साथ-साथ विश्वसनीयता की भी भरपूर आवश्यकता होगी। भविष्य की इन आवश्यकता को पूरा करने के लिए, एक एवियोनिक्स सिस्टम डिजाइनर उपलब्ध मानकों के अनुसार उपयुक्त डेटा बसों और नेटवर्क प्रौद्योगिकियों का चयन और एकीकरण कर सकता है।

✦✦✦

वाक् पहचान प्रणाली: एक परिचय

शिल्की सुमन

संसदीय कार्य, राजभाषा तथा संगठन पद्धति निदेशालय (डीआरडीओ मुख्यालय), नई दिल्ली

silky.suman@gmail.com

परिचय

मानव की भाषाओं ने जब विज्ञान से हाथ मिला ली
हुआ द्रुतगामी सुदूर संप्रेषण, आई वाक् पहचान प्रणाली

भाषा आदिकाल से ही सभी जीवधारियों के लिए संप्रेषण का सर्वोत्तम माध्यम रही है फिर चाहे वे सांकेतिक हो या शाब्दिक लिखित रूप से व्यक्त हो या मौखिक रूप से। यह एक ऐसा विज्ञान है जो एक जीवधारी के मंतव्य को विशिष्ट ध्वनियों (वर्णों) के सुनियोजित समायोजनों (शब्दों) के समीकरणों यानी वक्तव्यों में परिणत कर उसी समुदाय के दूसरे जीवधारी के संज्ञान तक संप्रेषित करने की प्रक्रिया को संभव बनाता है। परंतु, हवा के माध्यम में ध्वनि निर्मित मौखिक भाषा के माध्यम से वक्तव्य के संप्रेषण की एक सीमा होती है जो जीवधारी के श्रवण रेंज तक सीमित होती है। प्रकृति की सर्वोत्तम रचना एवं सभी जीवधारियों में श्रेष्ठ मानव ने अपने समुदाय में वक्तव्य के संप्रेषण के रेंज का अनियमित विस्तार करने के लिए भाषा के लिखित रूप की रचना कर विकास के सोपान पर आगे बढ़ते हुए एक बार पुनः भाषा की दुनिया में स्वयं को अन्य जीवधारी से श्रेष्ठ साबित कर दिया। भाषा का लिखित रूप वक्तव्य संप्रेषण की सीमा के अनियमित विस्तार के लिए अनुकूल तो था परंतु, यह संप्रेषण संचार के माध्यम (डाक, टेलीग्राम आदि) एवं भौतिक परिवहन पर निर्भर होने के कारण दीर्घावधिक था। अतः वक्तव्य के तीव्र संप्रेषण की आवश्यकता भाषा के क्षेत्र में मानव के समक्ष एक नई चुनौती बनकर सामने आया। आवश्यकता बनकर उभरी इस चुनौती को स्वीकार कर मानव ने विज्ञान का रुख लेते हुए दूरभाष का आविष्कार कर भाषा संप्रेषण के क्षेत्र में क्रांतिकारी विकास की ओर कदम बढ़ाया। दूरभाष के आविष्कार ने वक्तव्य के संप्रेषण को सुदूर एवं तीव्रगामी बनाते हुए मौखिक भाषा के संप्रेषण की सीमा को अनियमित रूप से विस्तृत एवं तीव्रगामी तो बना दिया परंतु भाषा के लिखित रूप का सुदूर तीव्रगामी संप्रेषण अभी भी एक चुनौती थी। समय के साथ मानव ने विज्ञान के गर्भ से कंप्यूटर एवं इंटरनेट जैसे विलक्षण आविष्कारों को संभव कर वक्तव्य के सुदूर एवं अत्यंत तीव्रगामी लिखित संप्रेषण की चुनौती को पूर्ण कर दिखाया और इसके साथ ही वक्तव्य संप्रेषण की प्रक्रिया ने विज्ञान से जुड़कर प्रौद्योगिकी का रूप लिया। सूचना प्रौद्योगिकी के नाम से विख्यात वक्तव्य के अत्यंत तीव्रगामी सुदूर संप्रेषण की इस वैज्ञानिक प्रक्रिया ने मानव संवाद एवं भाषा संप्रेषण के क्षेत्र में अपूर्व क्रांति लाते हुए एक बार पुनः मानव को विकास के ऊंचे सोपान पर पहुंचा दिया। परंतु, विकास के सोपान का कोई अंत नहीं अर्थात लिखित वक्तव्य के तीव्रगामी सुदूर संप्रेषण के क्षेत्र में सूचना प्रौद्योगिकी के अंतर्गत भी विकास के कुछ सोपान अभी बाकी थे। सूचना प्रौद्योगिकी ने लिखित वक्तव्य के सुदूर संप्रेषण को तो तीव्र बना दिया परंतु संप्रेषण की पूरी प्रक्रिया में लगने

वाला समय प्रक्रिया के प्रारंभिक चरण यानी कंप्यूटर निहित संदर्भित सॉफ्टवेयर में लिखित वक्तव्य का इनपुट डालने पर निर्भर था जिसके लिए मानव टंकण प्रणाली पर निर्भर था। टंकण, जो की एक मानव चालित साइकोमोटर गतिविधि है, की गति पारंपरिक हस्तलेखन की गति से तीव्र तो थी परंतु सूचना प्रौद्योगिकी के माध्यम से वक्तव्य के संप्रेषण के लिए कंप्यूटर निहित संदर्भित सॉफ्टवेयर में लिखित वक्तव्य का इनपुट डालने की एक ऐसी अपेक्षित एवं अभीष्ट गति से कम थी जो निरंतर विकासोन्मुख प्रवृत्ति से लैस मानव मस्तिष्क की चेतना में परिकल्पित हो रहा था, जिसके लिए एक बार पुनः मानव ने कंप्यूटर निहित सॉफ्टवेयर में लिखित वक्तव्य के इनपुट में अभीष्ट गति लाने हेतु इस प्रक्रिया में भी प्रौद्योगिकी लाने की चेष्टा करते हुए विज्ञान से गुहार लगाई एवं प्रकृति में छुपे रहस्यों को ढूंढ निकालने के वरदान से समृद्ध विज्ञान ने मानव के समक्ष "वाक् पहचान प्रणाली" का उपहार प्रस्तुत किया। वाक् पहचान प्रणाली एक ऐसी प्रणाली है जिसके द्वारा वैज्ञानिक उपकरणों एवं तकनीकों का एक समूह मानव द्वारा बोले गए शब्दों एवं वाक्यों को स्वीकार कर उन्हें एक इलेक्ट्रॉनिक एवं कंप्यूटर प्रौद्योगिकी (सॉफ्टवेयर) से मिलकर बनी संयुक्त प्रक्रिया से गुजरते हुए सेकेंड के 100वें हिस्से या उससे भी कम समय में लिखित वक्तव्य में परिणत कर कंप्यूटर निहित संदर्भित सॉफ्टवेयर में दर्ज कर सकता है। आइए इस प्रणाली के विकास, इसकी कार्य प्रणाली के विषय में एक संक्षिप्त परिचय प्राप्त करें।

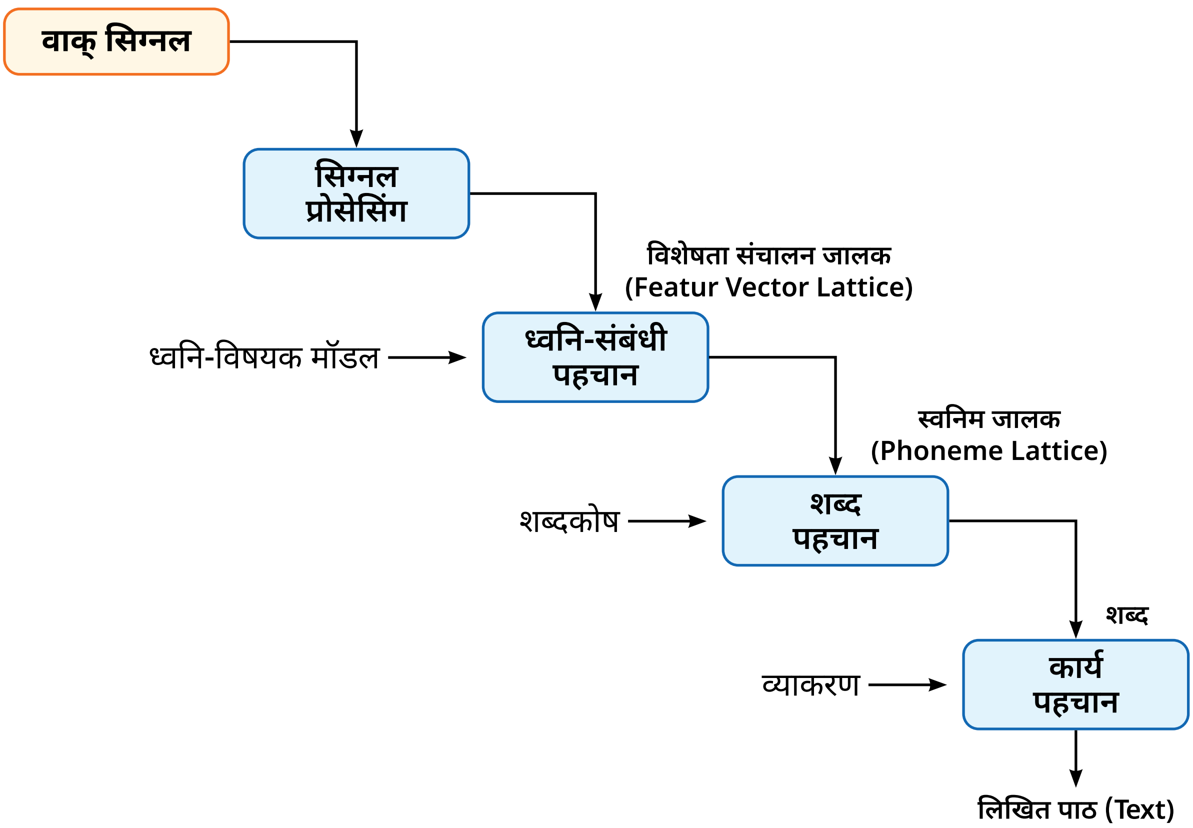
वाक् पहचान प्रणालियों का विकास: सन् 1784 में वियना के एक विद्वान ने पहली ध्वनिक यांत्रिक वाक् मशीन का आविष्कार किया। उसके बाद 1879 में थॉमस एडिसन ने पहली श्रुतलेख मशीन का आविष्कार किया। इस श्रृंखला को जारी रखते हुए 1952 में बेल प्रयोगशालाओं में अगली वाक् पहचान प्रणाली विकसित की गई जो 90% सटीकता के साथ बोले गए अंकों को पहचानने में सक्षम थी, लेकिन यह केवल अपने आविष्कारक द्वारा बोले गए अंको को ही पहचान सकती थी। 1970 में एक विद्वान हार्पी प्रणाली लेकर आए जो 1000 से अधिक शब्दों को पहचानने में सक्षम थी और विभिन्न उच्चारणों और कुछ वाक्यांशों को पहचान सकती थी। 80 के दशक में "हिडेन मार्कोव मॉडल" के प्रवेश के साथ वाक् पहचान प्रणाली का विकास जारी रहा, जिसमें ध्वनि तरंगों के विश्लेषण के लिए व्यापक स्तर पर गणितीय दृष्टिकोण का उपयोग किया गया जिसने कई आगामी सफलताओं को जन्म दिया। जल्द ही 80 के दशक में 'हिडेन मार्कोव मॉडल' के आविष्कार के साथ 1986 में आईबीएम तंगोरा ने इस मॉडल का उपयोग किया जो वक्तव्य में आने वाले स्वनिम का पूर्वानुमान करने में सक्षम था। सन् 2006 में एनएसए (राष्ट्रीय सुरक्षा एजेंसी) ने रिकॉर्ड किए गए भाषण में प्रमुख शब्दों को विभाजित करने के लिए वाक् पहचान प्रणाली का उपयोग करना शुरू किया। इसके बाद वाक् पहचान प्रौद्योगिकी के विकास में तेजी से वृद्धि आई जब फेसबुक, गूगल, अमेजॉन, माइक्रोसॉफ्ट और एप्पल जैसी दुनिया की शीर्ष आईटी कंपनियों ने गूगल होम, अमेजॉन, माइक्रोसॉफ्ट और एप्पल सिरी और कई अन्य सेवाओं के माध्यम से विभिन्न उपकरणों में इस कार्य क्षमता को पेश करना शुरू किया। इन शीर्ष तकनीकी कंपनियों का लक्ष्य वॉइस असिस्टेंट को अधिक सटीकता के साथ प्रतिक्रिया और उत्तर देने में सक्षम बनाना है।

कार्यप्रणाली

यह प्रणाली ध्वनिक मॉडलिंग और भाषा मॉडलिंग के नाम से लोकप्रिय तकनीकों का उपयोग करके काम करती है। ध्वनिक मॉडलिंग ऑडियो संकेतों और स्वानिमों के भाषाई खंडों के बीच सांख्यिकीय संबंध का प्रतिनिधित्व करता है, दूसरी ओर भाषा मॉडलिंग किसी दिए गए शब्द अनुक्रम में शब्द खंडों के संभावित वितरण का प्रतिनिधित्व करता है। वाक् पहचान प्रौद्योगिकी को कार्यान्वित करने में सक्षम मशीनों के कार्य निष्पादन का मूल्यांकन निम्नांकित दो मापदंडों में किया जाता है:

- सटीकता (बोले गए शब्दों एवं वाक्यांशों को लिखित वक्तव्य में परिणत करने में प्रतिशत त्रुटि)
- गति (मानव वक्ता की वाक् गति को कायम रखते हुए उसे लिखित वक्तव्य में दर्ज करने की मशीनों की कार्य क्षमता की सीमा)

जब कोई वक्ता वाक् प्रस्तुत करता है तो इससे हवा में ध्वनि कंपन उत्पन्न होता है और इस भाषण को ऑन स्क्रीन टेक्स्ट में बदलने के लिए कंप्यूटर को कई जटिल चरणों से गुजरना पड़ता है। वाक् रूपांतरण की इस प्रक्रिया में क्लाइंट द्वारा प्रस्तुत क्वेरी ध्वनिक वाक् वैक्टर के रूप में पर्याप्त संख्या में वैक्टर निकालती है जो संचार चैनल के माध्यम से उच्चारण का प्रतिनिधित्व करते हैं। फिर प्रणाली अवांछित संकेतों और शोर को हटाने के लिए और के वि कभीकभी इसे आवृत्ति–भिन्न बैंडों में अलग करने के लिए डिजिटाइज्ड ध्वनि को फिल्टर करता है। फिल्टर किए गए संकेतों को फिर सामान्यकृत किया जाता है और एक स्थिर वॉल्यूम स्तर पर समायोजित किया जाता है ताकि उन्हें आसानी से 1 सेकंड के 100वें हिस्से यहां तक कि अवरोधी निरंतर ध्वनियों की स्थिति में सेकंड के 1000वें हिस्से में छोटे खंडों में विभाजित किया जा सके। फिर ध्वनियां सर्वर पर भेजी जाती है और हिडेन मार्कोव मॉडल, व्याकरण, शब्दकोषों का उपयोग करके संकेतों को प्राकृतिक भाषा प्रोसेसर और डेटाबेस प्रोसेसर का उपयोग करके पाठ में डिकोड किया जाता है। इसमें अनुकूलित (एसक्यूएल (स्ट्रक्चर्ड क्वेर लैंग्वेज)) कथन डेटाबेस में पूर्ण लिखित पाठ की खोज करते हैं। खोजे गए कथनों पर आगे की प्रक्रिया निष्पादित की जाती है ताकि एक सकल संग्रहित प्रश्न प्राप्त हो सके जिसके उत्तर फाइल पथ के माध्यम से लिए जाते हैं और संपीड़ित रूप में क्लाइंट को भेजे जाते हैं। क्लाइंट के पास पहुंचने के बाद टेक्स्ट टू स्पीच इंजन का उपयोग करके उपयोगकर्ता की क्वेरी का उत्तर अब उसे उसकी मूल भाषा में प्रस्तुत किया जाता है। हिडेन मार्कोव मॉडल के माध्यम से उपरोक्त वर्णित प्रक्रिया की पूरी प्रक्रिया चित्र-1 में दर्शाई गई है।



चित्र 1: एच एम एम मॉडल से वाक् पहचान की प्रक्रिया

वाक् पहचान प्रणाली में अपनाई गई उन्नतियां

वाक् पहचान प्रौद्योगिकी में काफी तेजी से व्यापक संशोधन हुए हैं। सालों पहले कंप्यूटर से बातचीत करने के लिए इंजीनियर होने की जरूरत होती थी लेकिन आज हर कोई कंप्यूटर के साथ वार्तालाप संचालित कर सकता है। एक तथ्य, जो अभी भी विकास की प्रारंभिक अवस्था में है, वह है समझ, जिसके लिए वर्तमान पीढ़ी को कहीं अधिक परिष्कृत भाषा समझ मॉडल की आवश्यकता है जो यह समझने में सक्षम हो सके की वाक्य का अर्थ क्या है। तेजी से बढ़ते हुए समय की गति की अनुकूलता में आईईए (इंटरेक्टिव इलेक्ट्रॉनिक एजेंट) के उपयोग के साथ इस प्रणाली में कुछ संशोधनों को अपनाया गया है जो सुझाव और प्रश्नों के साथ उक्त पारस्परिक वाक् आधारित सत्रों के दौरान प्रयोक्ता को संकेत प्रदान करता है। इसके अलावा इंटरेक्टिव इलेक्ट्रॉनिक एजेंट उक्त एनएलपी (नेचुरल लैंग्वेज प्रोसेसिंग) के सार की पुष्टि करता है। पुष्टि को जारी रखते हुए यह एजेंट प्राकृतिक भाषा इंजन और डेटाबेस प्रोसेसर से प्रयोक्ता को उक्त प्रतिक्रिया प्रदान करते हैं।

वर्तमान में मानव मस्तिष्क और मानव मस्तिष्क में सीखने की प्रक्रिया भाषा समझ जैसी चीजों में कहीं बेहतर है। इस तथ्य के समर्थन में विकासकर्ता और शोधकर्ता ने अब 'न्यूरल नेटवर्क' की ओर रुख लिया है जो इस मौजूदा प्रौद्योगिकी से बेहतर कार्य करते हैं। मस्तिष्क में कई अरब न्यूरॉन समानांतर रूप से काम करते हैं और मस्तिष्क में सभी ज्ञान मस्तिष्क में न्यूरॉनस के बीच सह संबंध का परिणाम है। एक न्यूरल नेटवर्क को भी उसी तरह काम करने के लिए विकसित किया गया है जिस तरह हमारा मस्तिष्क काम कर रहा है। न्यूरल नेटवर्क प्रौद्योगिकी के आगमन के साथ वे अपने आप ही फीचर को पहचान लेते हैं वे फीचर सीख सकते हैं। फिर वह फीचर की विशेषता को समझ सकते हैं; और फिर वह फीचर की विशेषताओं की विशेषताओं को भी सीख सकते हैं। इस निरंतर प्रक्रिया के साथ वाक् पहचान प्रणाली में काफी सुधार हुआ है।

डायनेमिक टाइप वॉरपिंग एल्गोरिथम और हिडेन मार्कोव मॉडल के बीच तुलना

वाक् पहचान प्रणालियों के विकास के युग से मशीनों और प्रणालियों में वाक् पहचान तकनीक को लागू करने के लिए कई अलग-अलग तरीकों को अपनाया गया है जिनमें से डीटीडब्ल्यू (डायनेमिक टाइप वॉरपिंग) एल्गोरिदम और एचएमएम (हिडेन मार्कोव मॉडल) सभी समय के लिए आकर्षण का केंद्र रहे हैं। तालिका-1 में डीटीडब्ल्यू और एचएएम के बीच तुलना प्रस्तुत की गई है।

तालिका-1 डीटीडब्ल्यू और एचएएम की तुलना

डीटीडब्ल्यू	एचएएम
डायनेमिक टाइप वॉरपिंग एक एल्गोरिथम है जिसका उपयोग दो ऐसे सिगनलों के बीच पैटर्न मिलान के लिए किया जाता है जो गति और समय में भिन्न होते हैं।	हिडेन मार्कोव मॉडल एक ऐसा मॉडल है जिसका उपयोग छुपी हुई या इंद्रियों से ओझल हुई अवस्थाओं का अध्ययन करने के लिए किया जाता है।
डिटीडब्ल्यू को ऑडियो, वीडियो एवं ग्राफिक डेटा के अस्थायी अनुक्रम में अनुप्रयुक्त किया गया है।	एचएमएम मॉडल गणितीय गणनाओं का उपयोग कर मॉडलिंग की रूपरेखा प्रदान करता है।

डीटीडब्ल्यू	एचएएम
डीटीडबल्यू का उपयोग व्यापक तौर पर वक्ता की पहचान, ऑनलाइन हस्ताक्षर की पहचान के क्षेत्र में एवं आंशिक रूप से आकृति मिलान के अनुप्रयोगों में किया जाता है।	एचएमएम मॉडल का उपयोग व्यापक तौर पर वक्तव्य रूपांतरण, हाव-भाव एवं वाक् के हिस्से की टैगिंग में किया जाता है।
डीटीडब्ल्यू एल्गोरिदम स्वचालित भाषण पहचान प्रणालियों में विभिन्न गति से निपटने में मददगार साबित हुआ है।	एचएमएम स्वनिमों के स्ट्रिंग के साथ दिए गए अनुक्रम के मिलान का एक अनुमान (संभाव्यता स्कोर के माध्यम से) प्रदान करता है।

वाक् पहचान प्रणालियों की चुनौतियां

सूचना प्रौद्योगिकी के आगमन के साथ भाषा मनुष्यों के साथ साथ कंप्यूटर के लिए भी संचार का एक आवश्यक माध्यम बन चुकी है। कंप्यूटर विज्ञान, चिकित्सा विज्ञान एवं अन्य कई क्षेत्रों में वाक् पहचान प्रणाली की व्यापक प्रयोज्यता है। एक वास्तविक समय वाक् पहचानकर्ता का विकास प्रतिकूल वातावरण से लेकर मानवीय पहलुओं को शामिल करते हुए मानव शरीर की शारीरिक रचना तक से प्रभावित हो सकता है वाक् पहचान प्रणालियों के सामने आने वाली कुछ प्रमुख चुनौतियां इस प्रकार है।

- **शोर निहित वातावरण:** अध्ययनों ने यह साबित किया है कि ज्यादातर वाक् पहचान प्रणालियों को प्रभावित करने वाला कारक वातावरण में होने वाले शोर एवं प्रणालियों के कार्य निष्पादन को प्रभावित करने वाले इसके प्रतिकूल प्रभाव हैं। यह समस्या वाक् को ऑन स्क्रीन लिखित वक्तव्य में रूपांतरित करने के दौरान फीचर निकालने के लिए इन प्रणालियों के समक्ष एक बड़ी चुनौती है।
- **कंप्यूटर क्षमता का गहन उपयोग:** वाक् पहचान के लिए आवश्यक सांख्यिकीय मॉडल को चलाने के लिए कंप्यूटर के प्रोसेसर को बहुत अधिक काम करना पड़ता है। इसका एक कारण यह है कि प्रणाली को सही शब्द लेकर आने के लिए पीछे की प्रक्रिया में आने की आवश्यकता की स्थिति में शब्द पहचान खोज के प्रत्येक चरण को याद रखना पड़ता है।
- **उच्चारण:** शब्द उच्चारण सामाजिक और व्यक्तिगत स्थितियों (जैसे शारीरिक और सांस्कृतिक पहलू) के अनुसार अलग-अलग होता है। वास्तव में, मूल वाक् पहचान की तुलना में विशिष्ट उच्चारण वाले वाक्य और गैर- मूल वाक् को पहचानने की गतिविधि में कार्य निष्पादन में गिरावट आती है।
- **वाक् की गति:** वाक् पहचान प्रणाली को निरंतर तेज वाक् संकेतों के खंडों को अलग करने में कठिनाई होती है। बोलते समय वाक् गति भिन्न हो सकती है जो स्थितियां और शारीरिक तनाव पर निर्भर करती है। बोलने की गति ध्वनि में कमी, समय विस्तार और संपीडन के माध्यम से उच्चारण को प्रभावित करती है जिसके साथ ताल मेल बनाते हुए वाक् पहचान की प्रक्रिया को सटीकता के साथ संचालित करने में वाक् पहचान प्रणाली के कार्य की गति प्रभावित होती है।
- **विराम चिन्हों की पहचान:** यह देखा गया है कि वाक् को स्क्रीन पर लिखित वक्तव्य में बदलते समय विराम चिन्हो को वास्तविक रूप में नहीं पहचाना जाता है बल्कि केवल उचित शब्दों को ही पहचाना जाता है इस चुनौती से

निपटने के लिए कई अलग-अलग युक्तियां लाई गई हैं जिनमें इन विराम चिन्हों को निर्धारित करने की गति आदि शामिल है। लेकिन इस दिशा में और बेहतर समाधान वांछित एवं प्रत्याशित है।

- **श्रुति-सम भिन्नार्थक शब्द (होमोफोन):** होमोफोन वे शब्द है जिनके उच्चारण समान परंतु अर्थ भिन्न होते हैं (जैसे पानी एवं पाणि, किला एवं कीला)। वाक् पहचान प्रणाली में शब्द स्तर पर यह पहचानना बहुत मुश्किल है कि कौन सा शब्द वांछित एवं इच्छित है। वर्तमान अवलोकनों से पता चलता है कि समान उच्चरणों के कारण वाक् पहचान प्रणाली औसतन 94 से 99% सटीकता प्राप्त करती है।

वाक् पहचान प्रणालियों के समक्ष चुनौतियों को दूर करने के समाधान

प्रणाली के कार्य निष्पादन पर शोर के प्रभाव को कम करने के लिए कई शोर शमन तकनीक को अभियंत्रीकृत किया गया है और इन्हें अक्सर शोर के आंकड़ों के अनुमान की आवश्यकता पड़ती है। अभियांत्रीकृत तकनीकों में एक तकनीक ऐसी है जिनका कार्य एक ऐसा डेटाबेस तैयार करना है जिसका उपयोग बैक एंड पर नियोजित परिभाषित हिडेन मार्कोव मॉडल का उपयोग करके फ्रंट एंड पर फीचर निष्कर्षण के मूल्यांकन के लिए किया जा सकता है।

- **वॉइस एक्टिविटी डिटेक्टर:** वॉइस एक्टिविटी डिटेक्टर शोर वाले पर्यावरणीय परिस्थितियों में नियोजित वाक् पहचान प्रणाली के कार्य निष्पादन को बढ़ाने के लिए एक उपयोगी तकनीक है। वॉइस एक्टिविटी डिटेक्टर का उपयोग वॉक पहचान प्रणाली में फीचर के निष्कर्षण की प्रक्रिया के लिए किया जाता है जिसके परिणामस्वरूप प्रणाली द्वारा वाक् पहचान में गति लाई जाती है। वॉइस एक्टिविटी डिटेक्टर का निर्भरता कारक पिच (आवाज का उतार चढ़ाव) डिटेक्शन, ऊर्जा सीमा, आवधिकता माप और स्पेक्ट्रम विश्लेषण में निहित होता है। डिटेक्टर के सामने एक बड़ी चुनौती फीचर वैक्टर (एफवी) के निष्कर्षण के बारे में निर्णय लेते समय आती है। सिगनल के डिटेक्शन के लिए फीचर वैक्टर का चयन एक चुनौतीपूर्ण समस्या है जो वाक् पहचान प्रणाली के कार्य निष्पादन को प्रभावित करती है।
- **औरोरा एक्सपेरिमेंटल फ्रेमवर्क:** औरोरा फ्रेमवर्क को ईटीएसआई एसटीक्यू-औरोरा डीएसआर कार्यसमूह के योगदान के रूप में डिजाइन किया गया है। औरोरा फ्रेमवर्क वितरित वाक् पहचान (डीएसआर) के लिए मानक विकसित कर रहा है जिसमें वाक् विश्लेषण टेलीकम्यूनिकेशन टर्मिनल में किया जाता है और वाक् की पहचान टेलीकॉम नेटवर्क में केन्द्रीय स्थान पर निष्पादित की जाती है। औरोरा फ्रेमवर्क में एक ऐसे डेटाबेस को डिजाइन करने की संकल्पना निहित है जिसका उपयोग वाक् पहचान प्रणाली में बैक एंड परिभाषित हिडेन मार्कोव मॉडल के साथ फीचर निष्कर्षण के लिए किया जा सकता है। औरोरा फ्रेमवर्क में मूल डेटाबेस विकसित करने के आधार के रूप में टीआई डिजिट्स डेटाबेस का उपयोग किया जाता है।

निष्कर्ष

मानव संवाद एवं भाषा संप्रेषण को सूचना प्रौद्योगिकी के माध्यम से विकास के शिखर पर पहुंचाते हुए इस वाक् पहचान प्रणाली ने वर्तमान वैश्विक परिदृश्य में वक्तव्य के अत्यंत तीव्रगामी सुदूर संप्रेषण की आवश्यक गतिविधि को संभव कर दिखाया। परंतु कार्य निष्पादन में सटीकता की दृष्टि से इसे अभी भी विकास के कुछ सोपान से गुजरना बाकी है। भाषा को विज्ञान से उम्मीद है कि सटीकता के दृष्टिकोण से आने वाले समय में यह प्रौद्योगिकी और भी परिष्कृत होकर भाषा के सुदूर संप्रेषण को सटीक, तीव्रगामी एवं समृद्ध बनाएगी।

बदलते वैश्विक परिदृश्य की जब भाषा ने की पहचान
मानव संवाद में विकास लाने की आवश्यकता को लिया जान
मानव के वक्तव्यों का सुदूर हो सके प्रेषण
अति तीव्र हो संवाद, हो द्रुतगामी संप्रेषण
इन विकास आवश्यकताओं को जब भाषा ने लिया मान
ढूंढ़ने को इसका समाधान विज्ञान का किया आह्वान
चमत्कारी विज्ञान ने फिर भाषा से हाथ मिलाया
साथ अपने इलेक्ट्रॉनिक्स, कंप्यूटर एवं इंटरनेट लेकर आया
भाषा से विज्ञान का, फिर हुआ अनोखा संगम
क्रांति आई मानव संवाद में, हुआ सूचना प्रौद्योगिकी का आगमन
करने को तीव्र सुदूर संवाद इंटरनेट बन गया माध्यम
कंप्यूटर में डालने पाठ का इनपुट आगे आया टंकण
टंकण की साइकोमोटर गतिविधि पर मानव का था नियंत्रण
पाठ के इनपुट में तीव्रता लाने का शेष था अभी भी प्रश्न
विकास के इस अगले स्तर की फिर से विज्ञान ने स्वीकारी चुनौती
पुनः पाठ इनपुट की प्रविधि में भी लेकर आया प्रौद्योगिकी
अब टंकण नहीं बल्कि मानव वाक् था पाठ इनपुट का माध्यम
इस प्रौद्योगिकी से अत्यंत तीव्र हुआ सुदूर संवाद संप्रेषण
मानव वाक् सुन लिखित रूप में क्षण भर में दर्ज यह करती जाती
चमत्कारी विज्ञान की देन है यह 'वाक् पहचान प्रणाली'
विकास की निरंतरता के लिए तत्पर सदा विज्ञान
भाषा के लिए भी लेकर आया 'वाक् पहचान प्रणाली' का परिणाम
ज्ञान के सागर में होता रहे विज्ञान का उन्मेष
मिलती रहे मानवता को प्रौदेयोगिकी ऐसी ही विशेष
मिलता रहे यूं ही इसे सदा प्रकृति का वरदान
देता रहे मानवता को सदा यह चमत्कारी इनाम।

आभार

यह लेख वाक् पहचान प्रणाली के विकास की ओर विज्ञान का रुख मोड़ने की मानव की आवश्यकता के संबंध में ईश्वर प्रदत्त मेरे मूल चिंतन एवं इससे संबंधित प्रौद्योगिकी के संबंध में इंटरनेट पर मौजूद विभिन्न पाठ सामग्रियों के अध्ययन पर आधारित है। इसकी रचना के लिए मैं इस प्रणाली से संबंधित सभी वैज्ञानिकों एवं शोधकर्ताओं के प्रति एवं इसके विकास की आवश्यकता संबंधी मूल विचारों को मेरे मस्तिष्क में संचरित तथा भाषा के माध्यम से उन्हें व्यक्त करने के कौशल प्रदान करने के लिए सर्वशक्तिमान ईश्वर के प्रति अपना हार्दिक आभार प्रकट करती हूं। साथ ही इस लेख के सृजन की प्रेरणा एवं उत्साहवर्धन के लिए मैं श्रीमती अरुण कमल, सहायक निदेशक (राजभाषा), डीआरडीओ मुख्यालय एवं श्री सुजीत कुमार मेहता, सहायक निदेशक (राजभाषा) डीआरडीओ मुख्यालय के प्रति अपना हार्दिक आभार प्रस्तुत करती हूं।

ई.डब्ल्यू. प्रणाली के लिए एक सी-कू बैंड डुअल 16 चैनल टी/आर मॉड्यूल प्लैंक

मुकुल नौटियाल, मनीष कुमार

रक्षा इलेक्ट्रॉनिक्स अनुसंधान प्रयोगशाला (डीएलआरएल), हैदराबाद

mnautiyal75@gmail.com

सार

यह पेपर सी-कू बैंड पर संचालित होने वाली इलेक्ट्रॉनिक युद्धक प्रणाली के लिए दोहरी 16 चैनल टी/आर मॉड्यूल प्लैंक के एक उन्नत विकास को प्रदर्शित करता है। प्लैंक मॉड्यूल सिग्नल हेरफेर यानी चरण और आयाम नियंत्रण करने के लिए यह कमर्शियल-ऑफ-द-शेल्फ (सीओटीएस) एमएमआईसी पर आधारित है। टी/आर मॉड्यूल को प्राप्त पथ में कम नॉइज, ट्रांसमिट पथ में कम बिजली की खपत और 27 डीबीएम पावर आउटपुट प्रदान करने के साथ डिज़ाइन किया गया है। प्लैंक मॉड्यूल एसडब्ल्यूएपी-सीआर अनुकूलित है जहां प्रत्येक टी/आर मॉड्यूल को एक सेंटीमीटर से कम की चौड़ाई के भीतर आकार दिया गया है और डिजिटल सर्किटरी के साथ कई टी/आर मॉड्यूल, उचित ताप प्रबंधन को एंटीना एरे से जोड़ दिया जाता है।

मुख्य शब्द: सक्रिय चरणबद्ध सारणी, संचारित/प्राप्त मॉड्यूल, एमएमआईसीएस, बीम निर्माण

परिचय

हाल के वर्षों के दौरान सक्रिय इलेक्ट्रॉनिक रूप से स्कैन किए गए एरेज़ (एईएसए) का उपयोग करते हुए आरएफ फ्रंट एंड को विभिन्न नागरिक और रक्षा अनुप्रयोगों में महत्वपूर्ण रूप से अपनाया गया है। नागरिक क्षेत्र में इनका उपयोग मौसम निगरानी, हवाई यातायात नियंत्रण और उपग्रह संचार में किया जाता है। रक्षा में यह मिसाइल रक्षा प्रणालियों, हवाई रेडार और इलेक्ट्रॉनिक युद्धक (ईडब्ल्यू) प्लेटफार्मों के अभिन्न अंग हैं। वर्तमान में अगली पीढ़ी की ईडब्ल्यू प्रणाली के लिए लड़ाकू विमानों और अन्य सैन्य विमानों की उत्तरजीविता बढ़ाना महत्वपूर्ण हो गया है। इन प्रणालियों को अनुकूली माप जैसी परिष्कृत तकनीकों को नियोजित करके जैमिंग, धोखे जैसे कई खतरों से प्रभावी ढंग से निपटने की जरुरत हैं। इसमें तीव्र और बहुमुखी इलेक्ट्रॉनिक काउंटरमेजर (ईसीएम) क्षमताओं के साथ वास्तविक समय में पता लगाने, विश्लेषण करने और हमले को बेअसर करने के लिए उन्नत सिग्नल प्रोसेसिंग एल्गोरिदम आदि शामिल हैं। सक्रिय चरणबद्ध ऐरे प्रौद्योगिकी का उपयोग करने वाली ईडब्ल्यू प्रणाली में सटीक और संकीर्ण उच्च शक्ति दिशात्मक बीम के संचरण की अंतर्निहित विशेषताओं के कारण उच्च संवेदनशील लक्ष्य का पता लगाने व आधुनिक खतरों से प्रभावी ढंग से निपटने की एक अद्वितीय क्षमता है और यह समय, आवृत्ति और दिशा में जैमिंग संसाधनों की क्षमता

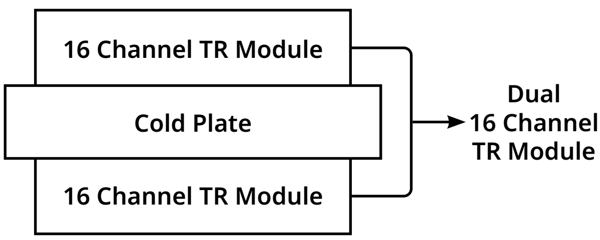
को बढ़ा देती है।[1-3] वर्तमान में आधुनिक ईडब्ल्यू प्रणालियों में ब्रॉडबैंड क्षमता, छोटे आकार, कम वजन, बिजली दक्षता और लागत प्रभावशीलता (एसडब्ल्यूएपी-सी) की मांग हो रही हैं। एईएसए आमतौर पर अपनी बीम बनाने की क्षमताओं और उन्नत एंटीना प्रौद्योगिकियों के कारण उच्च ईआरपी स्तर प्रदान करते हैं। बीम का इलेक्ट्रॉनिक स्टीयरिंग और गतिशील रूप से आकार कई स्वतंत्र बीम बनाने की क्षमता, सटीक लक्ष्यीकरण और मजबूत खतरे का पता लगाने की अनुमति देता है। हालाँकि ये सभी फायदे बढ़ी हुई ऐरे जटिलता, परिष्कृत सिग्नल प्रोसेसिंग एल्गोरिदम तथा अधिक रखरखाव की विशेषज्ञता की कीमत पर प्राप्त होते हैं।

एईएसए आर्किटेक्चर में एक विशिष्ट आरएफ फ्रंट-एंड का अभिविन्यास चित्र 1 में दिखाया गया है। इसमें बड़ी (एन) संख्या में विकिरण करने वाले तत्व शामिल हैं। प्रत्येक को एक एकल चैनल ट्रांसमिट और रिसीव मॉड्यूल (टीआरएम) द्वारा शामिल किया जाता है। रेडार और ईडब्ल्यू अनुप्रयोगों के लिए एईएसए में ट्रांसमिट/रिसीवर(टी/आर) मॉड्यूल प्रमुख घटक हैं। टी/आर मॉड्यूल ऐसे सर्किट होते हैं जो फ्रंट एंड के नुकसान को कम करके ट्रांसमिट और रिसीवर दोनों में प्रणाली-लाभ प्रदान करते हैं। सिस्टम नॉइज का आंकड़ा निर्धारित करने के बाद टी/आर मॉड्यूल का उपयोग करके एपर्चर फ्रंट-एंड पर आरएफ पावर उत्पन्न की जाती है। इसके परिणामस्वरूप सिस्टम संवेदनशीलता में वृद्धि होती है और वजन में कमी और प्राइम पावर में कमी सहित अन्य लाभ भी मिलते हैं। एईएसए प्रणाली में प्रत्येक टीआरएम, सिग्नल प्रवर्धन और चरण/आयाम नियंत्रण क्षमताएं प्रदान करती है। ये मॉड्यूल बीम स्टीयरिंग को सक्षम करते हैं जिससे ईसीएम प्रणाली बीम की दिशा और आकार को गतिशील रूप से समायोजित कर सकती है। क्वाड्रेंट आरएफ मॉड्यूल (क्यूआरएम) सिग्नल रूटिंग/वितरण, टी/आर मॉड्यूल कैलिब्रेशन और बाइट फ़ंक्शन प्रदान करता है। ऐरे नियंत्रक एक नियंत्रण मैनिफोल्ड के रूप में कार्य करता है जो सभी टी/आर मॉड्यूल से संचार करता है और सिस्टम नियंत्रक से प्राप्त खतरे की एओए/डीएफ जानकारी वितरित करता है। एक रियर पैनल पीसीबी में निष्क्रिय पावर डिवाइडिंग/संयोजन नेटवर्क, नियंत्रण और पावर वितरण नेटवर्क, उपर्युक्त ब्लॉकों के बीच इंटरफेस आदि शामिल है। ये सभी मॉड्यूल एक मैकेनिकल चेसिस में एकीकृत हैं। एक ही चेसिस में एकाधिक मॉड्यूल का एकीकरण गंभीर भौतिक और यांत्रिक बाधाओं से सीमित है जो ग्रेटिंग लोब उत्पादन, थर्मल प्रबंधन और स्थापना प्रतिबंधों से संबंधित है।[10-11] इस पेपर में ईडब्ल्यू प्रणाली के लिए सी-केयू बैंड पर काम करने वाले एक नए दोहरे 16 चैनल टी/आर मॉड्यूल प्लैंक के डिजाइन और विकास पहलुओं के साथ-साथ इसके प्राप्त प्रदर्शन को समझाया गया है।

चित्र 1: विशिष्ट एपीए ब्लॉक आरेख

एईएसए कॉन्फ़िगरेशन का अवलोकन

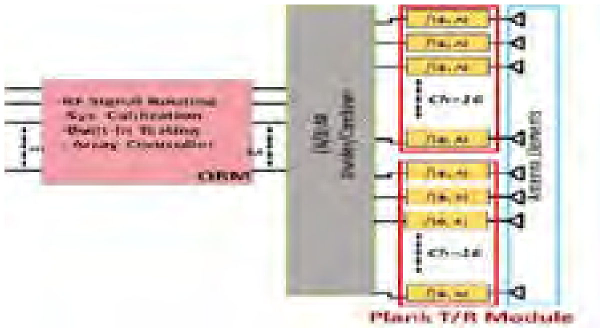
प्लैंक टी/आर मॉड्यूल को एयर बोर्न प्लेटफॉर्म द्वारा कम बिजली की खपत, लघु आकार और कम वजन जैसी कठोर एकीकरण आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए सावधानीपूर्वक डिज़ाइन किया गया है। साथ ही जमीन और नौसेना प्लेटफार्मों के लिए उपयुक्त लाइन रिप्लेसेबल यूनिट (एलआरयू) के रूप में मॉड्यूलरिटी बनाए रखने के लिए



चित्र 2: दोहरा 16 चैनल टी/आर मॉड्यूल

इसका अभिविन्यास किया गया है। इस नए विकास में एफपीजीए नियंत्रक के साथ दोहरे 16 टी/आर चैनलों को 5.8 मिमी ऊंचाई के एकल यांत्रिक आवास में एकीकृत किया गया है। चित्र 2 में 16 चैनल टी/आर मॉड्यूल हाउसिंग की दो संख्या को कोल्ड प्लेट के दोनों ओर रखा जाना दिखाया गया है।

प्रत्येक प्लैंक, चार पावर डिवाइडिंग/संयोजन नेटवर्क को आठ टी/आर चैनलों से समूहित करने के लिए एम्बेड करता है। जिसके परिणामस्वरूप एक उप-ऐरे विभाजन होता है। प्लैंक-आधारित एपीए का अभिविन्यास चित्र 3 में दिखाया गया है।



चित्र 3: विशिष्ट एईएसए और प्लैंक अभिविन्यास

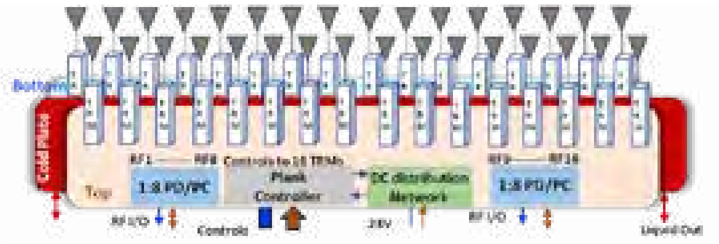
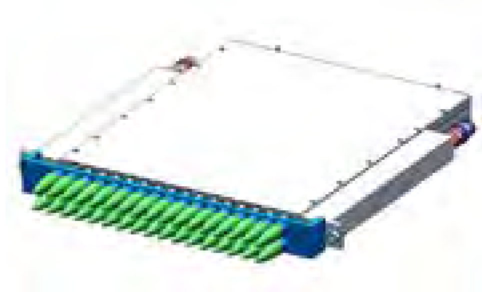
प्लैंक विन्यास का अवलोकन

कई प्लैंक मॉड्यूल को एक साथ रखने से मॉड्यूलर एईएसए का निर्माण संभव हो जाता है। यह मॉड्यूलर डिज़ाइन विभिन्न अनुप्रयोगों, प्लेटफ़ॉर्म ईआरपी आवश्यकताओं के अनुरूप विभिन्न आकारों और क्षमताओं के साथ-साथ सरणियों के निर्माण की अनुमति देने वाली स्केलेबिलिटी और अनुकूलनशीलता को प्रदान करता है। प्लैंक मॉड्यूल को आरएफ पुश-ऑन कनेक्टर और बुलेट-एसएमपी एडाप्टर का उपयोग करके सीधे प्लानर एरे से जोड़ा जा सकता है। आरएफ केबल और इंटरकनेक्टिंग एडेप्टर समग्र सिस्टम वजन और लागत को कम करने से बचते हैं। यह आवश्यक है कि प्लैंक के पुश-ऑन कनेक्टर्स के बीच अंतर-तत्व, अंतर एंटीना प्लानर ऐरे की जाली से मेल खाता हो। ऑपरेशन की उच्चतम आवृत्ति, स्कैनिंग और ग्रेटिंग लोब की आवश्यकताएं एंटीना लैटिस के अंतर-तत्व अंतर को निर्धारित करती हैं। यह अंतर कुछ मिलीमीटर के क्रम का हो सकता है जिससे टी/आर चैनलों के डिजाइन और विकास में कड़ी बाधाएं आ सकती हैं।

प्लैंक का विन्यास चित्र 4 में दिखाया गया है। आरएफ अनुभाग में 16 टी/आर चैनलों को संयोजित करने के लिए 1:8 वे विल्किंसन पावर डिवाइडर की दो संख्या होती है। प्रत्येक टी/आर चैनल में आम तौर पर संचारण और प्राप्त करने वाले दोनों पथ शामिल होते हैं। प्राप्त पथ में एक कम नॉइज वाला एम्पलीफायर होता है जो एंटीना द्वारा आने वाले कमजोर सिग्नल को बढ़ाता है। पता लगाने की संवेदनशीलता में सुधार के लिए नॉइज तल के ऊपर सिग्नल को बढ़ावा देने के लिए यह प्रवर्धन महत्वपूर्ण है। प्रेषण पथ में इसके पहले सिग्नल को बढ़ाने के लिए एक पावर एम्पलीफायर होता है जो एंटीना द्वारा विकिरणित होता है। एक टी/आर स्विच एंटीना से द्वि-दिशात्मक संचार सक्षम करता है। सिग्नल कंडीशनिंग चरण (सामान्य पथ) में चरण शिफ्टर, एटेन्यूएटर, गेन ब्लॉक और ट्रांसमिट/रिसीव स्विच शामिल हैं। ये घटक सामूहिक रूप से आरएफ संकेतों के चरण, आयाम और दिशा को समायोजित करके इलेक्ट्रॉनिक बीम स्टीयरिंग और बीम को आकार देने में सक्षम बनाते हैं। फेज़ शिफ्टर्स बीम की दिशा को नियंत्रित करते हैं, एटेन्यूएटर्स सिग्नल की शक्ति को नियंत्रित करते हैं, गेन ब्लॉक सिग्नल को बढ़ाते हैं और टी/आर स्विच द्वि-दिशात्मक संचार को सक्षम करते हैं। साथ में वे रेडार संचालन और संचार के लिए विकिरण किरण के सटीक नियंत्रण की सुविधा प्रदान करते हैं।

परंपरागत रूप से, प्रत्येक टी/आर मॉड्यूल का अपना नियंत्रक, डीसी-डीसी वितरण, कनेक्टर और हाउसिंग होता है। बड़े पैमाने पर उत्पादन लागत को कम करने के साथ-साथ प्रदर्शन, एकीकरण और विश्वसनीयता को बढ़ाने के लिए सभी 16 चैनलों के लिए एक सामान्य नियंत्रक, डीसी सर्किटरी को लागू करना आवश्यक है। पैकेज्ड एमएमआईसी का उपयोग करके और स्वचालित असेंबली लाइन का उपयोग करके प्लैंक मॉड्यूल विकसित करना अनिवार्य है।

फ्रंट-एंड तकनीक में अत्याधुनिक प्रगति, व्यापक स्पेक्ट्रम पर काम करते हुएअसाधारण प्रदर्शन, मजबूती और न्यूनतम नॉइज बढ़ाने वाले आरएफ सिग्नल ट्रांसमिशन और रिसेप्शन को सुनिश्चित करती है।[4-8] कॉमन लेग आर्किटेक्चर, संसाधन उपयोग को अनुकूलित करता है और पूरे तंत्र में प्रदर्शन और विश्वसनीयता बनाए रखते हुए दक्षता लाभ प्रदान करता है।[9] प्लैंक में एक मिश्रित-सिग्नल सर्किट का उपयोग किया जाता है जहां सभी 16 टीआरएम चैनल, आरएफ डिवीजन/संयोजन सर्किट, मॉड्यूल नियंत्रण बोर्ड एक बहुपरत मिश्रित आरएफ पीसीबी पर होते हैं। मिश्रित आरएफ सिग्नल पीसीबी तकनीक को अपनाकर 2/2 रिक्ति (<10 मिमी) के भीतर प्रत्येक टी/आर चैनल का डिजाइन और कार्यान्वयन संभव है। यह पीसीबी महत्वपूर्ण है और इसे न्यूनतम हस्तक्षेप के साथ आरएफ और डिजिटल दोनों घटकों के लिए सावधानीपूर्वक डिजाइन किया गया है।

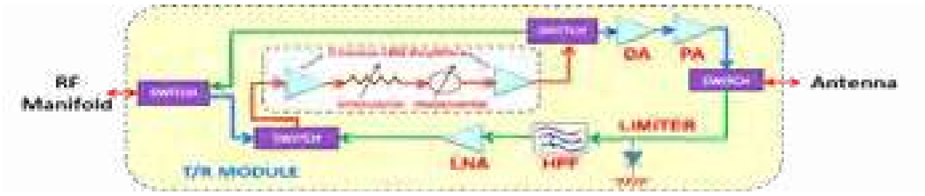
चित्र 4: प्लैंक कार्यात्मक ब्लॉक आरेख।

प्लैंक डिजाइन और विकास

प्लैंक में टी/आर मॉड्यूल, डी पावर सप्लाई नेटवर्क, एफपीजीए आधारित नियंत्रक डिजाइन, थर्मल और संरचनात्मक विश्लेषण के साथ यांत्रिक डिजाइन जैसे विभिन्न विषयों का सह-डिजाइन शामिल है। निम्नलिखित अनुभाग प्लैंक मॉड्यूल के सभी पहलुओं का वर्णन करते हैं। विशेष रूप से डिज़ाइन को टी/आर चैनलों के लिए एक सीओटीएस चिपसेट, एक आरएफ पावर डिवाइडिंग/संयोजन सर्किट और समर्पित डिजिटल बोर्ड के विकास पर केंद्रित किया गया है।

क) सी- केयू बैंड टी/आर मॉड्यूल सीओटीएस चिपसेट का उपयोग कर रहा है

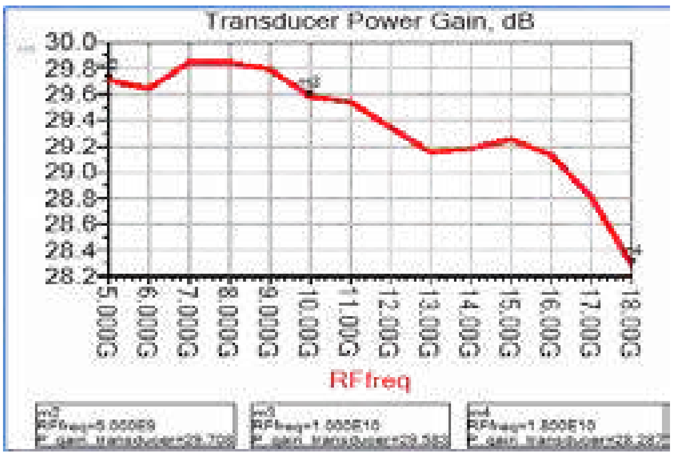
सी-कू टी/आर मॉड्यूल को कॉमन लेग आर्किटेक्चर का उपयोग करके तैयार किया गया है जो बढ़ी हुई जटिलता के बावजूद अपने बेहतर प्रदर्शन के लिए अलग आर्किटेक्चर पर आधारित है। यह आर्किटेक्चर कई मॉड्यूल को घटकों को साझा करने की अनुमति देता है और इसकी जटिलता के बावजूद संसाधनों को अनुकूलित करके बेहतर प्रदर्शन प्रदान करता है। टी/आर मॉड्यूल का एक सरलीकृत ब्लॉक आरेख चित्र 5 में दर्शाया गया है।



चित्र 5: टी/आर मॉड्यूल का सरलीकृत ब्लॉक आरेख

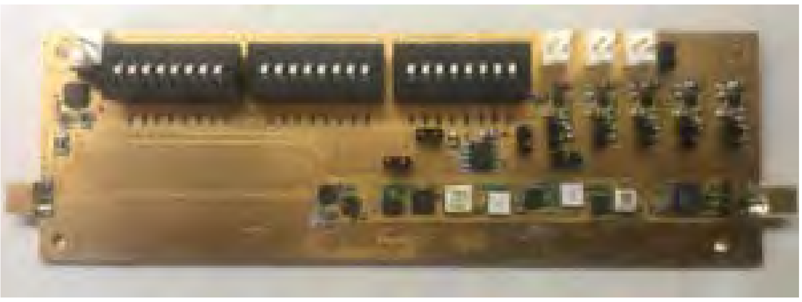
तीन गैर-परावर्तक एसपीडीटी को क्रमशः प्राप्त या संचारण पथ में आरएफ सिग्नल को चुनिंदा रूप से रूट करने के लिए एकीकृत और नियंत्रित किया जाता है। एसपीडीटी स्विच का चुनाव कम प्रविष्टि हानि और उच्च-शक्ति हैंडलिंग आवश्यकताओं को एक साथ प्राप्त करने की दोहरी आवश्यकता से प्रेरित होता है। आरएक्स और टीएक्स मोड में डिजिटल स्टेप एटेन्यूएटर्स का उपयोग बेहतर प्रदर्शन के लिए सिग्नल रिसेप्शन और ट्रांसमिशन को अनुकूलित करने वाले लाभ स्तरों को सूक्ष्मता से समायोजित करने के लिए किया जाता है। सामान्य पथ में एटेन्यूएटर ट्रांसमिटिंग और रिसीविंग मोड में काम करता है। इसमें 6 बिट्स होते हैं और इसमें 32 डीबी क्षीणन सीमा होती है। यह सामान्य पथ में फेज़ शिफ्टर संचारण और प्राप्त मोड में काम करता है। इसमें 6 बिट्स होते हैं जिसमें 360° चरण कवरेज और 5.625° का रिज़ॉल्यूशन होता है। स्विच्ड लाइन और उच्च पास/निम्न पास फिल्टर का सावधानीपूर्वक चयनित संयोजन न्यूनतम चरण त्रुटि और सम्मिलन हानि विविधताएं प्राप्त करने में सक्षम बनाता है। आरएक्स और टीएक्स श्रृंखला के साथ गेन ब्लॉकों की नियुक्ति कम नॉइज वाले आंकड़े और समतलता आवश्यकताओं को बनाए रखने में सक्षम बनाती है। एक सी-कू बैंड, ड्राइवर एम्पलीफायर, पावर एम्पलीफायर और टीएक्स / आरएक्स स्विच को ट्रांसमिट पथ में जोड़ा गया है। उच्च पास फिल्टर के साथ एक एलएनए प्राप्त पथ में टीएक्स/आरएक्स स्विच से जुड़ा हुआ है।

चित्र 6 एडीएस में किए गए टी/आर मॉड्यूल के सिमुलेशन को दर्शाता है। सीओटीएस चिपसेट का एस2पी डेटा, एडीएस में आयात किया जाता है और प्लैंक के विभिन्न मापदंडों जैसे लाभ, नॉइज आंकड़ा, आउटपुट पावर, हार्मोनिक्स आदि के लिए विश्लेषण किया जाता है।



चित्र 6: एडीएस में टी/आर मॉड्यूल की आउटपुट पावर के सिमुलेशन परिणाम

निर्मित टी/आर मॉड्यूल का कुल आकार 8.4 x 100 x 5 मिमी³ है, चित्र 7 में दिखाया गया है।



चित्र 7: एकल चैनल टी/आर मॉड्यूल की तस्वीर

ख) डिवाइडर/संयोजक

प्रत्येक 16-चैनल मॉड्यूल में 8 टीआरएम के सेट से आरएफ आउटपुट को पावर संयोजन/विभाजित करने के लिए 1:8 पावर कंबाइनर्स का उपयोग किया जाता है। 8-वे को सीओटीएस 1:2 वे पावर डिवाइडर/कंबाइनर की सात संख्या का उपयोग करके प्राप्त किया जाता है। ये पावर डिवाइडर मल्टीलेयर मिश्रित आरएफ पीसीबी पर असेंबल किए गए हैं। यह दृष्टिकोण उचित थर्मल प्रबंधन की सुविधा प्रदान करते हुए आरएफ और डिजिटल अनुभागों के बीच विद्युत चुम्बकीय संगतता सुनिश्चित करता है।

ग) नियंत्रण बोर्ड

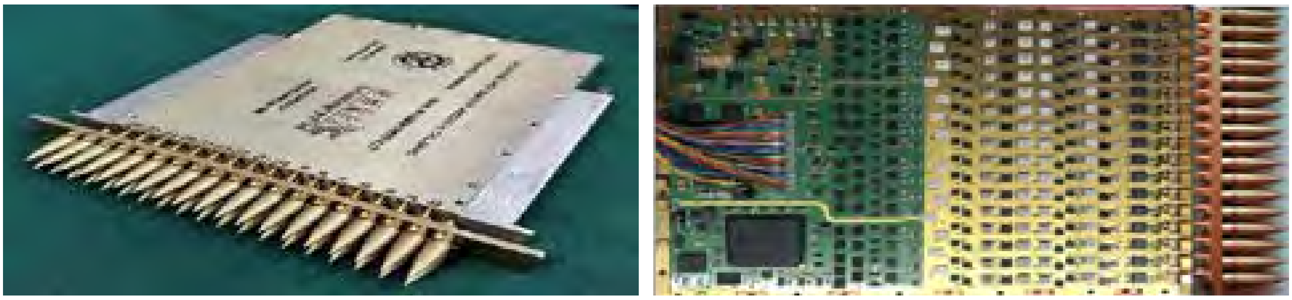
डीसी पावर डिस्ट्रीब्यूशन मॉड्यूल +28V और -5V डीसी को इनपुट के रूप में लेता है और आरएफ चैनल और एफपीजीए नियंत्रक के लिए आवश्यक डीसी आपूर्ति वोल्टेज उत्पन्न करता है। बिजली आपूर्ति सहनशीलता, ग्राउंडिंग और रिपल वोल्टेज, लोड विनियमन और लाइन विनियमन एमआईएल-एसटीडी-704डी के अनुसार हैं। एमआईएल-एसटीडी-461एफ मानक को पूरा करने के लिए पावर फिल्टर भी शामिल हैं। पावर सप्लाई पीसीबी ट्रांसऑर्बर्स, रिवर्स पोलरिटी, ओवर वोल्टेज, ओवर करंट प्रोटेक्शन सर्किटरी के साथ बनाया गया है। साथ ही, प्रत्येक टी/आर चैनल का अपना नियंत्रण होता है जो प्रत्येक टी/आर मॉड्यूल के लिए अंशांकन/बीआईटी को सक्षम बनाता है। निर्दिष्ट पर्यावरणीय विशिष्टताओं पर समग्र सिस्टम प्रदर्शन को पूरा करने के लिए यांत्रिक बाड़े और माउंटिंग व्यवस्था के साथ थर्मल विश्लेषण किया जाता है।

प्रदर्शन मूल्यांकन

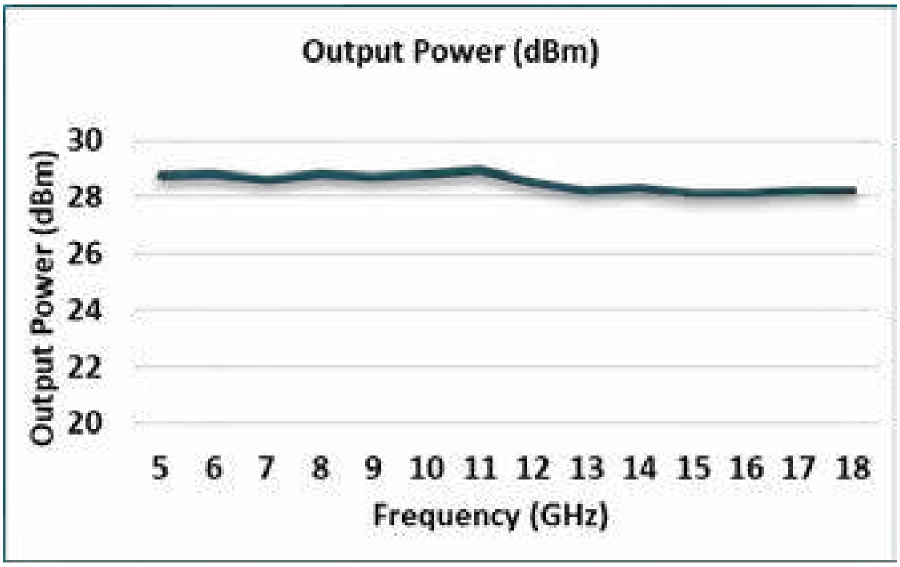
चित्र 8 ऐरे के अंतर-तत्व रिक्ति (<2/2 मिमी रिक्ति) के भीतर आरएफ समाक्षीय पुश-ऑन कनेक्टर का उपयोग करके एक प्लानर ऐरे के साथ ब्लाइंड मेटेड वास्तविक प्लैंक मॉड्यूल को दिखाता है। यह 16 टी/आर चैनल पीसीबी का शीर्ष दृश्य भी दिखाता है जिसमें 16 टी/आर मॉड्यूल, आरएफ और डीसी वितरण नेटवर्क और एफपीजीए नियंत्रक शामिल हैं। मिश्रित आरएफ पीसीबी को एक यांत्रिक आवास में रखा गया है। डीसी और नियंत्रण के लिए आवास पर एक नैनो-लघु मल्टी-पिन कनेक्टर लगाया गया है। कोल्ड प्लेट के दोनों ओर ऐसे दो यांत्रिक आवास लगे होते हैं। मैकेनिकल/कोल्ड प्लेट को लिक्विड इंटरफेस के लिए दो ब्लाइंड मेट लिक्विड क्विक डिस्कनेक्ट कनेक्टर्स (क्यूडीसी) के साथ एकीकृत किया गया है। तरल प्रवाह के लिए संरचना में गहरी ड्रिलिंग की गई है। मैकेनिकल एनक्लोजर/कोल्ड प्लेट को एल्यूमीनियम मिश्र धातु (एएल) 6061 टी 6 सामग्री का उपयोग करके डिजाइन और विकसित किया गया है जो अच्छे यांत्रिक और थर्मल गुणों के साथ वायु वाहित योग्य मिश्र धातु है। तरल प्रवाह के लिए क्यूडीसी को ठंडी प्लेट पर इकट्ठा

किया जाता है। प्लैंक मॉड्यूल को चेसिस में स्लाइड किया जाता है और वेज लॉक का उपयोग करके क्लैंप किया जाता है। वास्तविक प्लैंक मॉड्यूल का आकार (ल.xचौ.xऊँ.) 155 X 175 X 5.8 मिमी^{3} है जिसमें नैनो-लघु कनेक्टर शामिल है। प्लैंक का वजन 500 ग्राम से कम है। जैसा की तस्वीर में देखा जा सकता है 16 टी/आर चैनल जहां प्रत्येक टी/आर चैनल 9 मिमी से कम चौड़ाई के भीतर रखा जाता है। टी/आर चैनल मल्टीलेयर मिश्रित आरएफ पीसीबी जिसमें आरएफ, डिजिटल और डीसी वितरण अनुभाग देखे जा सकते हैं।

C-Ku बैंड पर प्लैंक के सभी 16 चैनलों की औसत टीएक्स संतृप्त आउटपुट पावर चित्र-9 में दिखाई गई है जहाँ 27 dBm से अधिक पावर आउटपुट देखा जा सकता है।

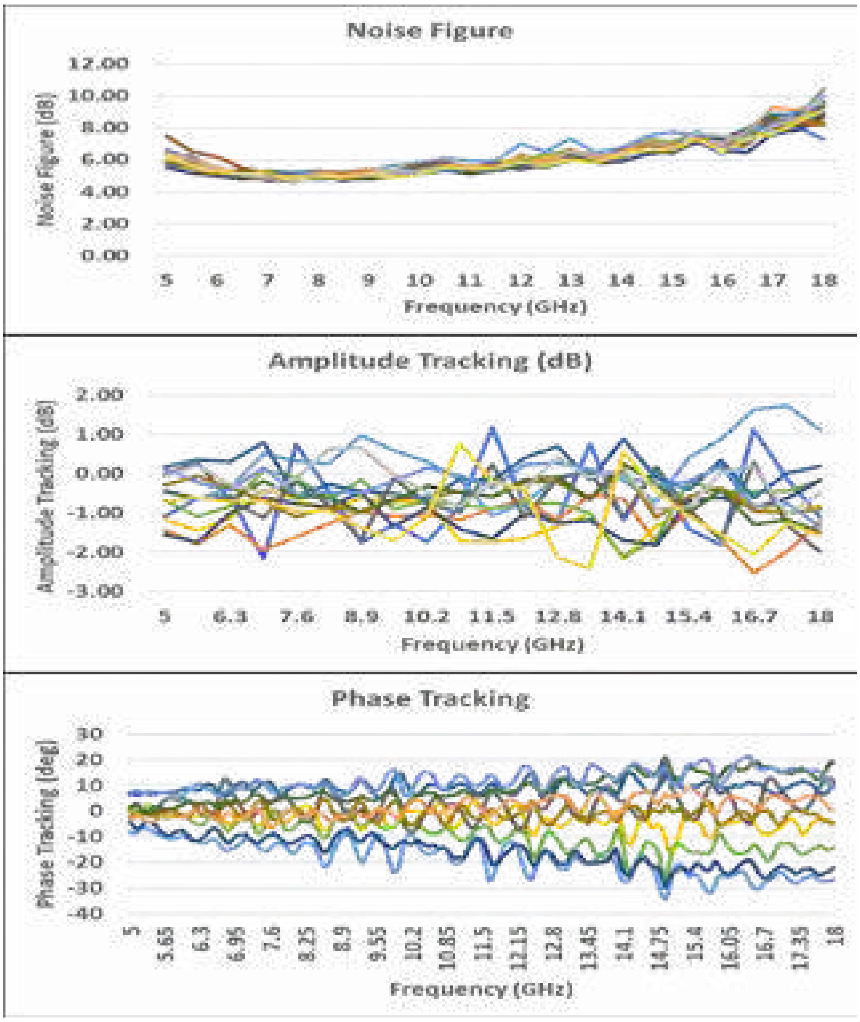


चित्र 8: मल्टीलेयर मिश्रित आरएफ पीसीबी के प्लैंक और शीर्ष की तस्वीर



चित्र 9: टीएक्स संतृप्त आउटपुट पावर

चित्र 10 प्राप्त मोड नॉइज के परिणाम को दिखाता है। सी-कू बैंड पर प्रत्येक 16 टीआरएम चैनलों के लिए आरएक्स मोड में मापा नॉइज आंकड़े की पूर्ण रीडिंग देखी जा सकती है। चित्र 10 में 16 टीआरएम के बीच मापा गया आयाम और चरण मिलान बताया गया है। बैंड किनारों पर अधिकतम नॉइज का आंकड़ा 10 डीबी बताया गया है और पूरे बैंड में ~ 6 डीबी बताया गया है। 16 चैनल टीआरएम और पूर्ण सी-कू बैंड पर आयाम और चरण मिलान क्रमशः ±2 डीबी और ±20° के रूप में रिपोर्ट किया गया है।



चित्र 10: प्लैनिक के लिए प्राप्त मोड में मापा गया नॉइज आंकड़ा, आयाम और चरण मिलान प्लॉट

यहां तालिका 1 में प्लैंक आधारित प्रणाली की समान ईआरपी के साथ मौजूदा प्रणाली में तुलना दिखाई गई है। मौजूदा प्रणाली में उच्च शक्ति वाले व्यक्तिगत टी/आर मॉड्यूल की कम संख्या होती है और यह केबल के साथ एंटीना एरे से जुड़ा होता है और एक ही चेसिस में रखा जाता है।

तालिका 1: प्लैंक आधारित प्रणाली के साथ मौजूदा प्रणाली की तुलना

पैरामीटर	मौजूदा तंत्र	तख़्ता प्रणाली आधारित
प्रत्येक टी/आर मॉड्यूल की आउटपुट पावर	~36 dBm	~ 28 dBm
टी/आर मॉड्यूल की संख्या	32	192
सिस्टम की बिजली खपत	~2.6kW	~1.5kW
सिस्टम का वजन	<23 kg	<18 kg

निष्कर्ष

लेख में प्लैंक अवधारणा का पूरी तरह से मूल्यांकन किया गया है जिसके द्वारा एक ही यांत्रिक आवास के भीतर कई टी/आर चैनलों को एम्बेड करने के लिए उन्नत मुद्रित सर्किट बोर्ड प्रौद्योगिकियों और अत्यधिक एकीकृत डिजाइन रणनीतियों का लाभ उठाया गया है। इसके परिणामस्वरूप सी-कू बैंड में एक छोटे आकार, कम वजन और कम लागत वाली टीआरएम संचालित होती है। बैंडविड्थ का कुशलतापूर्वक उपयोग करके प्लैंक मॉड्यूल कई प्लेटफार्मों, अनुप्रयोगों और वातावरण में इलेक्ट्रोनिक वारफेयर एईएसएएस प्रणाली के लिए मॉड्यूलर बिल्डिंग ब्लॉक के रूप में काम करते हैं।

संदर्भ

1] एम. बार्टोकी, जी. डी सैंटिस, जी. गियोलो, एल. रॉसी, और एम. जेम्मा, "गैलियम आर्सेनाइड एप्लीकेशन सिम्पोजियम, जीएएएस 2001 में "6-18गीगाहर्ट्ज़ चरणबद्ध ऐरे के लिए 4डब्ल्यू टीएक्स/आरएक्स मल्टी चिप मॉड्यूल," लंदन, 2001

2] पी. लैकोमे, "एयरबोर्न फेज़्ड ऐरे रेडार में नए रुझान," फेज़्ड एरे सिस्टम्स एंड टेक्नोलॉजी में, 2003। आईईईई इंटरनेशनल सिम्पोज़ियम ऑन, 2003, पीपी. 17-22

3] डी. बैकेलो, एम. डी'एंटोनी, बी. ओरोबेलो, और ई. स्पेरडुटी, "माइक्रोवेव सिम्पोज़ियम डाइजेस्ट (एमटीटी), 2010 में "6-18 गीगाहर्ट्ज चरणबद्ध ऐरे के लिए लघु लागत वाली ठोस अवस्था 4डब्ल्यू टीएक्सआरएक्स कॉमन लेग," आईईईई एमटीटी-एस इंटरनेशनल, 2010, पीपी 1-1

4] पी. शुह, एच. स्लेडज़िक, आर. रेबर, ए. फ्लेकेंस्टीन, आर. लेबरर, एम. ओपरमैन, एट अल., "एक्स-बैंड अनुप्रयोगों के लिए GaN एमएमआईसी आधारित टी/आर-मॉड्यूल फ्रंटएंड," माइक्रोवेव में एकीकृत सर्किट सम्मेलन, 2008। ईयूएमआईसी 2008। यूरोपीय, 2008, पीपी 274-277

5] बालानिस, सी., एंटीना थ्योरी: विश्लेषण और डिजाइन, न्यूयॉर्क: जॉन विले एंड संस, 1997

6] रिक स्टर्डिवैंट, माइक हैरिस, "रेडार और संचार प्रणालियों के लिए ट्रांसमिट रिसीव मॉड्यूल्स" आर्टेक हाउस, 2016

7] होल्ट, डी. जे., "पावे पाव्स (एएन/एफपीएस115) फेज़्ड एरे रेडार के लिए सॉलिड स्टेट ट्रांसमिट/रिसीव मॉड्यूल," आईईईई एमटी टी-एस इंटर नेशनल माइक्रो ओवेव सिम्पोजियम डाइजेस्ट, ओटावा, ओएन, कनाडा, 27-29 जून, 1978 , पृ. 239-241

8] ए. बेंटिनी, डब्ल्यू. सिस्कोग्नानी, एम. पालोम्बा, डी. पालोम्बिनी, और ई. लिमिटी, "टी-आर मॉड्यूल के लिए उच्च-घनत्व मिश्रित सिग्नल आरएफ फ्रंट-एंड इलेक्ट्रॉनिक्स," सैटेलाइट पर आईईईई यूरोपीय सम्मेलन दूरसंचार, एस्टेल, रोम,इटली, 2012

9] साइमन, के., एट अल., "ए प्रोडक्शन रेडी, 6-18-गीगाहर्ट्ज, 5-बी फेज़ शिफ्टर एकीकृत सीएमओएस संगत डिजिटल इंटरफ़ेस सर्किटरी के साथ," आईईईई जे. सॉलिड-स्टेट सर्किट, वॉल्यूम। 27, संख्या 10, 1992, पृ. 1452-1456

10] सोमसिंग राठौड़, के. श्रीनिवासुलु, के.एस. बीनामोल, के.पी. रे, डिफेंस साइंस जर्नल, वॉल्यूम में "सक्रिय चरणबद्ध ऐरे रेडार के लिए ट्रांसमिट/रिसीव मॉड्यूल में विकासवादी रुझान"। 68, संख्या 6, नवंबर 2018, पीपी. 553-559

11] मार्टिन ओपरमैन, जोर्ज श्रोथ, और फेलिक्स थुरो, "ट्रांसमिट/रिसीव (टी/आर) मॉड्यूल–चरणबद्ध ऐरे एंटेना के लिए मुख्य तत्व" जर्नल ऑफ माइक्रोइलेक्ट्रॉनिक्स एंड इलेक्ट्रॉनिक पैकेजिंग (2013) 10, 116-119 में

✦✦✦

ए ई डबल्यू एंड सी विमान पर फेजमैच्ड आरएफ केबल असेंबली का परिशोधन एवं सुधार

दिव्य ज्योति

युद्धक विमान प्रणालियाँ विकास एवं एकीकरण केंद्र (कासडिक), बेंगलुरु

divya.casdic@gov.in

सार

इस शोधपत्र में, फेज मिलान किए आरएफ केबल में आई खराबी का पता लगाने और उसे ठीक करने की प्रक्रिया का विस्तृत विवरण बताया गया है। फेज मिलान/अनुकूलित आरएफ केबल असेंबली, एक ही प्रकार (विद्युत और भौतिक) के समाक्षीय केबल का समूह होता है, जिसका प्रयोग विभिन्न एलआरयू के बीच में आरएफ संदेश/सिग्नल को रूट करने के लिए किया जाता है। इस आरएफ सिग्नल का प्रयोग ए ई डबल्यू एंड सी प्लेटफॉर्म पर ईएसएम और आरडबल्यूआर प्रणाली द्वारा डीएफ़ मापने के लिए किया जाता है। ईएसएम प्रणाली और आरडब्ल्यूआर (रेडार वारनिंग रिसीवर) प्रणाली का प्रयोग क्रमश: रणनीतिक मिशन और सामरिक मिशन के लिए किया जाता है।

परिचय

आईआरईएसएस (एकीकृत आरडबल्यूआर – ईएसएम – एसपीएस प्रणाली) परियोजना, ए ई डबल्यू एंड सी प्लेटफॉर्म पर आरडबल्यूआर–ईएसएम प्रणाली, मिसाइल एप्रोच वॉर्निंग प्रणाली (एमएडबल्यूएस) और काउंटर मेज़र डिस्पेंसिंग प्रणाली (सीएमडीएस) के विकास के लिए रक्षा उड्डयानिकी अनुसंधान संस्थान (डीएआरई) (अब कासडिक) बैंगलुरु द्वारा शुरू किया गया था। ईएसएम और आरडब्ल्यूआर प्रणाली का प्रयोग एमिटर/थ्रेट (खतरों) की दिशा पता करने के लिये किया जाता है।

संक्षिप्त विवरण

ईएसएम प्रणाली में दो इंटरफेरोमीटर का प्रयोग किया गया है, जो विमान के बाएं और दाएं तरफ लगाए गए हैं ताकि 360 डिग्री का एजीमुथ कोड कवर हो जाए। दोनो इंटरफेरोमीटर, फेज इंटरफेरोमीटर तकनीकी का उपयोग करके 0.5-18 गीगाहर्ट्ज की आवृत्ति रेंज वाले पल्स और सीडब्ल्यू एमिटर को रिसीव करके सटीक डीएफ बताता है। प्रत्येक आईएएएस में एक स्विचिंग इलेक्ट्रॉनिक मॉड्यूल (एसईएम) और तीन आवृत्ति बैंड 0.5-2, 2-6 और 6-18 गीगाहर्ट्ज के तीन एंटीना ऐरे लगे होते हैं, जिससे 0.5-18 गीगाहर्ट्ज की आवृत्ति रेंज कवर हो जाती हैं। प्रत्येक एंटीना ऐरे में चार गुहिका समर्थित एंटेना होते हैं जो एमिटर/थ्रेट (खतरों) को प्राप्त करके एसईएम को भेज देता हैं। एसईएम, एंटीना ऐरे

दवारा प्राप्त किए गए सिग्नल को परिवर्धित करके 15 मीटर लंबी चार फेजमैच्ड आरएफ केबल असेंबली के द्ववारा ईएसएम रिसीवर को डीएफ गणना के लिए भेज देता है।

दोषपूर्ण फेज मैच्ड आरएफ केबल असेंबली की पहचान करने की प्रक्रिया

एक बार, ईएसएम प्रणाली का रेडिएशन मोड में परीक्षण के दौरान, इंटरफेरोमीटर द्वारा प्राप्त किया गया सिग्नल का पावर स्तर बहुत ही कम पाया गया। इसका कारण जानने के लिए फेजमैच्ड आरएफ केबल असेंबली का निम्नलिखित परीक्षण किया गया:

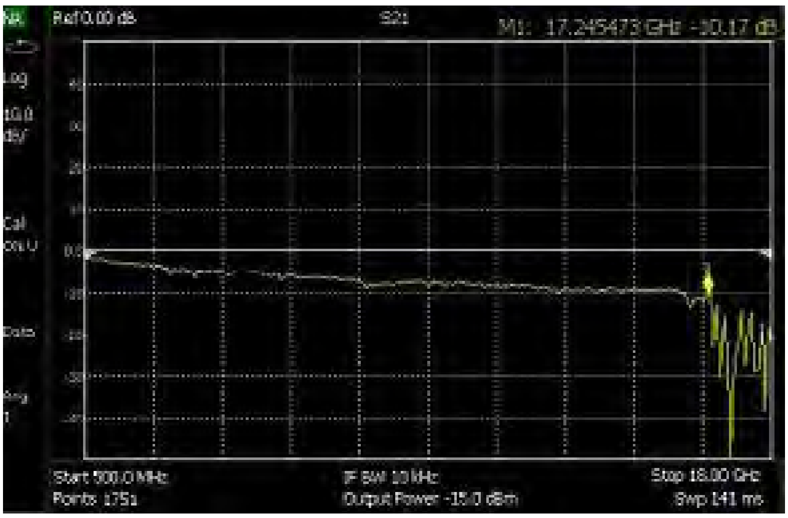
परीक्षण

1. क) प्रविष्टि हानि मापन/इंसर्शन लॉस मापन   ख) चरण मिलान/फेज मैच मापन
2. भौतिक और दृश्य निरीक्षण

1. विद्युत परीक्षण:

क) प्रविष्टि हानि/इंसर्सन लॉस मापन

- वेक्टर नेटवर्क विश्लेषक/एनालाइजर (वीएनए) का टेस्ट सेट-अप बनाया गया।
- प्रविष्टि हानि/इंसर्सन लॉस मापने के लिए वीएनए के पोर्ट 1 और 2 को .05 से 18 गीगाहर्ट्ज की आवृत्ति रेंज में अंशाकन/कैलिब्रेट किया गया।
- फेजमैच्ड आरएफ केबल असेंबलियों के इंसर्सन लॉस मापन के लिए, एस पैरामीटर का एस 21 को डीबी लॉग प्रारूप में) में विन्यासित/कॉन्फ़िगर किया गया।
- फेजमैच्ड आरएफ केबल (एयूटी) को वीएनए के कैलिब्रेटेड पोर्ट से कनेक्ट करके और मार्कर को अधिकतम हानि पर रखते हुए, केबल का अधिकतम इंसर्सन लॉस मापा गया।
- इसी प्रक्रिया से बाकी तीन केबल का अधिकतम इंसर्सन लॉस भी मापा गया।



चित्र (क): प्रविष्टि हानि/इंसर्सन लॉस मापन

ख) चरण मिलान/फेज मैच मापन

i) वेक्टर नेटवर्क विश्लेषक (वीएनए) टेस्ट सेट-अप बनाएं।

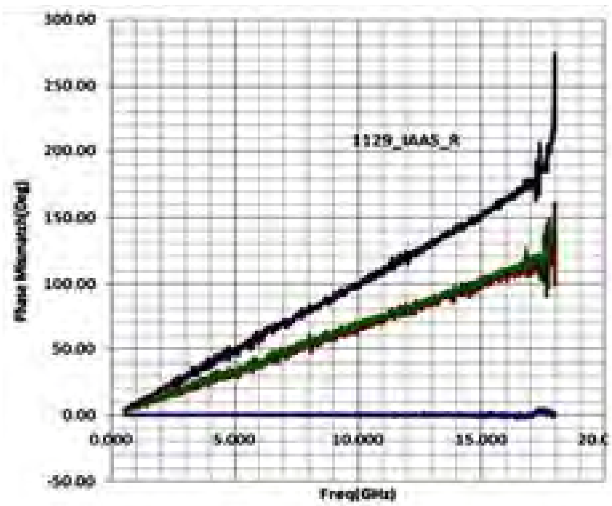
ii) वीएनए के पोर्ट 1 और 2 को आवृत्ति/फ्रिक्वेंसी रेंज 0.5 से 18 गीगाहर्ट्ज़ के लिए अंशाकित किया गया।

iii) एस पैरामीटर, एस12 को फेज़ मैच केबल असेंबलियों के लिए असमाकूलित/अनरैप्ड फेज को डिग्री में (अनरैप्ड फेज प्रारूप में) प्रदर्शित करने के लिए विन्यासित किया गया।

iv) केबल असेंबली को वीएनए के कैलिब्रेटेड पोर्ट से कनेक्ट करके और 0.5 से 18 गीगाहर्ट्ज के आवृत्ति में अधिकतम फेज को/तक मापा गया।

v) पहले केबल के मापे गए फेज को '0°' के रूप में रीसेट किया गया, जो अन्य तीन फेज़ मैच आरएफ केबल असेंबलियों के लिये संदर्भित चरण मान/रेफरेंस फेज वैल्यु के रूप में काम करेगा। इसके के लिए वीएनए का "सामान्य प्रकार्य/नोर्मलाईज फ़ंक्शन" का उपयोग किया गया।

vi) जैसा कि ऊपर बताया गया है, 0° संदर्भ मान रखते हुए अन्य 3 फेज़ मैच केबलों के लिए प्रासंगिक फेज को मापा गया। एस12 (फेज) में प्रदर्शित अधिकतम मान (डिग्री) और 0° संदर्भ चरण मान (डिग्री) केबल के बीच सापेक्ष फेज अंतर के रूप में अधिकृत/कैप्चर किया गया।



चित्र (ख): चरण/फेज माप

परीक्षण के दौरान पाया गया कि, एक विशेष आवृत्ति पर एक आरएफ केबल की प्रविष्टि हानि और फेज विचलन बहुत ज्यादा हैं जैसा कि चित्र (क) और चित्र (ख) में दिखाया गया है।

2. भौतिक एवं दृश्य निरीक्षण

ज्यादा प्रविष्टि हानि और फेज विचलन का कारण जानने के लिए आरएफ केबल असेंबली में किसी भी प्रकार की क्षति, घुमाव, झुकने, कुचलने और कनेक्टर अखंडता की जांच की गई।

इस दौरान पाया गया कि एक फेज मिलान आरएफ केबल असेंबली के कनेक्टर से 1 मीटर की दूरी पर केबल क्षतिग्रस्त हो गया है। जैसा कि चित्र (ग) में दिखाया गया है।

चित्र (ग): भौतिक माप

फेजमैच्ड आरएफ केबल का सुधार

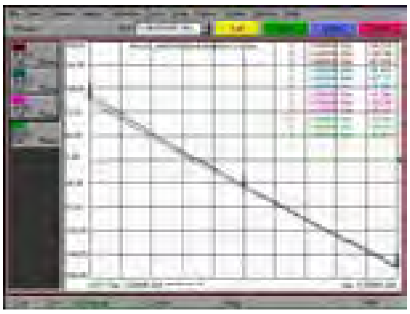
समस्या के कारण पता लगने के बाद, विशेषज्ञ टीम (ओईएम) के द्वारा फेजमैच्ड आरएफ केबल के क्षतिग्रस्त हिस्से को काट कर हटा दिया गया और उसी लंबाई का एक आरएफ केबल जोड़ दिया गया है। सटीकता बनाए रखने के लिए अन्य केबल के साथ भी यही प्रक्रिया अपनाई गई।

आरएफ केबल की मरम्मत के बाद, ऊपर दी गई (4.1.1) प्रक्रिया के अनुसार इसका विद्युत परीक्षण किया गया, जिसका परिणाम सटीक और संतोषजनक था।

इसके बाद ईएसएम प्रणाली का दोबारा परीक्षण किया गया और इंटरफेरोमीटर द्वारा प्राप्त किए गए, पावर का स्तर संतोषजनक था। मरम्मत की गई केबल का चित्र और परीक्षण परिणाम नीचे दिया गया है।

चित्र (घ): मरम्मत किया गया फेजमैच्ड आरएफ केबल

चित्र (च): प्रविष्टि हानि/इंसर्सन लोस मापन



चित्र (छ): फेज मापन

निष्कर्ष

इस शोध पत्र लेखन एवं पूर्ण परीक्षण प्रक्रिया से यह निष्कर्ष निकलता हैं कि, विमान पर भी आसान तरीके से आर एफ केबल असेंबली का अधिकतम प्रविष्टि हानि का कारण पता किया जा सकता है और क्षतिग्रस्त आरएफ केबल असेंबली को भी ठीक किया जा सकता हैं।

आभार

लेखिका, श्री सीएच दुर्गा प्रसाद, उत्कृष्ट वैज्ञानिक एवं केंद्र प्रमुख, कासडिक को इस काम के लिए अपने निरंतर समर्थन और प्रोत्साहन देने के लिए धन्यवाद एवं आभार प्रकट करती हैं।

✦✦✦

डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन डी०पी०डी० का महत्व

रंजना ठाकुर
रक्षा इलैक्ट्रानिकी प्रयोज्यता प्रयोगशाला (डील), देहरादून
ranjanathakur.deal@gov.in

सार

पावर ऐम्पिलिफायर में डिजिटल प्रीडिस्ट्रौशन डी०पी०डी० रैखिकीकरण की एक बहुत ही अच्छी परिकल्पना है जिस का मुख्य उद्देश्य पावर ऐम्पलिफायर के प्रदर्शन और कार्यक्षमता को सुधारना है। इस तकनीक द्वारा पावर ऐम्पिलिफायर को उस के संतृप्ति क्षेत्र तक बिना समझौते के रैखीय विशिष्टता के साथ चलाया जा सकता है।

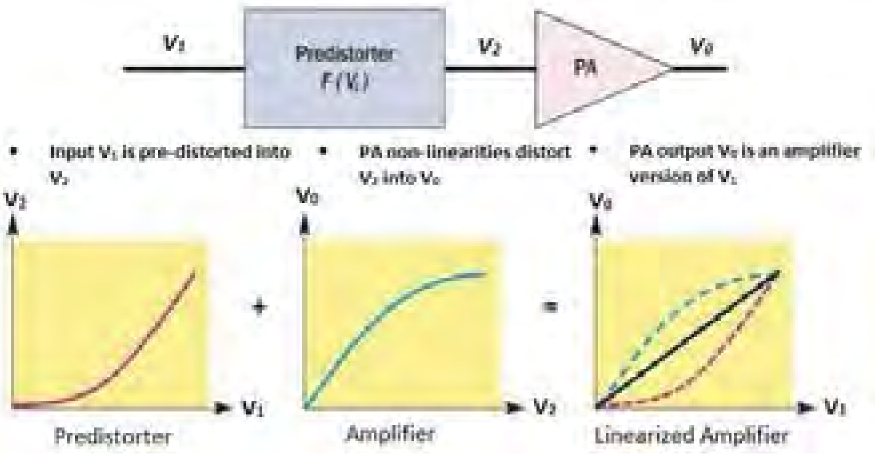
डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन डी०पी०डी० क्या है

पावर ऐम्पिलिफायर में डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन वह तकनीक है जहाँ पावर ऐम्पलिफायर की अरैखिकता को डिजिटली कम किया जाता है। रैखिकता में सुधार करने से पावर ऐम्पिलिफायर की कार्यक्षमता व प्रदर्शन में और अधिक सुधार हो जाता है। डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन एक आधार बैन्ड सिग्नल प्रक्रिया की तकनीक है जो रेडियो तरंग पावर ऐम्पलिफायर के असमर्थता को ठीक करने के काम में लाया जाता है। ये असमर्थताएं इन बैंड विकृतियों को व आउट ऑफ बैंड उत्सर्जनाओं व मानावलीय विश्लेषण (Spectral Analysis) की पुनः वृद्धि को बढ़ाती है, जिस से परस्पर सम्बन्धित किसी भी संचार का बिट ऐरर रेट (BER) बढ़ जाता है। प्रीडिस्टॉर्शन पावर ऐम्पलिफायर की रैखिकता को बढ़ाने का या अरैखिकता की क्षतिपूर्ति करने के काम में इस्तेमाल लायी जाती है। किसी भी संचार तंत्र में पावर ऐम्पलिफायर की रैखिकता उस की कार्यक्षमता व समस्त प्रदर्शन में निर्णायक भूमिका निभाती है। किसी भी पावर ऐम्पलिफायर की रैखिकता को बढ़ाने के लिए अच्छी कार्यक्षमता के लिए व पावर ऐम्पलिफायर का पूरा फायदा लेने के लिए प्रीडिस्टॉर्शन एक बहुत ही लागत प्रभावी रैखिकता तकनीक होती है। डी० पी० डी० में प्रतिलोम विकृति को किसी भी पावर ऐम्पलिफायर के इनपुट पर लागू करने पर पावर ऐम्पलिफायर के द्वारा विकृति पैदा होती है जिसे प्रीडिस्टॉर्टर की मदद से खारिज कर दिया जाता है। इस के लिए पावर ऐम्पलिफायर की वास्तविक विशेषताएं व डी० पी० डी० का सफल प्रभावकारी क्रियान्वयन पता होना चाहिए।

डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन डी०पी०डी० कैसे कार्य करता है

डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन कैसे कार्य करता है, यह चित्र 1 में दर्शाया गया है। इस में प्री डिस्ट्रौटर के द्वारा पावर ऐम्पलिफायर के इनपुट सिग्नल पर उल्टी विकृति को प्रयोग में लाया जाता है जिससे पावर ऐम्पलिफायर के द्वारा उत्पन्न विकृति को खारिज कर दिया जाता है। डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन के सफल क्रियान्वयन के लिए पावर ऐम्पलिफायर की वास्तविक

डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन के ठीक से क्रियान्वयन के द्वारा बेतार संचार में पावर ऐम्पलिफायर की कार्यक्षमता को 40 प्रतिशत तक बढ़ाया जा सकता है।



चित्र 1

वैसे एक आदर्श ऐम्पलिफायर की रैखिकता ऐसी ही होनी चाहिए कि आउटपुट सिग्नल बिल्कुल इनपुट सिग्नल के जैसा होना चाहिए। जबकि एक आदर्श ऐम्पलिफायर को बनाना संभव नहीं होता है क्योंकि उस को बनाने वाले ऐम्पलिफाइंग डिवाइस जैसे ट्रांजिस्टर या वैक्युम टयूब अरैखिक होने के कारण आउटपुट ऐम्पिलिफायरड सिग्नल में कुछ ना कुछ अरैखिकता आ ही जाती है। इस अरैखिकता के कारण मानावलीय विश्लेषण की पुनः वृद्धि को बढ़ती है और इस के कारण आउटपुट सिग्नल में विघ्न उत्पन्न होते हैं जोकि किसी विनियामक संस्था (regulatory body) के उत्सर्जन मानदण्डों का उल्लंघन करते हैं व इस के कारण किसी भी संचार का बिट ऐरर रेट (BER) व डेटा थ्ररूपुट पदावनत (degrade) हो जाता है।

डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन डी०पी०डी० का क्रियान्वयन

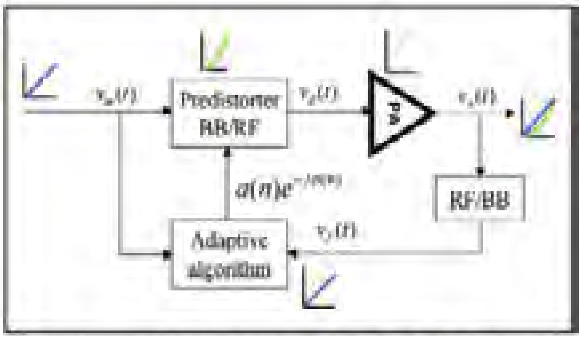
किसी भी पावर ऐम्पलिफायर के लिए डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन डी०पी०डी० की रूपरेखा के लिए सबसे महत्वपूर्ण ध्यान रखने वाली बात होती है मेमोरी। डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन डी०पी०डी० दो तरीके से क्रियान्वित किया जा सकता है

- बिना मेमोरी के प्रीडिस्ट्रौटर (memoryless predistorters)
- मेमोरी संरचना के साथ प्रीडिस्ट्रौटर (predistorters with memory structures)

बिना मेमोरी के प्रीडिस्ट्रौटर की प्रतिरूपण (modelling) के लिए लुकअप टेबल कलनविधि व बिना मेमोरी बहुपद कलनविधि (memoryless polynomial algorithm) इस्तेमाल में लाया जाता है।

मेमोरी संरचना के साथ प्रीडिस्ट्रौटर मेवाइनर, हैमरस्टिन, वाइनर-हैमरस्टिन व मेमोरी बहुपद कलनविधि आदि मुख्य प्रतिरूप है।

नीचे बिना मेमोरी के प्रीडिस्ट्रौटर के क्रियान्वयन को दर्शाया गया है।

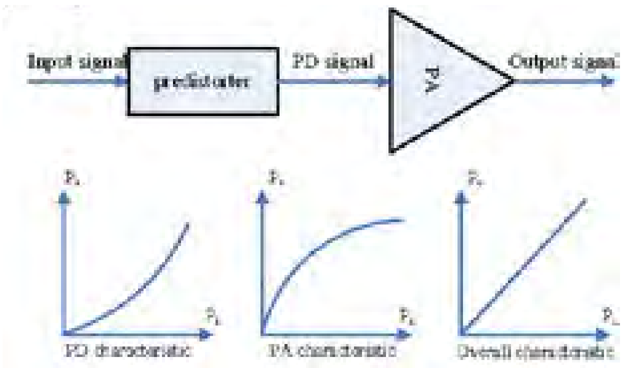


Implementaion of digital memoryless adaptive
pre-distortion algorithm

चित्र 2

चित्र 2 के माध्यम से प्रीडिस्टोर्शन कलनविधि (algorithm) का ब्लॉक डाईग्राम दर्शाया गया है। इसमें प्रीडिस्टोर्शन की शुरूवात में गेनए(एन) (a(n)) व फेंज फाई(एन) (ø(n)) का मान। गेनए(एन) (a(n)) = 1 व फाई(एन) (ø(n)) = 0 होता है। इसके बाद हर एक बेसबैंड सैम्पल वीएम(एन) (vm(n)) के लिए प्रीडिस्टॉर्टर गेन व फेजए(एन) ई$^{-\text{जेफाई(एन)}}$ (a(n) e$^{-jø}$(n)) पैदा होते हैं, ये एक त्रुटि सिग्नल (error signal) है जोकि पावर एम्पिलिफायर के आउटपुट के विकृत बेसबैंड सैम्पल वीएफ(एन) (vf(n)) व उसी से मिलता जुलता अविकृत इनपुट सैम्पल वीएम(एन) (vm(n)) के अंतर से उत्पन्न होता है। प्रीडिस्टॉर्टर गेन व फेंज को इस तरीके से सेट किया जाता है कि पावर ऐम्पलिफायर के समस्त संयोजन प्रतिक्रिया व प्रीडिस्टॉर्टर एक लीनियर सिस्टम बन जाता है। इस का अभिप्राय यह है कि प्रीडिस्टॉर्टर इनवर्स पावर ऐम्पलिफायर नान लीनियेरटी प्री इक्वलाइजर (inverse PA nonlinearity pre equalizer) की तरह काम करता है।

सिद्धांत



चित्र 3: सिद्धांत

चित्र 4: सिद्धांत परीक्षण

निष्कर्ष

प्रयोगशाला में परीक्षण के लिए ZCU-102 Eval Board और AD-9375 बोर्ड को उपयोग किया गया है। ZCU-102 Eval Board में बहुत ही उच्च कार्यक्षमता उच्च घनत्व और पर्याप्त संसाधन वाले का उपयोग किया गया है। AD-

9375 डिवाइस जोकि एक एकीकृत युग्म आर एफ प्रेषक ग्राही अवलोकन पथ के साथ (integrated, dual RF Transceiver with observation path) पूरी तरह से एकीकृत डी० पी० डी० फंक्शन प्रदान करता है। जो ट्रांसमिटर के पावर ऐम्पलिफायर के आउटपुट को रैखिक करता है और पी० ए० के आउटपुट की निगरानी के लिए ओआरएक्स (ORx-Observing Receiving terminal) चैनल और आउटपुट को रैखिक करने के लिए उपयुक्त पूर्व विकृति की गणना करता है। एकीकृत डी० पी० डी० क्षमता पी० ए० सिस्टम को संतृप्ति के करीब तक चलाने की अनुमति देता है।

डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन डी०पी०डी० की जटिलताऐं

क) सिस्टम की रूपरेखा जटिल हो जाती है।

ख) सिस्टम की बैंडविड्थ की आवश्यकता बढ़ जाती है।

इस के अलावा किसी भी ऐम्पलिफायर की अरैखिकता को कम करने के लिए बैक ऑफ की तकनीक भी अपनायी जाती है। इस तकनीक में ऐम्पलिफायर को उस के रैखिक क्षेत्र से कम पावर लेवल पर ही चलाया जाता है व इसप्रकार से यह निश्चित किया जाता है कि पावर ऐम्पलिफायर अपने रैखिक क्षेत्र में ही कार्य करता है। परंतु इस तकनीक के इस्तेमाल से ऐम्पलिफायर की कार्यक्षमता कम हो जाती है। आजकल के नये संचारण प्रारूप जैसे डब्लू सी डी एम ऐ, ओ एफ डी ऐ आदि में डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन डी०पी०डी० पावर ऐम्पलिफायर को उस के वास्तविक संतृप्ति पावर पर ही काम करवाता है व ऐम्पलिफायर की कार्यक्षमता व प्रदर्शन को उच्चतम स्तर तक बढ़ाता है।

डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन डी०पी०डी० के फायदे

pkSM+h बैंडविडथ व तरह तरह के प्रेषण प्रारूपों के साथ विभिन्न तापमानों व इस्तेमाल में लिये जाने वाले अलग अलग तरह के अव्यवों के कारण किसी भी ऐम्पलिफायर की अरैखिकता बढ़ जाती है। किसी भी सिग्नल की विशेषता, सिस्टम के प्रदर्शन व उस की कार्यक्षमता को बढ़ाने के लिए डिजिटल प्रीडिस्ट्रौशन (डी०पी०डी०) के रूपरेखा को किसी भी तार रहित संचार सिस्टम में जरूरी लागू करना चाहिए। इस के लिए सिस्टम में इस्तेमाल होने वाले पावर ऐम्पिलिफायर व उस की विशिष्टताएं का विश्लेषण जरूर करना चाहिए जिससे की पूर्व के इनपुट का वर्तमान के आउटपुट पर जो भी असर पड़ता हो पता रहे व इस जानकारी से डिजिटल प्रीडिस्ट्रौशन डी०पी०डी० के रूपरेखा में मदद मिल सके।

संदर्भ

1] डिजिटल प्रीडिस्टॉर्शन डी०पी०डी० अभिषेक जैन वैज्ञानिक ई, रंजना ठाकुर तकनीकी अधिकारी बी, डा राजेन्द्र सिंह वैज्ञानिक एफ रक्षा इलैक्ट्रानिकी प्रयोज्यता प्रयोगशाला डील देहरादून।

2] एनालाग डिवाइस की AD9375 DPD QUICK START GUIDE

3] एनालाग डिवाइस की AD9375 (Integrated, Dual RF Transceiver with observation Path)

4] हाई फ्रीक्वेंसी डिजाइन FUNDAMENTALS OF POWER AMPLIFIER LINERAIZATION USING DIGITAL PRE-DISTORTION By Mahamed K Nezami

5] ट्रोपोस्कैट्र कम्यूनिकेशन रंजना ठाकुर तकनीकी अधिकारी बी, डॉ राजेन्द्र सिंह वैज्ञानिक एफ रक्षा इलैक्ट्रानिकी प्रयोज्यता प्रयोगशाला डील देहरादून।

6] Troposcatter Communication Analysis at the Ku Band, Shashank Soi, Sushil Kumar Singh, Rajendra Singh, Ashok Kumar Defence Electronics Applications Laboratory (DEAL), Defence Research and Development Organization(डीआरडीओ), India

7] Implementation of SC-FDE waveform on SDRP Using Vitis HLS, Pankaj Bhatoe Defence Electronics

Application Laboratory Defence Research And Development Organisation Dehradun,India Rajendra Kumar Gupta, Abhishek Jain, Dr. Rajendra Singh

8] "Introduction to troposcatter communications: A brief synopsis of over-the-horizon troposcatter,"Comtech Syst.,Tech.Inf.,

9] Troposcatter radio Links By "Giovanni Roda"

10] E.DincandO.B.Akan,"Aray-based channel model for MIMO troposcatter communications,"In Proc.IEEE PIMRC, London, U. K., Sep. 2013, pp 243-247.

11] InE. Dinc and O.B. Akan, "More than the eye can see: Coherence time and coherence bandwidth of troposcatter links for mobile receivers,"IEEE Vehicular Technology Magazine, vol. 10, no.2, pp. 86-92, Jun. 2015.

✦✦✦

खुला वास्तुकला संगणक बहु कार्यात्मक प्रदर्शन अनुकारी

स्वीटी कुमारी

युद्धक विमान प्रणालियाँ विकास एवं एकीकरण केंद्र (कासडिक), बेंगलुरु

sweetykumari1561996@gmail.com

सार

इस शोध पत्र का मुख्य उद्देश्य एकीकृत ओएसी एमएफडी पीसी आधारित सिम्युलेटर के बारे में संक्षिप्त जानकारी/वर्णन प्रदान करना है जो कासडिक, बेंगलुरु द्वारा विकसित किया गया है। इस सिम्युलेटर का उपयोग एलसीए मार्क-1ए युद्धक विमान के बस नियंत्रक से 1553बी संदेशों को अनुकरण करने के लिए किया जाएगा जिसे ओपन आर्किटेक्चर कंप्यूटर (ओएसी) के रूप में जाना जाता है।

परिचय

खुला वास्तुकला संगणक/ओपन आर्किटेक्चर कंप्यूटर सिम्युलेटर (ओएसी) एक पीसी आधारित सॉफ्टवेयर टूल है, जिसे एलसीए मार्क-1ए युद्धक विमानों के लिए इलेक्ट्रॉनिक वारफेयर (ईडब्ल्यू) सूट के परीक्षण के लिए कासडिक, बेंगलुरु द्वारा विकसित किया गया है। ईडब्ल्यू सुइट में नई पीढ़ी के रेडार चेतावनी रिसीवर (आरडब्ल्यूआर) और वायुवाहित स्व सुरक्षा जैमर/एयरबोर्न सेल्फ प्रोटेक्शन जैमर पीओडी (एएसपीजे) शामिल हैं। यह ओएसी, एलसीए मार्क-1ए के लिए ईडब्ल्यूआरपी के आईसीडी के अनुसार विभिन्न 1553बी संदेशों का अनुकरण करता है। यह ईडब्ल्यूआरपी और ईसीएम संदेशों के लिए मल्टी फंक्शन डिस्प्ले (एमएफ़डी) और एमएफ़-यूएफ़सीपी का भी अनुकरण करता है, इसमें सिम्युलेटर टूल को एलसीए मार्क-1 के बस नियंत्रक के रूप में विन्यासित किया गया है। एक विमान जिसे मिशन कंप्यूटर (एमसी) के रूप में जाना जाता है और आईसीडी में परिभाषित सभी 1553बी संदेशों का अनुकरण करता है। ईडब्ल्यूआरपी (RWR) उड्डयानिकी एमआईएल – एसटीडी-1553बी बस पर एक दूरस्थ टर्मिनल है।

संक्षिप्त विवरण

सिम्युलेटर को एमआईएल– एसटीडी-1553बी प्रोटोकॉल पर आरटी के रूप में ईडबल्यूएस प्रणाली को संचारित करने के लिए बस नियंत्रक के रूप में विन्यासित किया गया है। यह ईडब्ल्यूआरपी और ईसीएम संदेशों के लिए मल्टी-फ़ंक्शन डिस्प्ले (एमएफ़डी) और एमएफ़-यूएफ़सीपी का अनुकरण करता है। सॉफ्टवेयर ओएसी, ईडब्ल्यूआरपी (आरडब्ल्यूआर) और सीएमडीएस दोनों के बीच निर्दिष्ट आवृत्ति और उप पते पर आईसीडी के अनुसार पारेषण/

ट्रांसमिशन और प्राप्ति/रिसेप्शन के लिए सभी प्रासंगिक संदेशों को अनुसूचित करता है। सीएमएफडी सिम्युलेटर के परीक्षण के लिए, वास्तविक प्रणाली आईसीडी के अनुसार पीएटीएस में डेटाबेस बनाया जाना चाहिए, और पीएटीएस को डीडीसी 1553बी कनवर्टर और 1553बी बस कपलर का उपयोग करके सिम्युलेटर पीसी से जोड़ा जाना चाहिए और वास्तविक प्रणाली आवश्यकता कार्यों के अनुसार प्रत्येक परिदृश्य को सत्यापित करना चाहिए।

प्रमुख कार्य

ओएसी एमएफ़डी सिम्युलेटर के प्रमुख कार्य इस प्रकार है:

- आईसीडी के अनुसार 1553बी बस संदेशों का निर्धारण
- ख़तरे का पता लगाना
- खतरों और उसकी विशेषताओं का प्रदर्शन (अधिकतम 16)
- धमकियों पर जैमिंग, जबरदस्ती जैमिंग, ओवरराइड जैमिंग
- रेडार/ईडब्ल्यू/आईओपी के बीच स्विच करना
- ईडबल्यूआरपी रिकॉर्ड किए गए डेटा को डाउनलोड करना और मिटाना
- ईडब्ल्यूएस प्रणाली के विभिन्न जुड़े घटकों की स्वास्थ्य स्थिति प्रदर्शित करना
- ईडब्ल्यूएस प्रणाली का आरंभीकरण प्रदर्शित करना
- सीएमडीएस और ईडब्ल्यूआरपी संचार की लाइव स्थिति प्रदर्शित करना
- एकत्रित खतरों को अलग करना
- खतरों की रेंज का पता लगाना, रेंज प्रकार को स्विच करना यानी एनएम से एलयू और इसका मूल्य
- वायु/सतह या खोज/ट्रैक/अज्ञात जैसे प्रकार के आधार पर खतरों को फ़िल्टर करना
- आगे/पीछे या दोनों क्षेत्रों में जैमर ट्रांसमिशन स्विच करना
- जैमर ऑपरेटिंग मोड को स्विच यानी ऑपरेशनल या साइलेंट करना
- अखाड़ा चयन, ऑडियो चयन, म्यूट करना और इसका वॉल्यूम स्तर बदलना
- खतरों का प्रदर्शन मोड स्विच करना 16 या 8
- शून्यीकरण फ़ंक्शन (आपातकालीन मिटाना)

कार्य-प्रक्रिया

यह सिम्युलेटर एमएफडी पर ईडब्ल्यूएस पेज से वर्टिकल कुंजियों (स्विच) वीकेआईयूपी/वीकेआईडीएन से वीके 8UP /वीके8 DN के माध्यम से निम्नानुसार सभी पायलट नियंत्रण प्रदान करता है, जब उपयोगकर्ता इस पेज से किसी भी नियंत्रण का उपयोग करता है, तो आवश्यकतानुसार संबंधित डेटा एमसी/ईडब्ल्यूआरपी को भेजा जाएगा। संबंधित चयन कैप्शन प्रारंभ में एमएफडी पर ब्लिंक करेगा, जहां भी लागू हो, ईडब्ल्यूआरपी से पावती प्राप्त होने के बाद यह स्थिर हो जाएगा।

सूची पृष्ठ प्राथमिकता के क्रम में सूची प्रारूप में खतरों को प्रदर्शित करता है, जो एमिटर नाम, विशेषता, दिशा (निकटतम 15 मिनट तक घड़ी कोड के संदर्भ में अज़ीमुथ) और एनएम में रेंज को दर्शाता है। यदि 8 से अधिक खतरे मौजूद हैं तो

सूची दो पृष्ठों में प्रदर्शित की जाएगी। (प्रत्येक पृष्ठ में 8)। हम एमएफडी नियंत्रण कुंजियों से अगला पृष्ठ या पिछला पृष्ठ चुन सकते हैं।

पीएफएल पृष्ठ ईडब्ल्यूएस पृष्ठ का उपपृष्ठ है जो ईडब्ल्यूएस के विभिन्न उपप्रणालियों के स्वास्थ्य को दर्शाता है। पीएफएल पेज ईडब्ल्यूएस पेज से चयन योग्य है। किसी भी सबसिस्टम विफलता के मामले में, पीएफएल कैप्शन लाल रंग में प्रदर्शित किया जाएगा।

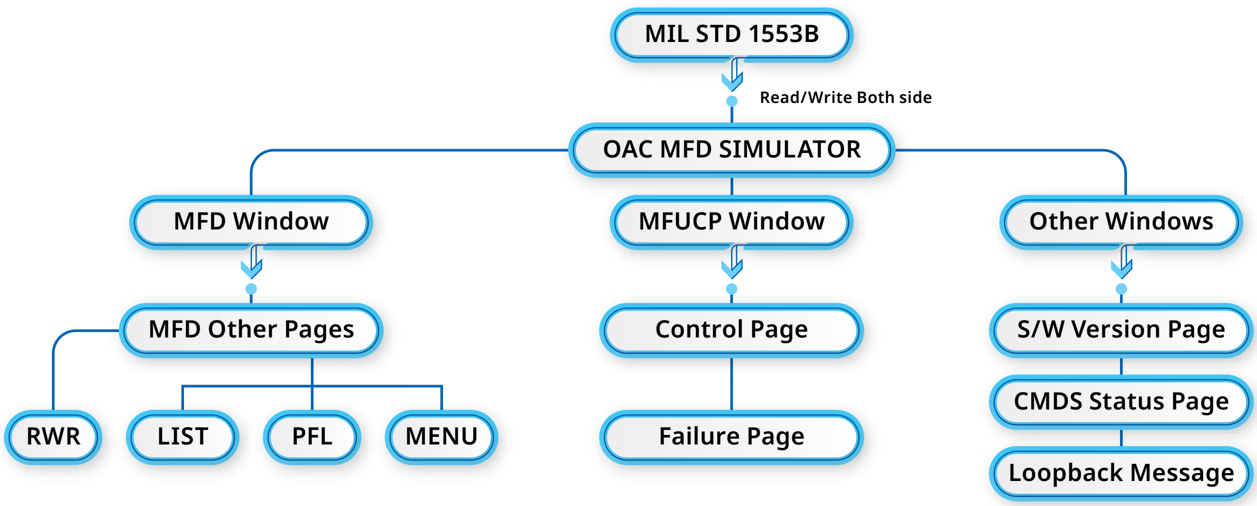
उपयोगकर्ता उन खतरों के लिए मैन्युअल रूप से जैमिंग को बाध्य कर सकते हैं जिन्हें वर्तमान में जैम नहीं किया जा रहा है। नियंत्रण कुंजी (FOJ) दबाकर FOJ का चयन और चयन रद्द किया जा सकता है।

सिस्टम पीएफएम में 3 एरेनास होते हैं। एरिना नंबर 1/2/3 को उपयोगकर्ताओं द्वारा ओएसी सिम्युलेटर एमएफडी नियंत्रण पृष्ठ के माध्यम से चुना जा सकता है।

इस ओएसी सिम्युलेटर में उपयोगकर्ता रेडार या ईडब्ल्यूएस प्राथमिकता में बदलाव कर सकते हैं। यदिIOP जारी रहता है, तो रेडार/जैमर अपने ट्रांसमिशन और रिसेप्शन के बीच तालमेल खो सकता है।

इस सिम्युलेटर में घटक के विभिन्न सॉफ़्टवेयर (ईडब्ल्यूआरपी, एएसपीजे और ऑडियो) संस्करण प्रदर्शित करने के लिए सॉफ़्टवेयर संस्करण संवाद है।

सिम्युलेटर में मुख्य एमएफडी विंडो और अन्य विंडो शामिल हैं।



निष्कर्ष

यह ओएसी सिम्युलेटर एलसीए एमके-1 के लिए हमारी सिस्टम आवश्यकता के अनुसार रेडार चेतावनी रिसीवर और एडवांस सेल्फ प्रोटेक्शन जैमर के हर परिदृश्य के परीक्षण के लिए बहुत उपयोगी है। हम इस OAC सिम्युलेटर के माध्यम से RWR और ASPJ के प्रत्येक फ़ंक्शन का परीक्षण कर सकते हैं।

आभार

लेखक, श्री दुर्गाप्रसाद, केंद्र प्रमुख, कासडिक तथा श्रीमती सौमाभौमिक मारन, वैज्ञानिक-एफ़ एवं समूह निदेशक, एवं आर उषा, तकनीकी अधिकारी–डी, एसआरके समूह को इस लेख हेतु अपने निरंतर समर्थन और प्रोत्साहन देने हेतु साभार धन्यवाद प्रकट करती है।

✦✦✦

विद्युत चुम्बकीय तरंगें

संजीव कुमार

अनुसंधान केंद्र इमारत (आरसीआई), हैदराबाद

sanjeevamethiol@gmail.com

परिचय

सर्वप्रथम विद्युत चुम्बकीय तरंगे को समझने से पहले यह जानेगे कि तरंगे क्या है? तरंगे बहतु साधारण शब्दों में किसी माध्यम में गड़बड़ी या विविधताएं हैं जो ऊर्जा के हस्तांतरण की अनुमति देती हैं। भौतिक विज्ञान में तरंग का अर्थ कई तरह के कंपनों या दोलनों को व्यक्त करता है। तरंगें ऊर्जा का हस्तांतरण करती हैं,द्रव्यमान का नहीं। उदाहरण के तौर से हम रेल की पटरी को लेते हैं। जब हम रेल की पटरी पर अपना कान लगायें तो दूर से आती किसी के द्वारा रेल पर दस्तक देने की आवाज ही सुन पायेंगे। इस मामले में ध्वनि ऊर्जा ही हस्तांतरित होती है।

तरंगों को मुख्यत: दो भागों में बाँटा जा सकता है:

1) यांत्रिक तरंगें 2) अयांत्रिक तरंगें

इन अयांत्रिक तरंगों को विद्युत चुम्बकीय (ईएम) तरंगे भी कहा जाता है।

विद्युत चुम्बकीय तरंगे क्या हैं?

जब विद्युत क्षेत्र, चुम्बकीय क्षेत्रों के साथ परस्पर क्रिया करता है तब इनसे उत्पन्न तरंगें, विद्युत चुम्बकीय तरंगे कहलाती है। इन तरंगों के विद्युत क्षेत्र तथा चुम्बकीय क्षेत्र एक दूसरे के लम्बवत होते हैं। निर्वात में विद्युत चुम्बकीय तरंगों की गति, प्रकाश की गति के बराबर अर्थात 3.00 x 108 मीटर/सेकेंड होती है।

विद्युत चुम्बकीय तरंगों का स्रोत क्या है?

जब भी विद्युत आवेशित आयन दोलन करते हैं (आवेशों को त्वरित करते हैं) तो फलस्वरूप विद्युत तरंगें उत्पन्न होती है। त्वरित आवेश के कारण विद्युत क्षेत्र में कंपन उत्पन्न होता है जिसके परिणामस्वरूप दोलनशील चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है। ईएम तरंगें दोलनशील विद्युत और चुम्बकीय क्षेत्रों द्वारा उत्पन्न होती है। जब आवेश स्थिर अवस्था में होता है तो उसका विद्युत क्षेत्र स्थिर रहता है जिसकी वजह से कोई विद्युत चुम्बकीय तरंगें उत्पन्न नहीं होती क्योंकि विद्युत क्षेत्र समय के साथ नहीं बदलता है। विद्युत चुम्बकीय तरंगें केवल आवेशों को त्वरित करके ही निर्मित हो सकती है। ईएम तरंग की आवृत्ति सदैव दोलन करने वाले कण की आवृत्ति के बराबर होती है।

विद्युत चुम्बकीय तरंगों पर मैक्सवेल समीकरण

1860 तथा 1870 के दशक में जेम्स क्लर्क मैक्सवेल नाम के एक स्कॉटिश बैज्ञानिक ने वैद्युत तरंगों को समझाने के लिए एक वैज्ञानिक सिद्धांत विकसित किया जिसे मैक्सवेल समीकरण कहते हैं।

मैक्सवेल के अनुसार – ईएम तरंगों का वेग प्रकाश के वेग के बराबर होता है। उन्होंने अपने प्रयोग में पाया कि विद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्र मिलकर विद्युत चुम्बकीय तरंग बनाते हैं। विद्युत चुम्बकीय तरंग एक अनुप्रस्थ तरंगें भी होती है जिसका अर्थ है कि इसके दोलन की ऊर्जा हस्तांतरण तथा यात्रा की दिशा लम्बवत है। यह निम्नलिखित समीकरणों से आता है:

$\nabla . E = 0$

$\nabla . B = 0$

जहाँ E तथा B क्रमशः विद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्र हैं।
ये समीकरण ई तथा बी दोनों तरंगों की संचरण की दिशा के लम्बवत होने को दर्शाते हैं।

विद्युत चम्बकीय तरंगों के गुण

ये तरंगे एक दूसरे के लम्बवत विद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्रों के माध्यम से फैलती है। निर्वात में ई एम तरंगें 3×10^8 मीटर/सेकेंड की स्थिर गति से यात्रा करती है। विद्युत तथा चुम्बकीय क्षेत्र विद्युत चुम्बकीय तरंगों को प्रभावित नहीं करते हैं। विद्युत चुम्बकीय तरंगों के बीच हस्तक्षेप या विवर्तन हो सकता है। ध्रुवीकरण विद्युत चुम्बकीय तरंगों का एक गुण है।

विद्युत चुम्बकीय तरंगों के संचरण के लिए किसी माध्यम की आवश्यकता नहीं होती है। धरती को सूर्य से ऊर्जा विद्युत चुम्बकीय तरंगों के माध्यम से प्राप्त होती है।

विद्युत चुम्बकीय तरंग की आवृत्ति सीधे उसकी तरंगदैर्ध्य से संबंधित होती है।

$v = f.\lambda$

v = वेग

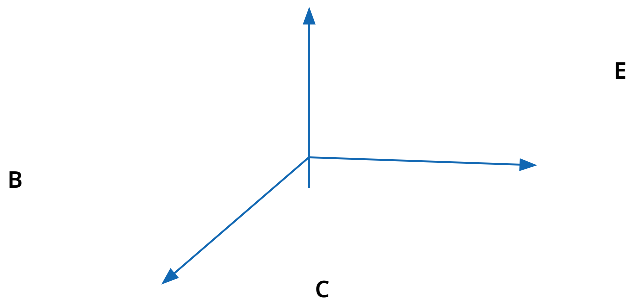
f = आवृत्ति

λ = तरंगदैर्ध्य

विद्युत चुम्बकीय तरंगों में ऊर्जा तथा वेग दोनों होते हैं।

विद्युत चुम्बकीय तरंगों को प्रसारित होने के लिए समय परिवर्तनशील विद्युत चुम्बकीय क्षेत्रों की जरूरत होती है।

विद्युत (E) तथा चुम्बकीय (B) क्षेत्रों की परिवर्तन की दिशा एक दूसरे के लम्बवत होती है तथा संचरण की दिशा (C) के भी लम्बवत होती है।

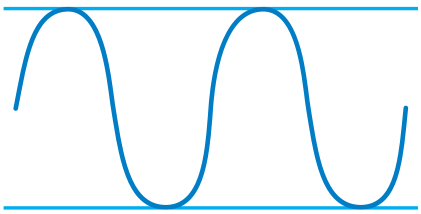


ई एम तरंग की ऊर्जा औसतन ई तथा बी के बीच समान रूप से विभाजित होती है।

विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम क्या है?

विद्युत चुम्बकीय तरंगों की आवृत्तियों तथा उनकी संबंधित तरंगदैर्ध्य और फोटॉन ऊर्जाओं की सीमा को विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम कहा जाता है। विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम को समझने के लिए आवृत्ति तथा तरंगदैर्ध्य को जानना चाहिए।

आवृत्ति- एक सेकेंड के भीतर किसी दिए गए बिंदु से गुजरने वाले श्रृंगों की संख्या को आवृत्ति कहते हैं।
तरंगदैर्ध्य- तरंगों के समान श्रृंग तथा गर्त होते हैं। वो क्रमागत श्रृंगो या गर्तों के बीच की दूरी को तरंगदैर्ध्य कहते हैं।



तरंगों की आवृत्ति तथा ऊर्जा कम होती है जबकि छोटी तरंगों की तुलनात्मक रूप से उच्च आवृत्ति तथा ऊर्जा होती है।

विद्युत चुम्बकीय तरंगों के उदाहरण

विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम में कई तरंगें शामिल है जो निम्न है:

1. रेडियो तरंगें– यह सबसे लंबी तरंगदैर्ध्य वाली तरंगें हैं। ये एक फुट या कई मील लंबी हो सकती हैं।
2. माइक्रोवेव– ये माइक्रोवेव्स सेंटीमीटर से मापी जाती है। इसका व्यापक उपयोग होता है ये धुएं, बादलों तथा हल्की बारिशों को भेद सकती है।
3. अवरक्त– माइक्रोवेव तथा दृश्य प्रकाश क्षेत्रों के बीच अवरक्त तरंगों को अक्सर निकट तथा दूर की श्रेणियों में विभाजित किया जाता है।
4. दृश्यमान प्रकाश– इस स्पेक्ट्रम को मानव नेत्र देख सकते हैं। यह 390 से 700 नैनोमीटर तक तरंगदैर्ध्य को कवर करता है।
5. पराबैगनी तरंगें– सूर्य से निकलने वाली अगली सबसे छोटी तरंगदैर्ध्य वाली किरणे है। ओजोन परत पृथ्वी को सूर्य की इस हानिकारक किरणों से बचाती है।
6. एक्स-रे– इनकी तरंगदैर्ध्य, पराबैगनी किरणों से कम होती है।

7. गामा किरणे– ये स्पेक्ट्रम में सबसे छोटी तरंगें हैं तथा इनकी ऊर्जा सबसे ज्यादा होती है।

विद्युत चुम्बकीय तरंगों के अनुप्रयोग

1. रेडियो तरंगें– रेडियो तथा टेलीवीजन
2. माइक्रोवेव– उपग्रह संचार तथा भोजन पकाना
3. अवरक्त– विद्युत हीटर, खाना पकाना तथा अवरक्त कैमरे
4. दृश्य प्रकाश– फाइबर आप्टिक संचार
5. पराबैगनी– ऊर्जा कुशल लैम्प, सूर्य टैनिंग
6. एक्स रे– चिकित्सा इमेजिंग और उपचार
7. गामा किरणें– चिकित्सा इमेजिंग (कैंसर उपचार)

इसके अलावा विद्युत चुम्बकीय तरंगों का उपयोग संचार क्षेत्र, परिवहन मनोरंजन, सुरक्षा क्षेत्र आदि में होता है।

रक्षा क्षेत्र में विद्युत चुम्बकीय तरंगों का अनुप्रयोग

रक्षा क्षेत्र में ईएम तरंगों का महत्वपूर्ण योगदान है जिनमें कुछ प्रमुख है:

1. संचार– सेना, भूमि, वायु, समुद्र, अंतरिक्ष तथा साइबर डोमेन ने संचार के लिए ईएम तरंगों का उपयोग करती है। उदाहरण के तौर पर पानी के नीचे पनडुब्बियों के संचार के लिए रेडियो तरंगे तो नहीं विमानों के बीच डेटालिंक के रूप में माइक्रोवेव का उपयोग होता है।
2. लक्ष्य निर्धारण– दुश्मनों को निशाना बनाने तथा उनपर हमला करने के लिए ईएम तरंगों का उपयोग किया जाता है। जैसे- मिसाइल लक्ष्यों के लिए टर्मिनल मार्गदर्शन लिए इन्फ्रारेड या रेडार का उपयोग करती हैं।
3. इलेक्ट्रॉनिक युद्ध– ई एम तरंगों का उपयोग इलेक्ट्रॉनिक युद्ध (ई डब्ल्यू) के माध्यम से आक्रामक तथा रक्षात्मक प्रभाव पैदा करने के लिए किया जाता है। ई डब्ल्यू गतिविधियों में स्पेक्ट्रम तक विरोधी की रोकथाम के लिए इलेक्ट्रॉनिक जैमर का उपयोग करना सम्मिलित है।
4. स्थिति के अनुसार सजगता– ई एम तरंगों का उपयोग शत्रु बलों का स्थान चिह्नित करके युद्ध चित्र विकसित करने के लिए किया जाता है।
5. ड्रोन को नष्ट करना– लेजरों के प्रयोग से खुफिया जानकारी एकत्र करने वाले सेंसरों को निष्क्रिय करने तथा ड्रोनों को नष्ट करने के लिए किया जाता है।

निष्कर्ष

विद्युत चुम्बकीय तरंगें हमारे दैनिक जीवन का महत्वपूर्ण अंग है। जगने से लेकर सोने तक में इन तरंगों का हमारे जीवन में अहम भूमिका है। चिकित्सा,सेना और नेविगेशन से लेकर हमारे घरेलू उपकरणों तक विभिन्न क्षेत्रों में इनका व्यापक उपयोग होता है। ये उपकरण हमारे जीवन को सहज बनाने में बहुत योगदान देते हैं।

एंटीना

नीरज कर्दम

सेना उड़न-योग्यता एवं प्रमाणीकरण केन्द्र (सेमिलाक), बेंगलुरु

neerajkardam.cemilac@gov.in

परिचय

एंटीना एक ऐसा उपकरण है, जो विद्युत चुंबकीय तरंगों को प्रसारित और प्राप्त करने के लिए उपयोग किया जाता है। आधुनिक युग में संचार तकनीक ने हमारे जीवन को आसान और तेज बना दिया है। यह संचार प्रणाली का एक महत्त्वपूर्ण घटक है, जो रेडियो तरंगों के जरिए सिग्नल को एक स्थान से दूसरे स्थान तक भेजने और प्राप्त करने में मदद करता है। इसका उपयोग रेडियो, टेलीविजन, मोबाइल संचार, रेडार और उपग्रह संचार जैसे विभिन्न क्षेत्रों में किया जाता है।

एंटीना का कार्य सिद्धांत

एंटीना का कार्य आवृत्ति और तरंगों की दिशा पर निर्भर करता है। यह मुख्यत: दो कार्य करता है:

1. **प्रसारण:** यह विद्युत सिग्नल को विद्युत चुंबकीय तरंगों में बदलता है और इसे वायुमंडल में भेजता है।
2. **प्राप्ति:** यह वायुमंडल से विद्युत चुंबकीय तरंगों को पकड़ता है और उन्हें विद्युत सिग्नल में बदलता है।

एंटीना की कुछ महत्त्वपूर्ण विशेषताएँ

एंटीना की विशेषताएँ वे तकनीकी मापदंड होते हैं, जो यह निर्धारित करते हैं कि एंटीना कितना प्रभावी है और इसे किस प्रकार के संचार के लिए उपयोग किया जा सकता है। इसकी कुछ विशेषताएं निम्नलिखित है:

1. **आवृत्ति:** एंटीना की आवृत्ति वह सीमा होती है जिस पर यह कार्य कर सकता है। यह निर्धारित करता है कि एंटीना किस आवृत्ति रेंज में सिग्नल प्राप्त और प्रसारित कर सकता है। यह अक्सर हर्ट्ज में मापी जाती है।
2. **बैंडविड्थ:** बैंडविड्थ वह आवृत्ति रेंज होती है, जिसमें एंटीना सही तरीके से सिग्नल को प्रसारित या प्राप्त कर सकता है। यह आमतौर पर हर्ट्ज या मेगाहर्ट्ज में मापी जाती है। अधिक बैंडविड्थ वाला एंटीना अधिक सिग्नल और डेटा संचारित कर सकता है।
3. **प्रवर्धन:** यह दर्शाता है कि एंटीना एक दिशा में कितने प्रभावी रूप से सिग्नल प्रसारित करता है। इसे डेसिबल में मापा जाता है। उच्च प्रवर्धन वाले एंटीना बेहतर दूरी और सिग्नल प्रसारण की क्षमता प्रदान करते हैं।
4. **दिशा:** यह बताता है कि एंटीना सिग्नल को कितनी एकाग्रता के साथ एक दिशा में प्रसारित करता है। यदि एंटीना की दिशा बहुत सीमित है तो इसे दिशिक एंटीना कहते हैं और यदि यह सभी दिशाओं में सिग्नल प्रसारित करता है तो इसे सर्वदिशिक एंटीना कहते हैं।

5. **ध्रुवीयता:** एंटीना की ध्रुवीयता दर्शाती है कि विद्युत क्षेत्र की लहरें किस दिशा में होती हैं। यह क्षैतिज या ऊर्ध्वाधर हो सकती है। सही ध्रुवीयता के साथ काम करने से सिग्नल की प्राप्ति बेहतर होती है।
6. **इम्पीडेंस:** एंटीना की इम्पीडेंस वह वैद्युतीय प्रतिरोध है जो एंटीना द्वारा सिग्नल के प्रवाह में उत्पन्न होता है। यह सामान्यत: 50 Ω या 75 Ω होता है और यह एंटीना और ट्रांसमीटर के बीच समान होना चाहिए ताकि सिग्नल का आदान-प्रदान सही तरीके से हो सके।
7. **एफिशियंसी:** एंटीना की एफिशियंसी दर्शाती है कि यह कितना प्रभावी ढंग से विद्युत ऊर्जा को रेडियो तरंगों में परिवर्तित करता है। उच्च एफिशियंसी वाला एंटीना अधिक शक्तिशाली और स्पष्ट सिग्नल प्रदान करता है।
8. **संरचनात्मक डिज़ाइन:** एंटीना का यह डिज़ाइन निर्धारित करता है कि यह किस प्रकार से बना है और इसे किस उद्देश्य के लिए उपयोग किया जा सकता है। विभिन्न प्रकार के डिज़ाइन, जैसे कि डिपोल, यागी, पैच एंटीना, और लूप एंटीना होते हैं।
9. **सिग्नल प्राप्ति और प्रसारण:** एंटीना के लिए यह एक महत्त्वपूर्ण मापदंड है कि वह किस प्रकार से सिग्नल को प्राप्त और प्रसारित कर सकता है। यह एंटीना की डिजाइन और उपयोगिता को प्रभावित करता है।
10. **टेम्परेचर रेंज:** एंटीना की कार्य करने की यह सीमा निर्धारित करती है कि एंटीना कितनी अधिकतम या न्यूनतम तापमान पर सही ढंग से काम कर सकता है। यह विशेष रूप से बाहरी एंटीना के लिए महत्त्वपूर्ण होता है, जिन्हें बाहरी वातावरण के प्रभाव का सामना करना पड़ता है।

इन विशिष्टताओं के आधार पर, एंटीना को विभिन्न संचार प्रणालियों जैसे मोबाइल नेटवर्क, रेडियो, टीवी प्रसारण, वाई-फाई और जीपीएस के लिए उपयुक्त रूप से चुना जाता है।

एंटीना के प्रकार

1. **दिशिक एंटीना:** यह केवल एक दिशा में तरंगों को प्रसारित और प्राप्त करता है।
2. **अर्ध दिशिक एंटीना:** अर्ध दिशिक एंटीना की रेडिएशन सभी दिशाओ में नहीं होती, बल्कि यह एंटीना बड़े क्षेत्रों के लिए होता है। यह एंटीना, सिग्नल को विशेष दिशा में ट्रांसफर करता है। इस एंटीना का उपयोग पॉइंट टू पॉइंट संचार और कम से मध्यम दूरी के संचार के लिए किया जाता है।
3. **सर्वदिशिक एंटीना:** यह सभी दिशाओं में तरंगों को प्रसारित और प्राप्त करता है।
4. **वायर्ड एंटीना:** वायर्ड एंटीना रेडियो एंटीना का एक प्रकार है, जिसमे जमीन पर लटकी हुई तार होती है। यह एक लोकप्रिय और सबसे ज्यादा उपयोग किया जाने वाला एंटीना है। इसका उपयोग वाहनों, जहाज, हवाई जहाज, ऑटोमोबाइल्स और बिल्डिंग्स में किया जाता है। वायर्ड एंटीना को कई श्रेणियों में बाटा गया है:
   - **ऊर्ध्वाधर एंटीना:** इसका उपयोग पॉइंट टू पॉइंट रेडियो संचार, प्राइवेट रेडियो संचार और ब्राडकास्टिंग के लिए किया जाता है। ऊर्ध्वाधर एंटीना का उपयोग उस जगह पर किया जाता है, जहां पर क्षैतिज एंटीना कार्यों को नहीं कर पाता।
   - **लूप एंटीना:** इसका उपयोग एम्पलीट्यूड मॉड्यूलेशन, ब्रॉडकास्ट रिसीवर और लैंड मोबाइल रेडियो के लिए किया जाता है। इस एंटीना को एक समान वाले कई तारों को मोड़कर बनाया जाता है। इस एंटीना की संरचना वृत्ताकार, आयताकार या त्रिभुजाकार होती है।

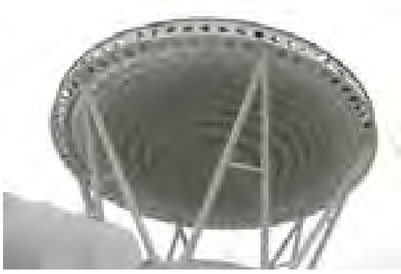
» **घुमावदार एंटीना:** इसे हेलिक्स एंटीना भी कहा जाता है, जिसका उपयोग VHF और UHF पर रेडियो और टेलीविजन ब्राडकास्टिंग के लिए किया जाता है। यह एंटीना हाई बैंडविड्थ प्रदान करता है और इसे ब्रॉडबैंड एप्लीकेशन में उपयोग किया जा सकता है।

» **डिपोल एंटीना:** यह सामान्यतः रेडियो और टेलीविजन में उपयोग होता है।

5. **परावर्तक एंटीना:** इसका उपयोग माइक्रोवेव कम्युनिकेशन, सेटेलाइट को ट्रैक करने और रेडियो अस्ट्रोनॉमी में किया जाता है। परावर्तक एंटीना को बनाने के लिए कई परावर्तकों का उपयोग किया जाता है। यह गोलाकार होता है और इसका वजन भी काफी हल्का होता है। इस एंटीना के कुछ उदाहरण– परावलयिक परावर्तक, कोणीय परावर्तक आदि है।

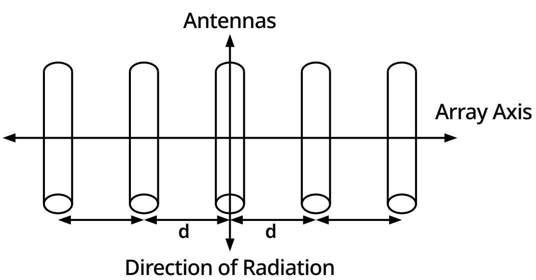
6. **एपर्चर एंटीना:** इसका उपयोग अंतरिक्षयान और वायुयान में किया जाता है। यह एंटीना इलेक्ट्रोमैग्नेटिक सिग्नल को प्राप्त और ट्रांसफर करता है। इसके उदाहरण– तरंगनलिका, हार्न, लेंस, स्लॉट, परावर्तक आदि है ।

7. **लेंस एंटीना:** यह एक माइक्रोवेव एंटीना है, जो सिग्नल को ट्रांसफर और प्राप्त करने के लिए प्राप्त लेंस की विशेषताओं का उपयोग करता है। इस एंटीना में जिस लेंस का उपयोग किया जाता है, उसका आकार रेडियो फ्रीक्वेंसी पर निर्भर करता है। फ्रीक्वेंसी जितनी अधिक होगी लेंस उतना ही छोटा होगा। इस एंटीना का उपयोग हाई फ्रीक्वेंसी एप्लीकेशन में किया जाता है। इसके उदाहरण– उत्तल-प्लेन, अवतल-प्लेन है।



8. **माइक्रोस्ट्रिप एंटीना:** यह एक मॉडर्न एंटीना है, जिसका उपयोग अंतरिक्षयानों, वायुयानों, सैटेलाइटों, मिसाइलों में किया जाता है। माइक्रोस्ट्रिप एंटीना को प्रिंटेड एंटीना भी कहते हैं। यह एक प्रकार का आंतरिक एंटीना है, जो ज्यादातर माइक्रोवेव फ्रीक्वेंसी का उपयोग करता है। यह एंटीना फ़ॉइल माइक्रोस्ट्रिप ट्रांसमिशन लाइनों के माध्यम से ट्रांसमीटर या रिसीवर से जुड़ा होता है।

9. **व्यूह एंटीना:** यह कई एंटीना का समूह है, जिसका उपयोग रेडिएशन पैटर्न को नियंत्रित करने के लिए किया जाता है। यह आइसोट्रोपिक एंटीना की तुलना में बेहतर होता है क्योंकि इसमें दिशाओ को नियंत्रित करना आसान है। इस एंटीना का उपयोग रेडियो फ्रीक्वेंसी को ट्रांसफर और प्राप्त करने के लिए किया जाता है। इसके कुछ महत्त्वपूर्ण उदाहरण– यागी-उदा एंटीना, माइक्रोस्ट्रिप पैच व्यूह, एपर्चर व्यूह है।



एवियोनिक्स में एंटीना का उपयोग

एवियोनिक्स में एंटीना का उपयोग विभिन्न संचार, नेविगेशन और निगरानी प्रणालियों में किया जाता है। यह विमान के संचालन और सुरक्षा के लिए अत्यंत महत्त्वपूर्ण है।

1. संचार प्रणालियों में उपयोग

» **एयर-टू-ग्राउंड संचार:** एंटीना का उपयोग विमान और ग्राउंड स्टेशन के बीच वॉयस और डेटा संचार के लिए किया जाता है। जैसे, वेरी हाई फ्रिक्वेंसी एंटीना छोटी दूरी के संचार के लिए उपयोगी है।

» **एयर-टू-एयर संचार:** विमान के बीच सीधे संचार के लिए एंटीना का उपयोग होता है, जो सामूहिक उड़ान और टकराव से बचाव में सहायक होता है।

» **सैटेलाइट कम्युनिकेशन:** सैटेलाइट एंटीना का उपयोग वैश्विक संचार, ऑनबोर्ड इंटरनेट, और यात्री सुविधा के लिए किया जाता है।

2. नेविगेशन प्रणालियों में उपयोग

» **ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम:** जीपीएस एंटीना उपग्रह से सिग्नल प्राप्त करता है, जिससे विमान की सटीक स्थिति और समय की जानकारी मिलती है।

» **इंस्ट्रूमेंट लैंडिंग सिस्टम:** एंटीना का उपयोग लैंडिंग के दौरान लोकलाइज़र और ग्लाइड स्लोप सिग्नल प्राप्त करने के लिए किया जाता है।

» **डिस्टेंस मेज़रिंग इक्विपमेंट:** विमान में लगे एंटीना ग्राउंड स्टेशन से दूरी मापने और स्थिति निर्धारण में मदद करते हैं।

3. निगरानी और सुरक्षा में उपयोग

» **ट्रैफिक कोलिजन अवॉयडेंस सिस्टम:** यह एंटीना पास के अन्य विमानों के ट्रांसपोंडर से सिग्नल प्राप्त करता है और टकराव से बचाव में सहायता करता है।

» **वेदर रेडार:** एंटीना मौसम की स्थिति का पता लगाने में मदद करता है, जिससे पायलट खराब मौसम से बच सकते हैं।

» **ऑटोमेटिक डिपेंडेंट सर्विलांस-ब्रॉडकास्ट:** ऑटोमेटिक डिपेंडेंट सर्विलांस-ब्रॉडकास्ट एंटीना विमान की स्थिति, गति और ऊंचाई की जानकारी ग्राउंड स्टेशन और अन्य विमानों तक पहुंचाते हैं।

4. रेडार प्रणालियों में उपयोग

» **ग्राउंड प्रॉक्सिमिटी वार्निंग सिस्टम:** रेडार एंटीना विमान के नीचे की सतह का पता लगाकर पायलट को टकराव के खतरों के प्रति सचेत करता है।

» **एयरबोर्न अर्ली वार्निंग एंड कंट्रोल:** विशेषकर सैन्य उपयोग में, रेडार एंटीना अन्य विमानों और मिसाइलों का पता लगाने और उन्हें ट्रैक करने में उपयोगी होते हैं।

निष्कर्ष

एंटीना आधुनिक संचार प्रणाली की रीढ़ है। इसके बिना वायरलेस संचार की कल्पना करना असंभव है। तकनीकी विकास के साथ एंटीना की संरचना और कार्यक्षमता में भी सुधार हो रहा है, जिससे यह अधिक प्रभावी और उन्नत हो रहा है। एंटीना के उपयोग से हम न केवल घरेलू स्तर पर बल्कि वैश्विक स्तर पर भी सूचनाओं का आदान-प्रदान कर सकते हैं। एंटीना का उपयोग हर उस जगह होता है, जहां संचार और सिग्नल प्रसारण की आवश्यकता होती है।

✦✦✦

इलेक्ट्रॉनिक युद्ध समर्थन उपाय

सुजीत कुमार मेहता
संसदीय कार्य, राजभाषा तथा संगठन पद्धति निदेशालय (डीआरडीओ मुख्यालय), नई दिल्ली
sujitkumarmehta.hqr@gov.in

परिचय

सैन्य दूरसंचार में , इलेक्ट्रॉनिक समर्थन (ईएस) या इलेक्ट्रॉनिक समर्थन उपाय (ईएसएम) सैन्य हित के विद्युत चुम्बकीय विकिरणों को निष्क्रिय "सुनने" के माध्यम से खुफिया जानकारी इकट्ठा करते हैं। वे इलेक्ट्रॉनिक युद्ध का एक पहलू हैं, जिसमें तत्काल खतरे की पहचान (जैसे कि चेतावनी की फायर कंट्रोल रेडार ने लड़ाकू वाहन, जहाज या विमान पर लॉक कर दिया है) या लंबी अवधि की परिचालन योजना के प्रयोजनों के लिए विकिरणित विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा के स्रोतों का पता लगाने, अवरोधन करने, पहचानने, पता लगाने, रिकॉर्ड करने और/या विश्लेषण करने के लिए एक परिचालन कमांडर के प्रत्यक्ष नियंत्रण में की गई कार्रवाइयां शामिल हैं। इस प्रकार इलेक्ट्रॉनिक समर्थन, इलेक्ट्रॉनिक सुरक्षा (ईपी), इलेक्ट्रॉनिक हमला (ईए), परिहार, लक्ष्यीकरण और बलों के अन्य सामरिक रोजगार से जुड़े निर्णयों के लिए आवश्यक जानकारी का स्रोत प्रदान करता है।

इलेक्ट्रॉनिक समर्थन डेटा का उपयोग सिग्नल इंटेलिजेंस (SIGINT), इलेक्ट्रॉनिक सहायता उपाय (1) विदेशी प्रणालियों का प्रारंभिक पता लगाने या ज्ञान, (2) विदेशी प्रणालियों पर तकनीकी और परिचालन डेटा का एक पुस्तकालय, और (3) उस पुस्तकालय का उपयोग करके सामरिक मुकाबला जानकारी प्रदान कर सकते हैं।[1] ईएसएम संग्रह प्लेटफ़ॉर्म इलेक्ट्रॉनिक रूप से चुप रह सकते हैं और रेडार का पता लगाने की सीमा से परे रेडार प्रसारण का पता लगा सकते हैं और उसका विश्लेषण कर सकते हैं क्योंकि उस पल्स की परावर्तित प्रतिध्वनि के संबंध में प्रेषित विद्युत चुम्बकीय पल्स की शक्ति अधिक होती है।

इलेक्ट्रॉनिक समर्थन उपायों के रणनीतिक अनुप्रयोग

इलेक्ट्रॉनिक सपोर्ट मेज़र्स (ESM) की असली ताकत सिर्फ़ इसकी अत्याधुनिक तकनीक में ही नहीं बल्कि इसके मूल सिद्धांतों में भी निहित है। ESM इस बुनियादी समझ पर काम करता है कि हर इलेक्ट्रॉनिक डिवाइस एक अनूठा सिग्नेचर उत्सर्जित करता है, जो इंटरसेप्ट और विश्लेषण किए जाने पर मूल्यवान जानकारी प्रकट करता है।

प्राथमिक लक्ष्य परिचालन वातावरण की एक व्यापक इलेक्ट्रॉनिक तस्वीर बनाना है, जिसमें खतरों और अवसरों की पहचान की जा सके। कल्पना कीजिए कि दुश्मन की स्थिति, संचार नेटवर्क और कमजोरियों को उजागर करते हुए एक विस्तृत विद्युत चुम्बकीय युद्धक्षेत्र मानचित्र बनाया जाए, जिससे कमांडरों को सूचित निर्णय लेने और दुश्मन की कार्रवाइयों का अनुमान लगाने में सक्षम बनाया जा सके।

1. डेटा को कार्रवाई योग्य खुफिया जानकारी में बदलना

आधुनिक ईएसएम सिस्टम में अक्सर परिष्कृत स्पेक्ट्रम विश्लेषक और अन्य आरएफ उपकरण शामिल होते हैं जो रेडियो तरंगों का वास्तविक समय मानचित्र प्रदान करते हैं, जिससे रुचि के संकेतों की पहचान करने और दुश्मन की गतिविधि का आकलन करने में सहायता मिलती है। इसके अतिरिक्त, ईएसएम इलेक्ट्रॉनिक संकेतों को रोककर और उनका विश्लेषण करके सिगिनट में महत्वपूर्ण योगदान देता है। संकेतों की प्रकृति के आधार पर इस खुफिया जानकारी को आगे संचार खुफिया (COMINT) और इलेक्ट्रॉनिक खुफिया (ELINT) में वर्गीकृत किया जाता है।

सिग्नल इंटेलिजेंस: इलेक्ट्रॉनिक खुफिया (ELINT) और संचार खुफिया (COMINT) के एकीकरण का प्रतिनिधित्व करता है, जो शत्रुओं के इलेक्ट्रॉनिक और संचार परिदृश्यों का व्यापक अवलोकन प्रदान करता है। यह संयुक्त खुफिया जानकारी कमांड के सभी स्तरों पर सूचित निर्णय लेने की अनुमति देती है, जिससे सैन्य नेताओं को दुश्मन के संचालन और रणनीतिक स्थितियों की विस्तृत समझ मिलती है।

संचार खुफिया: दुश्मन के संचार में गहराई से पड़ताल करता है, आवाज, पाठ और संकेत प्रसारण को रोकता है और उसका विश्लेषण करता है। ईएसएम का यह पहलू सैन्य गतिविधियों, परिचालन योजनाओं और यहां तक कि दुश्मन के मनोबल और इरादों के बारे में महत्वपूर्ण जानकारी को उजागर करता है। डी-डे आक्रमण के दौरान मित्र देशों की सेनाओं द्वारा जर्मन संचार को रोकना संचार खुफिया के महत्व का उदाहरण है, जिसने जर्मन स्थितियों और योजनाओं का खुलासा करके रणनीतिक लाभ प्रदान किया।

इलेक्ट्रॉनिक इंटेलिजेंस: दुश्मन के इलेक्ट्रॉनिक उत्सर्जन, जैसे कि रेडार और अन्य गैर-संचार संकेतों को समझने पर ध्यान केंद्रित करता है, ताकि उनकी क्षमताओं और इरादों का पता लगाया जा सके। इन संकेतों के उन्नत विश्लेषण के माध्यम से, ईएसएम दुश्मन के रेडार के प्रकार और कार्य की पहचान करता है, जिसमें वायु रक्षा प्रणाली और मिसाइल लांचर, और विशिष्ट सैन्य परिसंपत्तियों की उपस्थिति शामिल है। दुश्मन के इलेक्ट्रॉनिक बुनियादी ढांचे में यह अंतर्दृष्टि रणनीतिक योजना और सामरिक प्रतिक्रियाओं को सक्षम बनाती है, जैसा कि 1999 के कोसोवो युद्ध में प्रदर्शित किया गया था, जहां इलेक्ट्रॉनिक खुफिया (ELINT) ने नाटो बलों के लिए सर्बियाई सैन्य प्रतिष्ठानों की पहचान करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई थी।

2. सैन्य अभियानों के लिए ईएसएम खुफिया जानकारी का अनुप्रयोग

ऑपरेशनल प्लानिंग और इलेक्ट्रॉनिक खुफिया (ELINT): सैन्य अभियानों के ऑपरेशनल प्लानिंग चरण में इलेक्ट्रॉनिक खुफिया (ELINT) एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। दुश्मन के रेडार और रक्षा प्रणालियों से इलेक्ट्रॉनिक उत्सर्जन का विश्लेषण करके, इलेक्ट्रॉनिक खुफिया (ELINT) कार्रवाई योग्य खुफिया जानकारी प्रदान करता है जो ऑपरेशन की योजना और निष्पादन को आकार देता है।

लक्ष्य विकास: इलेक्ट्रॉनिक खुफिया (ELINT) डेटा का उपयोग दुश्मन के रेडार और रक्षा प्रतिष्ठानों की पहचान और वर्गीकरण करके एक व्यापक लक्ष्य सूची विकसित करने के लिए किया जाता है। इस प्रक्रिया में रेडार हस्ताक्षरों का विश्लेषण करना शामिल है ताकि उनकी क्षमताओं, परिचालन स्थिति और संभावित खतरे के स्तर का निर्धारण किया जा सके। उदाहरण के लिए, उन्नत सतह से हवा में मार करने वाली मिसाइल (SAM) प्रणालियों

की पहचान उन्हें दुश्मन की वायु रक्षा क्षमताओं को कम करने के लिए शुरुआती हमलों के लिए उच्च-मूल्य वाले लक्ष्यों के रूप में प्राथमिकता दे सकती है।

मिशन नियोजन: इलेक्ट्रॉनिक खुफिया (ELINT) अंतर्दृष्टि के आधार पर, मिशन योजनाकार विमानों के लिए उड़ान पथ तैयार कर सकते हैं जो पता लगाए गए खतरों के जोखिम को कम करते हैं, मिशन की सफलता दर और चालक दल की सुरक्षा को बढ़ाते हैं। यह पहले खाड़ी युद्ध जैसे अभियानों में स्पष्ट था, जहाँ इलेक्ट्रॉनिक खुफिया (ELINT) -निर्देशित मिशन नियोजन ने गठबंधन विमानों को इराकी हवाई सुरक्षा से प्रभावी ढंग से बचने में सक्षम बनाया।

3. सामरिक निर्णय और संचार खुफिया

संचार खुफिया दुश्मन के इरादों, मनोबल और योजनाबद्ध गतिविधियों की जानकारी प्रदान करता है, तथा जमीन पर सामरिक निर्णयों को सीधे प्रभावित करता है।

सेना की पैंतरेबाजी: वास्तविक समय की संचार खुफिया जानकारी कमांडरों को सेना की पैंतरेबाजी पर सूचित निर्णय लेने की अनुमति देती है। उदाहरण के लिए, दुश्मन के आसन्न आक्रमण का संकेत देने वाले संचार को रोकना हमले को पीछे हटाने के लिए सेना की पूर्व-स्थिति या रक्षात्मक मुद्राओं के समायोजन को प्रेरित कर सकता है।

घात रोकथाम: घात लगाने की योजना बना रहे दुश्मन के संचार को बाधित करके, संचार खुफिया कमांडरों को गश्ती और काफिले को फिर से मार्ग देने में सक्षम बनाता है, जिससे नुकसान से बचा जा सकता है और आश्चर्य का तत्व बना रहता है। संचार खुफिया का यह अनुप्रयोग अफ़गानिस्तान में आतंकवाद विरोधी अभियानों में महत्वपूर्ण था, जहाँ इसने गठबंधन बलों पर कई घातों को रोकने में मदद की।

4. सिगिनट और संयुक्त संचालन

सिगिनट (SIGINT), जो इलेक्ट्रॉनिक खुफिया (ELINT) और संचार खुफिया का संयोजन है , संयुक्त अभियानों के निष्पादन के लिए अभिन्न अंग है, तथा दुश्मन की बहुस्तरीय समझ प्रदान करता है।

संयुक्त बल समन्वय: SIGINT एक साझा खुफिया तस्वीर प्रदान करके संयुक्त बल संचालन के समन्वय का समर्थन करता है जो सभी भाग लेने वाली इकाइयों को दुश्मन की क्षमताओं और इरादों के बारे में सूचित करता है। यह समन्वित हमलों, संयुक्त हवाई-जमीन संचालन और लक्षित मिशनों में विशेष संचालन बलों के प्रभावी उपयोग को सक्षम बनाता है।

इलेक्ट्रॉनिक युद्ध (ईडब्ल्यू) रणनीति: सिगिनट से लैस, ईडब्ल्यू इकाइयाँ अधिक प्रभावी इलेक्ट्रॉनिक हमला (ईए) संचालन कर सकती हैं, जैसे दुश्मन के संचार को जाम करना या दुश्मन के रेडार सिस्टम को धोखा देना। सिगिनट व्यवधान या धोखे के लिए लक्षित किए जाने वाले प्रमुख इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम की आवृत्तियों, प्रोटोकॉल और स्थानों पर आवश्यक विवरण प्रदान करता है, जिससे ईडब्ल्यू प्रयासों की समग्र प्रभावशीलता बढ़ जाती है।

साइबर ऑपरेशन: आधुनिक युद्ध में, SIGINT दुश्मन के इलेक्ट्रॉनिक और संचार नेटवर्क में कमज़ोरियों की पहचान करके साइबर ऑपरेशन को भी आधार प्रदान करता है। यह खुफिया जानकारी साइबर टीमों को इन कमज़ोरियों का फ़ायदा उठाने के लिए निर्देशित कर सकती है, चाहे आगे की खुफिया जानकारी इकट्ठा करना हो, कमांड और नियंत्रण को बाधित करना हो या सूचना संचालन के माध्यम से दुश्मन के मनोबल को कम करना हो।

ईएसएम-व्युत्पन्न खुफिया जानकारी केवल सैन्य रणनीति का एक घटक नहीं है; यह सामरिक और परिचालन निर्णय लेने का एक गतिशील और महत्वपूर्ण चालक है। इलेक्ट्रॉनिक खुफिया (ELINT) और संचार खुफिया के परिष्कृत विश्लेषण के माध्यम से, सशस्त्र बल दुश्मन की कार्रवाइयों का अनुमान लगा सकते हैं, अपने कर्मियों की रक्षा कर सकते हैं, और ऐसे ऑपरेशन कर सकते हैं जो रणनीतिक रूप से दुश्मन की क्षमताओं को कम करते हुए अपने स्वयं के बलों को संरक्षित करते हैं। सैन्य रणनीति में ईएसएम खुफिया जानकारी का यह गहरा एकीकरण संघर्ष के स्पेक्ट्रम में इसके मूल्य को रेखांकित करता है, शांतिकालीन प्रतिस्पर्धा से लेकर उच्च तीव्रता वाले युद्ध तक।

5. इलेक्ट्रॉनिक समर्थन उपायों से भविष्य को सुरक्षित करना

आधुनिक युद्ध और सुरक्षा में, इलेक्ट्रॉनिक सहायता उपाय स्पेक्ट्रम प्रभुत्व प्राप्त करने के लिए एक महत्वपूर्ण घटक के रूप में खड़े हैं , जो आज रणनीतिक संचालन के लिए आवश्यक है। हालाँकि, यह तकनीक, विद्युत चुम्बकीय उत्सर्जन का पता लगाने, अवरोधन करने और उसका विश्लेषण करने की अपनी क्षमता में उन्नत है, जो सैन्य उपयोग से परे विभिन्न क्षेत्रों में एक महत्वपूर्ण उपकरण बन गई है। यह बेजोड़ परिस्थितिजन्य जागरूकता प्रदान करके सैन्य क्षमताओं को बढ़ाता है। साथ ही, यह आपदा प्रतिक्रिया से लेकर पर्यावरण संरक्षण और कानून प्रवर्तन तक की चुनौतियों का समाधान करने में नागरिक क्षेत्रों का समर्थन करता है।

निष्कर्ष

इस तकनीक का रणनीतिक महत्व अस्पष्ट संकेतों को कार्रवाई योग्य खुफिया जानकारी में बदलने की इसकी क्षमता में निहित है। यह निर्णयकर्ताओं को इलेक्ट्रॉनिक वातावरण की व्यापक समझ प्रदान करता है, जिससे उन्हें खतरों को रोकने, संचार को सुरक्षित करने और महत्वपूर्ण बुनियादी ढांचे की रक्षा करने में मदद मिलती है। ऐसे युग में जहाँ इलेक्ट्रॉनिक युद्ध और साइबर खतरे लगातार विकसित होते रहते हैं, विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम पर हावी होना न केवल एक लाभ है बल्कि राष्ट्रीय सुरक्षा बनाए रखने और वैश्विक स्थिरता सुनिश्चित करने के लिए एक आवश्यकता है।

✦✦✦

इलेक्ट्रॉनिक प्रतिवाद

दीपक सिंह पाल
संसदीय कार्य, राजभाषा तथा संगठन पद्धति निदेशालय (डीआरडीओ मुख्यालय), नई दिल्ली
deepaksingh.hqr@gov.in

परिचय

इलेक्ट्रॉनिक प्रतिवाद (ईसीएम) एक विद्युत या इलेक्ट्रॉनिक उपकरण है जिसे रेडार, सोनार या अन्य पहचान प्रणालियों जैसे कि इन्फ्रारेड (आईआर) या लेजर को धोखा देने के लिए डिज़ाइन किया गया है। किसी दुश्मन को लक्ष्य संबंधी जानकारी देने से इनकार करने के लिए इसका आक्रामक और रक्षात्मक दोनों तरह से इस्तेमाल किया जा सकता है। यह प्रणाली दुश्मन को कई अलग-अलग लक्ष्य दिखा सकती है या वास्तविक लक्ष्य को गायब या बेतरतीब ढंग से घूमता हुआ दिखा सकती है। इसका इस्तेमाल विमान को निर्देशित मिसाइलों से बचाने के लिए प्रभावी रूप से किया जाता है। अधिकांश वायु सेनाएं अपने विमानों को हमले से बचाने के लिए ईसीएम का इस्तेमाल करती हैं। इसे सैन्य जहाजों और हाल ही में कुछ उन्नत टैंकों पर लेजर/आईआर निर्देशित मिसाइलों को धोखा देने के लिए भी तैनात किया गया है। इसे अक्सर स्टील्थ एडवांस के साथ जोड़ा जाता है ताकि ईसीएम प्रणालियों का काम आसान हो जाए।

इतिहास

इलेक्ट्रॉनिक जवाबी उपायों का युद्ध की स्थिति में इस्तेमाल होने का पहला उदाहरण रूस-जापान युद्ध के दौरान हुआ। 13 जुलाई 1904 को पोर्ट आर्थर किले में और रूसी लाइट क्रूज़र पर लगे रूसी वायरलेस टेलीग्राफी स्टेशनों ने जापानी युद्धपोतों के एक समूह के बीच वायरलेस संचार को सफलतापूर्वक बाधित कर दिया। जब जापानी एक रूसी नौसैनिक अड्डे पर बमबारी में अपने प्रयासों का समन्वय करने का प्रयास कर रहे थे, तब रूसी स्टेशनों में लगे स्पार्क-गैप ट्रांसमीटरों ने बेहूदा शोर उत्पन्न किया। प्रथम विश्व युद्ध के दौरान जर्मनी और यूनाइटेड किंगडम ने पश्चिमी मोर्चे पर दुश्मन के संचार में हस्तक्षेप किया, जबकि रॉयल नेवी ने जर्मन नौसैनिक रेडियो प्रसारण को बाधित करने की कोशिश की। झूठे रेडियो सिग्नल भेजने, शोर स्टेशनों से जहाजों के कॉल साइन का उपयोग करके प्रसारण भेजने और दुश्मन के रेडियो सिग्नल को जाम करने के भी प्रयास किए गए।

द्वितीय विश्व युद्ध में ईसीएम का विस्तार किया गया जिसमें चफ़ (जिसे मूल रूप से विंडो कहा जाता है) को गिराना, रेडार और नेविगेशन सिग्नल को जाम करना और धोखा देना शामिल था। जर्मन बमवर्षक विमान ग्राउंड स्टेशनों से प्रसारित रेडियो संकेतों का उपयोग करके नेविगेट करते थे, जिसे ब्रिटिशों ने बीम्स की लड़ाई में नकली संकेतों के साथ बाधित किया। जर्मनी पर आरएएफ के रात के हमलों के दौरान इलेक्ट्रॉनिक जवाबी कार्रवाई की सीमा काफ़ी बढ़ गई थी, और एक विशेष संगठन नंबर 100 ग्रुप आरएएफ का गठन किया गया था, जो बढ़ते जर्मन नाइट फाइटर बल और

रेडार सुरक्षा का मुकाबला करने के लिए था। शीत युद्ध के विकास में दुश्मन के रेडार ट्रांसमीटरों पर निशाना साधने के लिए डिज़ाइन की गई विकिरण-रोधी मिसाइलें शामिल थीं। 2007 के ऑपरेशन ऑर्चर्ड में एक संदिग्ध सीरियाई परमाणु हथियार स्थल पर इजरायली हमले में इजरायली वायु सेना ने हमले से पहले सीरियाई हवाई क्षेत्र पर नियंत्रण करने के लिए इलेक्ट्रॉनिक युद्ध का इस्तेमाल किया। इजरायली इलेक्ट्रॉनिक युद्ध (ईडब्ल्यू) प्रणालियों ने सीरिया की वायु रक्षा प्रणालियों पर कब्जा कर लिया जिससे उन्हें झूठी आकाश-तस्वीर मिल गई, जबकि इजरायली वायु सेना के जेट विमानों ने सीरिया के अधिकांश हिस्से को पार किया अपने लक्ष्यों पर बमबारी की और वापस लौट आए।

रेडार ईसीएम

बुनियादी रेडार ईसीएम रणनीतियाँ हैं (1) रेडार हस्तक्षेप, (2) लक्ष्य संशोधन, और (3) हवा के विद्युत गुणों को बदलना। हस्तक्षेप तकनीकों में जामिंग और धोखा शामिल हैं। जैमिंग एक अनुकूल प्लेटफ़ॉर्म द्वारा रेडार आवृत्ति पर संकेतों को प्रेषित करके इको को छिपाने के लिए पर्याप्त शोर स्तर उत्पन्न करने के द्वारा पूरा किया जाता है। जैमर का निरंतर प्रसारण दुश्मन के रेडार को एक स्पष्ट दिशा प्रदान करेगा, लेकिन कोई सीमा की जानकारी नहीं। धोखा गलत सीमा को इंगित करने के लिए देरी के साथ रेडार प्रतिध्वनि की नकल करने के लिए एक ट्रांसपोंडर का उपयोग कर सकता है। ट्रांसपोंडर वैकल्पिक रूप से एक छोटे डिकॉय को बड़ा लक्ष्य बनाने के लिए रिटर्न इको ताकत बढ़ा सकते है।

संचार ईसीएम

रेडियो जैमिंग या संचार जैमिंग रेडियो संकेतों का जानबूझकर किया गया प्रसारण है, जो संकेत-से-शोर अनुपात को इस हद तक कम करके संचार को बाधित कर देता है कि लक्षित संचार लिंक या तो खराब हो जाता है या सेवा से वंचित हो जाता है।

विमान ईसीएम

ईसीएम का प्रयोग लगभग सभी आधुनिक सैन्य इकाइयों द्वारा किया जाता है–भूमि, समुद्र या वायु। हालांकि, विमान ईसीएम युद्ध में प्राथमिक हथियार हैं क्योंकि वे समुद्र या भूमि-आधारित इकाई की तुलना में पृथ्वी के एक बड़े हिस्से को "देख" सकते हैं। प्रभावी ढंग से उपयोग किए जाने पर, ईसीएम विमानों को खोज रेडार द्वारा ट्रैक किए जाने या सतह से हवा में मार करने वाली मिसाइलों या हवा से हवा में मार करने वाली मिसाइलों द्वारा लक्षित किए जाने से बचा सकता है। एक विमान ईसीएम एक संलग्न अंडरविंग पॉड का रूप ले सकता है या एयरफ्रेम में एम्बेड किया जा सकता है। पारंपरिक इलेक्ट्रॉनिक रूप से स्कैन किए गए एंटीना का उपयोग करने वाले लड़ाकू विमान इसके बजाय समर्पित जैमिंग पॉड लगाते हैं या, अमेरिकी, जर्मन और इतालवी वायु सेनाओं के मामले में, उन्हें ले जाने के लिए इलेक्ट्रॉनिक युद्धक विमानों पर निर्भर हो सकते हैं। ईसीएम पॉड शक्ति और क्षमता में व्यापक रूप से भिन्न होते हैं; जबकि कई लड़ाकू विमान ईसीएम पॉड ले जाने में सक्षम हैं, ये पॉड आम तौर पर समर्पित ईसीएम विमानों द्वारा ले जाए जाने वाले उपकरणों की तुलना में कम शक्तिशाली, सक्षम और कम दूरी के होते हैं, इस प्रकार समर्पित ईसीएम विमान किसी भी वायुसेना की सूची का एक महत्वपूर्ण हिस्सा बन जाते हैं।

1. भविष्य के हवाई जैमर

अगली पीढ़ी के जैमर को ई/ए-18जी इलेक्ट्रॉनिक युद्धक विमान पर लगे मौजूदा एएन/एएलक्यू-99 को बदलने के लिए विकसित किया जा रहा है। इसे 2020 के आसपास अपनाने की योजना है, यह चारों ओर कवरेज के लिए चतुर्भुजों में विभाजित एक छोटे एईएसए एंटीना का उपयोग करेगा और अत्यधिक दिशात्मक जैमिंग की क्षमता को बनाए रखेगा।

डीएआरपीए की प्रेसिजन इलेक्ट्रॉनिक वॉरफेयर (पीआरईडब्ल्यू) परियोजना का लक्ष्य एक कम लागत वाली प्रणाली विकसित करना है जो कई सरल एयरबोर्न जैमिंग पॉड्स को पर्याप्त सटीकता के साथ सिंक्रोनाइज़ करने में सक्षम हो, ताकि इलेक्ट्रॉनिक रूप से स्कैन किए गए एंटीना की दिशात्मकता को दोहराया जा सके, जिससे गैर-लक्षित रिसीवरों के कोलेटरल जैमिंग से बचा जा सके।

आरएफ आधारित खतरों को रोकने के लिए डीआरएफएम तकनीक का उपयोग करने वाला एक व्यय योग्य सक्रिय डिकॉय पहले से ही सेलेक्स ईएस द्वारा विकसित किया गया है (2017 से लियोनार्डो के नए नाम फिनमेकेनिका में विलय हो गया)। ब्राइटक्लाउड नामक यह सिस्टम एक छोटे से कनस्तर के भीतर स्व-निहित है जो एक मानक फ्लेयर कार्ट्रिज के समान है। सिस्टम के 55 मिमी प्रारूप ने ग्रिपेन विमान के साथ उड़ान परीक्षण किया है और 218 संस्करण का विकास एक उन्नत चरण में है।

2. समर्पित ईसीएम विमान

1. ईए-3 स्काईवॉरियर
2. ईसी-66 विध्वंसक
3. EC-130एच कम्पास कॉल
4. ईए-6बी प्रॉलर एएलक्यू-92 संचार जैमर, एएलक्यू-100 मल्टी-बैंड ट्रैक ब्रेकिंग सिस्टम और पांच एएलक्यू-99 सामरिक जैमर पॉड्स से लैस है
5. ईए-18जी ग्रोलर
6. ईएफ-111ए रेवेन
7. बवंडर ईसीआर
8. जे-16 डी
9. एसयू-24एमपी
10. याक-28पीपी
11. एमआई-8पीपी

निष्कर्ष

इस प्रकार हम कह सकते हैं कि ई सी एम तकनीकी किसी भी देश की वायुसेना के विमानों को एक उच्चतम प्रकार की सुरक्षा प्रदान करती है ।

रेडार के लिए उच्च-शक्ति एक्स-बैंड हेलिक्स चल-तरंग नलिका का विकास

सुधामणि एचएस, रवि निनावत, अरुत पावै एसके, ओमशंकर मेहरा, राजा रमण राव, सुब्रत कुमार दत्ता

सूक्ष्मतरंग नलिका अनुसंधान तथा विकास केन्द्र (एमटीआरडीसी), बेंगलुरु

sudhamani.mtrdc@gmail.com

प्रस्तावना

हेलिक्स चल-तरंग नलिका (TWT) का उपयोग उनके रैखिकता, आकार में कॉम्पैक्ट, उच्च बैंडविड्थ और संचार, इलेक्ट्रॉनिक युद्ध और रेडार प्रणाली जैसे विभिन्न अनुप्रयोगों में मध्यम शक्ति के अंतर्निहित लाभों के कारण व्यापक रूप से किया जा रहा है। चल-तरंग नलिका एक इलेक्ट्रॉन बीम की गतिज ऊर्जा को विद्युत चुम्बकीय तरंग में स्थानांतरित करके प्रवर्धित करता है। उच्च-शक्ति चल-तरंग नलिकाओं की मुख्य सीमाओं में उच्च बीम वोल्टेज पर परिचालन और उससे संबंधित उच्च-वोल्टेज संबंधी समस्याएं, धीमी तरंग संरचना से जुड़ी तापीय समस्याएं और उच्च संचरण इलेक्ट्रॉन बीम के फोकस में कठिनाइयां शामिल हैं। यहाँ प्रस्तुत चल-तरंग नलिका पारंपरिक प्रकार का संशोधित संस्करण है जिसमें बढ़ी हुई दक्षता, उच्च आर एफ शक्ति और उचित रूप से लघु आकार और कम वजन है। चल-तरंग नलिका ने वायु शीतलन का उपयोग किया। इस युक्ति के पैरामीटर तालिका 1 में दिखाए गए हैं।

तालिका 1

पैरामीटर	इकाई
आवृत्ति	X-बैण्ड
बैंडविड्थ (गीगाहर्टज)	1
बीम वोल्टेज (किलोवोल्ट)	11.5-12.5
बीम करंट (एम्पीयर)	1.5-1.6
प्रवर्धन (डीबी)	>30
शीर्ष शक्ति (किलोवाट)	3.5-4.5
ड्यूटी (पल्स्ड) (%)	6

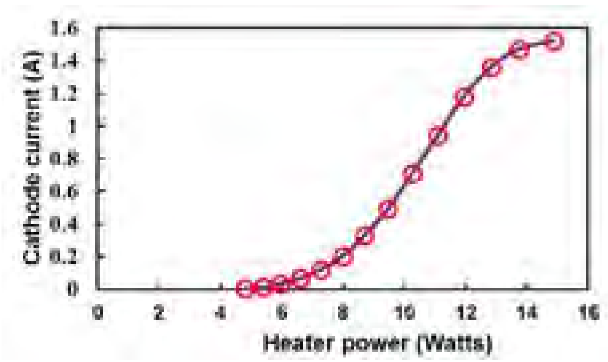
चल-तरंग नलिकाओं के अनुभाग

क) ग्रिडेड इलेक्ट्रॉन गन

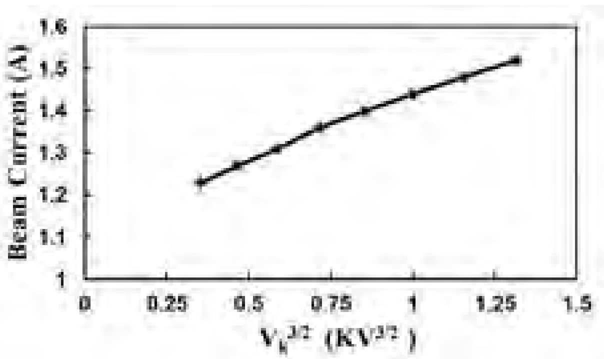
एमटीआरडीसी में 12 किलोवोल्ट के ऑपरेटिंग वोल्टेज और 1.5 एम्पीयर के ऑपरेटिंग धारा के साथ एक नॉन-इंटरसेप्टिंग ग्रिडेड इलेक्ट्रॉन गन अभिकल्पित और विकसित की गई है। सीएसटी स्टूडियो सॉफ्टवेयर (चित्र 1) का उपयोग करके अनुकूलन किया गया है। गन को 10-15 एम्पीयर/सेमी2 के धारा घनत्व के साथ एम-टाइप कैथोड के साथ जोड़ा गया है। छाया और नियंत्रण ग्रिड 50 माइक्रान मोलिब्डेनम शीट के साथ क्रमशः आंतरिक और बाहरी सर्कल में 18 और 36 वैन बनाए गए थे। सबसे महत्वपूर्ण और चुनौतीपूर्ण संयोजन इन छाया और नियंत्रण ग्रिड का संरेखण, सांद्रता और इलेक्ट्रोड के बीच सही दूरी हासिल करना है। चित्र 2 ग्रिड संरेखण और गन असेंबली दिखाता है। इलेक्ट्रॉन गन के प्रदर्शन का मूल्यांकन और इलेक्ट्रोड क्षमता का अनुकूलन उच्च शक्ति निर्वात कक्ष (चित्र 3 एवं 4) में किया गया है।

चित्र 1: इलेक्ट्रॉन गन का सीएसटी सिमुलेशन

चित्र 2: (क) फिक्सचर का उपयोग करके ग्रिड संरेखण और (ख) इलेक्ट्रॉन गन



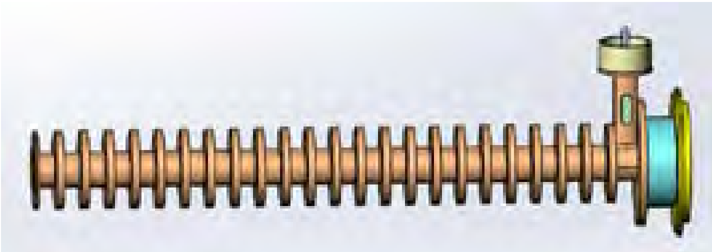
चित्र 3: डीआईपी वक्र



चित्र 4: परविएंस विशेषताएँ

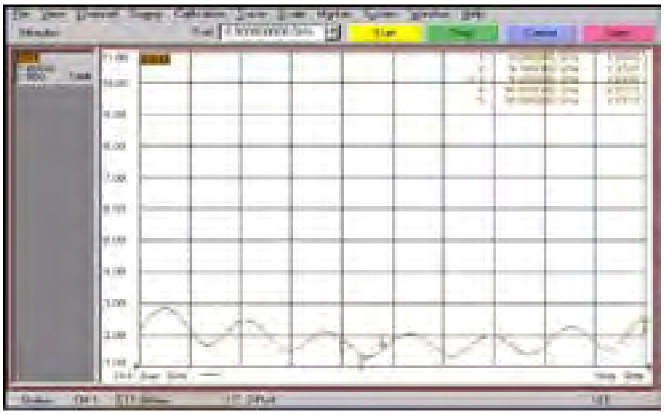
ख) धीमी तरंग संरचना

धीमी तरंग संरचना या आरएफ संरचना को दो खंडों के साथ डिजाइन किया गया है। दोनों खंडों में सीई-कोर बैरल हैं जो स्पेसर के बाहरी व्यास को कम करके निचले आंतरिक व्यास के आवधिक स्थायी चुंबक (पीपीएम) को शामिल करते हैं जो अंततः चल-तरंग नलिका (टीडब्ल्यूटी) के आकार और वजन को कम करता है। इसके अलावा हेलिक्स और एपीबीएन रॉड से युक्त बंडल असेंबली को लगभग 25 माइक्रोन के उच्च हस्तक्षेप फिट के साथ गर्म सम्मिलन विधि के साथ बैरल में डाला गया है। यह चल-तरंग नलिका के लिए थर्मल दक्षता में सुधार करता है। आउटपुट सेक्शन में बैकवर्ड वेव ऑसीलेशन से बचने के लिए कई पॉजिटिव और नेगेटिव हेलिक्स-पिच टेपरिंग शामिल हैं। आउटपुट सेक्शन में एक वेवगाइड युग्मक है जो बेरिलियम ऑक्साइड विंडो के साथ एक कोएक्सियल युग्मक से पूरी तरह मेल खाता है।



चित्र 5: धीमी तरंग संरचना के लिए बैरल

हेलिक्स से विंडो पिन जोड़ लेजर वेल्डिंग से बनाया गया है और इसे APBN रॉड से सपोर्ट किया गया है जो विंडो से गर्मी के स्थानांतरण में भी मदद करता है (चित्र 5)। धीमी तरंग संरचना का वीएसडब्ल्यूआर माप चित्र 6 में दिखाया गया है।

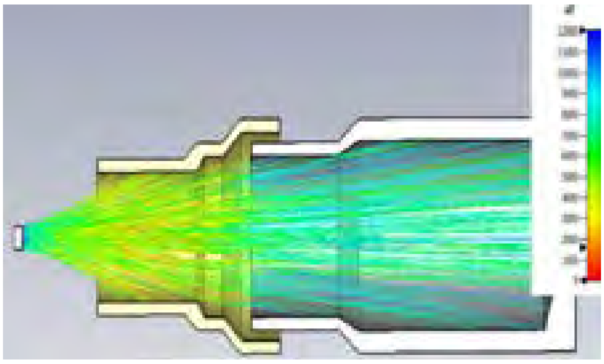


चित्र 6: धीमी तरंग संरचना का वीएसडब्ल्यूआर माप

ग) द्वी-चरण डिप्रेस्ड संग्राहक

द्वी-चरण डिप्रेस्ड संग्राहक का उपयोग करके समग्र दक्षता में सुधार किया गया है। कलेक्टर इलेक्ट्रोड की आंतरिक प्रोफ़ाइल और चुंबकीय क्षेत्र प्रोफ़ाइल को सीएसटी-स्टूडियो (चित्र 7) का उपयोग करके अभिकल्पन और अनुकूलित किया गया है। असेंबली में बहुत कॉम्पैक्ट वॉल्यूम में ग्राउंड के संबंध में 4 किलोवोल्ट, 8 किलोवोल्ट आइसोलेशन वाले इलेक्ट्रोड के साथ फीड-थ्रू असेंबली की एक बड़ी चुनौती शामिल है। बेहतर ताप हस्तांतरण

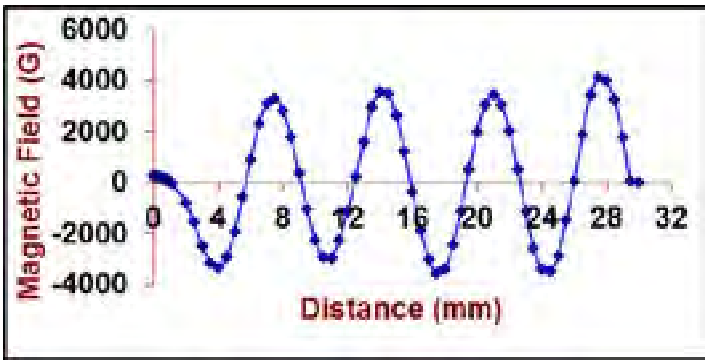
और इसलिए दक्षता बढ़ाने के लिए, इलेक्ट्रोड और बाहरी सिलेंडर को टाइट फिटिंग के साथ बेरिलियम रॉड के साथ पैक किया गया है। बैक-स्ट्रीमिंग को कम करने और दक्षता बढ़ाने के लिए परीक्षण के दौरान संग्राहक के पास चुंबकीय क्षेत्र की ट्यूनिंग की गई है।



चित्र 7: संग्राहक असेंबली का सिमुलेशन

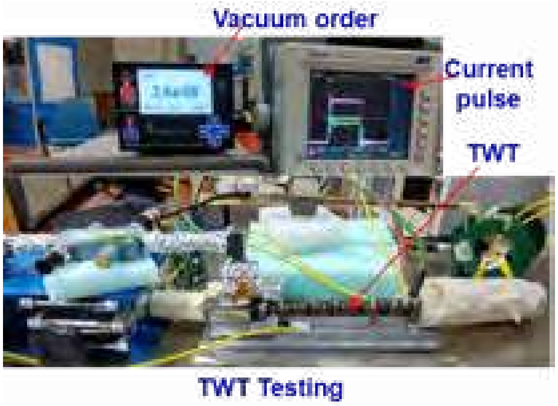
घ) आवधिक स्थायी चुंबकीय फोकसिंग

इलेक्ट्रॉन बीम फोकसिंग के लिए आवधिक स्थायी चुंबकीय (पीपीएम) फोकसिंग का उपयोग किया जाता है। पीपीएम का लाभ इंटीग्रल सीई-कोर बैरल के साथ काफी हद तक उपयोग किया जाता है, जिससे चुंबक के बाहरी व्यास को और कम किया जा सकता है और इसलिए टीडब्ल्यूटी का आकार और वजन भी कम हो जाता है। अधिकतम बीम ट्रांसमिशन के लिए सीएसटी सिमुलेशन का उपयोग करके अनुकूलन किया गया है। पीपीएम स्टैक फील्ड प्रोफाइल चित्र 8 में दिखाया गया है

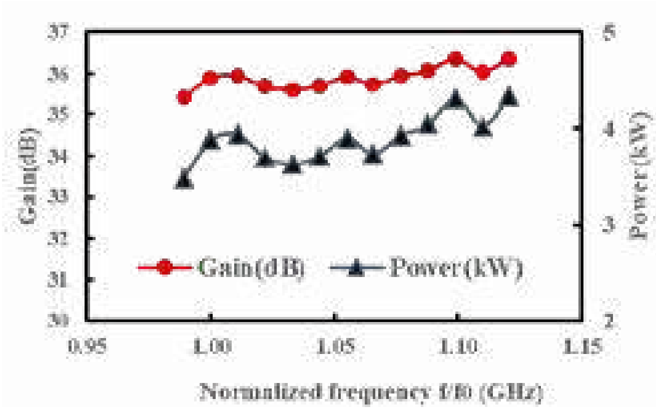


चित्र 8: पीपीएम फोकसिंग फील्ड प्रोफ़ाइल

चल-तरंग नलिका के प्रदर्शन का मूल्यांकन चित्र 9 में दिखाए गए अनुसार परिक्षण सेटअप का उपयोग करके किया गया था। प्रसंस्करण और एकीकरण के बाद चल-तरंग नलिका को बेस प्लेट पर सन्योजित किया जाता है और परीक्षण किया जाता है। इलेक्ट्रोड के उच्च पोटिंग के बाद ग्रीन ट्यूब सक्रिय हो जाती है। कम ड्यूटी परीक्षण के बाद 6% पर उच्च ड्यूटी परीक्षण किया गया। चल-तरंग नलिका के परीक्षण के परिणाम 6% ड्यूटी चक्र पर निर्गत शक्ति और प्रवर्धन दिखाते हैं (चित्र-10)। उच्च ड्यूटी चक्रों पर चल-तरंग नलिका परीक्षण के लिए वायु शीतलन का उपयोग किया गया है। 1 गीगाहर्ट्ज से अधिक बैंडविड्थ और 35 डीबी से अधिक प्रवर्धन के लिए प्राप्त स्पंदित शक्ति 3.5 किलोवाट से अधिक है।



चित्र 9: परीक्षण सेटअप



चित्र 10: शक्ति एवं प्रवर्धन विशेषताएँ

निष्कर्ष

उन्नत एवं महत्वपूर्ण उप-प्रणालियों के साथ 6% ड्यूटी साइकिल पर 3.5 किलोवाट शक्ति वाली स्वदेशी चल-तरंग नलिका का अभिकल्पन एवं विकास तथा परीक्षण सफलतापूर्वक पूरा कर लिया गया है।

संदर्भ

1] Analytical Exploration of Ultrawideband Helix Slow-wave structure using miltidispertion phase velocity Taper
2] Subrata Kumar Datta,Vemula Bhanu Naidu,Lalit Kumar ,IEEE-2009.
3] Thermal Co-Simulation of Depressed Collector of a TWT using CST Studio
4] P. Raja Ramana Rao, T. Chanakya, Subrata Kumar Datta, Sudhir Kamath, & Lalit Kumar
5] Design & Simulation of Coaxial couplers for X-band TWT
6] Rakesh roashan,Bharath Kumar,Sudhamani HS ,IEEE-2018
7] V. Bhanu Naidu, S. K. Datta, P. R. R. Rao, A. K.Agrawal, S. U. M. Reddy, L. Kumar, and B. N.Basu, “3D electromagnetic analysis of attenuatorcoated helix-support rods of a traveling-wave tube,” IEEE Transaction on Electron Devices
8] Design of Helix Pitch Profile for Broadband Traveling-Wave Tubes
9] Tushar K. Ghosh, Senior Member, IEEE, Anthony J. Challis, Alan Jacob, and Darrin Bowler
10] Effect of Geometric Azimuthal Asymmetries of PPM Stack on Electron Beam Characteristics
11] Carol L. Kory, Senior Member, IEEE
12] CST Studio Suite documentation. Computer Simulation Technology (CST) GmbH.: www.cst.de
13] A. S. Gilmour Jr, Microwave Tubes. Boston: Artech House, 1986

300 वाट हेलिक्स चल-तरंग नलिका के अभिकल्पन और विकास में नवीन अनुसंधान एवं विकास

पी राजा रमण राव, बी गीता, युवी चंद्रमौली, सुब्रत कुमार दत्ता

सूक्ष्मतरंग नलिका अनुसंधान तथा विकास केन्द्र (एमटीआरडीसी), बेंगलुरु

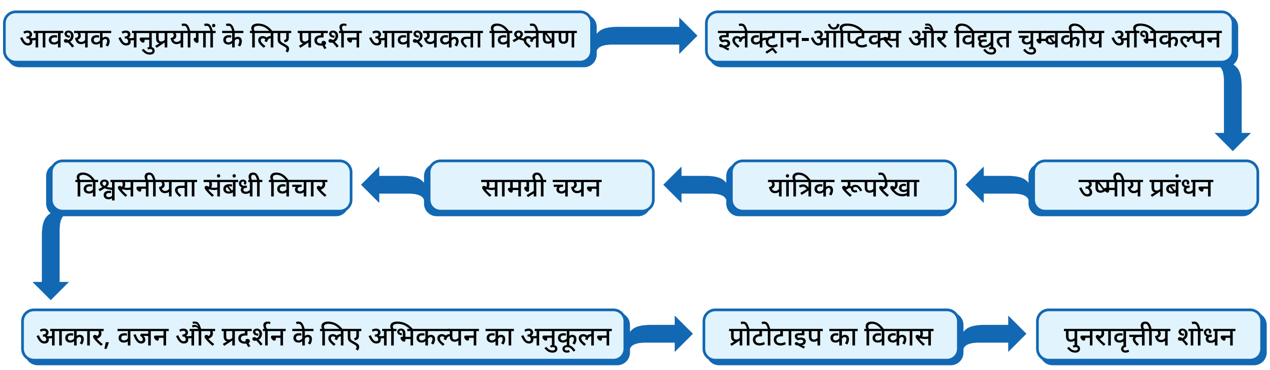
raja-ramana.mtrdc@gov.in

परिचय

हेलिक्स चल-तरंग नलिका ब्रॉडबैंड हाई-शक्ति अनुप्रयोगों के लिए पसंद बनी हुई है। (क) इलेक्ट्रॉन गन (ख) धीमी तरंग घटक (ग) APBN सपोर्ट रॉड्स पर एटेन्यूएटर कोटिंग (घ) आवर्तीत स्थाई चुम्बक (PPM) (च) प्रवेश और निर्गत आर एफ युग्मक (छ) सन्योग प्रक्रिया के बाद खर्च की गई इलेक्ट्रॉन किरण को इकट्ठा करने के लिए एक डिप्रेस्ड संग्राहक चल-तरंग नलिका के मुख्य घटक हैं।[1-3] यह पत्र सी-एक्स-केयु बैंड पर 300 वाट की न्यूनतम निर्गत शक्ति के साथ 6.0 किलोवोल्ट पर संचालित एक कॉम्पैक्ट हेलिक्स चल-तरंग नलिका के अभिकल्पन और विकास पहलुओं में अपनाई गई अभिनव अनुसंधान प्रथाओं पर चर्चा करता है। चल-तरंग नलिका को लगभग 6.0 किलोवोल्ट के कैथोड वोल्टेज पर संचालित करने के लिए अभिकल्पन किया गया था और चल-तरंग नलिका के निर्गत शक्ति में दूसरे हार्मोनिक कंटेंट को कम करते हुए इलेक्ट्रॉनिक दक्षता में सुधार के लिए दो कृत्रिम सीवर के साथ एक एकल सेक्शन मल्टी-डिस्पर्सन सर्किट का उपयोग करता है।

अभिकल्पन अनुकूलन

चित्र 1 में दर्शाया गया ब्लॉक आरेख चल-तरंग नलिका की गुणवत्ता और विश्वसनीयता में सुधार के लिए अभिकल्पन अनुकूलन हेतु अपनाए जाने वाले चरणों को दर्शाता है।



चित्र 1: अभिकल्पन अनुकूलन प्रवाह-चार्ट

सामग्री चयन और विनिर्माण प्रक्रिया

चल-तरंग नलिका के अभिकल्पन और विकास के दौरान निम्नलिखित पहलुओं पर विचार किया जाता है।

- उच्च गुणवत्ता वाली निर्वात ग्रेड सामग्री का उपयोग किया गया जो जमीन आधारित प्रणालियों और उच्च औसत शक्ति हैंडलिंग क्षमता के लिए उपयुक्त है।
- दोषों को कम करने और स्थिरता सुनिश्चित करने के लिए विकास प्रक्रिया (कच्चा माल, निर्माण प्रक्रिया, प्लेटिंग, उच्च तापमान पर फायरिंग, असेंबली प्रक्रिया और असेंबली की ब्रेज़िंग) के दौरान कड़े गुणवत्ता नियंत्रण उपायों को लागू किया गया।
- ग्राइंडिंग प्रक्रिया के माध्यम से अच्छा सतह प्राप्तकर खिड़की घटकों और धीमी-तरंग संरचना घटकों की सटीकता और विश्वसनीयता बढ़ाने के लिए उन्नत विनिर्माण और विकास प्रौद्योगिकियों और तकनीकों को नियोजित किया गया।

चल-तरंग नलिका का अभिकल्पन

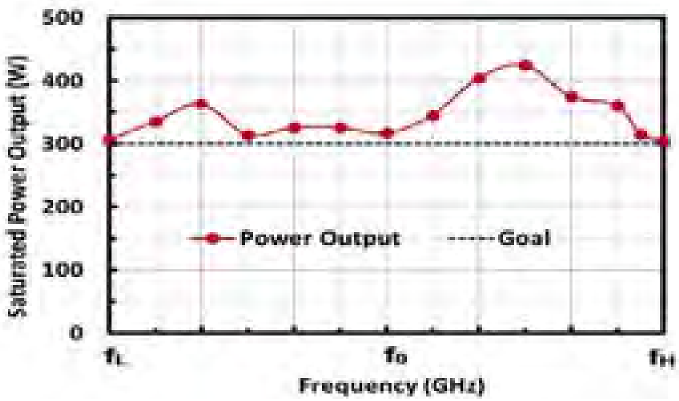
बीम फोकस इलेक्ट्रोड (बीएफई) के साथ इलेक्ट्रॉन गन को पहले अपने प्रारंभिक आयामों के लिए संश्लेषित किया जाता है और फिर अंतिम इलेक्ट्रोड आकृतियों और बीएफई कट-ऑफ वोल्टेज पर पहुंचने के लिए इलेक्ट्रॉन ऑप्टिक्स कोड का उपयोग करके सिम्युलेट किया जाता है। यह चल-तरंग नलिका एक सेमी-वेन प्रकार की धीमी-तरंग संरचना का उपयोग करता है जो एक बैरल के अंदर तीन अनिसोट्रोपिक पायरोलिटिक बोरॉन नाइट्राइड (एपीबीएन) सपोर्ट-रॉड द्वारा समर्थित टंगस्टन टेप हेलिक्स का उपयोग करता है, जिसमें सपोर्ट रॉड धातु के खंडों के अंदर एम्बेडेड होते हैं।[4] संतृप्त शक्ति उत्पादन, आरएफ दक्षता का अनुमान लगाने के लिए 2.5 डी टीडब्ल्यूए3 कोड[5] का उपयोग करके लार्ज-सिग्नल विश्लेषण (एलएसए) किया गया है।

परीक्षण और सत्यापन

इस अभिकल्पन को प्रोटोटाइप चल-तरंग नलिकाओं (चित्र 2) के विकास में लागू किया गया है। यह सत्यापित करने के लिए व्यापक प्रदर्शन परीक्षण किया गया कि चल-तरंग नलिका निर्दिष्ट परिचालन आवश्यकताओं, जैसे आवृत्ति रेंज, निर्गत शक्ति, प्रवर्धन और दक्षता को पूरा करता है। विभिन्न ऑपरेटिंग स्थितियों के तहत चल-तरंग नलिका की विद्युत विशेषताओं को मापने के लिए वेक्टर नेटवर्क विश्लेषक, स्पेक्ट्रम विश्लेषक और शक्ति मीटर जैसे कैलिब्रेटेड परीक्षण उपकरण का उपयोग किया गया। समग्र प्रदर्शन और अभिकल्पन विनिर्देशों के अनुपालन का आकलन करने के लिए विस्तृत प्रदर्शन आवृत्ति प्रतिक्रिया परीक्षण, प्रवर्धन माप, निर्गत शक्ति लक्षण वर्णन और विरूपण विश्लेषण किया गया। आवश्यकताओं/ विनिर्देशों में तापमान चरम सीमाओं और निर्दिष्ट कंपन स्तरों सहित परिचालन स्थितियों के तहत चल-तरंग नलिका का कठोर परीक्षण और सत्यापन किया गया। गुणवत्ता और विश्वसनीयता आवश्यकताओं के अनुपालन को सुनिश्चित करने के लिए व्यापक परीक्षण प्रक्रियाओं और मानकों को विकसित किया गया।

चित्र 2: विकसित प्रोटोटाइप चल-तरंग नलिका

प्रोटोटाइप चल-तरंग नलिका का प्रायोगिक प्रदर्शन चित्र 3 में दर्शाया गया है।



चित्र 3: प्रोटोटाइप चल-तरंग नलिका का प्रायोगिक प्रदर्शन

गुणवत्ता आश्वासन और अनुपालन

विकास प्रक्रिया के हर चरण की निगरानी और नियंत्रण के लिए मजबूत गुणवत्ता आश्वासन प्रक्रियाएँ विकसित की गईं। इस प्रक्रिया के दौरान कर्मचारियों को गुणवत्ता, विश्वसनीयता और निरंतर सुधार की संस्कृति को बढ़ावा देने के लिए विकास में प्रशिक्षित किया गया। प्रोटोटाइप चल-तरंग नलिका के अभिकल्पन और विकास के दौरान विचार किए गए कुछ पहलू निम्नलिखित हैं:

क) **घटक गुणवत्ता:** इलेक्ट्रॉन गन, हेलिक्स, संग्राहक और प्रवेश /निर्गत युग्मक सहित चल-तरंग नलिका के प्रत्येक घटक को उचित कार्यक्षमता और लंबी उम्र सुनिश्चित करने के लिए कड़े गुणवत्ता मानकों को पूरा करना होगा।

ख) **ब्रेज़ सामग्री:** निर्वात-प्रकार की असेंबली के ब्रेज़िंग के लिए उपयुक्त सामग्री आमतौर पर कीमती मिश्र धातुओं से बनी होती है; आमतौर पर, सोना, चांदी, प्लैटिनम और पैलेडियम का उपयोग तांबे और निकल के साथ किया जाता है। उच्च वाष्प दबाव वाली सामग्री, जैसे कि सीसा, मैंगनीज, फास्फोरस, कैडमियम और जस्ता युक्त मिश्र धातुओं से बचना चाहिए क्योंकि वे आंतरिक चल-तरंग नलिका सतहों को दूषित करते हैं। ये सामग्री दो विशिष्ट तरीकों से तरल अवस्था में पहुँचती हैं: शुद्ध मौलिक धातुएँ, जैसे कि सोना, तांबा और चांदी, और यूटेक्टिक मिश्र धातु संयोजन तापमान की एक सीमा पर नरम हो जाते हैं, एक सॉलिडस तापमान से शुरू होता है जिस पर पिघलना शुरू होता है, और लिक्विडस तापमान पर समाप्त होता है जब मिश्र धातु पूरी तरह से पिघल जाती है।

ब्रेज़ सामग्री के अत्यधिक प्रवाह से बचने के लिए ब्रेज़ मिश्र धातुओं की सटीक मात्रा का ध्यान रखा जाता है।

ग) **विनिर्माण प्रक्रियाएँ:** चल-तरंग नलिकाओं के लिए विनिर्माण प्रक्रियाओं को कड़ाई से नियंत्रित किया जाना चाहिए ताकि प्रदर्शन और विश्वसनीयता को प्रभावित करने वाले बदलावों और दोषों को कम किया जा सके। इसमें सटीक मशीनिंग, असेंबली और परीक्षण प्रक्रियाएँ शामिल हैं। धीमी तरंग घटक और प्रवेश / निर्गत युग्मक घटकों की सटीक मशीनिंग के लिए कंप्यूटर न्यूमेरिकल कंट्रोल (CNC) मशीनिंग का उपयोग किया जाता है। CNC मशीनें उच्च सटीकता और दोहराव प्रदान करती हैं, जिससे चल-तरंग नलिका घटकों के लिए आवश्यक जटिल आकृतियों और सख्त सहनशीलता का उत्पादन संभव हो पाता है। मशीनिंग प्रक्रियाओं में हेलिक्स, सेगमेंट, इलेक्ट्रॉन गन, संग्राहक और प्रवेश / निर्गत युग्मक जैसे घटकों को बनाने के लिए टर्निंग, मिलिंग, ड्रिलिंग और ग्राइंडिंग शामिल है। मशीनिंग संचालन के दौरान चल-तरंग नलिका घटकों को सुरक्षित रूप से रखने के लिए अनुकूलित टूलिंग और फिक्चर विकसित किए जाते हैं। चल-तरंग नलिकाओं की सभी उप-असेंबली की ब्रेज़िंग के लिए फिक्चर का अभिकल्पन और विकास किया जाता है। यह सुनिश्चित करने के लिए कि घटक आयामी सटीकता आवश्यकताओं को पूरा करते हैं, मशीनिंग के दौरान सख्त सहनशीलता बनाए रखी जाती है।

घ) समन्वय मापक मशीनों (सीएमएम) और ऑप्टिकल माप प्रणालियों जैसी निरीक्षण तकनीकों का उपयोग आयामी सटीकता को सत्यापित करने और आयामों में विचलन का पता लगाने के लिए किया जाता है।

च) **सामग्री का चयन और तैयारी:** धातु, सिरेमिक और इलेक्ट्रॉन उत्सर्जक सामग्री जैसे उच्च गुणवत्ता वाले अल्ट्रा-वैक्यूम ग्रेड सामग्री का चयन और प्रतिष्ठित निर्माताओं से खरीदा जाता है। मशीनिंग और असेंबली प्रक्रियाओं को अनुकूलित करने के लिए, आकार, सतह परिष्करण और गर्मी उपचार सहित विनिर्देशों के अनुसार सामग्री खरीदी और तैयार की गई थी। डल-निकल प्लेटिंग के साथ क्यूप्रो-निकल, मोनेल धातु-सिरेमिक सील के लिए उपयुक्त हैं। धीमी-तरंग संरचना ओ एफ एच सी तांबे का स्पेसर और डल-निकल प्लेटेड सीई-कोर आयरन पोल-पीस से बनी है, जिसे 850 डिग्री सेल्सियस पर फायर किया गया है। उच्च तापीय चालकता के कारण संग्राहक ओ एफ एच सी तांबे से बने हैं।

छ) **क्लीनरूम असेंबली वातावरण:** संदूषण को कम करने और वैक्यूम अखंडता को बनाए रखने के लिए चल-तरंग नलिका असेंबली को क्लीनरूम वातावरण में सन्योजित किया जाता है। गाउनिंग, एयर फ़िल्टरेशन और सतह की सफाई सहित क्लीनरूम प्रोटोकॉल को कणों या संदूषकों को चल-तरंग नलिका प्रदर्शन को प्रभावित करने से रोकने के लिए लागू किया जाता है।

ज) **संयोजन तकनीक:** इलेक्ट्रॉन बीम वेल्डिंग या ब्रेज़िंग जैसी विशेष संयोजन तकनीकों का उपयोग चल-तरंग नलिका घटकों को परिशुद्धता के साथ जोड़ने के लिए किया जाता है।

झ) **गुणवत्ता नियंत्रण और दस्तावेज़ीकरण:** किसी भी दोष या विचलन का पता लगाने और उसे दूर करने के लिए मशीनिंग और असेंबली प्रक्रियाओं के दौरान गुणवत्ता नियंत्रण उपायों को लागू किया गया था। पता लगाने और गुणवत्ता आश्वासन उद्देश्यों के लिए मशीनिंग मापदंडों, असेंबली प्रक्रियाओं, निरीक्षण परिणामों और गुणवत्ता आश्वासन गतिविधियों का विस्तृत दस्तावेज़ीकरण बनाए रखा गया था।

निष्कर्ष

गुणवत्ता और विश्वसनीयता आवश्यकताओं के अनुपालन को सुनिश्चित करने के लिए व्यापक अभिकल्पन, विकास, एवं परीक्षण प्रक्रियाएं विकासित की गई हैं। चल-तरंग नलिका का अभिकल्पन, विनिर्माण और परीक्षण से संबंधित

दस्तावेजों, रेखाचित्रों और अभिलेखों के प्रबंधन के लिए मज़बूत दस्तावेज़ नियंत्रण प्रक्रियाएं स्थापित की गई हैं। विकासित प्रोटोटाइप चल-तरंग नलिकाओं में प्रयोगिक मान के साथ अच्छा मिलान प्राप्त हुआ है और यह प्रदर्शन चार प्रोटोटाइप चल-तरंग नलिकाओं में दोहराते हुए पाया गया है।

संदर्भ

1] B. N. Basu, Electromagnetic Theory and Applications In Beam-Wave Electronics. Singapore: World Scientific Publishing Co., 1996.
2] A. S. Gilmour Jr, Microwave Tubes. Boston: Artech House, 1986.
3] J. R. Pierce, Theory and Design of Electron Beams. New York: Van Nostrand, 1950.
4] Raja Ramana Rao P, Datta SK. Estimation of conductivity losses In a helix slow-wave structure using Eigen-mode solutions. In: Proceedings of the IEEE International vacuum electronics conference, 2008. p. 99–100.
5] TWA3 Manual, M Greager.
6] CST Microwave Studio User Manual, Computer Simulation Technology, Wellesley Hills, MA.

✦✦✦

मिसाइल परीक्षण सेटअप विकसित करना

एम किरणमई

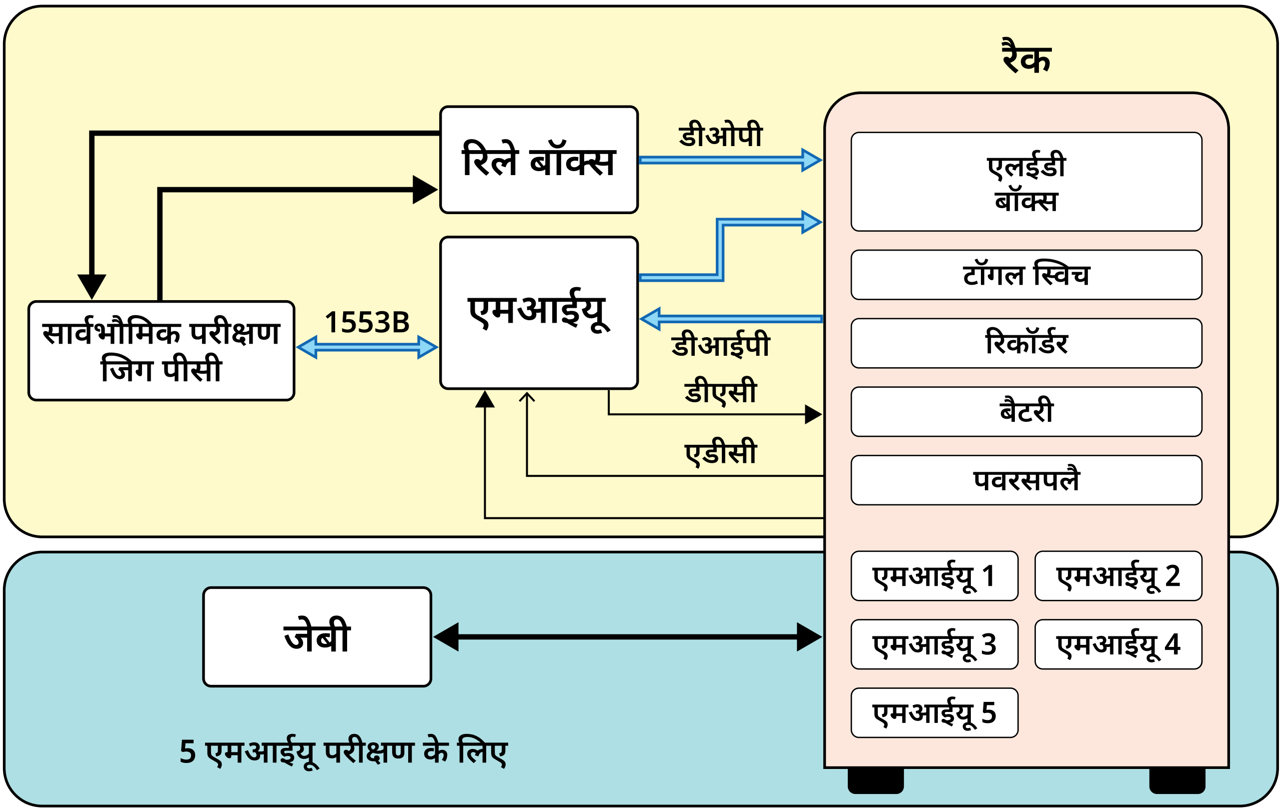
रक्षा अनुसंधान एवं विकास प्रयोगशाला (डीआरडीएल), हैदराबाद

kiranmaganti7@gmail.com

परिचय

डीआरडीएल दो अंडरवाटर मिसाइल परियोजनाओं पर कार्य कर रहा है जिसे प्रोजेक्ट-1 और प्रोजेक्ट-2 नाम दिया गया है। प्रोजेक्ट-1 ने उत्पादन चरण पूरा कर लिया है और चार उपयोगकर्ता परीक्षण सफलतापूर्वक पूरे कर लिए गए हैं, जबकि प्रोजेक्ट-2 छह सफल परीक्षणों के साथ विकासाधीन है। इस पत्र में हम मिसाइल इकाइयों (एमआईयू, रिले बॉक्स) की कार्यात्मक मंजूरी के लिए परीक्षण सेटअप विकसित करने के बारे मेन चर्चा करेंगे।

1. मिसाइल उपप्रणालियों की कार्यात्मक जांच



एमआईयू

रिले बॉक्स

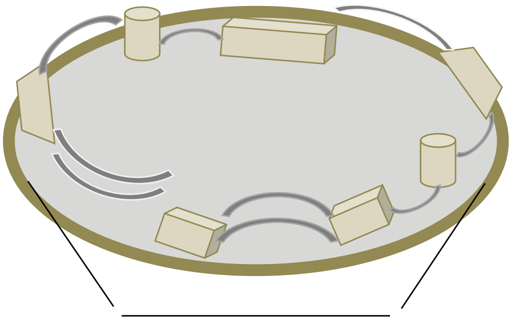
एमआईयू और रिले बॉक्स की कार्यात्मक मंजूरी के लिए परीक्षण सेट अप

- पावर ऑन के दौरान मिसाइल उप प्रणालियों के वांछित कार्यात्मक परीक्षण के लिए विद्युत उप प्रणालियाँ बहुत महत्वपूर्ण हैं।
- मैंने टेस्टजिग विकसित किया है जो मिसाइल को एकीकृत करने से पहले स्वतंत्र रूप से उपप्रणाली की पूर्ण कार्यात्मक जांच करने के लिए आवश्यक है।

2. टेस्टजिग का विकास

टेस्ट जिग का अंदर का दृश्य

फेस-II रैक

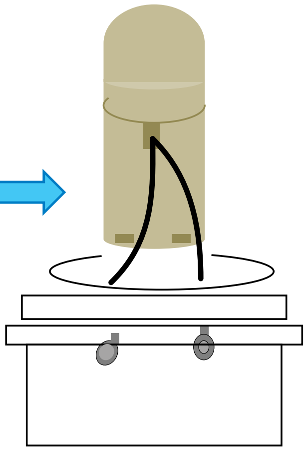


बीएस 1 सेक्शन (के-4)

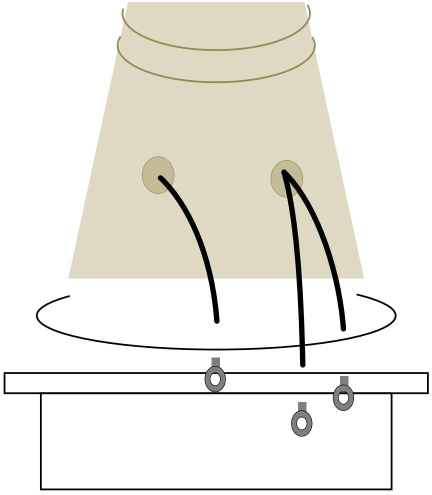
- एएनएसपी में विभिन्न परियोजनाएं हैं जहां मैं मिसाइल अनुभागों के फेस-II जांच में शामिल हूं।
- पावर ऑन गतिविधि के लिए समय-समय पर रखरखाव के लिए लगभग 16 चरण II परीक्षण जिग्स की आवश्यकता होती है।

3. एंटेस्ट

टेस्ट जिग



नोसेकैप



सेक्शन -1बी

एकीकरण के लिए स्वीकार करने से पहले पैकेजों और अनुभागों को एंटेस्ट के अधीन किया जाना चाहिए।

- उन्हें अपने प्रदर्शन को मान्य करने के लिए पर्यावरण परीक्षणों की एक श्रृंखला से गुजरना होगा।
- प्रत्येक अनुभाग का अपना परीक्षण सेटअप होता है जिसे परीक्षण स्थल पर एकीकृत करने की आवश्यकता होती है।

परीक्षण अवधि के दौरान:

- अनुभागों को एक निर्दिष्ट परीक्षण पद्धति में उनके प्रदर्शन के लिए परीक्षण किया जाना चाहिए।

4. एलसीएस के लिए हार्डवेयर की प्राप्ति

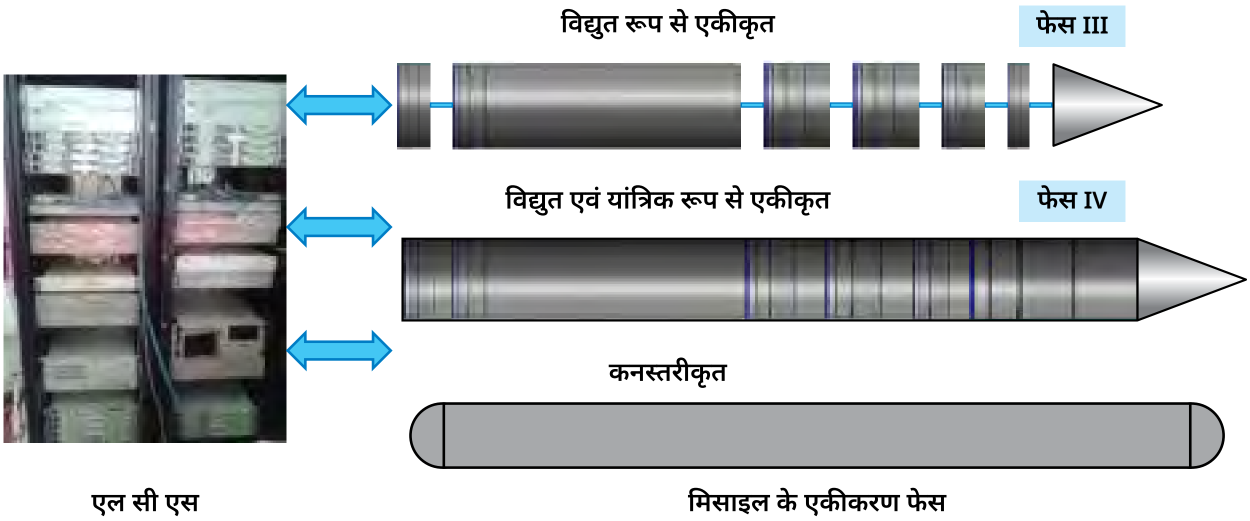
रिले बॉक्स

जंक्शन बॉक्स

अम्बिलिकल टेस्ट जिग्स

- चेकआउट सिस्टम में डायोडबॉक्स, रिलेबॉक्स, जंक्शन बॉक्स, औद्योगिक पीसी, लॉन्च कंट्रोलर, केबल असेंबली आदि जैसे सबसिस्टम शामिल हैं।
- औद्योगिक पीसी, बिजली आपूर्ति के अलावा सभी घटक कस्टम निर्मित होते हैं जिन्हें निर्माण के दौरान पर्यवेक्षण की आवश्यकता होती है जैसे सामग्री की पहचान, सोल्डरिंग, क्रिम्पिंग इत्यादि।
- और यह सुनिश्चित करने के लिए कि घटकों को दोष मुक्त बनाया जाए, समय सीमा के भीतर गुणवत्ता मानकों का सख्ती से पालन करें।

मिसाइल की चरणबद्ध जांच



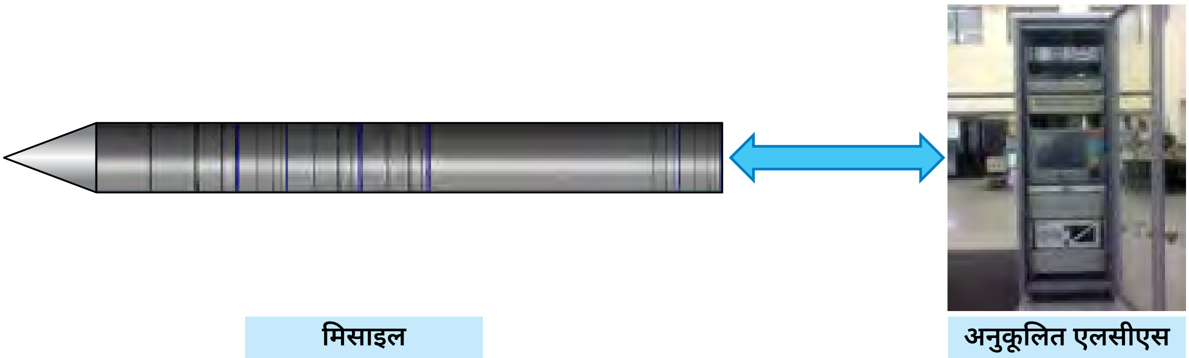
- फेस-I-VI से एकीकरण के विभिन्न चरणों में मिसाइल के प्रदर्शन की जांच की जाती है।
- फेस-I के दौरान–हम उप प्रणालियों की कार्यक्षमता को स्पष्ट करते हैं।
- फेस-II हम अनुभाग स्तर पर एकीकृत उप प्रणालियों की कार्यक्षमता को स्पष्ट करते हैं जिसमें अनुभागों का ईएनटीईएसटी भी शामिल है।
- फेस-III हम विद्युतीय रूप से एकीकृत लेख की कार्यक्षमता को स्पष्ट करते हैं।
- फेस-IV हम यंत्रवत् एकीकृत लेख की कार्यक्षमता को स्पष्ट करते हैं।
- फेस-V हम कनस्तरीकृत लेख की कार्यक्षमता को स्पष्ट करते हैं।
- फेस-VI हम पोंटून में लोड करने के बाद मिसाइल की कार्यक्षमता को स्पष्ट करते हैं।

विभिन्न साइटों पर एलसीएस की स्थापना

- हम साइट-ए पर फेस I, II, III निष्पादित करते हैं, लेख को हाइड और विघटित करते हैं और अनुभागों को साइट बी आईएनएस कलिंग विजागस स्लाइड पर ले जाते हैं।
- यहां हम फिर से फेस III, IV, V का प्रदर्शन करते हैं।
- कनस्तरीकृत लेख को फिर से साइट ‘सी’ एसबीसी विजाग में ले जाया जाता है और अंतिम लॉन्च के लिए लेख को स्पष्ट करने के लिए चरण VI आयोजित किया जाएगा।
- साइट सी पर विभिन्न परीक्षण हैं जहां हमारे डिवीजन को समर्थन करना है।

- हैट्स-हार्बर स्वीकृति परीक्षण– अन्य उपयोगकर्ताओं के प्रदर्शन का परीक्षण किया जाता है और सिस्टम प्रदर्शन को मान्य करने के लिए जेट्टी पर बुनियादी लिंक जांच की जाएगी।
- सैट्स-समुद्री स्वीकृति परीक्षण– विभिन्न उपयोगकर्ता प्रणालियों के प्रदर्शन को मान्य करने के लिए वास्तविक लॉन्च से पहले सैट्स करके समान परीक्षण दोहराए जाते हैं।

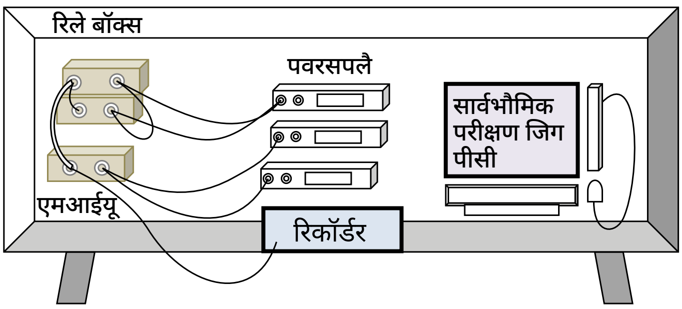
अनुकूलित उपयोगकर्ता द्वारा वितरित एलसीएस की प्राप्ति



प्रोजेक्ट-1 उत्पादन चरण में है और वर्तमान में यह उपयोगकर्ता परीक्षणों के बाद रखरखाव जांच के चरण में है:

- इस संबंध में एक अनुकूलित उपयोगकर्ता डिलिवरेबल एलसीएस को इस तरह डिजाइन किया गया था कि केवल लेख की संक्षिप्त स्वास्थ्य जांच ही की जा सके।
- ये जांच दो अलग-अलग स्थानों आईएनएस कलिंगा, एनएसटीएल पर आयोजित की जाती है।
- सिस्टम को इस तरह से विकसित किया गया था कि अधिकांश ऑपरेशन स्वचालित हो गए, जिससे उपयोगकर्ता के अनुकूल सिस्टम बन गया।
- रखरखाव के प्रयास को कम करने के लिए सिस्टम को एक मजबूत डिजाइन के साथ विकसित किया गया था।

ग्राउंड टेस्ट की तैयारी



- पूर्ण परीक्षण के दौरान मिसाइल के प्रदर्शन के लिए विविध जमीनी परीक्षण बहुत महत्वपूर्ण हैं।
- मैं ग्राउंड टेस्ट सेटअप की तैयारी में शामिल हूं जिसका उपयोग मिसाइल तंत्र के विविध निर्दिष्ट परीक्षणों के लिए किया जाता है।

रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी, लेजर तकनीक और एआई: आधुनिक रक्षा रणनीतियों में नई क्रांति

पल्लवी वार्ष्णेय

योजना एवं समन्वय निदेशालय (डीआरडीओ मुख्यालय), नई दिल्ली

pvarshneya.hqr@gov.in

रक्षा क्षेत्र में नई चुनौतियों से निपटने के लिए अत्याधुनिक तकनीकों का उपयोग समय की मांग है। रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी, लेजर तकनीक, और कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) का एकीकृत उपयोग सुरक्षा को बेहतर बनाने में क्रांतिकारी साबित हो रहा है। रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी, जो खतरनाक पदार्थों और दुश्मन ड्रोन की पहचान में सटीकता प्रदान करती है, जब AI के साथ जोड़ी जाती है, तो यह तेज, स्वचालित और सटीक समाधान देने वाली तकनीक बन जाती है। यह लेख रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी की कार्यप्रणाली, इसके रक्षा उपयोग, और AI द्वारा इसकी प्रभावशीलता को और बढ़ाने के तरीकों पर केंद्रित है।

रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी: एक परिचय

रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी एक विश्लेषणात्मक तकनीक है, जो किसी पदार्थ के आणविक ढांचे का अध्ययन करती है। इसमें लेजर की मदद से प्रकाश किसी नमूने पर डाला जाता है, जिससे प्रकाश का अधिकांश भाग प्रत्यास्थ रूप से बिखरता है (रेली स्कैटरिंग), जबकि एक छोटा हिस्सा प्रत्यास्थ नहीं बिखरता (रमन स्कैटरिंग)। इस प्रक्रिया से पदार्थ के विशिष्ट आणविक "फिंगरप्रिंट" का पता चलता है।

मुख्य सिद्धांत

1. **स्टोक्स और एंटी-स्टोक्स शिफ्ट**
   - स्टोक्स शिफ्ट: जब फोटॉन ऊर्जा खोते हैं और लंबी तरंग दैर्ध्य पर बिखरते हैं।
   - एंटी-स्टोक्स शिफ्ट: जब फोटॉन ऊर्जा प्राप्त करते हैं और छोटी तरंग दैर्ध्य पर बिखरते हैं।
2. **मोलिक्यूलर फिंगरप्रिंट्स:** प्रत्येक पदार्थ का रमन स्पेक्ट्रम अनोखा होता है, जो सटीक पहचान को संभव बनाता है।

रक्षा क्षेत्र में रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी का उपयोग

1. **विस्फोटक और खतरनाक पदार्थों का पता लगाना**
   रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी का उपयोग विस्फोटकों और जहरीले पदार्थों के सूक्ष्म अंशों की पहचान में किया जा सकता है।

पोर्टेबल रमन उपकरणों से ऑपरेटिव बिना संपर्क किए संदिग्ध सामग्री का विश्लेषण कर सकते हैं, जिससे उनकी सुरक्षा सुनिश्चित होती है।

2. **ड्रोन की पहचान और वर्गीकरण**

इस तकनीक के माध्यम से ड्रोन के निर्माण में उपयोग की गई सामग्री, जैसे बैटरी, प्रोपेलेंट, और बाहरी आवरण, का विश्लेषण कर मित्र और दुश्मन ड्रोन में अंतर किया जा सकता है।

- **मित्र ड्रोन:** विशिष्ट सामग्री जोड़ी जा सकती है, जिन्हें रमन सिग्नेचर के माध्यम से आसानी से पहचाना जा सके।
- **दुश्मन ड्रोन:** अनपेक्षित सामग्रियों या भिन्न सिग्नेचर से इनकी पहचान संभव है।

3. **लेजर के माध्यम से खतरों का समाधान**

रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी और उच्च-शक्ति लेजर का संयोजन निम्नलिखित में मदद करता है:

- **दुश्मन ड्रोन का निष्क्रियकरण:** लेजर प्रणाली ड्रोन के महत्वपूर्ण हिस्सों को निष्क्रिय कर उन्हें गिरा सकती है।
- **विस्फोटकों का समाधान:** लेजर प्रणाली से खतरनाक उपकरणों को दूर से निष्क्रिय किया जा सकता है।

एआई के साथ रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी की प्रभावशीलता बढ़ाना

कृत्रिम बुद्धिमत्ता रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी को अधिक शक्तिशाली बनाती है, जिससे यह तकनीक तेजी, सटीकता, और स्वचालन में सुधार करती है।

1. **त्वरित और सटीक डेटा विश्लेषण**
   - रमन स्पेक्ट्रा के बड़े डेटा सेट को एआई एल्गोरिदम तेजी से प्रोसेस करते हैं।
   - एआई की मदद से समान दिखने वाले स्पेक्ट्रा के बीच अंतर करना संभव होता है, जिससे सटीक पहचान होती है।
2. **स्वायत्त निगरानी और खतरों की पहचान**
   - रमन सेंसर और एआई से लैस ड्रोन स्वत: निगरानी कर सकते हैं, खतरों की पहचान कर सकते हैं और महत्वपूर्ण डेटा साझा कर सकते हैं।
   - दुश्मन ड्रोन की गतिविधियों का विश्लेषण कर एआई खतरे का आकलन करता है और जवाबी कार्रवाई का निर्णय लेता है।
3. **पैटर्न और व्यवहार विश्लेषण**
   - एआई खतरनाक पदार्थों या ड्रोन की गतिविधियों में असामान्य पैटर्न का पता लगाता है।
   - मित्र ड्रोन पूर्व-परिभाषित व्यवहार प्रोटोकॉल का पालन कर सकते हैं, जिससे उन्हें दुश्मन ड्रोन से अलग करना आसान हो जाता है।
4. **स्मार्ट लक्ष्यीकरण**
   - एआई-समर्थित लेजर प्रणाली पर्यावरणीय परिस्थितियों का आकलन कर सटीक लक्ष्यीकरण सुनिश्चित करती है।
   - ऊर्जा खपत को अनुकूलित करते हुए, न्यूनतम संपार्श्विक क्षति के साथ खतरों को निष्क्रिय किया जा सकता है।

भविष्य की संभावनाएँ

नेटवर्क आधारित रक्षा प्रणाली: एआई और रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी से लैस उपकरणों को ग्राउंड यूनिट्स, वाहनों और ड्रोन पर तैनात किया जा सकता है। ये उपकरण एकीकृत होकर डेटा साझा करते हैं, जिससे खतरों का समग्र आकलन किया जा सकता है।

पूर्वानुमान और खतरे का समाधान: रमन डेटा और एआई की मदद से पूर्वानुमान मॉडल बनाए जा सकते हैं, जो संभावित खतरों की पहचान पहले ही कर लें।

स्मार्ट हथियार प्रणाली: एआई से जुड़े हथियार रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी के डेटा का उपयोग कर खतरों को कुशलता से निशाना बनाते हैं, ऊर्जा का अपव्यय रोकते हैं, और प्रभावशीलता को बढ़ाते हैं।

निष्कर्ष

रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी, लेजर तकनीक, और एआई का एकीकरण रक्षा क्षेत्र को नई ऊँचाइयों तक ले जाता है। यह तालमेल तेज पहचान, सटीक समाधान, और स्मार्ट निर्णय लेने की क्षमता प्रदान करता है। जैसे-जैसे यह तकनीक उन्नत हो रही है, इसका उपयोग सैन्य और नागरिक परिसंपत्तियों की सुरक्षा सुनिश्चित करने में और भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगा।

इस प्रकार, रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी और एआई का उपयोग रक्षा में न केवल वर्तमान खतरों का समाधान प्रदान करता है, बल्कि भविष्य की चुनौतियों के लिए भी तैयार करता है।

लॉजिक गेट: एक परिचय

अर्चना सिंह

संसदीय कार्य, राजभाषा तथा संगठन पद्धति निदेशालय (डीआरडीओ मुख्यालय), नई दिल्ली

archana.hqr@gov.in

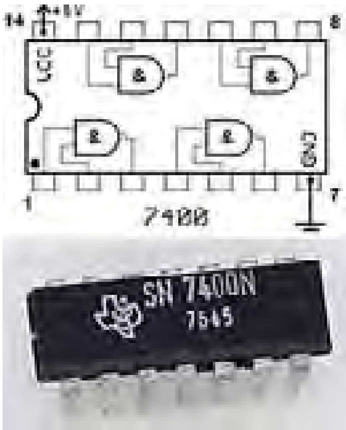
सार

डिजिटल दुनिया में, लॉजिक गेट निर्णय लेने की प्रक्रिया और कार्य समन्वय की रीढ़ हैं। यह तार्किक तर्क का एक इलेक्ट्रॉनिक विवरण और बूलियन बीजगणित गणितीय अनुप्रयोग है। गेट्स और अन्य लॉजिक ब्लॉक में लॉजिक का संगठन सूचना के आदान-प्रदान और डिज़ाइन विवरण को सुविधाजनक बनाता है।

परिचय

तर्कद्वार या **लॉजिक गेट** (logic gate) वह युक्ति है जिसका आउटपुट उसके इनपुट पर उपस्थित वर्तमान संकेतों या पूर्व संकेतों का कोई लॉजिकल फलन (Boolean function) हो। यह भौतिक युक्ति हो सकती है या कोई आदर्शीकृत युक्ति। आजकल अधिकतर अर्धचालक लॉजिक गेट प्रयोग किये जाते हैं किन्तु सिद्धान्ततः ये विद्युतचुम्बकीय रिले, तरल लॉजिक, दाब लॉजिक, प्रकाशिक लॉजिक, अणुओं आदि से भी बनाये जा सकते हैं।

बूलीयन लॉजिक से जिन अल्गोरिथ्म का वर्णन किया जा सकता है उन्हें इन भौतिक गेटों से उन अल्गोरिद्मों को साकार रूप भी दिया जा सकता है और बनाया भी जा सकता है। जिस प्रकार एक दरवाजा दो अवस्थाओं–'खुला या बन्द' में हो सकता है, उसी तरह लॉजिक गेट का आउटपुट भी 'हाई या लो' (High/Low) हो सकता है। लॉजिक गेट, ऐण्ड (AND) और ऑर (OR) जैसे सरल भी हो सकते हैं और एक कम्प्युटर जितना जटिल भी।



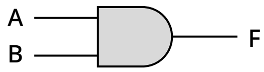
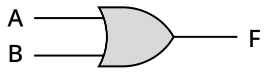
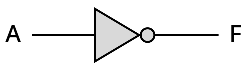
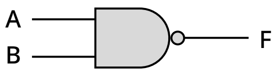
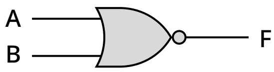
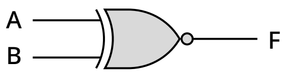
डायोड का उपयोग करके बनाया गया लॉजिक गेट सबसे सरल लॉजिक गेट है। किन्तु इसके केवल AND तथा OR गेट ही बनाये जा सकते हैं, 'इन्वर्टर' नहीं बनाया जा सकता। अतः इसे एक 'अपूर्ण लॉजिक परिवार' कह सकते हैं। इन्वर सहित सभी लॉजिक गेट बनाने में सक्षम होने के लिये किसी प्रकार के प्रवर्धक की जरूरत होगी। इसलिये 'सम्पूर्ण लॉजिक परिवार' बनाने के लिये रिले, निर्वात नलिका या ट्रांजिस्टर का प्रयोग अपरिहार्य है। बाइपोलर ट्रांजिस्टरों का प्रयोग करके बना लॉजिक परिवार रेजिस्टर-ट्रांजिस्टर लॉजिक (RTL) कहलाता है। आरम्भिक एकीकृत परिपथों में इसी का उपयोग किया गया था। इसके बाद विभिन्न दृष्टियों से सुधार करते हुए डायोड-ट्रांजिस्टर लॉजिक (DTL) और ट्रांजिस्टर-ट्रांजिस्टर

लॉजिक (TTL) आये। अब लगभग सब जगह ट्रांजिस्टर का स्थान मॉसफेट (MOSFETs) ने ले लिया है जिससे आईसी कम स्थान घेरती है और काम करने के लिये कम ऊर्जा क्षय होती है। वर्तमान में प्रयुक्त लॉजिक परिवार का नाम कॉम्प्लीमेंटरी मेटल-ऑक्साइड-सेमिकंडक्टर (CMOS) है।

लॉजिक गेटों के प्रकार तथा उनके चिह्न

लॉजिक गेट के तीन बुनियादी प्रकार हैं: AND, OR, और NOT। AND गेट तभी सत्य आउटपुट करता है जब उसके सभी इनपुट सत्य हों। OR गेट तभी सत्य आउटपुट करता है जब कम से कम एक इनपुट सत्य हो। NOT गेट, जिसे इन्वर्टर के रूप में भी जाना जाता है, अपने एकल इनपुट के विपरीत मान आउटपुट करता है।

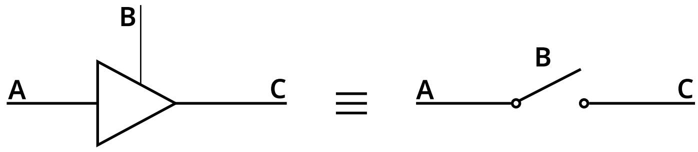
इसके अलावा, इन गेट्स को एक या दो के समूहों में जोड़ा जा सकता है। नतीजतन, हमें NAND गेट, NOR गेट, XOR गेट और XNOR गेट जैसे गेट मिलते हैं।

Name	Graphical Symbol	Algebraic Function	Truth Table
AND		F = A • B or F = AB	A B | F 0 0 | 0 0 1 | 0 1 0 | 0 1 1 | 1
OR		F = A + B	A B | F 0 0 | 0 0 1 | 1 1 0 | 1 1 1 | 1
NOT		F = $\overline{A}$ or F = A′	A | F 0 | 1 1 | 0
NAND		F = $\overline{AB}$	A B | F 0 0 | 1 0 1 | 1 1 0 | 1 1 1 | 0
NOR		F = $\overline{A + B}$	A B | F 0 0 | 1 0 1 | 0 1 0 | 0 1 1 | 0
XOR		F = A ⊕ B	A B | F 0 0 | 0 0 1 | 1 1 0 | 1 1 1 | 0

ट्रांजिस्टर (बीजेटी) से बने प्रमुख तर्क द्वारों का परिपथ आरेख

तीन अवस्था वाले लॉजिक गेट (Three-state logic gates)

तीन अवस्था वाले लॉजिक गेट के आउटपुट की तीन अलग-अलग अवस्थाएँ होती हैं। ये हैं–हाई (H), लो (L) और हाई इम्पीडेंस (Z)। लॉजिक की दृष्टि से हाई इम्पीडेंस अवस्था की कोई भूमिका नहीं है (अत: ये युक्तियाँ वस्तुत: ‘बाइनरी’ ही हैं)। किन्तु अपने हाई इम्पीडेंस वाली अवस्था के कारण इन युक्तियों का उपयोग डेटा बस पर विभिन्न युक्तियों से डेटा भेजने के लिये किया जाता है। जो युक्ति बस को डेटा भेज रही होती है, उसको छोड़कर उस बेस से जुड़ी अन्य सभी युक्तियों को ‘हाई इम्पीडेंस स्टेट’ में कर दिया जाता है। इस प्रकार ये अन्य युक्तियाँ एक प्रकार से बस से जुड़ी होकर भी उससे अलग हैं क्योंकि बस और इनके आउटपुट के बीच ‘हाई इम्पीडेंस’ मौजूद है।



वर्गीकरण

तर्कसंगत द्वार दो प्रकार के होते हैं–संयोजन तर्क तथा अनुक्रमिक तर्क।

संयोजन तर्क

संयोजन तर्क का आउटपुट उसके इनपुटों की वर्तमान अवस्था पर ही केवल निर्भर करता है न कि उनकी पहले की अवस्था या अवस्थाओं पर। दूसरे शब्दों में कह सकते हैं कि इनमें स्मृति (मेमोरी) नहीं होती। इसके कुछ उदाहरण हैं–बाइनरी ऐडर, इनकोडर, डिकोडर आदि।

अनुक्रमिक लॉजिक (Sequential Logic)

लॉजिक द्वारों का उपयोग आंकडा-भण्डारण के लिए भी किया जा सकता है। इसके लिये लैच परिपथ या 'फ्लिप-फ्लॉप' का उपयोग किया जाता है। जब कई फ्लिप-फ्लॉप को समान्तर (पैरेलेल) में जोड़ देते हैं तो इसमें बहु-बिट डेटा स्टोर किया जा सकता है। इसे रजिस्टर (register) कहते हैं। फ्लिप-फ्लॉपों से युक्त प्रणाली में एक प्रकार की 'स्मृति' (memory) मौजूद है। इसी लिये इनसे कम्प्युटर की मेमोरी बनायी जाती है। कम्प्युटर की स्मृति कई प्रकार की होती है।

युनिवर्सल लॉजिक गेट

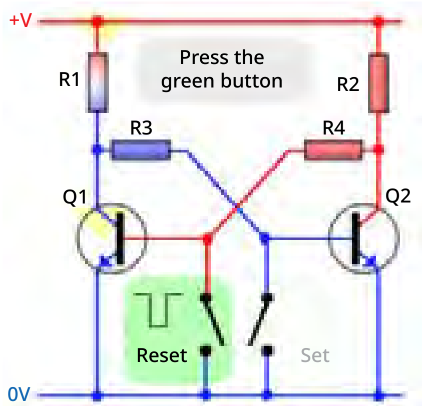
केवल NOR या केवल NAND का प्रयोग करके किसी भी अन्य लॉजिक गेट का काम लिया जा सकता है। इसलिये इन लॉजिक द्वारों को 'यूनिवर्सल लॉजिक गेट' कहते हैं। केवल AND, या केवल OR, या केवल NOT गेटों का प्रयोग करके इच्छानुसार कोई भी लॉजिक फलन बनाने सम्भव नहीं है। इसलिये AND, OR और NOT गेट 'युनिवर्सल लॉजिक गेट' नहीं हैं।

फ्लिप-फ्लॉप

एलेक्ट्रॉनिकी में द्विमानित्र (फ्लिप-फ्लॉप) एक अंकीय (डिजिटल) परिपथ है जिसका निर्गम (आउटपुट) दो स्थाई अवस्थाओं में से किसी एक में बना रहता है (जब तक उसे बदलने के लिये निवेश (इनपुट) में कुछ न किया जाय)। इसे 'लैच' (latch) भी कहते हैं। इस परिपथ में एक या एक से अधिक निवेश होते हैं जिन पर संकेत का उचित परिवर्तन करके निर्गम के अवस्था (स्टेट) को बदला जा सकता है। इसके एक या दो निर्गम होते हैं।

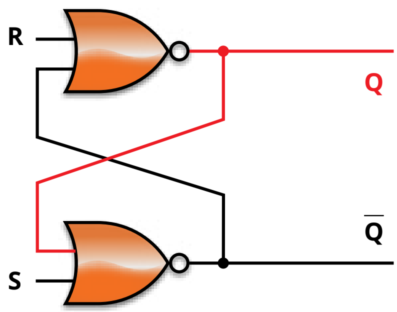
द्विमानित्र कई प्रकार के होते हैं और आंकिक इलेक्ट्रॉनिकी की मूलभूत निर्माण-ईकाई हैं। ये आंकड़ा भंडारण के अवयव (अर्थात 'मेमोरी') तैयार करने के लिये प्रयुक्त होते हैं। ये 'अनुक्रमिक तर्क' (sequential logic) की श्रेणी में आते हैं।

इनका उपयोग स्पंदों (पल्सों) को गिनने (काउन्टर) के लिये तथा अलग-अलग समय पर पहुंचने वाले निवेश संकेतों को समकालिक बनाने (synchronizing) के लिये किया जाता है।



इतिहास

प्रथम द्विमानित्र (फ्लिप-फ्लॉप) परिपथ का आविष्कार सन 1918 में हुआ था जो निर्वात नली का उपयोग करके बनाया गया था। उस समय उसका नाम 'एक्लीज-जॉर्डन ट्रिगर परिपथ' (Eccles–Jordan trigger circuit) था। बाद में ट्रांजिस्टर से द्विमानित्र बने और आजकल एकीकृत परिपथ के रूप में उपलब्ध हैं।

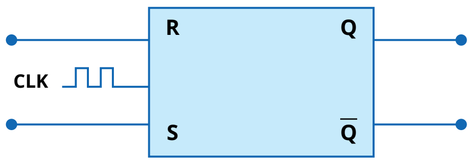


प्रकार

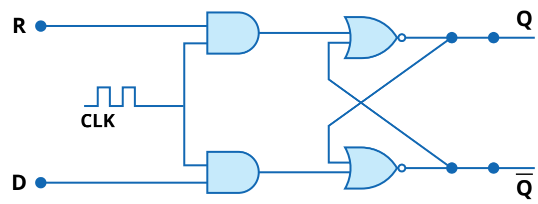
1. सेट-रिसेट लैच या एस-आर लैच (बिना गेट वाले 'सरल' लैच तथा गेटेड एस-आर द्विमानित्र)
2. डी द्विमानित्र
3. टी द्विमानित्र
4. जेके द्विमानित्र

आर एस फ्लिप फ्लॉप

आर एस फ्लिप फ्लॉप बेसिक या मौलिक फ्लिप फ्लॉप होते है क्योंकि सभी फ्लिप फ्लॉप आर एस फ्लिप फ्लॉप से ही उत्पन्न होते है. जहाँ आर एस फ्लिप फ्लॉप में दो बाहरी इनपुट आर (रीसेट) और एस(सेट) होते है। जब आर सक्रिय (आर =1) होता है तो आउटपुट रीसेट Q=0 होता है और जब एस सक्रिय (एस=1) होता है तो आउटपुट सेट Q=1 होता है।



Block Diagram

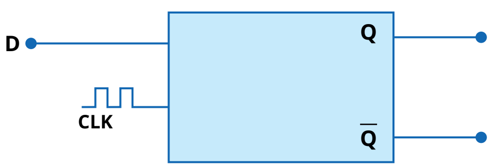


Logic Diagram

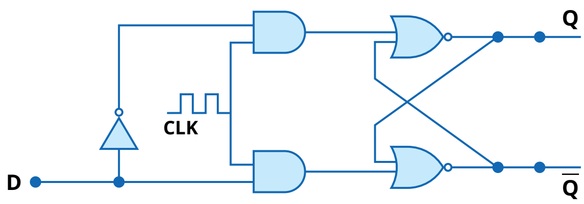
CLK	S	R	Q	$\overline{Q}$
0	x	x	No Change	No Change
1	0	0	No Change	No Change
1	0	1	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	Not Determine	Not Determine

डी द्विमानित्र

डी फ्लिप फ्लॉप का प्रयोग delay create करने के लिए करते है यदि किसी सर्किट के अंदर delay की जरूरत पड़ती है तो डी फ्लिप फ्लॉप में जैसा इनपुट देते है वैसा ही आउटपुट प्राप्त होता है जैसे: यदि 1इनपुट दिए तो आउटपुट भी 1 आएगा या 0 इनपुट दिए तो आउटपुट भी 0 आएगा। डी फ्लिप फ्लॉप को विलंबित फ्लिप फ्लॉप भी कहा जाता है। यह एकल इनपुट फ्लिप फ्लॉप होता है। इसमें कोई दौड़ की स्थिति भी नहीं होती है।



Block Diagram

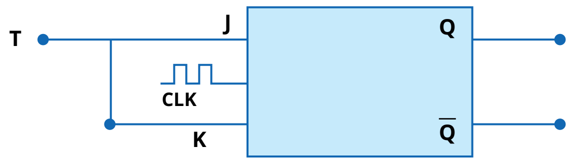


Logic Diagram

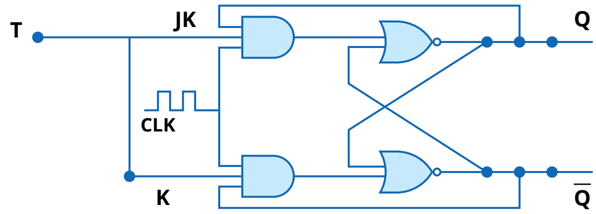
CLK	D	Q
0	x	No Change
1	0	0
1	1	1

टी फ्लिप-फ्लॉप

टी फ्लिप फ्लॉप एक एकल इनपुट फ्लिप फ्लॉप होता है। यह जेके फ्लिप फ्लॉप का एक सरल संस्करण होता है। टी फ्लिप फ्लॉप को टॉगल फ्लिप फ्लॉप भी कहते है। टी फ्लिप फ्लॉप का व्यापक रूप से काउंटर में उपयोग किया जाता है , यह एक अनुक्रमिक सर्किट है जो प्रत्येक clock pulse के बाद state change करती है।



Block Diagram

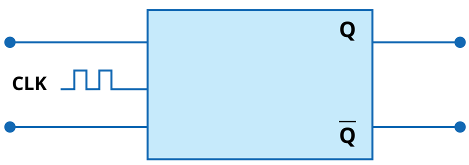


Logic Diagram

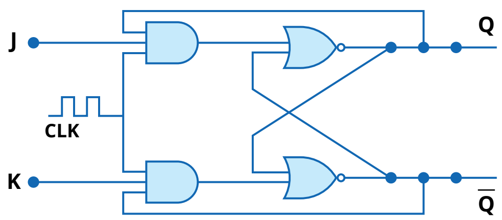
T	Q (t + 1)
0	Q
1	$\overline{Q}$

जेके द्विमानित्र

जेके फ्लिप फ्लॉप, आर एस फ्लिप फ्लॉप की एक कमी को पूरा करता है। आर एस फ्लिप फ्लॉप का मुख्य हानि यह है कि इसमें जब clock trigerred होती है तो दोनों इनपुट उच्च नहीं होने चाहिए। अर्थात् हम आर एस फ्लिप फ्लॉप में इनपुट का एक सेट (1,1) उपयोग नहीं कर सकते है। पर जेके फ्लिप फ्लॉप में हम यह इनपुट के सेट (1,1) को उपयोग कर सकते है। इस फ्लिप फ्लॉप का नाम Jack Bilby के नाम पर पड़ा। Jack Bilby ने IC की खोज की थी।



Block Diagram



Logic Diagram

Q	J	K	Q (t + 1)	
0	0	0	0	No Change
0	0	1	0	Reset
0	1	0	1	Set
0	1	1	1	Complement
1	0	0	1	No Change
1	0	1	0	Reset
1	1	0	1	Set
1	1	1	0	Complement

निष्कर्ष

लॉजिक गेट डिजिटल सिस्टम और प्रोग्रामिंग में महत्वपूर्ण हैं, जो बुनियादी तत्वों के रूप में कार्य करते हैं जो कंप्यूटर और अन्य उपकरणों को डेटा को संसाधित और गणना करने में सक्षम बनाते हैं । वे बाइनरी ऑपरेशन करते हैं और डेटा प्रवाह को नियंत्रित करते हैं, जो सर्किट बनाने और सीपीयू के संचालन के लिए महत्वपूर्ण है।

रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन में संपन्न तकनीकी गतिविधियों का सार

डीआरडीओ रक्षा मंत्रालय की अनुसंधान तथा विकास शाखा है जिसका उद्देश्य भारत को अत्याधुनिक रक्षा प्रौद्योगिकियों के साथ सशक्त बनाना एवं भारतीय सशस्त्र बलों को अत्याधुनिक हथियारों एवं प्रणालियों से लैस करते हुए महत्वपूर्ण रक्षा प्रौद्योगिकी एवं प्रणालियों में आत्मनिर्भरता प्राप्त करना है। डीआरडीओ भावी प्रौद्योगिकियों में सहयोग के माध्यम से भारतीय उद्योग, विज्ञान, एवं प्रौद्योगिकी (एस एवं टी) संस्थानों एवं शिक्षण संस्थानों में अनु. एवं वि. क्षमता को बढ़ा रहा है। डीआरडीओ लगातार उद्योगों एवं शिक्षण संस्थानों को रक्षा प्रौद्योगिकी में संलग्नता हेतु प्रेरित कर रहा है। मौजूदा वित्तीय वर्ष में डीआरडीओ में संपन्न तकनीकी गतिविधियां निम्नवत् है:

संगोष्ठियां, प्रदर्शनियां और कार्यशालाएं

- डीआरडीओ द्वारा बेंगलूरू में 16-17 अप्रैल 2024 के दौरान “एक्सोस्केलेटन के लिए उभरती प्रौद्योगिकियां और चुनौतियां” विषय पर अंतरराष्ट्रीय कार्यशाला का आयोजन किया गया। एक्सोस्केलेटन प्रौद्योगिकी में ऐसी धारणीय संरचनाएं शामिल हैं जो मानव शरीर की क्षमताओं को और बढ़ाती हैं। इस दो दिवसीय कार्यशाला में इंडस्ट्री, अकादमिया, शोधकर्ताओं, डीआरडीओ सेवाओं से 300 से भी अधिक प्रतिभागियों ने हिस्सा लिया।
- डीआरडीओ ने 09 मई 2024 को नई दिल्ली में आधारभूत संरचना में उभरती हुई प्रौद्योगिकियों के लिए राष्ट्रीय संगोष्ठी और इंडस्ट्री मीट का आयोजन किया, जिसका उद्घाटन श्री गिरिधर अरामने, रक्षा सचिव ने किया। इस दो दिवसीय आयोजन में सशस्त्र सेना, शिक्षण संस्थान, उद्योग और डीआरडीओ के प्रतिनिधि उपस्थित थे।
- 18 मई 2024 को आईआईटी दिल्ली में डीआरडीओ और डीआईए-सीओई द्वारा “डीआरडीओ द्वारा विकसित प्रौद्योगिकी का मूल्यांकन” पर एक कार्यशाला का आयोजन किया गया। उद्योग, शिक्षण संस्थान (आईआईटी) और सरकारी संगठनों (एनआरडीसी, बीडीएल, बीईएल तथा सीएसआईआर) के प्रतिष्ठित वक्ताओं ने इस विषय पर अपने मूल्यवान विचार साझा किए। इस कार्यशाला में डीआरडीओ के विभिन्न प्रयोगशालाओं से 85 प्रतिभागियों ने हिस्सा लिया।

- 05 जून 2024 को डीआरडीओ ने सैन्य अनुयोगों के लिए टीएचजेड वायरलेस संचार की विकासात्मक अभिगम उन्नति और इसे परिभाषित करने हेतु "सैन्य संचार के लिए टेराहर्ट्ज का अन्वेषण" विषय पर देहरादून में एक दिवसीय कार्यशाला का आयोजन किया।
- 17-21 जून, 2024 को भारत पविलियन के रक्षा और सुरक्षा के वैश्विक उत्सव के हिस्से के रूप में, यूरोसैटरी-2024 पेरिस, फ्रांस में डीआरडीओ ने उन्नत विकसित रक्षा प्रणाली का प्रदर्शन किया।
- डीआरडीओ ने भारत की उन्नतियों को सम्मानित करने के लिए 09 अगस्त 2024 को कार्यक्रमों, प्रदर्शनियों एवं गतिविधियों की श्रृंखलाओं के साथ राष्ट्रीय अंतरिक्ष दिवस ***'अंतरिक्ष शक्ति'*** का उत्सव मनाया। इस कार्यक्रम का आयोजन डीआरडीओ भवन, नई दिल्ली में किया गया जिसमें वैश्विक अंतरिक्ष समुदाय में भारतीय वैज्ञानिकों के महत्वपूर्ण योगदानों एवं अंतरिक्ष अन्वेषण में निरंतर नवाचार के महत्व को उजागर किया गया। इस कार्यक्रम में डीआरडीओ के अधिकारियों ने बढ़-चढ़ कर हिस्सा लिया।

- डीआरडीओ ने सुलूर, तमिलनाडू में 13-15 अगस्त को भारतीय वायु सेना के 'तरंग शक्ति 2024' अभ्यास में हिस्सा लिया एवं स्वदेशी रूप से विकसित किए गए अपनी विविध शस्त्र प्रणालियों को प्रदर्शित किया।
- 26 सितंबर, 2024 को रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन (डीआरडीओ) और इंडियन नेशनल अकेडमी ऑफ इंजीनियरिंग (आईएनएई) द्वारा संयुक्त रूप से 11वां इंजीनियर्स कॉन्क्लेव आयोजित किया गया। दो दिवसीय समारोह स्वदेशीकरण में उन्नति का अन्वेषण करने हेतु सामरिक प्राथमिकताएं जैसे 'रक्षा अनुप्रयोगों के लिए योजन विनिर्माण' और 'रक्षा विनिर्माण प्रौद्योगिकी', अभियंताओं, वैज्ञानिकों और उद्योग अग्रणियों को एक मंच प्रदान कर चर्चा करने के लिए लक्षित था।
- डीआरडीओ ने 08 अगस्त 2024 को आईआईटी दिल्ली में 'भावी रक्षा के लिए एआई' पर संगोष्ठी आयोजित की जिसमें सशस्त्र सेना बलों, वैज्ञानिकों, उद्योगों एवं शिक्षण संस्थानों से प्रतिभागियों ने चर्चा परिचर्चा की एवं भावी रक्षा के लिए एआई का अवलोकन करने हेतु रणनीतिक विचार-विमर्श आयोजित किया गया।
- रक्षा उन्नत प्रौद्योगिकी संस्थान (डीआईएटी), पुणे द्वारा कार्यशाला का आयोजन किया गया जिस का मुख्य फोकस उन्नत सामग्रियों पर केंद्रित व्यवहारिक प्रतिपादन था जिसमें सत्र विशेषज्ञों द्वारा लिए गए थे। प्रतिभागियों ने योजक विनिर्माण, कार्यात्मक सामग्रियां, रक्षा सामग्रियां और कंप्यूटेशनल सामग्री इंजीनियरिंग सहित कई क्षेत्रों का अन्वेषण किया।
- डीआरडीओ द्वारा 06-07 अगस्त, 2024 के दौरान नई दिल्ली में 'भारतीय रेडियो सॉफ्टवेयर आर्किटेक्चर (आईआरएसए)' पर एक राष्ट्रीय कार्यशाला आयोजित की गई। इस कार्यशाला का उद्देश्य राष्ट्र में एक विश्वसनीय पारिस्थितिकी तंत्र का सृजन करने के लिए एसडीआर प्रौद्योगिकियों/उत्पादों के स्वदेशी विकास की दिशा में आईआरएसए के माध्यम से सैन्य रेडियो सॉफ्टवेयर के मानकीकरण में होने वाले प्रयासों को बताने एवं विचार-विमर्श करने हेतु भारत में रक्षा संचारों के क्षेत्र में कार्य करने वाले सरकार, सशस्त्र सेना बलों, उद्योग एवं शिक्षण संस्थानों सहित महत्वपूर्ण हितधारकों को एक साथ मंच पर लाना था।

- 17-18 जुलाई, 2024 के दौरान डीआरडीओ ने ईएलसीआईएनए (इलेक्ट्रॉनिक इण्डियन एसोसिएशन ऑफ इण्डिया), बेंगलुरु द्वारा आयोजित "13वें स्ट्रैटेजिक इलेक्ट्रॉनिक्स समिट (एसईएस)-2024" में सफलतापूर्वक भागीदारी की।

18 अक्टूबर 2024 को डीआरडीओ भवन नई दिल्ली में आयोजित डिफेंस टेक्नोलॉजी एक्सिलरेशन विषय पर 'त्वरल' नामक डीआरडीओ-इंडस्ट्री कार्यशाला का आयोजन हुआ।

माननीय रक्षा मंत्री श्री राजनाथ सिंह ने "त्वरल" कार्यशाला का उद्घाटन किया और रक्षा क्षेत्र के वैश्विक प्रौद्योगिकी हब में भारत को विशेष स्थान दिलवाने में सरकारी सहयोग की भूमिका को दर्शाते हुए भारत के रक्षा नवाचारों में महत्वपूर्ण भूमिका निभाने के लिए निजी सेक्टर को प्रोत्साहित किया। गैर पारंपरिक वारफेयर में आगे बढ़ने के साथ (उदाहरण के लिए ड्रोन, साईबर खतरे) माननीय रक्षा मंत्री ने इस क्षेत्र में अत्याधुनिक अनुसंधान एवं विकास की आवश्यकता पर बल दिया। इस कार्यशाला की मुख्य गतिविधियां इस प्रकार हैः

डेयर टू ड्रीम पहल को माननीय रक्षा मंत्री द्वारा लॉन्च किया गया। डेयर टू ड्रीम 5.0 प्रतिस्पर्द्धा में युवा उद्यमियों तथा नवप्रर्वतकों को अत्यंत महत्वपूर्ण रक्षा समाधान देने के लिए आमंत्रित किया गया। डेयर टू ड्रीम 4.0 के विजेताओं को ड्रोन प्रत्युपाय, संज्ञानात्मक श्रवण उपकरणों तथा उन्नत ध्वनिक प्रणालियों के लिए सम्मानित किया गया, जिसमें देश के लगातार बढ़ते हुए रक्षा नवाचार के परिवेश को दर्शाया गया।

पुणे में 25-26 अक्टूबर, 2024 को डीआरडीओ डायरेक्टर कॉन्क्लेव का आयोजन किया गया। कार्यक्रम में बदलते वैश्विक परिदृश्य में प्रौद्योगिकी नेतृत्व की आवश्यकता पर विशिष्ट बल दिया गया जो कि माननीय प्रधानमंत्री के आत्मनिर्भर एवं विकसित भारत के लक्ष्यों को साकार करता है।

ले. जन. धीरज सेठ, जीओसी दक्षिणी कमांन द्वारा भावी युद्धों के लिए अगली पीढ़ी की प्रौद्योगिकियों का उदय और एक आत्मनिर्भर रक्षा परिवेश बनाने में डीआरडीओ की भूमिका पर दिया गया परिपूर्ण वक्तव्य कॉन्क्लेव की विशिष्टता रही। दक्षता बढ़ाने और शिक्षण संस्थान एवं उद्योग के सहयोग से एक सुदृढ़ अनुसंधान एवं विकास परिवेश तैयार करने के लक्ष्य से डीआरडीओ के अंदर चल रहे सुधारों पर चर्चा करने के लिए सत्र आयोजित किए गए। विभिन्न प्रयोगशालाओं एवं मुख्यालयों से महानिदेशक (डीजी) और निदेशक सहित भागीदारों ने रक्षा अनुसंधान एवं विकास में क्षमता संवर्धन पर आधारित विचारावेश सत्रों में भाग लिया।

रक्षा अध्यक्ष जनरल अनिल चौहान ने 24 अक्टूबर 2024 को इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी मैनेजमेंट, मसूरी में 'टेक्नोलॉजी प्रबंधन' पर राष्ट्रीय टेक्मा 2024 का उद्घाटन किया। इस दो दिवसीय सम्मेलन में भारत के 2047 तक आत्मनिर्भरता के लक्ष्य के साथ रक्षा प्रौद्योगिकियों को संरेखित करने पर बल दिया गया।

संगठनात्मक पहल

- 04-06 अप्रैल 2024 के दौरान नौसेना विज्ञान तथा प्रौद्योगिकी प्रयोगशाला (एनएसटीएल) विशाखापट्टणम, डीआरडीओ द्वारा डीआरडीओ यंग साइंटिस्ट मीट (वाईएसएम) का 10वां सत्र आयोजित किया गया। इस उत्सव में डीआरडीओ प्रयोगशालाओं एवं स्थापनाओं से कुल 160 युवा वैज्ञानिकों ने हिस्सा लिया।
- डीआरडीओ युवा वैज्ञानिक बैठक युवा प्रतिभागियों के अभिमुखीकरण को सरल बनाने एवं रक्षा विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी से संबंधित समकालीन एवं भावी विषयों पर नेटवर्क तैयार करने, बात-चीत करने, साझा करने एवं विचार-विमर्श करने हेतु एक मंच प्रदान करने के लिए आयोजित किया जाता है।
- डीआरडीओ ने 07 मई 2024 को यूजर इंट्रेक्शन मीट (यूआईएम-24) का आयोजन किया ताकि विभिन्न ऑपरेशनल ड्यूटी करते समय प्रयोक्ताओं द्वारा सामना किए गए महत्वपूर्ण मुद्दों का पता लगाया जा सके। विभिन्न ईकाईयों/निदेशालयों का प्रतिनिधित्व करने वाली भारतीय सशस्त्र सेना के प्रतिभागियों ने सक्रिय रूप से इस मीट में हिस्सा लिया।
- डीआरडीओ ने 09 मई 2024 को नई दिल्ली में आठवीं प्रौद्योगिकी परिषद बैठक का आयोजन किया। इस बैठक का आयोजन डीआरडीओ प्रौद्योगिकियों के इंडक्शन की स्थिति की समीक्षा करने के लिए किया गया और गृह मंत्रालय (एमएचए) के अंतर्गत केन्द्रीय सशस्त्र पुलिस बल (सीएपीएफ), पुलिस और राष्ट्रीय आपदा प्रतिक्रिया बल (एनडीआरएफ) में अगले छः महीने की गतिविधियों का रोडमैप तैयार किया।
- डीआरडीओ की विभिन्न प्रयोगशालाओं तथा स्थापनाओं में 10 मई 2024 को विभिन्न लेक्चर और ओरेशन का आयोजन करके राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी दिवस मनाया गया। इस अवसर पर, एक विशेष कार्यक्रम का आयोजन रक्षा विज्ञान फोरम (डीएसएफ), दिल्ली द्वारा किया गया।
- डीआरडीओ ने राष्ट्रपति भवन सुरक्षा विंग द्वारा घोषित रेड जोन में सुरक्षा प्रदान करने हेतु 09 जून 2024 को राष्ट्रपति भवन में भारत के माननीय प्रधान मंत्री एवं केन्द्रीय मंत्रिपरिषद की शपथ ग्रहण समारोह के दौरान 'डी4-ड्रोन-रोधी प्रणाली' को तैनात किया।
- डीआरडीओ ने 26 जून 2024 को नई (एमआर-एमओसीआर) दिल्ली में आयोजित एक समारोह में मध्यम रेंज-माइक्रोवेव ऑब्सक्योरेंट चैफ रॉकेट को भारतीय नौसेना को सुपुर्द किया। भारतीय नौसेना जहाजों से एमआर-एमओसीआर क्लाउड ब्लूमिंग एवं अंतरिक्ष में टिके रहने का प्रदर्शन किया। चरण-II परीक्षणों में एक हवाई लक्ष्य के रेडार क्रॉस सेक्शन (आरसीएस) रिडक्शन को प्रदर्शित किया गया एवं भारतीय नौसेना द्वारा स्वीकृति प्रदान की गई।
- डीआरडीओ प्रौद्योगिकी विकास निधि (टीडीएफ) वित्त पोषित स्टार्ट-अप 'इंजीनियस रिसर्च सॉल्यूशन प्राइवेट लिमिटेड' ने सफलतापूर्क एक एआई टूल "दिव्य दृष्टि" को विकसित किया जो गेट एवं स्केलेटन जैसे इम्यूटेबल मनोवैज्ञानिक मानदंडों चेहरे की पहचान को एकीकृत करता है। यह नवप्रवर्तित समाधान बायोमेट्रिक प्रमाणीकरण प्रौद्योगिकी में एक महत्वपूर्ण प्रगति को इंगित करता है जो व्यक्तियों की पहचान में बढ़ी हुई सटीकता एवं विश्वसनीयता प्रदान करता है।

- 21 जून 2024 को सूदूर क्षेत्रों में स्थित स्थापनाओं सहित डीआरडीओ की समस्त प्रयोगशालाओं में अंतर्राष्ट्रीय योग दिवस पूरे जोश एवं उत्साह के साथ मनाया गया।
- रक्षा राज्य मंत्री श्री संजय सेठ ने 24 जुलाई, 2024 को डीआरडीओ भवन का दौरा किया। इस दौरे के दौरान उन्हें हाल की उपलब्धियों, महत्वपूर्ण जारी परियोजनाओं एवं भावी योजनाओं के बारे में जानकारी प्रदान की गयी। श्री संजय सेठ को डीआरडीओ द्वारा विकसित सशस्त्र सैन्य बलों द्वारा वर्तमान में उपयोग में लाई जा रही अत्याधुनिक प्रौद्योगिकियों एवं प्रणालियों के साथ-साथ उन अत्याधुनिक प्रौद्योगिकियों एवं प्रणालियों के विषय में अवगत कराया जो विकास के अधीन है।

- उन्हें प्रौद्योगिकी विकास निधि (टीडीएफ) योजना के विषय में भी बताया गया जो रक्षा प्रौद्योगिकी को उन्नत बनाने हेतु एक पारिस्थितिकी तंत्र तैयार करने एवं आत्म-निर्भरता हासिल करने के लिए निजी क्षेत्र की संलग्नता, विशेषकर स्टार्ट-अप एवं एमएसएमई, को प्रोत्साहित करता है। इन विचार-विमर्शों में डीआरडीओ के प्रयास जिनमें उद्योगों को प्रारंभ से सिस्टम विकास में शामिल करना, डीआरडीओ पेटेंट की उपलब्धता और रक्षा उद्योग, शिक्षण संस्थान, उत्कृष्टता केंद्र (डीआईए–सीओई) और बाह्य अनुसंधान अनुदान जैसी पहल के माध्यम से शिक्षण संस्थान को प्रदान किए जाने वाले सहयोग आदि शामिल थे।

22 अगस्त 2024 को डीआरडीओ द्वारा नार्थ ईस्टर्न हिल यूनिवर्सिटी (एनईएचयू) शिलॉग की सहभागिता के साथ जैव विज्ञान अनुसंधान में मौकों के निधिकरण पर एक दिवसीय आउटरीच कार्यक्रम किया गया। इस कार्यक्रम में विद्यार्थियों, शैक्षणिक जगत, मेडिकल संस्थाओं, भारतीय कृषि अनुसंधान काउंसिल और उत्तर-पूर्व के कॉलेजों ने हिस्सा लिया।

✦✦✦

रक्षा अनुसंधान तथा विकास संगठन मुख्यालय में राजभाषायी गतिविधियां

राष्ट्रीय ध्वज के समान राजभाषा भी राष्ट्र के गौरव का द्योतक है। किसी भी देश की संपूर्ण अभिव्यक्ति वहां की भाषा में अपने उद्देश्यों को आसानी से प्राप्त कर पाती है। राजभाषा हिंदी इस दायित्व को पूरा करने में पूरी तरह से सक्षम व समर्थ है। रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन (डीआरडीओ) एक तकनीकी संगठन, जो देश की रक्षा आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए सदैव तत्पर है। साथ ही यह अपने संवैधानिक कर्तव्यों को पूरा करने में भी सदैव आगे रहता है। इसी संबंध में राजभाषा विभाग, गृह मंत्रालय द्वारा जारी वार्षिक कार्यक्रम के अनुरूप डीआरडीओ मुख्यालय में समय-समय पर राजभाषा कार्यान्वयन से जुड़ी सभी नियमित गतिविधियों का आयोजन किया गया है। जिसमें कुछ महत्वपूर्ण गतिविधियां इस प्रकार हैं:

रक्षा अनुसंधान तथा विकास संगठन मुख्यालय में 17 सितंबर से 01 अक्टूबर 2024 तक हिंदी पखवाड़ा मनाया गया। इस अवसर पर 17.09.2024 को हिंदी पखवाड़ा उद्घाटन समारोह का आयोजन किया गया, जिसमें डॉ. मनु कोरुला, महानिदेशक (आर एवं एम) मुख्य अतिथि के रूप में उपस्थित रहे। हिंदी पखवाड़े के दौरान कुल 19 प्रतियोगिताएं आयोजित की गई, साथ ही ड्राइवरों के लिए एक क्विज का आयोजन किया गया।

दिनांक **08 अक्टूबर 2024** को हिंदी पखवाड़ा पुरस्कार वितरण समारोह एवं सांस्कृतिक कार्यक्रम का आयोजन किया गया। डॉ. मनु कोरुला, महानिदेशक (आर एवं एम) ने भी उपस्थित कर्मियों को हिंदी में कार्य करने के लिए प्रोत्साहित किया। उन्होंने अपने वक्तव्य में कहा कि भले ही राजभाषा के प्रचार-प्रसार की जिम्मेदारी राजभाषा अधिकारियों को सौंपी गई इसका अर्थ यह बिल्कुल भी नहीं है कि हिंदी के प्रचार-प्रसार के लिए केवल राजभाषा विभाग और राजभाषा अधिकारी ही जिम्मेदार है। हिंदी हम सब की मातृ भाषा है और यह हम सभी की जिम्मेदारी है कि हिंदी कार्यालयी भाषा के रूप में प्रयोग में लाई जाए ताकि यह देश की राजभाषा के रूप में अपना यथोचित स्थान पा सके। साथ ही उन्होंने यह भी कहा कि हिंदी दिवस को पर्व की तरह मनाएँ और यही उत्साह साल भर बनाए रखें।

इस अवसर पर डीआरडीओ मुख्यालय की पत्रिका **रक्षा अनुसंधान भारती के 19वें अंक** का विमोचन किया गया। निदेशक महोदय ने बताया कि मुख्यालय के अधिकारियों एवं कर्मचारियों द्वारा लिखे गए लेखों, कविताओं, कहानियों से तैयार हुई डीआरडीओ की **'रक्षा अनुसंधान भारती'** को माननीय गृह एवं सहकारिता मंत्री श्री अमित शाह द्वारा वर्ष 2023-24 के लिए राजभाषा कीर्ति पुरस्कार से सम्मानित किया गया है। वर्ष 2021-22 के लिए भी सूरत में आयोजित द्वितीय अखिल भारतीय राजभाषा सम्मेलन में गृह पत्रिका को द्वितीय पुरस्कार से पुरस्कृत किया गया था। हिंदी पखवाड़े के दौरान आयोजित प्रतियोगिताओं के 80 विजेताओं को प्रमाण-पत्र वितरित किए गए और वर्ष के दौरान हिंदी में सर्वाधिक कार्य करने वाले 10 कार्मिकों को भी पुरस्कृत किया गया। मुख्यालय में वर्ष 2023-24 के दौरान हिंदी में अधिकतम कार्य करने वाले निदेशालय के रूप में **जनसंपर्क निदेशालय** को राजभाषा शील्ड प्रदान

की गई । इसके साथ ही अधिकारियों द्वारा हिंदी में डिक्टेशन देने के लिए प्रोत्साहन योजना के अंतर्गत **निदेशक, कार्मिक** को 5000/- रु के नकद पुरस्कार से पुरस्कृत किया गया। हिंदी पखवाड़े के दौरान आयोजित प्रतियोगिताओं में 660 प्रतिभागियों ने भाग लिया। कुल 06 प्रतियोगिताएं हिंदीतर भाषियों के लिए आयोजित की गई। 80 कार्मिकों को प्रतिस्पर्द्धा के आधार पर पुरस्कार के योग्य पाया गया। प्रंबध सेवा निदेशालय के ड्राइवरों के लिए, कुशल/ स्किल्ड संविदा स्टॉफ, अकुशल/ अन-स्किल्ड संविदा कर्मचारियों के लिए एक क्विज प्रतियोगिता भी आयोजित की गई जिसमें सभी प्रतिभागियों को पुरस्कार स्वरूप स्मृति चिह्न देकर प्रोत्साहित किया गया । साथ ही इस अवसर पर डीआरडीओ में सांस्कृतिक कार्यक्रम का आयोजन किया गया जिसमें **श्यामा प्रसाद मुखर्जी महाविद्यालय** की छात्राओं ने सांस्कृतिक कार्यक्रम में अपनी सहभागिता की। जिसमें अनेक कलाकारों ने गायन एवं लोक नृत्य प्रस्तुत किए। सांस्कृतिक कार्यक्रम की सभी प्रस्तुतियां बहुत ही उत्कृष्ट एवं सराहनीय थी। विशेष रुप से संगीत विभाग द्वारा प्रस्तुत सितार वादन सबसे अधिक प्रशंसनीय कार्यक्रम रहा। महाविद्यालय हिन्दी विभाग द्वारा प्रस्तुत नाटक ने भी दर्शकों का खूब मनोरंजन किया। साथ ही महाविद्यालय की थिरकन डांस सोसायटी द्वारा प्रस्तुत सभी नृत्य ने उपस्थित सभी दर्शकों का मन मोह लिया। कार्यक्रम के उपरांत निदेशक महोदय द्वारा सभी कलाकारों को सम्मानित किया गया। सुश्री प्रतिष्ठा मिश्रा, कनिष्ठ अनुवाद अधिकारी द्वारा हिंदी पखवाड़ा एवं सांस्कृतिक कार्यक्रम का सफल मंच संचालन किया गया।

हिंदी कार्यशाला

राजभाषा नियमों के अनुसार हिन्दी में प्रवीणता अथवा कार्यसाधक ज्ञान रखने वाले अधिकारियों/कर्मचारियों में हिन्दी में कार्य करने की झिझक को दूर करने के लिए प्रति तिमाही एक कार्यशाला का आयोजन किया जाना आवश्यक है । इसी क्रम में, रक्षा अनुसंधान तथा विकास संगठन में **दिनांक 14 मार्च 2024** को **"राजभाषा नीति एवं कार्यान्वयन",** विषय पर एक कार्यशाला का आयोजन किया गया। आमंत्रित वक्ता **श्री नरेन्द्र नाथ त्रिपाठी, उप निदेशक (रा.भा.), रक्षा मंत्रालय** ने उपरोक्त विषय पर रूचिकर व्याख्यान दिया। **श्री नरेन्द्र नाथ त्रिपाठी** ने अपने वक्तव्य में बताया कि भाषा मनुष्य की अमूल्य उपलब्धि है। हिन्दी विश्व की एक प्राचीन, समृद्ध तथा महान भाषा होने के साथ ही हमारी राजभाषा भी है, यह हमारे अस्तित्व एवं अस्मिता की भी प्रतीक है, यह हमारी राष्ट्रीयता एवं संस्कृति की भी प्रतीक है। **महात्मा गांधी** ने सही कहा था कि '**राष्ट्र भाषा के बिना राष्ट्र गूंगा है।**' उन्होंने राजभाषा नीति एवं कार्यान्वयन में आनेवाली चुनौतियों पर विस्तारपूर्वक चर्चा की। उपस्थित प्रतिभागियों के साथ कार्य में आने वाली समस्याओं पर संवाद किया और उनका समाधान बताते हुए उन्हें हिंदी में कार्य करने के लिए प्रेरित भी किया।

दिनांक 24 जून 2024 को **"राजभाषा नीति"** विषय पर एक कार्यशाला का आयोजन किया गया। आमंत्रित वक्ता **श्री सुनील भुटानी, राजभाषा अधिकारी ने उपरोक्त** विषय पर रूचिकर व्याख्यान दिया। उन्होंने अपने वक्तव्य में बताया कि 26 जनवरी, 1950 में लागू भारतीय संविधान के अनुच्छेद 343(1) के अनुसार यह व्यवस्था की गई कि संघ सरकार की राजभाषा हिंदी होगी एवं इसकी लिपि देवनागरी होगी। भारत सरकार के सभी कार्यालयों में सरकारी कामकाज में सरल एवं सहज हिंदी का प्रयोग किया जाए ताकि यह सभी के लिए सुबोध हो तथा इसका प्रयोग बहुआयामी हो सके। यह याद रखना आवश्यक है कि संघ की राजभाषा नीति का मुख्य उद्देश्य राजकीय कार्य मूल रूप से हिंदी में करना है। मूल रूप से कार्यालयीन कार्य हिंदी में किए जाने से ही राजभाषा हिंदी का प्रयोग बढ़ेगा तथा राजभाषा नीति का सही मायनों में कार्यान्वयन संभव होगा। उन्होंने राजभाषा हिन्दी के सभी नीतिगत पक्षों पर प्रकाश डाला।

दिनांक 18 सितंबर 2024 को **"राजभाषा से संबंधित उपलब्ध प्रमुख तकनीकी सुविधाएं"** विषय पर एक कार्यशाला का आयोजन किया गया। आमंत्रित वक्ता **श्री राजेन्द्र प्रसाद वर्मा, सहायक निदेशक, केन्द्रीय हिंदी संस्थान ने उपरोक्त** विषय पर रूचिकर व्याख्यान दिया। उन्होंने अपने वक्तव्य में बताया कि अपने वक्तव्य में कंप्यूटर एवं मोबाईल संबंधी कुछ नई जानकारी देने का प्रयास किया जिससे कंप्यूटर के साथ-साथ मोबाइल पर भी अन्य कार्यों के अतिरिक्त राजभाषा हिंदी में भी और अधिक कुशलता से कार्य कर सरकारी कामकाज में राजभाषा का प्रयोग बढ़ा सकें। उन्होंने एमएस ऑफिस में एमएस वर्ड के अतिरिक्त एमएस एक्सेल, एमएस पॉवरप्वाइंट, एमएस एक्सेस पर विस्तृत चर्चा के साथ-साथ पत्र टेम्पलेट, बुकलेट, रिपोर्ट, कार्ड आदि के प्रारूपों में आधुनिकतम उपलब्ध सुविधाओं पर जानकारी दी।

दिनांक 20 दिसंबर 2024 को **"संसदीय राजभाषायी निरीक्षण प्रश्नावली : समस्या एवं समाधान"** विषय पर एक कार्यशाला का आयोजन किया गया। आमंत्रित वक्ता **डॉ. राकेश बी दूबे, निदेशक, रा.भा.** (सेवानिवृत्त) ने उपरोक्त विषय पर रूचिकर व्याख्यान दिया। उन्होंने अपने वक्तव्य में बताया कि हम सभी इस तथ्य से अवगत हैं कि हिंदी हमारी राजभाषा है और हम सभी इसके प्रति कुछ संवैधानिक दायित्व हैं, जिसकी जानकारी मुख्यालय समय-समय पर सभी प्रयोगशालाओं को देता रहता है। इस संदर्भ में राजभाषा विभाग द्वारा वार्षिक कार्यक्रम जारी किया जाता है, जिसकी प्रति प्रयोगशालाओं को भेजी जाती है। इसी वार्षिक कार्यक्रम में बताए गए लक्ष्यों की प्राप्ति के लिए प्रयोगशालाओं को कार्य करना है। इन दायित्वों के अनुपालन की रेगुलर म़ॉनीटरिंग भी होती है, जिसके लिए डीआरडीओ की प्रयोगशालाओँ का संसदीय राजभाषा समिति द्वारा नियमित आधार पर निरीक्षण किया जाता है। हाल ही में संसदीय राजभाषा निरीक्षण प्रश्नावली में कई बदलाव हुए हैं जिनके माध्यम से राजभाषायी अनुपालन की सख्ती और बढ़ा दी गई है। ये सभी मुद्दे संसदीय राजभाषा समिति के निरीक्षण के संदर्भ में बहुत महत्वपूर्ण (important) हैं, जिनके अनुपालन का संपूर्ण उत्तरदायित्व कार्यालय प्रमुख का है।

उन्मेष 2025 का आयोजन

विश्व हिंदी दिवस के अवसर पर डीआरडीओ, मुख्यालय एवं अनुसंधान केंद्र इमारत, आरसीआई द्वारा दो-दिवसीय द्वितीय अखिल भारतीय तकनीकी राजभाषा सम्मेलन '**उन्मेष-2025**' का आयोजन 10-11 जनवरी 2025 को संयुक्त रुप से हैदराबाद में किया गया। इस सम्मेलन में श्रीमती अंशुली आर्या, आईएएस, सचिव, राजभाषा विभाग, गृह मंत्रालय, नई दिल्ली मुख्य अतिथि एवं डॉ समिर वी कामत, सचिव, रक्षा अनुसंधान तथा विकास विभाग एवं अध्यक्ष, डीआरडीओ विशिष्ट अतिथि के रुप में शामिल हुए। सम्मेलन का विषय **"सतत विकास के लिए विज्ञान" "Science for Sustainable Development"** था। इस आयोजन में डीआरडीओ के अतिरिक्त सभी प्रमुख तकनीकी संगठनों, विश्वविद्यालयों आदि से प्रतिभागी सम्मिलित हुए। इस सम्मेलन में **180** तकनीकी शोध पत्र प्राप्त हुए, जो हमारी एक विशेष उपलब्धि है। इन तकनीकी शोध पत्रों का 07 सत्रों के माध्यम से प्रस्तुतिकरण किया गया। जिसमें 01 सत्र तेलुगु भाषा का भी था। इसी मौके पर सम्मेलन की स्मारिका, आरसीआई की गृह पत्रिका 'इमारत' और देशभक्ति गीतों की सी डी का विमोचन किया गया। इस सम्मेलन का उद्देश्य वैज्ञानिक एवं तकनीकी शोध पत्रों को सरल हिंदी में प्रस्तुत कर हिंदी के प्रचार-प्रसार को भी बढ़ाना है और हिंदी को तकनीक से जोड़ना भी है। मुख्य अतिथि श्रीमती अंशुली आर्या, आईएएस, सचिव, राजभाषा विभाग, गृह मंत्रालय, नई दिल्ली मुख्य ने अपने वक्तव्य में कहा कि हमारा देश बहुत तेजी से आत्मनिर्भरता की ओर बढ़ रहा है और इस विकास में भाषा और विज्ञान दोनों

की ही महत्वपूर्ण भूमिका रही है। विज्ञान का उद्देश्य सामान्य जनता के हित में ज्ञान का विकास करना है। विज्ञान और प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में कार्यरत शोधकर्ताओं, वैज्ञानिकों, शिक्षाविदों और नवोन्मेषी वैज्ञानिकों को इस बात की ओर अधिक ध्यान देने की आवश्यकता है कि ये वैज्ञानिक प्रयास एवं शोध परिणाम जन-जन तक पहुंचे। श्री अनिंद्य विश्वास, निदेशक, आरसीआई एवं उनकी टीम एवं श्री सुनील शर्मा, निदेशक, डीपीएआरओएंडएम की टीम ने संयुक्त रुप से अति उत्साह एवं समर्पण के साथ इस सम्मेलन का सफल आयोजन किया।

कंठस्थ प्रशिक्षण

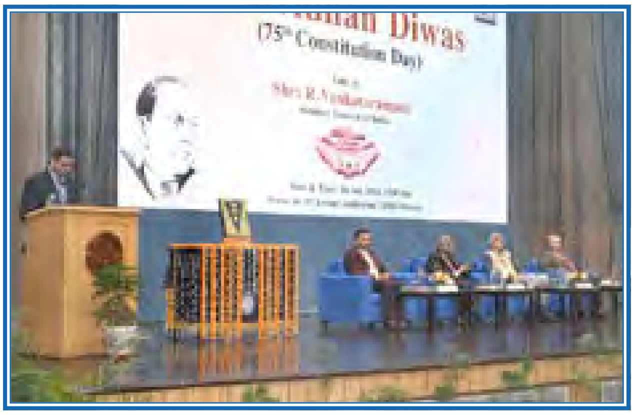
डीआरडीओ मुख्यालय द्वारा राजभाषा विभाग, गृह मंत्रालय एवं सी- डैक, पुणे द्वारा निर्मित स्मृति आधारित टूल **'कंठस्थ'** डीआरडीओ के इंट्रानेट **द्रोणा** पर सफलतापूर्वक कस्टमाइज किया गया है। इस संबंध में सी-डैक पुणे की टीम द्वारा पहला प्रशिक्षण कार्यक्रम दिल्ली में आयोजित किया गया। यह प्रशिक्षण कार्यक्रम तीन दिवसीय (15,16,17, जनवरी 2025) था जिसमें डीआरडीओ मुख्यालय, मेटकॉफ हाउस स्थित प्रयोगशालाएं एवं तिमारपुर स्थित प्रयोगशालाएं शामिल थीं। इस अवसर पर श्री सुनील शर्मा, निदेशक, संसदीय कार्य, राजभाषा तथा संगठन पद्धति निदेशालय ने कंठस्थ नियमावली का विमोचन किया। साथ ही इस कार्यक्रम की मुख्य समन्विका श्रीमती अरुण कमल, सहायक निदेशक (रा.भा.) ने सभी प्रतिभागियों से इस टूल को सीखने, साझा करने, इसका अभ्यास करने तथा इसकी स्मृति को बढ़ाने के लिए भी प्रेरित किया, ताकि अनुवाद की गुणवत्ता में और सुधार हो सके।

हिंदी संवर्ग के लिए कार्यशाला

राजभाषा विभाग गृह मंत्रालय, भारत सरकार द्वारा जारी वार्षिक कार्यक्रम में दिए गए दिशानिर्देशों के अनुसार दिनांक 13 सितंबर 2024 को डीआरडीओ मुख्यालय में डीआरडीओ राजभाषा संवर्ग के अधिकारियों/कर्मचारियों के 04 व्याख्यानों के साथ पूर्ण दिवसीय कार्यशाला आयोजित की गई। जिसमें डीआरडीओ की सभी प्रयोगशालाओं से राजभाषा कार्मिक एवं मुख्यालय के राजभाषा से जुड़े अधिकारी/कर्मचारी शामिल हुए। इस कार्यशाला में निम्नलिखित विषयों संसदीय निरीक्षण प्रश्नावली, ऑनलाइन तिमाही प्रगति रिपोर्ट, नवीनतम तकनीकी सुविधाएं अनुवाद टूल कंठस्थ पर व्याख्यान आयोजित किए गए। इस उपरोक्त विषयों पर श्री राजेश शर्मा, उप निदेशक, कर्मचारी राज्य बीमा निगम, श्री अजय मलिक, उप निदेशक (सेवानिवृत्त), राजभाषा विभाग, श्री राजीव रावत, वरिष्ठ हिन्दी अधिकारी, आईआईटी, खड़गपुर, श्री शशिपाल, संयुक्त निदेशक, सी-डैक, ने वक्तव्य दिया।

✦✦✦

संविधान दिवस



साइबर सुरक्षा सतर्कता कार्यशाला

डेयर टू ड्रीम

डीआरडीओ दिवस

पर्यावरण दिवस

अंतरिक्ष दिवस

माननीय रक्षा मंत्री एवं रक्षा राज्य मंत्री का दौरा

खेल दिवस

आत्म रक्षा प्रशिक्षण

इंडस्ट्री मीट

डॉ. ए.पी.जे अब्दुल कलाम जन्म शती

केयर बेंगलूरु का संसदीय राजभाषायी निरीक्षण

डीआरडीओ तकनीकी शब्दावली की पुनरीक्षण बैठक

हिंदी कार्यशाला

उन्मेष-2025

राजभाषा सम्मेलन
विषय : सतत् विकास के लिए विज्ञान
10-11 जनवरी, 2025
आयोजन स्थल
आरसीआई सभागृह

उन्मेष-2025
द्वितीय अखिल भारतीय तकनीकी

राजभाषा सम्मेलन
विषय : सतत् विकास के लिए विज्ञान
10-11 जनवरी, 2025
आयोजन स्थल
आरसीआई सभागृह

राजभाषा सम्मेलन
विषय : सतत् विकास के लिए विज्ञान
10-11 जनवरी, 2025
आयोजन स्थल
आरसीआई सभागृह

राजभाषा सम्मेलन
विषय : सतत् विकास के लिए विज्ञान
10-11 जनवरी, 2025
आयोजन स्थल
आरसीआई सभागृह

विषय : सतत् विकास के लिए विज्ञान
10-11 जनवरी, 2025
आयोजन स्थल
आरसीआई सभागृह

राजभाषा सम्मेलन
विषय : सतत् विकास के लिए विज्ञान
10-11 जनवरी, 2025
आयोजन स्थल
आरसीआई सभागृह

10-11 जनवरी, 2025
आयोजन स्थल
आरसीआई सभागृह

उन्मेष-2025

डीआरडीओ हिंदी संवर्ग कार्यशाला

मुख्यालय स्तरीय निरीक्षण

कंठस्थ प्रशिक्षण

राजभाषा सम्मेलन, राजभाषा विभाग, गृह मंत्रालय

हिंदी पखवाड़ा

उन्मेष-2025

***रक्षा अनुसंधान भारती** के **19वें अंक** का विमोचन*

रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन मुख्यालय

डीआरडीओ भवन, राजाजी मार्ग, नई दिल्ली-110011