रेडियो स्पेक्ट्रम – आवश्यकताएँ और प्रबंधन

Radio Spectrum- Requirements and its Management

डॉ. अशोक चन्द्र, डी. एस–सी.

Dr. Ashok Chandra, D.Sc.
Wireless Adviser to the Government of India (Former);
Expert, International Telecommunications Union (ITU)
drashokchandra@gmail.com

सारांश

इस लेख में, रेडियो स्पेक्ट्रम की ज़रूरतें और इसके प्रबंधन की आवश्यकताओं का अवलोकन प्रस्तुत किया गया है। रेडियो स्पेक्ट्रम एक प्राकृतिक संसाधन है जो सीमित मात्रा में उपलब्ध है। वायरलेस तकनीकी, उच्च क्षमता की ब्रॉडबैंड सेवाएं प्रदान करने में बहुत ही महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। रेडियो स्पेक्ट्रम, वायरलेस तकनीकी का प्राण तत्व है। यह उल्लेख करना है कि जल, स्थल और नभ जहाँ भी, सूचनाओं का आदान प्रदान, बिना किसी भौतिक माध्यम से होता है, वह बेतार प्रणाली से संभव है। रेडियो स्पेक्ट्रम के छोटे भागों में एक से अधिक सेवाएं समाहित होती है। अतः, कुशलतापूर्वक रेडियो संचार सेवाओं को प्रदान करने के लिए अत्यावश्यक है कि दक्षता से रेडियो स्पेक्ट्रम का प्रबंधन किया जाये। अंतर्राष्ट्रीय दूरसंचार संघ (ITU), संयुक्त राष्ट्र की एक विशेष एजेंसी, विश्व स्तर पर रेडियो स्पेक्ट्रम प्रबंधन के लिए उत्तरदायी है। ITU का रेडियोसंचार सेक्टर, अध्ययन समूहों (Study Groups) और उनकी वर्किंग पार्टी (Working Parties) के माध्यम से काम करता है। सभी अध्ययन समूहों के लिए बहुत सारे अध्ययन प्रश्नों को परिभाषित किया गया है। विश्व में कई शोध संस्थाएं और वैज्ञानिक, रेडियो स्पेक्ट्रम विषयों पर सतत शोध करते रहते हैं। इन संस्थानों और विषय विशेषज्ञों ने बहुत सारे कीर्तिमान स्थापित किये हैं। उनके कार्यों की विवेचना और उपयोग, राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर आकलित होता रहता है। एक उदाहरण के लिए, इन्ही शोधों के परिणामस्वरूप 2G, 3G, 4G और 5G की उपयोगिताएं, हमारे जीवन का अभिन्न हिस्सा बन चुकी है। इस लेख में, उदाहरण स्वरूप शोध के लिए दो अध्ययन प्रश्नों का उल्लेख किया गया है। वर्तमान समय में इन अध्ययनों का कार्यकाल 2023 तक है, और तदुपरांत इसके शोध परिणाम, ITU के रिपोर्ट के रूप में प्रकाशित होंगे। भारत में, भले ही अन्य विषयों में बड़े शोध संस्थान स्थापित किए गए हों, लेकिन रेडियो स्पेक्ट्रम प्रबंधन अनुसंधान की गतिविधियों के लिए विशिष्ट रूप से समर्पित कोई संस्था नहीं है।

Abstract

In this Article, an overview of the requirements of Radio spectrum and its management, has been presented. The need for digitalization has been drastically accelerated due to Covid-19 pandemic situations faced by the entire world including India. We are able to conduct our works/meetings, activities through ONLINE. This trend shall be more vigorous during Post Covid-19, as we will be more dependent on Information & Communications Technologies (ICT) requiring much lesser human intervention. Most of the ICT systems shall be energized using wireless technologies. For the functioning of ICT systems, we will require robust and very high-speed broadband structure.

Life line for the wireless Technologies is the Radio spectrum. The advantages of wireless technologies are savings of often complex and expensive cables, cable protection and plugs, the increased mobility and flexibility etc. The radio spectrum caters to forty-one different types of radio communication services, including safety services, viz., aeronautical, maritime, radio navigation, radiolocation, radio astronomy, meteorological, broadcasting, satellite broadcasting, fixed, fixed-satellite, mobile, mobile-satellite, and space services etc. Here, the role of the International Telecommunications Union (ITU) in the spectrum management has been described. Further, briefly about Study Groups and their Working Parties have been elaborated. Two Study Questions of Study Group-1 have been indicated for research purposes. It may be mentioned that in India, even though large research establishments in several disciplines have been established by the Governments, no professional institution is exclusively dedicated to Radio Spectrum Management research activities. Only piece meals of work relating to Radio Spectrum are being undertaken by some of the existing institutes, which would not suffice to fulfill the demand of research needs to be undertaken towards radio spectrum engineering and management.

प्रस्तावना

इस असाधारण Covid-19 महामारी संकट ने कई व्यवसायों, सेवाओं और अनुप्रयोगों के डिजिटलाइजेशन को तेज कर दिया है विशेष रूप से दूरसंचार, स्वास्थ्य देखभाल, अपरिहार्य वस्तुओं और शिक्षा का प्रबंधन आदि। COVID –19, के उपरान्त हम उन चीजों पर भरोसा करेंगे, जिनमें न्यूनतम मानवीय शारीरिक सहभागिता शामिल है, और इसलिए चिकित्सा सहायता, टेलीमेडिसिन, आर्थिक, संचार, स्वचालित उद्योग 4.0/5.0 आदि क्षेत्रों में सुधारात्मक और सहायक दृष्टिकोण की आवश्यकता होगी। इन सब कार्यों को संचालित और सम्पादित करने के लिए अति उच्च क्षमता के ब्राडबैंड नेटवर्क की आवश्यकता पड़ती है। यह नेटवर्क या तो तार (ऑप्टिकल फाइबर) द्वारा या बेतार (वायरलेस) द्वारा स्थापित किया जा सकता है। यहां पर हम वायरलेस नेटवर्क के बारे में चर्चा करेंगें। इसके संचालन के लिए रेडियो स्पेक्ट्रम की अत्यंत आवश्यकता पड़ती है। रेडियो स्पेक्ट्रम, वायरलेस तकनीक की जीवन रेखा है। रेडियो तरंगों के बिना जीवन की कल्पना करना मुश्किल है। यह सभी वायरलेस अनुप्रयोगों के लिए एक महत्वपूर्ण प्राकृतिक दुर्लभ संसाधन है।

पिछले कुछ दशकों में सामाजिक–तकनीकी विकास ने आईसीटी (ICT) विकास को ब्रॉडबैंड संचार के माध्यम से महत्वपूर्ण रूप से संचालित किया है। विकसित और विकासशील, दोनों तरह के देशों के आर्थिक और सामाजिक विकास में ICT महत्वपूर्ण योगदान दिया है। मोबाइल ब्रॉडबैंड संचार पूरे समाज के दैनिक जीवन में बारीकी से एकीकृत हो गए हैं। यह उम्मीद की जाती है कि सामाजिक–तकनीकी रुझान और मोबाइल संचार प्रणालियों का विकास एक साथ मिलकर और मजबूती से बना रहेगा। आईसीटी क्षेत्र में दुनिया भर में, प्रौद्योगिकियों और उपकरणों के तेजी से विकास और आविष्कारों के कारण एक अभूतपूर्व घटना हो रही है। इस प्रक्रिया में, कोई भी देश विकास की गति को अपनाने में पीछे नहीं रह सकता है। अन्यथा वह देश न केवल प्रौद्योगिकी की दृष्टि से बल्कि आर्थिक मोर्चे पर भी बहुत पीछे हो सकता है। अब यह कोई रहस्य नहीं है कि आईसीटी किसी देश की आर्थिक वृद्धि में एक प्रमुख भूमिका निभाता है। सुरक्षा, और गोपनीयता हमेशा किसी भी देश के एजेंडे में सबसे ऊपर होते हैं। अधिक जानकारी स्थानांतरित करने में सक्षम कम शक्ति वाले उपकरण दुनिया में क्रांति करने वाले हैं। अधिकांश विकासशील देशों में मुख्य रूप से निर्धारित ब्रॉडबैंड की तुलना में मोबाइल ब्रॉडबैंड अधिक किफायती और प्रचलित होता जा रहा है। रेडियो फ्रिक्वेंसी स्पेक्ट्रम, सभी आईसीटी विस्तार और भविष्य की योजनाओं की

बुनियाद होने के नाते, आर्थिक और संचार प्रौद्योगिकी विकास में एक प्रमुख भूमिका निभाता है।

दूरसंचार जगत में तेजी से बदलाव ने रेडियो स्पेक्ट्रम को किसी भी देश की अर्थव्यवस्था के लिए सबसे मूल्यवान और जीवंत संसाधन बना दिया है। स्पेक्ट्रम के प्रभावी उपयोग से देश की समृद्धि में बड़ा बदलाव आ सकता है, खासकर जहां संचार बेतार प्रौद्योगिकियों पर बहुत अधिक निर्भर हैं। प्रभावी विनियमन (Regulation) से ज्ञानवर्धक समाज का विकास करने में मदद मिलती है और जितना संभव हो सके रेडियो स्पेक्ट्रम से लाभ निकालने के लिए उचित प्लेटफॉर्म प्रदान करता है। दूरसंचार परिचालनों के अलावा, रेडियो फ्रीक्वेंसी स्पेक्ट्रम का उपयोग विभिन्न सरकारी और निजी संगठनों जैसे रक्षा, पुलिस, खुफिया और अन्य सुरक्षा एजेंसियों, प्रसारण, रेलवे, सार्वजनिक उपयोगिता संगठनों, तेल और बिजली उपयोगिता, परमाणु ऊर्जा, खनन और इस्पात, शिपिंग आदि करते हैं। इसके अतिरिक्त एयरलाइंस, एयरोनॉटिकल और समुद्री सुरक्षा संचार, रडार, भूकंपीय सर्वेक्षण, रॉकेट और उपग्रह प्रक्षेपण, पृथ्वी की खोज, प्राकृतिक आपदा पूर्वानुमान आदि भी बड़े पैमाने पर रेडियो स्पेक्ट्रम का उपयोग करते हैं।

रेडियो स्पेक्ट्रम क्या है ?

रेडियो फ्रीक्वेंसी स्पेक्ट्रम, विद्युत चुम्बकीय विकिरण के परिवार के सदस्यों में से एक है। रेडियो स्पेक्ट्रम भी प्रकाश की गति के साथ विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम की तरह गति करता है। रेडियो स्पेक्ट्रम, विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम में तरंगदैर्ध्य के साथ 1 मिमी (मिलीमीटर) से अधिक या अवरक्त (Infrared) प्रकाश की तुलना में लंबा होता है। रेडियो तरंगों की तरंगदैर्ध्य कुछ मिलीमीटर से कम और सैकड़ों किलोमीटर तक होती है। जेम्स क्लर्क मैक्सवेल द्वारा 1865 में किए गए गणितीय कार्यों से पहली बार रेडियो तरंगों की भविष्यवाणी की गई थी। मैक्सवेल ने विद्युत और चुंबकीय अवलोकनों में प्रकाश और समानता के तरंगदैर्ध्य गुणों को देखा। सन् 1887 में, हेनरिक हट्र्ज ने अपनी प्रयोगशाला में प्रयोगात्मक रूप से रेडियो तरंगों को उत्पन्न करके मैक्सवेल की विद्युत चुम्बकीय तरंगों की वास्तविकता का प्रदर्शन किया। सर जगदीश चन्द्र बोस को रेडियो–संचार का जनक माना जाता है, जिन्होंने रेडियो तथा सूक्ष्म तरंगों (Microwave) की प्रकाशिकी पर कार्य किया। मिलीमीटर (mm) स्तर की तरंगें पैदा करने का श्रेय सर बोस को जाता है (देखें बॉक्स)। रेडियो फ्रीक्वेंसी (Radio Frequency) विद्युतचुम्बकीय तरंगों (Wlwcrromagnetic Waves) के परिवार का एक सदस्य है। विद्युतचुम्बकीय तरंगों का फैलाव गामा तरंग से लेकर रेडियो तरंगों तक है दृश्य प्रकाश भी इसी समूह का सदस्य है। कई आविष्कारों ने अंतरिक्ष के माध्यम से जानकारी स्थानांतरित करने के लिए रेडियो तरंगों का व्यावहारिक उपयोग किया। रेडियो स्पेक्ट्रम, 10 KHz से 300 GHz (या, समतुल्य, लगभग 1 मिमी से अधिक तरंगदैर्ध्य) तक होता है, जिसे रेडियो तरंगों के रूप में माना जाता है। यूँ कहा जाये तो, रेडियो स्पेक्ट्रम को नौ आवृत्ति बैंडों में विभाजित किया जाएगा, जिसे निम्न तालिका के अनुसार पूर्ण संख्याओं द्वारा निर्दिष्ट किया जाता है। चूंकि आवृत्ति की इकाई हट्र्ज (Hz) है, इसलिए विभिन्न बैंड की आवृत्तियों को निम्न रूप से व्यक्त किया गया है:

- किलोहट्र्ज़ (kHz) में, तक और 3 000 kHz सहित;
- मेगाहट्र्ज़ (MHz) में, 3 MHz से ऊपर, और 3000 MHz तक;
- गीगाहट्र्ज़ (GHz) में, 3GHz से ऊपर और 3 000 GHz तक।

दूसरे संसाधनों के विपरीत, रेडियो स्पेक्ट्रम का स्वामित्व की तरह उपयोग नहीं किया जा सकता है, लेकिन विभिन्न देशों, सेवाओं, उपयोगकर्ताओं, प्रौद्योगिकियों आदि के बीच इसका उपयोग और साझा किया जा सकता है। नीचे दी गयी तालिका में विभिन्न आवृत्तियों के लिए विभिन्न अनुप्रयोगों का

उल्लेख किया गया है।

तालिका–1

बैंड नंबर	सिम्बल्स	आवृत्ति सीमा	उपयोग
4	VLF	3 जव 30 kHz	निकट–सतह पनडुब्बी संचार
5	LF	30 जव 300 kHz	एएम ब्रॉडकास्टिंग, एयरक्राफ्ट बीकन
6	MF	300 जव 3 000 kHz	एएम ब्रॉडकास्टिंग, एयरक्राफ्ट बीकन
7	HF	3 जव 30 MHz	स्काईवेव लॉन्ग रेंज रेडियो कम्युनिकेशनः शॉर्टवेव ब्रॉडकास्टिंग, मिलिट्री, मैरीटाइम, अमेचर टू–वे रेडियो आदि
8	VHF	30 जव 300 MHz	एफएम रेडियो प्रसारण, टेलीविजन प्रसारण, डिजिटल वीडियो ब्रॉडकास्टिंग–टेरेस्ट्रियल पर्सनल मोबाइल रेडियो (पीएमआर) आदि
9	UHF	300 जव 3 000 MHz	पर्सनल मोबाइल रेडियो, टेलीविजन प्रसारण, माइक्रोवेव ओवन, जीपीएस, मोबाइल फोन संचार (2G, 3G, 4G), वायरलेस लोकल एरिया नेटवर्क (WLAN) आदि
10	SHF	3 जव 30 GHz	सैटेलाइट टेलीविजन प्रसारण, WLAN, माइक्रोवेव रिले, रडार, 5G आदि
11	EHF	30 जव 300 GHz	माइक्रोवेव रिले, इंटर–सैटेलाइट लिंक, हाई रेजोल्यूशन रडार, G आदि
12		300 जव 3 000 GHz	अभी निर्धारित नहीं किया गया है।

रेडियो स्पेक्ट्रम व्यर्थ हो जाता है, यदि इसका उपयोग कुशलता से नहीं किया जाता है। रेडियो स्पेक्ट्रम हमेशा अदृश्य तरंगों के रूप में हमारे आसपास होता है। रेडियो स्पेक्ट्रम का उपयोग अनगिनत प्रौद्योगिकियों द्वारा किया जाता है जो हमारे जीवन के अधिकांश पहलुओं को प्रभावित करते हैं। रेडियो/दूरदर्शन कार्यक्रम देखना–सुनना, लाइव मैच देखना या मोबाइल फोन का उपयोग करना इस अनुप्रयोग के उदाहरण हैं। यह हमें एक दूसरे से संवाद करने और दुनिया को करीब लाने में मदद करता है। आज, रेडियो स्पेक्ट्रम लगभग सभी के जीवन को प्रभावित करता है और राष्ट्रीय सकल घरेलू उत्पाद (जीडीपी) में एक प्रमुख राजनीतिक विषय और महत्वपूर्ण योगदानकर्ता बन गया है। रेडियो स्पेक्ट्रम को दुनिया भर में एक राष्ट्र के सामाजिक आर्थिक विकास के लिए एक महत्वपूर्ण उपकरण के रूप में मान्यता दी गई है।

रेडियो स्पेक्ट्रम अंतरराष्ट्रीय भौगोलिक सीमाएं नहीं मानता क्योंकि यह एक बड़े स्थलीय क्षेत्र में फैला हुआ है। रेडियो स्पेक्ट्रम को 41 रेडियो–संचार सेवाओं के लिए पूरे रेडियो स्पेक्ट्रम रेंज में आवंटित किया गया है। सुरक्षा सेवाओं, अर्थात, वैमानिकी, समुद्री, रेडियोनैविगेशन, रेडियोलोकेशन, रेडियोएस्ट्रोनॉमी, मौसम विज्ञान, प्रसारण, उपग्रह प्रसारण, फिक्स्ड–सैटेलाइट, मोबाइल, मोबाइल–सैटेलाइट, अंतरिक्ष सेवाओं सहित आदि, विभिन्न प्रकार की रेडियो संचार सेवाएं हैं। अंतरराष्ट्रीय संधियों के अनुसार, सभी आवृत्ति बैंड विभिन्न देशों के लिए विभिन्न प्रकार के अनुप्रयोगों और प्रौद्योगिकियों के लिए विभिन्न प्रकार के रेडियो–संचार सेवाओं के बीच साझा किए जाते हैं। वर्तमान समय में सभी व्यावसायिक मोबाइल अनुप्रयोगों के लिए रेडियो स्पेक्ट्रम का उपयोग 1–6 GHz के बीच सीमित है।

रेडियो का विनियमन तंत्र (Regulatory Mechanism), सामान्य गतिविधियों में अन्य गतिविधियों के विनियमन (Regulation) से पूरी तरह से अलग है। यह मुख्यतः प्रकृति की वैज्ञानिक विशेषताओं और भौतिक नियमों द्वारा शासित है। रेडियो फ्रीक्वेंसी स्पेक्ट्रम उपयोग को विभिन्न रेडियो सेवाओं के बीच साझा किया जाता है और इसे राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय कानूनों के अनुरूप कुशलतापूर्वक उपयोग किया जाना चाहिए। वायरलेस प्रौद्योगिकियों के प्रभावी कार्यान्वयन से नए राजस्व और व्यावसायिक मॉडल उत्पन्न होंगे और वर्तमान सेवाओं की दक्षता और प्रभावशीलता को भी बढ़ाएंगे। अध्ययन बताते हैं कि संचार प्रौद्योगिकी की पैठ बढ़ी है। अध्ययनों से पता चलता है कि संचार प्रौद्योगिकी की बढ़ती पहुंच वास्तव में विकास के साथ जुड़ी हुई है।

रेडियो फ्रीक्वेंसी स्पेक्ट्रम का प्रबंधन

रेडियो स्पेक्ट्रम का प्रबंधन कानूनी व्यवधानों के साथ प्रशासनिक और तकनीकी प्रक्रियाओं का संयोजन है, जो हानिकारक हस्तक्षेप का कारण बने बिना रेडियो कम्यूनिकेशन सेवाओं के कुशल संचालन को सुनिश्चित करने के लिए आवश्यक है। इसलिए, कुशल और प्रभावी स्पेक्ट्रम प्रबंधन, राष्ट्रीय हितों से समझौता किए बिना समन्वित तरीके से स्पेक्ट्रम आवंटन की सावधानीपूर्वक योजना, बनाने की कला और विज्ञान है। रेडियो सिग्नल व्यापक हैं, यानी, वे मानव निर्मित सीमाओं (अंतरराष्ट्रीय सीमाओं सहित) को नहीं पहचानते हैं। व्यावहारिक रूप में इसका मतलब यह है कि कोई भी दो वायरलेस ट्रांसमिशन एक ही आवृत्ति, एक ही समय और एक ही भौगोलिक क्षेत्र में मौजूद नहीं हो सकते हैं। रेडियो स्पेक्ट्रम को विनियमित (Regulate) किया जाता है ताकि तकनीकी साधनों द्वारा इसके उपयोग को कई गुना किया जा सके। रेडियो स्पेक्ट्रम का प्रबंधन, नियामक ढांचे (Regulatory Framework) के चार स्तरों पर किया जाता है:

(i) रेडियो विनियमों (Radio Regulations) में परिभाषित 41 विभिन्न प्रकार की रेडियो सेवाओं (संदर्भ 4) के लिए फ्रीक्वेंसी बैंड का अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर आवंटन;

(ii) आवृत्ति बैंड का क्षेत्रीय स्तर पर आवंटन;

(iii) राष्ट्रीय आवृत्ति आवंटन योजना (National Frequency Allocation Plan); और

(iv) संबंधित देश द्वारा रेडियो स्पेक्ट्रम लाइसेंसिंग।

अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर

अंतर्राष्ट्रीय दूरसंचार संघ (ITU) को इस संबंध में वैश्विक नेतृत्व प्रदान करने के लिए मान्यता दी गयी है। ITU, संचार नेटवर्क में अंतरराष्ट्रीय कनेक्टिविटी को सुविधाजनक बनाने के लिए 1865 में स्थापित किया गया था। ITU वैश्विक स्तर पर रेडियो स्पेक्ट्रम और उपग्रह कक्षाओं का आवंटन करता है। जहां तक अंतरिक्ष सेवाओं का संबंध है, आईटीयू, अंतरिक्ष प्रणालियों और पृथ्वी स्टेशनों के लिए अंतर्राष्ट्रीय समन्वय, अधिसूचना और रिकॉर्डिंग प्रक्रियाएं करता है और फ्रीक्वेंसी असाइनमेंट नोटिस की जांच भी करता है। आईटीयू के Telecom World ने सार्वजनिक और निजी क्षेत्र के विशेषज्ञों को दुनिया भर के विकासशील और विकसित बाजारों से एक साथ लाया, इस विषय पर प्रदर्शनी, बहस और नेटवर्क का प्रदर्शन किया। यह भी ध्यान रखना महत्वपूर्ण है कि रेडियो आवृत्ति स्पेक्ट्रम एक अंतर्राष्ट्रीय संसाधन है जिसे सभी देशों और कई रेडियो–संचार सेवाओं द्वारा साझा किया जाना चाहिए। इस तथ्य को वर्तमान में लागू ITU (संदर्भ1) (www.itu.int) संविधान में मान्यता दी गई है, जो निर्दिष्ट करता है कि रेडियो आवृत्ति स्पेक्ट्रम एक सीमित प्राकृतिक संसाधन है जिसे सभी देशों द्वारा समान रूप से साझा किया जाना चाहिए। उपयुक्त रेडियो फ़्रीक्वेंसी की सीमित उपलब्धता, सभी देशों के सभी रेडियो– संचार सेवाओं के लिए इस संसाधन का प्रबंधन के लिए प्रत्यक्ष और

परोक्ष रूप से अति महत्वपूर्ण है। आईटीयू (ITU), सरकारों और निजी क्षेत्र के लिए वैश्विक केंद्र बिंदु है। आईटीयू, तीन मुख्य क्षेत्रों (मबजवते) के माध्यम से कार्य करता है और दुनिया की मदद करता है:

a) आईटीयू–डी (ITU-D): विकास (Development) सेक्टर (संदर्भ 2)– दूरसंचार विकास क्षेत्र निवेश को आकर्षित करने और सार्वभौमिक पहुंच को बढ़ावा देने के लिए एक स्थिर और पारदर्शी ढांचा बनाने के लिए आईसीटी क्षेत्र में सुधार करने में सरकारों का समर्थन करता है। यह विकासशील देशों की मदद करने के लिए व्यावहारिक कार्यशालाएं, सर्वोत्तम अभ्यास और उपकरण भी प्रदान करता है। ITU-D, प्रौद्योगिकी, नीति और नियामक परिवर्तनों के साथ कदम रखने के लिए दूरसंचार इंजीनियरों, उच्च–स्तरीय प्रबंधकों और नीति–निर्माताओं को प्रशिक्षित करने में भी मदद करता है।

b) आईटीयू–टी (ITU-T): मानकीकरण (Standardization) सेक्टर (संदर्भ 3)– दूरसंचार मानकीकरण क्षेत्र (ITU-T) के कर्तव्यों में तकनीकी और परिचालन संबंधी प्रश्नों का अध्ययन करना और दुनिया के दूरसंचार नेटवर्क और प्रणालियों के निर्बाध संपर्क को बढ़ावा देने के लिए सिफारिशें जारी करना है। यह सेक्टर एक एकीकृत वातावरण में मल्टीमीडिया आधारित संचार की एक नई दुनिया के विकास की सुविधा प्रदान करता है। यह सेक्टर अंतर्राष्ट्रीय दूरसंचार सेवाओं के लिए टैरिफ और लेखा सिद्धांतों पर सिफारिशों को भी अपनाता है और सामग्री (Content) से संबंधित नीतिगत मुद्दों पर विचार करता है।

c) आईटीयू–आर (ITU-R): रेडियोसंचार सेक्टर – अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर, आवृत्ति बैंड का अंतर्राष्ट्रीय आवंटन, आईटीयू (रेडियो–आर) के रेडियोकम्यूनिकेशन सेक्टर की मुख्य गतिविधि है जो रेडियो–फ्रीक्वेंसी स्पेक्ट्रम और उपग्रह कक्षाओं के वैश्विक प्रबंधन में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। ITU-R, बड़ी संख्या में सेवाओं की मांग जैसे कि फिक्स्ड, मोबाइल, ब्रॉडकास्टिंग, अमेचर रेडियो (Amateur Radio), अंतरिक्ष अनुसंधान, आपातकालीन दूरसंचार, मौसम विज्ञान, ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम, पर्यावरण निगरानी और संचार सेवाएं (जो समुद्र और आसमान में जमीन पर जीवन की सुरक्षा सुनिश्चित करती हैं) का अध्ययन कर सिफारिशें देता है। आईटीयू–आर Sector (संदर्भ 4), अध्ययन समूहों (Study Groups) और उनकी वर्किंग पार्टी (Working Parties), विश्व रेडियो संचार सम्मेलन (World Radio communications Conferences- WRC), विश्व सम्मेलन की तैयारी बैठकें (Conference Preparatory Meetings) के माध्यम से काम करता है। विश्व रेडियो संचार सम्मेलन (WRC) दुनिया भर में प्रबंधन और रेडियो आवृत्ति स्पेक्ट्रम के विनियमन (Regulation) के लिए सर्वोच्च संस्था है। ITU के संविधान की शर्तों के तहत WRC निम्नलिखित कार्य कर सकता है:

(i) रेडियो विनियमों (Radio Regulations) और किसी भी संबद्ध रेडियो फ्रिक्वेंसी असाइनमेंट और अलॉटमेंट प्लान का संशोधन;

(ii) विश्व के रेडियोसंचार संबंधित किसी भी विषय को संबोधित करना;

(iii) रेडियो विनियमन बोर्ड (Radio Regulation Board) और रेडियोसंचार ब्यूरो (Radio Communications Bureau) को अपनी गतिविधियों की समीक्षा करने का निर्देश दें; और

(iv) अध्ययन समूहों द्वारा, अध्ययन के लिए प्रश्न निर्धारित करें।

अंतर्राष्ट्रीय दूरसंचार संघ (ITU) ने, रेडियो

फ्रीक्वेंसी स्पेक्ट्रम के आबंटन के लिए दुनिया को तीन क्षेत्रों में विभाजित किया है: –

क्षेत्र 1– में पूरा यूरोप, अफ्रीका, मध्य पूर्व और एशिया का उत्तरी भाग शामिल है;

क्षेत्र 2– में अमेरिका शामिल है; तथा

क्षेत्र 3– में दक्षिण एशिया का भाग, ऑस्ट्रेलिया शामिल है।

यह ध्यान देने योग्य बात है कि हमारा देश, क्षेत्र 3 के अंतर्गत आता है।

राष्ट्रीय स्तर पर रेडियो फ्रीक्वेंसी स्पेक्ट्रम का प्रबंधन

दुनिया के प्रत्येक देश का अपना रेडियो स्पेक्ट्रम प्रबंधन का प्राधिकरण है। जैसे संयुक्त राज्य अमेरिका एक द्विभाजित स्पेक्ट्रम प्रबंधन प्रणाली में कार्य करता है। संघीय संचार आयोग (FCC) (संदर्भ 5), वाणिज्यिक (Commercial) वायरलेस संचार उपयोगकर्ताओं (नेमते), राज्य, और स्थानीय सरकार के स्पेक्ट्रम उपयोगकर्ताओं को नियंत्रित करता है। जबकि राष्ट्रीय दूरसंचार और सूचना प्रशासन (NTIA) (संदर्भ 6), संघीय सरकार के उपयोग में आने वाले स्पेक्ट्रम को नियंत्रित करता है। यूनाइटेड किंगडम (UK) में रेडियो स्पेक्ट्रम प्रबंधन की ज़िम्मेदारी OFCOM (संदर्भ 7) की है। भारत में, वायरलेस प्लानिंग एंड कोऑर्डिनेशन (WPC) विंग (Wing), भारत सरकार का राष्ट्रीय रेडियो नियामक प्राधिकरण (National Radio Spectrum Authority) की है। भारत देश में, WPC Wing (संदर्भ 8), रेडियो फ्रीक्वेंसी स्पेक्ट्रम प्रबंधन के लिए पूर्णतया जिम्मेदार है। रेडियो स्पेक्ट्रम प्रबंधन में, रेडियो स्पेक्ट्रम प्रबंधन प्राधिकरण की निम्नलिखित तीन आवश्यक भूमिकाएँ हैं:

- रेडियो स्पेक्ट्रम आबंटन की नीति और योजना बनाना;
- रेडियो स्पेक्ट्रम उपयोग के लिए तकनीकी स्थितियों की स्थापना; और
- उपयोगकर्ताओं को रेडियो स्पेक्ट्रम का वितरण और स्पेक्ट्रम लाइसेंस जारी करना।

रेडियो स्पेक्ट्रम प्रबंधन संबंधी शोध के आयाम

जैसा कि उपर्युक्त पैरा में दर्शाया गया हैं, आईटीयू–आर सेक्टर, अध्ययन समूहों (Study Groups) और उनकी वर्किंग पार्टी (Working Parties) द्वारा निर्दिष्ट कार्यों को सम्पादित करता है। अध्ययन समूह, विश्व रेडियोसंचार सम्मेलन में लिए गए फैसलों के लिए तकनीकी आधार विकसित करते हैं और वैश्विक मानक (सिफारिशें), रिपोर्ट और हैंडबुक (Handbook) तैयार करते हैं। विभिन्न संगठनों से 5000 से अधिक विशेषज्ञ, अध्ययन समूहों के लिए काम करते हैं। इन अध्ययन समूहों की संरचना 4 वर्षों के लिए होती है। इस समय की स्टडी साइकिल 2023 तक है। इन वर्षों की अवधि के लिए, छह (6) अध्ययन समूहों की पहचान की गई है। अध्ययन समूह 1, 3, 4, 5, 6 और 7 हैं। यहाँ पर हम अध्ययन समूह 1– स्पेक्ट्रम प्रबंधन–के बारे में चर्चा करेंगें। इसकी तीन वर्किंग पार्टी (Working Parties) हैं। 1A– स्पेक्ट्रम इंजीनियरिंग तकनीक, 1B- स्पेक्ट्रम प्रबंधन के तरीके और आर्थिक रणनीति, और 1C- स्पेक्ट्रम मॉनिटरिंग (Monitoring)।

अध्ययन समूहों (Study Groups) और उनकी वर्किंग पार्टी (Working Parties) की, अंतर्राष्ट्रीय (ITU) और राष्ट्रीय स्तरों पर बैठकें सतत चलती रहती हैं जहाँ विशेषज्ञ के शोध कार्यों पर विस्तार से चर्चा की जाती है। वैसे तो उपर्युक्त अध्ययन समूहों के लिए परिभाषित अध्ययन हेतू बहुत सारे प्रश्न (Study Questions) हैं पर नमूने के तौर हम यहां अध्ययन समूह 1– "स्पेक्ट्रम प्रबंधन" संबंधी दो अध्ययन प्रश्नों को जो शोध कार्यों के लिए उचित है, उसका वर्णन करेंगे। इन प्रश्नों को ITU ने परिभाषित किया है और इसे अपने देश के संदर्भ में शोध कर सकते हैं। उपरोक्त अध्ययन 2023 तक पूरा किया जाना है।

(A) प्रश्न संख्या **ITU-R** 238/1

ब्राडबैंड (Broadband) **संचार के लिए दृश्य प्रकाश** (Visible Light) **का उपयोग**

अध्ययन के विषयः

(i) दृश्य प्रकाश भाग में ब्रॉडबैंड संचार के विकास का क्या उद्देश्य हैं?

(ii) ब्रॉडबैंड संचार के लिए उपयोग किए जाने वाले दृश्य प्रकाश से जुड़े नए अनुप्रयोग क्या हैं?

(iii) दृश्य प्रकाश संचार के और अधिक विकास के लिए आवश्यक तकनीकी विशेषताएँ क्या हैं?

(B) प्रश्न संख्या **ITU-R** 205–2/1

स्पेक्ट्रम उपयोग के लिए दीर्घकालिक (Long Term) **रणनीति** (Strategy)

अध्ययन के विषयः

(i) स्पेक्ट्रम उपयोग के लिए दीर्घकालिक रणनीति विकसित करने के लिए उपयुक्त तरीके क्या हैं?

(ii) दीर्घकालिक स्पेक्ट्रम उपयोग के लिए विकासशील रणनीतियों को ध्यान में रखते हुए कौन से महत्वपूर्ण तकनीकी कारक (Factors) हैं?

(iii) वर्तमान स्पेक्ट्रम उपयोग से दीर्घकालिक उद्देश्यों के लिए परिवर्तनकाल (Transition) के लिए क्या उपयुक्त प्रक्रियाएं हैं?

उपरोक्त अध्ययनों के शोध परिणामों को आईटीयू (ITU) की सिफारिशें/रिपोर्ट में शामिल किया जायेगा।

उपसंहार

सूचना और संचार प्रौद्योगिकी (ICT) सिस्टम्स के द्वारा कार्यकलापों को संचालित करने के लिए उच्च क्षमता वाले ब्रॉडबैंड की आवश्यकता पड़ती है। यह वायरलेस तकनीकी से ही सुचारु रूप से संभव है। वायरलेस सिस्टम्स रेडियो स्पेक्ट्रम चालीस से अधिक विभिन्न स्पेक्ट्रम बैंड में रेडियो कम्यूनिकेशन सेवाओं के प्रयुक्त होते हैं। रेडियो स्पेक्ट्रम प्रबंधन यह सुनिश्चित करती है कि सेवाएं निर्बाध रूप से हस्तक्षेप मुक्त तरीके से चलित हों। अंतर्राष्ट्रीय दूरसंचार संघ (ITU), अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर स्पेक्ट्रम का प्रबंधन करता है। अंतर्राष्ट्रीय संधि (International Treaty) के तहत सभी देश स्पेक्ट्रम प्रबंधन में मोटे तौर पर बँधे होते हैं। विश्व रेडियो कम्युनिकेशन सम्मलेन– WRC, जो हर तीन या चार वर्षो में होती है, ITU की सर्वोच्च संस्था है। यह विभिन्न स्पेक्ट्रम बैंड में स्पेक्ट्रम का निर्धारण करती है। WRC में लिए गए निर्णय के आधार पर रेडियो विनियमन (Regulation) निर्मित होता है। WRC, अध्ययन समूहों और उनकी वर्किंग पार्टी, में निर्धारित अध्ययन प्रश्नों के परिणाम के आधार पर भी कार्य करती है। इस लेख में उदहारण के तौर पर दो प्रश्नों का उल्लेख किया गया है, जिस पर इस देश में शोध कार्य हो सकता है। इसके अलावा और भी प्रश्नों पर शोध कार्य हो सकता है। ITU द्वारा निर्धारित अध्ययन समय 2023 तक है।

तालिका–2: लेख में प्रयुक्त होने वाले अंग्रेजी शब्दावली और तदनुरूप उनके हिंदी शब्दावली

Technical Terminology in English	तदनुरूप हिंदी शब्दावली
Aeronautical	वैमानिकी
Amateur Radio	अमेचर रेडियो
Characteristics	विशेषताएँ
Commercial	वाणिज्यिक
Ionosphere	आयनमंडल
Maritime Mobile	समुद्री मोबाइल
Navigation	नेविगेशन
Radio Astronomy	रेडियो खगोलविज्ञान
Regulation	विनियमन

Remote Sensing	सुदूर संबेदन
Standardization	मानकीकरण
Terrestrial	स्थलीय

संदर्भ / References

1. www.itu.int
2. https://www.itu.int/en/ITU-D/Pages/default.aspx
3. https://www.itu.int/en/ITU-T/Pages/default.aspx
4. https://www.itu.int/pub/R-REG,https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/Pages/default.aspx
5. https://www.fcc.gov/
6. https://www.ntia.doc.gov/
7. https://www.ofcom.org.uk/home
8. https://dot.gov.in/spectrum-management/2457

रेडियोसंचार के जनक थे
डॉ. जगदीश चन्द्र बोस

डॉ. जगदीश चन्द्र बोस (30–11–1958 – 23–11–1937) को रेडियो–संचार का जनक माना जाता है। वे ऐसे विज्ञानी थे जिन्होंने पहले भौतिकी में शोधकार्य किया, फिर बाद में शरीरक्रिया विज्ञान में अनुसंधान किया। वे पहले वैज्ञानिक थे जिन्होंने रेडियो तथा सूक्ष्म तरंगों की प्रकाशिकी पर कार्य किया। बेतार के तार के क्षेत्र में जिस आधारभूत शोध कार्य के लिए वे जाने जाते हैं उसे हम वायरलेस टेलीग्राफी कहते हैं। इस पद्धति में बिना तार के संदेश एक जगह से दूसरी जगह विद्युतचुंबकीय तरंगों के जरिये भेजे जाते हैं। हेनरिख हट्र्ज ने 60 सेन्टीमीटर तरंगदैर्ध्य की विद्युतचुंबकीय तरंगें उत्पन्न कीं तथा उनके गुणों का अध्ययन किया। लेकिन मिलीमीटर स्तर की तरंगें पैदा करने का श्रेय डॉ. बोस को जाता है जिन्होंने 5 मिलीमीटर तरंगदैर्ध्य की विद्युतचुंबकीय तरंगें पैदा कीं। संदेश–संप्रेषण में छोटी तरंगों की उपयोगिता को वे पहले ही समझ गये थे। वायरलेस टेलीग्राफी के क्षेत्र में बोस के कार्य मील के पत्थर सदृश हैं। ऐसा माना जाता है कि मार्कोनी ने अटलांटिक पार संदेश भेजने के लिए जिस युक्ति का प्रयोग किया था वह बोस के आविष्कार पर आधारित था। डॉ. बोस को माइक्रोवेव आप्टिक्स का अग्रणी माना जाता है। सर्वप्रथम उन्होंने ही समझाया था कि अर्द्धचालकों के इस्तेमाल से रेडियो तरंगों का पता लगाया जा सकता है। उनका गैलीना रिसीवर, लेड सल्फाइड फोटोसंचालक उपकरण का नमूना था, जिसके लिए उन्हें अमेरिकी पैटेन्ट प्राप्त हुआ था। यह उनका एक मात्र पेटेन्ट था जिसके लिए उन्होंने अपने मित्रों के बहुत आग्रह पर आवेदन किया था। उनका मानना था कि शोधकार्य सर्वसुलभ तथा अधिकारमुक्त होना चाहिए।

– डॉ. कृष्ण कुमार मिश्र