LICENSING FRAMEWORK FOR SATELLITE-BASED CONNECTIVITY FOR LOW BIT RATE APPLICATIONS

With the evolution of Satellite communication technologies, new types of applications based on low-bit-rate applications are emerging.

Satellite communication can provide coverage to the remotest and inaccessible areas of a geographically widespread country like India. The uniqueness and benefit of satellite technology cannot be underestimated. It can play an important role in enhancing crucial nationwide communication infrastructure. With the evolution of Satellite communication technologies, new types of applications based on low-bit-rate applications are emerging. Such applications require low cost, low power and small size terminals that can effectively perform the task of signal transfer with minimum loss.

Many sparsely populated areas, with important economic activities, do not have mobile terrestrial coverage or other forms of connectivity. Satellites can bridge this gap by providing coverage to even the remotest areas for low-bit-rate IoT applications.

Different IoT use-cases and solutions have different connectivity requirements. Currently, terrestrial services (cellular, Wi-Fi, Bluetooth, LoRA, Sigfox) are driving IoT deployments. The wider coverage of satellite-based solutions, however, can be a key enabler for the extension of IoT services in remote areas where cellular connectivity is unavailable or sparsely available.

लो–बिट–दर आवेदन के लिए सैटेलाइट आधारित कनेक्टिविटी के लिए लाइसेंसिंग ढ़ांचा

सैटेलाइट संचार तकनीकीयों के विकास के विकास के साथ कम बिट् दर के आवेदनों के आधार पर एक नये प्रकार के आवेदन उभर रहे हैं।

सैटेलाइट संचार भारत जैसे भौगोलिक रूप से व्यापक देश के दूरस्थ व दुर्गम क्षेत्रों में कवरेज प्रदान कर सकता है। सैटेलाइट तकनीकी की विशिष्टता और लाभ को कम करके नहीं आंका जा सकता है। यह महत्वपूर्ण राष्ट्रव्यापी संचार बुनियादी ढ़ांचे को बढ़ाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है। सैटेलाइट संचार तकनीकीयों के विकास के विकास के साथ कम बिट् दर के आवेदनों के आधार पर एक नये प्रकार के आवेदन उभर रहे हैं। ऐसे आवेदनों के लिए कम लागत, कम शक्ति और छोटे आकार के टर्मिनलों की आवश्यकता होती है जो न्यूनतम हानि के साथ सिगनल ट्रांसफर के कार्यो को प्रभावी ढ़ंग से कर सकता है।

महत्वपूर्ण आर्थिक गतिविधियों वाले बहुत से आबादी वाले क्षेत्रों में मोबाइल टेरस्ट्रियल कवरेज या कनेक्टिविटी का कोई अन्य रूप उपलब्ध नहीं है। सैटेलाइट इस अंतर को लो बिट रेट आईओटी आवेदनों के लिए दूरस्थ क्षेत्रों को भी कवरेज प्रदान करके भरपाई कर सकता है।

विभिन्न आईओटी उपयोग मामलों और समाधानों में विभिन्न कनेक्टिविटी आवश्यकतायें होती हैं। वर्तमान में स्थलिय सेवायें (सेलुलर, वाई–फाई, ब्लूटूथ, लोरा, सिगफॉक्स) आईओटी की तैनाती चल रही है। सैटेलाइट आधारित समाधानों के व्यापक कवरेज हालांकि दूरदराज के क्षेत्र में आईओटी सेवाओं के विस्तार के लिए एक महत्वपूर्ण प्रर्वतक हो सकती है जहां सेलुलर कनेक्टिविटी उपलब्ध नहीं है या कम उपलब्ध है।

The typical applications/use cases utilizing a satellite networking protocol and sensor connectivity solutions are envisaged in numerous sectors such as agriculture, smart farming, deep-water applications, mission-critical services, oil and gas, fisheries, forestry, logistics, mining, industrial logistics, railways, remote utilities, disaster preparedness, etc.

Some applications/use cases, utilizing low-bit-rate satellite-based communication, are briefly discussed as follows:

(i) Supply Chain Management

- Asset tracking: vehicle fleet management, on-time delivery, real-time location, inventory, cold chain management of refrigerated items like medicine/food, etc.

(ii) Smart Grids

- Remote transmission towers monitoring, load distribution, supply/demand management.
- Sensor-based applications for Remote Industries and Connected Healthcare, Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) and many more.

(iii) Railways

- Geo-location of rolling stock assets, monitoring of safety systems in a train, mission critical two-way data, etc.

(iv) Disaster Management

- Delivery of real-time and geo-location alerts in case of floods, landslides, etc., emergency alert broadcasts and SOS messaging for fishing vessels, real-time tsunami alerts from marine buoys, detection of fires in rural forests or strategic buildings, managing logistics of NDRF vehicles, boats, fire engines, ambulances, etc., during natural disasters and accidents.

(v) Internal security

- Tracking of patrol vehicles, monitoring of critical logistics supplies through remote areas;
- Connectivity among coast guard vessels and monitoring of vessels at sea.

(vi) Fisheries

- Sensor-based connectivity is used for location and vessel monitoring, maritime boundary alerts;
- Geo-fenced fishing zones, for monitoring the cold-chain of stored fish, two-way emergency

सैटेलाइट नेटवर्किंग प्रोटोकॉल और सेंसर कनेक्टिविटी समाधानों का उपयोग करने वाले विशिष्ट आवेदनों/उपयोग के मामलों की परिकल्पना कृषि, स्मार्ट खेती, गहरे पानी के आवेदनों, मिशन–महत्वपूर्ण सेवाओं, तेल और गैस, मछली पालन, वानिकी, रसद, खनन, औद्योगिक लॉजिस्टिक, रेलवे, रिमोट यूटिलिटीज, आपदा तैयारी जैसे कई क्षेत्रों में की गयी है।

कुछ आवेदनों/उपयोग के मामले, कम बिट दर सैटेलाइट आधारित संचार के उपयोग की जानकारी संक्षिप्त रूप से निम्न रूप से दी जा सकती हैः

(i) आपूर्ति श्रृंखला प्रबंधन

- ऐसेट ट्रैकिंगः वाहन बेड़े प्रबंधन, समय पर डिलीवरी, वास्तविक समय स्थान, सूची, रेफ्रिजीरेटेड वस्तुओं जैसे दवा / भोजन आदि का कोल्ड चेन प्रबंधन

(ii) रिमोट ग्रिड

- रिमोट ट्रांसमिशनों की निगरानी, भार वितरण, आपूर्ति/मांग प्रबंधन।
- रिमोट उद्योग और कनेक्टेड हेल्थ केयर, पर्यवेक्षी नियंत्रण और डेटा अधिग्रहण (एससीएडीए) और कई और अधिक के लिए सेंसर आधारित आवेदन।

(iii) रेलवे

- रोलिंग स्टॉक परिसंपत्तियों का भू स्थान, ट्रेन में सुरक्षा प्रणालियों की निगरानी, मिशन महत्वपूर्ण दो तरफा डेटा आदि।

(iv) आपदा प्रबंधन

- बाढ़, भूस्खलन आदि के मामले में वास्तविक समय और भू–स्थान अलर्ट की डिलीवरी, मछली पकड़ने के जहाजों के लिए आपातकालीन अलर्ट प्रसारण और एसओएस मैसेजिंग, समुद्री बौर से वास्तविक समय सूनामी अर्लट, प्राकृतिक आपदाओं और दुर्घटनाओं के दौरान ग्रामीण जंगलों या रणनीतिक इमारतों में आग लगने, एनडीआरएफ वाहनों, नावों, अग्निशमन इंजन, एंबुलेस, आदि के रसद का प्रबंधन करना।

(v) आंतरिक सुरक्षा

- गश्ती वाहनों की ट्रैकिंग, दूरस्थ क्षेत्रों के माध्यम से महत्वपूर्ण रसद की आपूर्ति की निगरानी
- तट रक्षक जहाजों के बीच कनेक्टिविटी और समुद्र के जहाजों की निगरानी करना।

(vi) मछली पालन

- सेंसर आधारित कनेक्टिविटी का उपयोग स्थान व पोत की निगरानी, समुद्री सीमा अलर्ट के लिए किया जाता है।
- जियो फेंसिंग फिशींग जोन, संग्रहित मछली की कोल्ड चेन निगरानी

messaging system for distressed vessels, inclement weather.

(vii) Health services response mechanism

- Ambulance and medical logistics tracking especially in rural areas, vehicle telemetry.
- Live monitoring of patients' diagnostics, etc.

(viii)Smart Agriculture:

- Monitoring soil conditions for critical inputs such as water, fertilizers and pesticides, etc.
- Harvest prediction, crop infestation/damage, yield, severe weather prediction, etc.
- Reaching out to remote villages, farmland.

Department of Telecommunications (DoT), in its reference has mentioned that the current licensing framework of DoT, for satellite-based services has limitations with respect to the proposed satellite-based low bit-rate services.

The Department of Telecommunications (DoT), through its reference vide letter dated 23rd November, 2020 (Annexure 1), under section 11(1)(a) of the TRAI Act, has requested TRAI to furnish recommendations on the Licensing framework to enable the provisioning of satellite-based low bit-rate applications for both commercial as well as captive usage.

Pointing out the constraints of the existing provisions in respect of the proposed Satellite-based low bit-rate services, DoT has stated that there is a need for suitable licensing framework for:

(i) Providing such services on a commercial basis.

(ii) Organizations like State transport Authorities, Indian Railways, other fleet owners, disaster management agencies, etc., which may need to setup a Captive network for their own use (and not for selling the service). These Captive networks may be of the following two types:

a) Government owned entities like Police & security Agencies/PSUs/boards

b) Private companies

DoT has requested TRAI to examine all the factors holistically and recommend enabling provisions under the existing licensing framework of DoT, or suggest new licensing framework which must include the entry fee, license fee, bank guarantee, NOCC charges, spectrum usage charges/royalty fee, etc.

In view of the above, this consultation paper has been prepared to discuss the issues involved.

के लिए, व्यथित जहाजों, खराब मौसम के लिए दो तरफा आपातकालीन संदेश प्रणाली।

(vii) स्वस्थ सेवा प्रतिक्रिया तंत्र

- एंबुलेंस और चिकित्सा रसद ट्रैकिंग विशेष रूप से ग्रामीण क्षेत्रों में, वाहन टेलीमेट्री।
- रोगियों के निदान आदि की लाइव निगरानी।

(viii) स्मार्ट कृषि

- पानी, उर्वरकों और कीटनाशकों आदि जैसे महत्वपूर्ण आदानों के लिए मिट्टी की स्थिति की निगरानी करना।
- फसल की भविष्यवाणी, फसल की कटाई/क्षति, उपज, गंभीर मौसम की भविष्यवाणी आदि।
- सुदूर गांवों व खेतों तक पहुंचना।

दूरसंचार विभाग ने अपने संदर्भ में उल्लेख किया है कि सैटेलाइट आधारित सेवाओं के लिए डॉट के वर्तमान लाइसेंसिंग ढ़ांचे में प्रस्तावित सैटेलाइट आधारित कम बिट दर सेवाओं के संबंध में सीमायें हैं।

दूरसंचार विभाग (डॉट) ने अपने संदर्भ पत्र दिनांक **23** नवंबर **2020** (अनुबंध **1**) के माध्यम से ट्राई अधिनियम की धारा **11** (**1**)(ए) के तहत ट्राई से लाइसेंसिंग ढ़ांचे पर सिफारिशें प्रस्तुत करने के लिए दोनों वाणिज्यिक और साथ कैपटिव उपयोग के लिए सैटेलाइट आधारित कम बिट दर आवेदनों के प्रावधान को सक्षम करने का अनुरोध किया है।

प्रस्तावित सैटेलाइट आधारित कम बिट दर सेवाओं के संबंध में मौजूदा प्रावधानों की बाधाओं को इंगित करते हुए डॉट ने कहा कि इसके लिए उपयुक्त लाइसेंसिग ढ़ांचे की आवश्यकता हैः

(**1**) वाणिज्यिक आधार पर ऐसी सेवायें प्रदान करना

(**2**) राज्य परिवहन प्राधिकरण, भारतीय रेलवे, अन्य बेड़े के मालिक, आपदा प्रबंधन एजेंसी आदि जैसे संगठन, जिन्हें अपने स्वयं के उपयोग के लिए कैपटिव नेटवर्क के सेटअप करने की आवश्यकता हो सकती है (और सेवा बेचने के लिए नहीं)। ये कैपटिव नेटवर्क दो प्रकार के हो सकते हैंः

ए) पुलिस और सुरक्षा एजेंसियों/पीएसयू/बोर्डो जैसी सरकारी स्वामित्व वाली इकाइयां।

बी) निजी कंपनियां

डॉट ने ट्राई से सभी कारकों की समग्र रूप से जांच करने और डॉट के माजूदा लाइसेंसिग ढ़ांचे के तहत प्रावधानों को सक्षम करने की सिफारिश करने या नये लाइसेंसिंग ढ़ांचे का सुझाव देने का अनुरोध किया है जिसमें प्रवेश शुल्क, लाइसेंस शुल्क, बैंक गारंटी, एनओसीसी शुल्क, स्पेक्ट्रम उपयोग शुल्क/रॉयल्टी शुल्क आदि शामिल होना चाहिए।

उपरोक्त के मद्देनजर इस परामर्श पत्र में शामिल मुद्दों पर चर्चा करने के लिए तैयार किया गया है।

SATELLITE-BASED CONNECTIVITY FOR LOW-BIT-RATE APPLICATIONS

IoT based applications through satellite connectivity provides enterprises with newer opportunities to increase operational efficiency, reduce costs and simultaneously secure goods, personnel and assets. With the growing ubiquity of IoT, the satellite market is also evolving to enable IoT based applications through satellite connectivity.

The value chain of the entire space industry is going through a change in terms of technologies and services, so as to cater to the increasing demand for IoT services. By providing a vital link to monitor anything to everything - from shipping containers, moving goods from factories, giving disaster related real-time alerts to monitoring numerous aircrafts flying across the globe daily - the satellite-based connectivity plays a very significant role.

To suit the IoT environment, new satellite-based solutions are being developed through collaborations across various sectors to implement innovative ideas and to cater to the increasing global requirements. New business models are emerging due to changes in the technology of satellite manufacturing, emergence of new system integration techniques and the growing range of new technology enablers. Innovations leading to cost-effective satellite services and amalgamation of technologies like AI, cloud and big data are gaining importance for exploring new prospects in the satellite IoT ecosystem.

The transformation has brought about changes in satellite classification in terms of size, cost, function and exploration of new orbits. Smaller satellites, often weighing as little as 10 kg, are replacing the larger conventional models that were in the range of 1,000 kg or more. Such solutions are eliminating the entry barriers for the space industry and driving the New Space era. Investment and funding in space research is shifting from public to private organizations, allowing private companies to enter the space industry in more numbers. This revolutionary phase is expected to result

लो बिट दर आवेदनों के लिए सैटेलाइट आधारित कनेक्टिविटी

सैटेलाइट संपर्क के माध्यम से आईओटी आधारित आवेदनों के परिचालन दक्षता बढ़ाने, लागत कम करने और साथ सुरक्षित सामान, कर्मियों और परिसंपत्तियों को नये अवसर प्रदान करता है। आईओटी की बढ़ती सर्वव्यापकता के साथ सैटेलाइट संपर्क के माध्यम से आई ओटी आधारित आवेदनों को सक्षम करने के लिए सैटेलाइट बाजार भी विकसित हो रहा है। संपूर्ण अंतरिक्ष उद्योग की मूल्य श्रृंखला तकनीकियों और सेवाओं के संदर्भ में परिवर्तन के माध्यम से जा रही है, ताकि आईओटी मांग को पूरा किया जा सके। हर चीज की निगरानी के लिए एक महत्वपूर्ण लिंक प्रदान करके–शिपिंग कंटेनरों से, कारखानों से माल ले जाना, दुनिया भर में उड़ने वाले कई विमानों की निगरानी के लिए आपदा से संबंधित वास्तविक अलर्ट देना–सैटेलाइट आधारित कनेक्टिविटी बहुत महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है।

आईओटी पर्यावरण के अनुरूप, नये विचारों को लागू करने और बढ़ती वैश्विक आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए विभिन्न क्षेत्रों में सहयोग के माध्यम से नये सैटेलाइट आधारित समाधान विकसित किये जा रहे हैं। सैटेलाइट निर्माण की तकनीकी में बदलाव, नयी प्रणाली एकीकरण तकनीकों के उभरने और नयी तकनीकी के समर्थकों की बढ़ती सीमा के कारण नये व्यापार मॉडल उभर रहे हैं। लागत प्रभावी सैटेलाइट सेवाओं और एआई, क्लाउड और बड़े डेटा जैसी तकनीकियों के समामेलन के लिए अविष्कार, सैटेलाइट आईओटी पारिस्थितिकी तंत्र में नयी संभावनाओं की खोज के लिए महत्व प्राप्त कर रहे हैं।

परिवर्तन ने आकार, लागत, कार्य और नयी कक्षाओं के खोज के संदर्भ में सैटेलाइट वर्गीकरण में परिवर्तन लाया है। छोटे सैटेलाइट, जो अक्सर 10 किलो से कम वजन वाले होते हैं, बड़े पारंपरिक मॉडल की जगह लेते जा रहे हैं, जो 1000 किलोग्राम या उससे अधिक की रेंज में थे। ऐसे समाधान अंतरिक्ष उद्योग के लिए प्रवेश बाधाओं को दूर कर रहे हैं और नये अंतरिक्ष युग को चला रहे हैं। अंतरिक्ष अनुसंधान में निवेश और धन सार्वजनिक से निजी संगठनों में स्थानांतरित हो रहा है जिससे निजी कंपनियां अधिक संख्या में अंतरिक्ष उद्योग में प्रवेश कर सकती है। इस क्रांतिकारी चरण के परिणामस्वरूप विघटनकारी तकनीकियों और सैटेलाइट

in incremental development with focus on disruptive technologies and commercial viability of satellite-based communication.

Long established firms such as Iridium, Globalstar and ORBCOMM are now being joined by many new entrants, equipped with a small number of satellites in orbit for under few million dollars. Some of the newcomers include Aistech, Astrocast, Hiber, Swarm, Karten Space, Sky and Space Global. These startup firms are focused on reducing costs of establishing the network solutions by utilizing small-sized satellites and using open standards.

These specialized firms can integrate their own unique space data collected from the constellation of their small satellites with data from other sources and applications and in turn deliver customized data and analysis that drive better decisions. Their unique sector-agnostic geospatial intelligence tries to address the gaps in the market with end-to-end data provisioning and solutions. Open standards and smaller hardware are the key enablers for launching these satellites. CubeSat standards enable startups to quickly build and test their satellites that have an approximate size of a shoebox or even smaller. Smaller size substantially lowers the associated costs of the satellite and their launch. The cube-shaped satellites1 are approximately four inches long, have a volume of about one quart (approx. 1100 cubic cm) and weigh about 3 pounds (approx. 1.3 kg). A typical 3U (30 cm x 10 cm x 10 cm) CubeSat designed to relay data can be built and put into orbit for $1 million or less. A pair of satellites in the proper orbits can provide global coverage with a 12 hour or less service interval to pick up data from a remote location.

A few features of the satellite-based solutions which are ideal for IoT traffic are as follows:

(i) Satellite networks can have global coverage allowing the IoT to be connected to remote locations, where terrestrial connectivity is not reasonably accessible either due to cost or terrain constraints.

(ii) The IoT ecosystem needs ubiquitous, resilient and seamless connectivity for the devices to run efficiently. Satellites, in conjunction with terrestrial services, have a proven track record of resilient services..

(iii) Satellite communications have broadband, narrowband and broadcast capabilities. Accordingly, the global network of satellite operations can support the needs of IoT devices with different bandwidth and capabilities.

आधारित संचार की व्यावसायिक व्यवहार्यता पर ध्यान देने के साथ वृद्धिशील विकास होने की उम्मीद है।

इरिडियम, ग्लोबलस्टार और ओआरबीसीओएम जैसी लंबे समय से स्थापित कंपनियां अब कई प्रवेशकों के साथ शामिल हो रही है, जो कुछ मिलियन डॉलर के लिए कक्षा में कम संख्या में सैटेलाइटों से लैस है। नये सैटेलाइटों में ऐस्टेक, एस्ट्रोकास्ट, हाइबर, स्वार्म, कर्टन स्पेस, स्काई और स्पेस ग्लोबल शामिल है। ये स्टार्टअप कंपनियां छोटे आकार के सैटेलाइटों का उपयोग करके और खुले मानकों का उपयोग करके नेटवर्क समाधान स्थापित करने की लागत को कम करने पर केंद्रित है।

ये विशेष फर्म अपने छोटे सैटेलाइटों के नक्षत्र से एकत्र अपने स्वंय के अनूठे अंतरिक्ष डेटा को अन्य स्रोतों और आवेदनों के डेटा के साथ एकीकृत कर सकते हैं और बदले में अनुकूलित डेटा और विश्लेषण प्रदान करते हैं जो बेहतर निर्णय लेता है। उनके अनोखे क्षेत्र अज्ञेय भू स्थानिक खुफिया एंड टू एंड डेटा प्रावधान और समाधान के साथ बाजार में अंतराल को संबाधित करने की कोशिश करते हैं। इन सैटेलाइटों को प्रक्षेपित करने के लिए खुले मानक और छोटे हार्डवेयर प्रमुख आधार हैं। क्यूबसैट मानक स्टार्टअप को अपने सैटेलाइटों को जल्दी से बनाने और परीक्षण करने में सक्षम बनाते हैं जिनमें एक शोबॉक्स का अनुमानित आकार या उससे भी छोटा होता है। छोटे आकार में सैटेलाइट और उनके प्रक्षेपण की संबंद्ध लागत काफी कम है। क्यूब के आकार के सैटेलाइट लगभग 4 इंच लंबे होते हैं और इनकी मात्रा लगभग एक चौथाई (लगभग 1100 घन सेमी) और वजन लगभग 3 पाउंड (लगभग 1.3 किलोग्राम) होता है। एक विशिष्ट 3यू (30सेमी X 10 सेमी X 10 सेमी) डेटा को रिले करने के लिए डिजाइन किया गया क्यूबसैट बनाया जा सकता है और इसे 1 मिलियन डॉलर या उससे कम कीमत पर कक्षा में स्थापित किया जाता है। उचित कक्षाओं में सैटेलाइटों की एक जोड़ी एक दूरस्थ स्थान से डेटा लेने के लिए 12 घंटे या उससे कम सेवा अंतराल के साथ वैश्विक कवरेज प्रदान कर सकती है।

सैटेलाइट आधारित समाधानों की कुछ विशिष्टतायें जो आईओटी ट्रैफिक के लिए आदर्श है, वे इस प्रकार हैंः

(i) सैटेलाइट नेटवर्क में वैश्विक कवरेज हो सकता है जिससे आईओटी को दूरस्थ स्थान से जोड़ा जा सकता है, जहां स्थालीय कनेक्टिविटी या तो लागत या इलाके की बाधाओं के कारण उचित रूप से सुलभ नहीं है।

(ii) आईओटी पारिस्थितिकी तंत्र को कुशलतापूर्वक चलाने के लिए उपकरणों के लिए सर्वव्यापी, लचीला और निर्बाध कनेक्टिविटी की आवश्यकता होती है। स्थलीय सेवाओं के साथ संयोजन के रूप में सैटेलाइटों, लचीला सेवाओं का एक सिद्ध ट्रैक रिकॉर्ड है।

(iii) सैटेलाइट संचार में ब्रॉडबैंड, नैरोबैंड और प्रसारण क्षमतायें हैं। तदनुसार सैटेलाइट संचालन का वैश्विक नेटवर्क विभिन्न बैंडविड्थ और क्षमताओं के साथ आईओटी उपकरणों की जरूरतों का समर्थन कर सकता है।

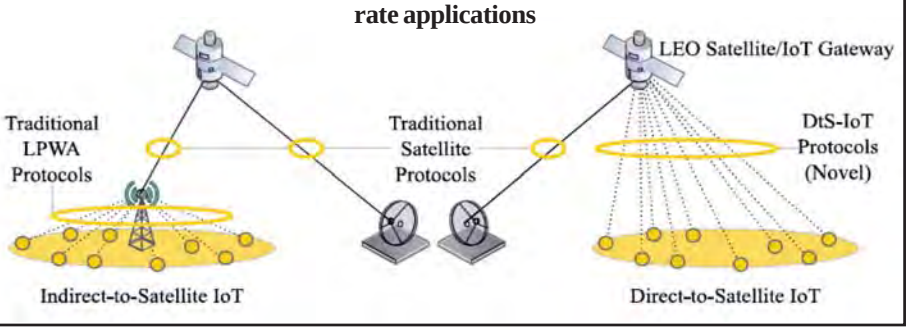
A. SATELLITE CONNECTIVITY MODELS FOR LOW-BIT-RATE APPLICATIONS

There are two models, as shown in the figure 1, for provision of satellite-based connectivity for IoT and low-bit-rate applications:

(i) Hybrid model consisting of LPWAN and Satellite,

(ii) Direct to satellite connectivity.

Figure 1. **Models for provision of Satellite based connectivity for IoT and low bit rate applications**



(i) Hybrid (LPWAN + Satellite) or Indirect Model

In such an architecture, each sensor and actuator in a network may communicate with the satellite through an intermediate sink node, i.e., Low Power Wide-Area Network (LPWAN) or LPWA gateway. In LPWAN, a network server coordinates several gateways through a reliable backhaul and in turn gateways interact through wireless links with potentially billions of low power devices.

In this model, the LPWA gateway is equipped with traditional satellite terminal and a traditional LPWA Radio Interface to communicate with the sensor or actuator nodes in the area. These networks communicate with low-cost localized gateways to concentrate larger numbers of IoT devices in their vicinity, even thousands. But this limits the area of deployment as it is confined to the coverage of the gateway node on ground.

The LPWA technologies have been standardized by 3GPP3. The LPWA technologies possess several characteristics that make them particularly attractive for applications requiring low mobility and low levels of data transfer (100s of bps to several 100s of kbps). Their main characteristics are as below:

- Low power consumption (to the range of nanoamp) that enable devices to last for 10 years on a single charge
- Optimized data transfer (supports small, intermittent blocks of data)
- Low unit device cost
- Simplified network topology and deployment

ए. लो बिट रेट आवेदनों के लिए सैटेलाइट कनेक्टिविटी मॉडल

जैसाकि चित्र–1 में दिखाया गया है कि आईओटी और लो बिट दर आवेदनों के लिए सैटेलाइट आधारित कनेक्टिविटी के प्रावधान के लिए दो मॉडल हैंः

(1) एलपीडब्लूएएन और सैटेलाइट से युक्त हाइब्रिड मॉडल

(2) सैटेलाइट कनेक्टिविटी के लिए प्रत्यक्ष

(1) हाइब्रिड (एलपीडब्लूएएन + सैटेलाइट) या अप्रत्यक्ष मॉडल

ऐसी संरचना में एक नेटवर्क में प्रत्येक सेंसर और एक्ट्यूटर एक मध्यवर्ती सिंक नोड के माध्यम से सैटेलाइट के साथ संचार कर सकता है, अर्थात लो पॉवर वाइड एरिया नेटवर्क (एलपीडब्लूएएन) या एलपीडब्लूए गेटवे। एलपीडब्लूएएन में एक नेटवर्क सर्वर एक विश्वनीय बैकहॉल के माध्यम से कई गेटवे काा सामन्वय करता है और बदले में गेटवे कम बिजली उपकरणों के संभावित अरबों के साथ वायरलेस लिंक के माध्यम से बातचीत करता है।

इस मॉडल में एलपीडब्लूए गेटवे पारंपरिक सैटेलाइट टर्मिनल और पारंपरिक एलपीडब्लूए रेडियो इंटरफेस के साथ सुसज्जित है जो क्षेत्र में सेंसर या एक्टयूएटर नोड्स के साथ संचार करता है। ये नेटवर्क अपने आसपास के क्षेत्र में बड़ी संख्या में आईओटी उपकरणों को केंद्रित करने के लिए कम लागत वाले स्थानीय गेटवे के साथ संवाद करते हैं, यहां तक कि हजारों में। लेकिन यह तैनाती के क्षेत्र को सीमित करता है क्योंकि यह जमीन पर गेटवे नोड के कवरेज तक सीमित है।

एलपीडब्लूए तकनीकी को 3जीपीपी3 द्वारा मानकीकृत किया गया है। एलपीडब्लूए तकनीकी में कई विशेषतायें हैं जो उन्हें कम गतिशीलता और डेटा के कम स्तर (100 एमबीपीएस से लेकर कई केबीपीएस तक) की आवश्यकता वाले आवेदनों के लिए विशेष रूप से आकर्षक बनाती है।

उनकी मुख्य विशेषतायें इस प्रकार हैंः

- कम बिजली खपत (निनो रेंज तक) जो उपकरणों को एक बार चार्ज करने पर 10 साल तक चलने में सक्षम बनाती है।
- अनुकूलित डेटा ट्रांसफर (डेटा के छोटे, आंतरायिक ब्लॉक का समर्थन करता है)
- उपकरण इकाई की कम लागत
- सरलीकृत नेटवर्क टोपोलॉजी और प्रस्तुतिकरण

- ❖ Improved outdoor and indoor penetration coverage compared with existing wide area technologies
- ❖ Secured connectivity and strong authentication
- ❖ Integrated into a unified/horizontal IoT/M2M platform, where operators have this in place.
- ❖ Network scalability for capacity upgrade.

Some LPWA technologies suitable for IoT are LoRa, Sigfox, LTE-M or NB-IoT. These are specifically designed to share the properties of WPAN and cellular networks, i.e., low power and long range (more than 10 km). The NB-IoT technology operates on licensed spectrum, which is a subset of LTE Bands. On the other hand, LoRaWAN uses linear frequency modulation in the unlicensed frequency range in sub-1 GHz band. For example, it operates on unlicensed 900 MHz ISM frequency band in South America and unlicensed 868 MHz ISM frequency band in Europe.

Some of the features of these LPWA technologies are:

- ❖ मौजूदा विस्तृत क्षेत्र तकनीकियों के साथ तुलना में बेहतर आउटडोर और इनडोर प्रवेश कवरेज
- ❖ सुरक्षित कनेक्टिविटी और मजबूत प्रमाणीकरण
- ❖ एकीकृत /क्षैतिज आईओटी/एम2एम प्लेटफार्म में एकीकृत, जहां ऑपरेटरों के पास यह जगह है।
- ❖ क्षमता को बढ़ाने के लिए नेटवर्क स्केलेबिलिटी।

आईओटी के लिए उपयुक्त कुछ एलपीडब्लूए तकनीक लोरा, सिगफॉक्स, एलटीई–एम या एनबी–आईओटी है। ये विशेष रूप से डब्लूपीएएन और सेलुलर नेटवर्क के गुणों को साझा करने के लिए डिजाइन किया गया है, अर्थात कम शक्ति और लंबी दूरी (10 किलोमीटर से अधिक)। एनबी–आईओटी तकनीकी लाइसेंस प्राप्त स्पेक्ट्रम पर संचालित होती है जो एलटीई बैंड का सबसेट है। दूसरी ओर, लोरावन, सब 1 गीगाहर्ट्ज बैंड में बिना लाइसेंस की फ्रीक्वेंसी रेंज में लीनियर फ्रीक्वेंसी मॉडुलेशन का उपयोग करता है। उदाहरण के लिए यह दक्षिण अमेरिका में बिना लाइसेंस वाले 900 मेगाहर्ट्ज आईएसएम फ्रीक्वेंसी बैंड और यूरोप में बिना लाइसेंस वाले 868 मेगाहर्ट्ज आईएसएम फ्रीक्वेंसी बैंड पर चल रहा है।

Table 1: Lower-Power IoT Technologies' Comparison

	NB-IoT	SigFox	LoRaWAN	Wi-Fi 802.11ah
Carrier Frequency	LTE Bands	Sub-1 GHz range	Sub-1 GHz range	2.4 or 5 GHz
Channel Bandwidth	180 KHz	100Hz	>= 125 KHz	1/2/4/8/16 MHz
Modulation Scheme	QPSK	BPSK	CSS	N-QAM/NPSK
Data Rate	DL: ~50kbps UL: ~50 for multi-tone, ~20 kbps for single tone	100 bps (UL) 600 bps (DL)	0.3 kbps–50 kbps	150 kbps - 86.7 Mbps
Power Requirements	Transmit: 23 dBm Receive: -64 dBm	20 dBm	30 dBm	30 dBm
Access Scheme	SR + ALOHA	ALOHA	ALOHA	CSMA/CA

(ii) Direct to Satellite Model

This type of architecture allows devices to directly communicate with the satellite without the need of any intermediate ground gateway. The satellite receives data from IoT devices and transmits the data to the ground station nearest to the device and the data gets stored in the application server for further processing. This model can be used for wide area sensor network with sensors spread over wide geographical territory. Myriota (an Australian-based startup), Hiberband Direct (a Netherlands based startup), Astrocast, etc., are some of the global providers in low-cost, low-power, secure direct-to-orbit satellite connectivity for the Internet of Things.

(ii) सैटेलाइट मॉडल के लिए प्रत्यक्ष

इस तरह की संरचना उपकरणों को किसी भी मध्यवर्ती जमीन के प्रवेश द्वार की आवश्यकता बिना सैटेलाइट के साथ सीधे संवाद करने की अनुमति देता है। सैटेलाइट आईओटी उपकरण से डेटा प्राप्त करता है और डेटा को उपकरण के निकटतम ग्राउंड स्टेशन तक पहुंचाता है और डेटा आगे की प्रक्रिया के लिए एप्लिकेशन सर्वर पर संग्रहीत हो जाता है। इस मॉडल का उपयोग व्यापक भौगोलिक क्षेत्र में फैले सेंसर के साथ व्यापक क्षेत्र सेंसर नेटवर्क के लिए किया जा सकता है। माईराइटा (ऑस्ट्रेलिया स्थित स्टार्ट अप), हाइबरबैंड डॉयरेक्ट (नीदरलैंड स्थित स्टार्टअप), एस्ट्रोकास्ट आदि इंटरनेट ऑफ थिंग्स के लिए कम लागत कम बिजली, सुरक्षित डॉयरेक्ट टू ऑरबिट सैटेलाइट कनेक्टिविटी विश्वस्तर पर प्रदान कर रही है।

Direct-to-satellite is a more preferred solution in challenging scenarios such as:

(i) During disaster or natural calamities in areas where fast deployments are required and not much hardware is available or possible to arrange

(ii) In areas where the devices are on the move, placement of a LPWAN node would not be economically viable and preferred.

(iii) In areas where only a few devices are to be connected and therefore, a LPWAN node is not economically viable.

However, many of the existing satellite networks are not commercially suitable for supporting millions of direct connections, which are required in IoT applications. For commercial applications that require numerous devices, it is desirable that the end device costs should be very low, they should consume very low power and should require very low maintenance. Many of the existing satellites may not be suitable for direct satellite to device connections. At present, only a few companies are looking to explore such direct satellite to device connections.

B. IOT SPECIFIC SATELLITE CONSTELLATIONS:

Low-Bit-Rate Applications or IoT applications require low power, low cost and small size terminals that can effectively perform the task of signal transfer with minimum loss. The selection of satellite orbit depends on the requirements of the IoT application. Satellite orbits can be generally categorized as GEO (Geostationary Earth Orbit), MEO (Medium Earth Obit) and LEO (Low Earth Orbit).

LEO satellites are small satellites located at 500-1500 km from Earth and weigh <10 kg. They orbit the Earth multiple times a day (orbital time period — 10 to 40 minutes). GEO satellites, on the other hand, are traditional heavier satellites (weighing <10,000 kg), positioned at an altitude of more than 35,786 km from the Earth, resulting in a propagation delay of approximately 250ms (500ms for the round trip). They orbit the Earth once in every 24 hours. MEO is the space between GEO and LEO. Comparing to GEO satellites, MEO satellites are much easier to manufacture and to launch. LEO satellites have very low latency and low atmospheric path loss as compared to GEO and MEO satellites. However, the cost of operation for LEO satellites is more as compared to MEO and GEO satellites, due to inherent requirement of a greater number of satellites for LEO constellation. MEO and GEO satellites provide

चुनौतीपूर्ण क्षेत्रों के लिए डॉयरेक्ट टू सैटेलाइट अधिक पसंदीदा समाधान है, जैसे

(i) उन क्षेत्रों में आपदा या प्राकृतिक आपदाओं के दौरान जहां तेजी से तैनाती की आवश्यकता होती है और व्यवस्था करने के लिए बहुत अधिक हार्डवेयर उपलब्ध या संभव नहीं होती है।

(ii) जिन क्षेत्रों में उपकरण चल रहे हैं एलपीडब्लूएएन नोड का प्लेसमेंट आर्थिक रूप से व्यवहार्य और पसंदीदा नहीं होगा।

(iii) उन क्षेत्रों में जहां केवल कुछ उपकरणों को जोड़ा जाना है और इसलिए एक एलपीडब्लूएएन नोड आर्थिक रूप से व्यवहार्य नहीं है।

हालांकि मौजूदा सैटेलाइट नेटवर्क में से कई लाख प्रत्यक्ष कनेक्शन का समर्थन करने के लिए व्यावसायिक रूप से उपयुक्त नहीं है जो आई ओटी आवेदनों में आवश्यक है। वाणिज्यिक आवेदनों के लिए जिन्हें कई उपकरणों की आवश्यकता होती है यह वांछनीय है कि अंतिम उपकरण की लागत बहुत कम होनी चाहिए, उन्हें बहुत कम बिजली का उपभोग करना चाहिए और बहुत कम रखरखाव की आवश्यकता होनी चाहिए। मौजूदा सैटेलाइट में से कई सीधे सैटेलाइट से उपकरण कनेक्शन के लिए उपयुक्त नहीं हो सकते। वर्तमान में, केवल कुछ कंपनियां उपकरण कनेक्शन के लिए इस तरह के प्रत्यक्ष सैटेलाइट का पता लगाने की तलाश कर रही है।

बी. आईओटी विशिष्ट सैटेलाइट नक्षत्र

निम्न बिट दर आवेदनों या आईओटी आवेदनों के लिए कम शक्ति, कम लागत और छोर्ट आकार के टर्मिनलों की आवश्यकता होती है जो न्यूनतम हानि के साथ सिगनल ट्रांसफर के काम को प्रभावी ढ़ंग से कर सकते हैं। सैटेलाइट कक्षा का चयन आईओटी आवेदनों की आवश्यकता पर निर्भर करता है। सैटेलाइट कक्षाओं को आमतौर पर जियो (जियोस्टेशनरी अर्थ ऑर्बिट), एमईओ (मीडियम अर्थ ऑर्बिट) और एलईओ (लो अर्थ ऑर्बिट) के रूप में वगीकृत किया जा सकता है।

एलईओ सैटेलाइट पृथ्वी से **500–1500** किलोमीटर स्थित छोटे सैटेलाइट हैं और इसका वजन **10** किलोग्राम से कम होता है। वे दिन में कई बार पृथ्वी की परिक्रमा करते हैं (कक्षीय समय अवधि **10** से **40** मिनट)। दूसरी ओर जियो सैटेलाइट पारंपरिक रूप से भारी सैटेलाइट हैं (जिनका वजन **10,000** किलोग्राम से कम होता है), जो पृथ्वी से **35,786** किलोमीटर से अधिक ऊंचाई पर स्थित होता है जिसके परिणामस्वरूप प्रसारण में लगभग **250**एमएस (राउंडट्रिप के लिए **250** एमएस) की देरी। वे हर **24** घंटे में पृथ्वी की परिक्रमा करते हैं। एमईओ, जियो व एलईओ के बीच का स्थान है। जियो सैटेलाइट की तुलना में एमईओ सैटेलाइट का निर्माण और प्रक्षेपण करना बहुत आसान है। जियो व एमई ओ सैटेलाइटों की तुलना में एलईओ सैटेलाइट में बहुत कम विलंबता और कम वायुमंडलीय पथ हानि होती है। हालांकि लियो सैटेलाइटों के लिए बड़ी संख्या में सैटेलाइटों की अंतर्निहित आवश्यकताओं के कारण एमईओ

efficient density of coverage in comparison to LEO satellites. The following table 2 shows a brief comparison among the three satellite constellations:

और जीईओ सैटेलाइटों की तुलना में एलईओ सैटेलाइट के संचालन की लागत बहुत अधिक होती है। एमईओ व जीईओ सैटेलाइट एलईओ सैटेलाइटों की तुलना में कवरेज का कुशल घनत्व प्रदान करते हैं।

Table 2. Brief Comparison among the three satellite constellations

Parameters	LEO Satellites	MEO Satellites	GEO Satellites
Distance from Earth	500-1500 km	5000-12000 km	~36,000 km
Orbital Period	10-40 minutes (orbit the earth multiple times a day)	2-8 hours	24 hours
Satellite Life	Short	Long	Long
Number of Satellites required	More	More than GEO but less than LEO	Less
Path Loss (Atmospheric)	Low	Medium	High
Latency	Low	Medium	High
Density of Coverage	Low	Medium	High
Cost of Operation	Very high, with more number of satellites	High	Low, with less number of satellites

CubeSats are also IoT specific satellites. Owing to their limited power, costs and small size, they can be launched into Low Earth Orbit for remote IoT applications making satellite communication more economical and technically feasible. New CubeSats technology can be used in the range of UHF, VHF, S-band and Ku-bands to bring down the recurring service costs. CubeSats often use Binary Phase Shift Keying (BPSK) as a modulation technique because of its simplicity and robust performance compared to other modulation techniques. In spite of the limitation in amount of data that can be communicated using BPSK modulation, it is a suitable modulation technique for remote IoT applications as many of the IoT applications are required to send only small status update messages at periodic intervals.

क्यूबसैट भी आई ओटी विशिष्ट सैटेलाइट है। उनकी सीमित शक्ति, लागत व छोटे आकार के कारण उन्हें दूरस्थ आईओटी आवेदनों के लिए लो बर्थ आर्बिट में लॉन्च किया जा सकता है जो सैटेलाइट संचार को अधिक किफायती और तकनीकी रूप से संभव बनाता है। नयी क्यूबसैट तकनीकी का उपयोग आवर्ती सेवा लागत को नीचे लाने के लिए यूएचएफ, वीएचएफ, एस बैंड और कूबैंड की क्षेणी में किया जा सकता है। क्यूबसैट्स अक्सर बाइनरी फेज शिफ्ट कीइंग (बीपीएसके) को मॉडुलेशन तकनीकी के रूप में उपयोग करते हैं क्योंकि इसकी मॉडुलेशनशीलता और अन्य मॉडुलेशन तकनीकों की तुलना में मजबूत प्रदर्शन होता है। बीपीएसके मॉडुलेशन का उपयोग करके संचार की जाने वाली डेटा की सीमा के बावजूद यह दूरस्थ आईओटी आवेदनों के लिए एक उपयुक्त मॉडुलेशन तकनीकी है क्योंकि आवधिक अंतराल पर केवल छोटे स्टेटस अपडेट संदेश भेजने के लिए कई आईओटी आवेदनों की आवश्यकता होती है।

(i) GEO Satellites Enabling IoT Applications

GEO satellites appear to be stationary when seen from a fixed point on Earth. They are very valuable for the applications that do not require mobility or near real-time connectivity as they provide more coverage in such situations when compared to LEO satellites that are continuously moving. GEO satellites can also be a good choice for the hybrid approach, where terrestrial networks can do data collection and satellites serve as the backhaul.

Due to their large distance from the Earth, the communication through GEO Satellites suffers from a major propagation delay which may limit their use for the IoT applications. To avoid this, large terminal antennas are

(1) जियो सैटेलाइटों को आईओटी आवेदनों में सक्षम करना

पृथ्वी पर एक निश्चित बिंदु पर देखे जाने पर जियो सैटेलाइट स्थिर दिखाई देते हैं। वे उन आवेदनों के लिए बहुत मूल्यवान हैं जिन्हें गतिशीलता या वास्तविक समय की कनेक्टिविटी की आवश्यकता नहीं होती है क्योंकि वे लिओ सैटेलाइट की तुलना में ऐसी स्थितियों में अधिक कवरेज प्रदान करते हैं जो कि लगातार बढ़ रहे हैं। जियो सैटेलाइट हाइब्रिड दृष्टिकोण के लिए भी एक अच्छा विकल्प हो सकता है जहां टेरेस्ट्रियल नेटवर्क डेटा संग्रह कर सकते हैं और सैटेलाइट बैकहॉल के रूप में काम करते हैं।

पृथ्वी से उनकी बड़ी दूरी के कारण जियो सैटेलाइटों के माध्यम से संचार एक प्रमुख प्रसार देरी से ग्रस्त है जो आईओटी आवेदनों के लिए उनके

required for increasing gain, directivity and for mitigating potential interference from the adjacent satellites. Further, a fixed number of satellites can be operated in the GEO orbit due to limited number of orbital slots. There are many organisations which use GEO satellites for IoT/M2M connectivity like Eutelsat (European Organisation of Telecommunications by Satellite S.A.), Intelsat, Inmarsat, etc. Eutelsat offers GEO-based IoT services with transfer speeds up to 1 Mbps in the satellite-to-ground communication (download) and up to 128 kbps in the opposite direction (upload)8. Inmarsat also uses ultra-reliable geostationary L-band network globally to connect mission-critical applications. Eutelsat and Inmarsat provide M2M services for applications with stringent timing requirements normally associated with massive synchronization of sensors and other devices. BGAN M2M, IsatM2M and IsatData Pro (IDP) are different M2M / IoT services being provided by Inmarsat using GEO satellites.

(ii) LEO Satellites Enabling IoT Applications

LEO satellites are deployed closer to the earth's surface and are much smaller than GEO satellites. Communication enabled by LEO satellites reduces path loss, requires less terminal power and needs less antenna directivity and antenna gain. These characteristics are well-suited for designing an IoT application around low cost, low power, low latency and small size terminal solutions.

Unlike GEO, the LEO satellites move speedily in reference to the Earth's ground surface and have small ground coverage in comparison to GEO. The continuous motion of LEO satellites poses a challenge in smooth signal transmissions for IoT applications and in forms of increased number of handoffs from one satellite to another for seamless connectivity. So, they require relatively dense constellation of satellites to ensure that any particular ground terminal is always covered by at least one LEO satellite of the constellation. Therefore, global commercial deployments usually consist of more than a hundred satellites. For example, Kepler, Telesat and Starlink constellations have planned 140, around 300 and between 12000-420009 satellites, respectively. IoT applications leveraging LEO satellite communications require steerable antennas with designs optimized for specific use cases.

Few other complexities with the use of LEOs are as below:

- There is a need for developing techniques to manage complex frequency synchronization with large number of LEO satellites in the orbit.

उपयोग को सीमित कर सकता है। इससे बचने के लिए लाभ बढ़ाने के लिए बड़े टर्मिनल एंटीना और निकटवर्ती सैटेलाइटों से संभावित हस्तक्षेप को कम करने के लिए आवश्यक है। इसके अलावा सीमित संख्या में सैटेलाइटों को सीमित कक्षीय स्लाटों के कारण जियो कक्षा में संचालित किया जा सकता है। कई संगठन हैं जो आईओटी/एम**2**एम कनेक्टिविटी के लिए जियो सैटेलाइटों का इस्तेमाल करते हैं जैसे यूटेलसेट (सैटेलाइट एसए द्वारा यूरोपीय दूरसंचार संगठन), इंटलसेट, इमारसेट, आदि। यूटेलसैट सैटेलाइट से ग्राउंड संचार (डाउनलोड) में **1**एमबीपीएस की स्थानांतरण गति और विपरीत दिशा (अपलोड) में **128** केपीबीएस तक की स्थानांतरण गति होती है। इनमारसैट मिशन महत्वपूर्ण आवेदनों को जोड़ने के लिए विश्वस्तर पर अल्ट्रा विश्वनीय जियोस्टेशनरी एल बैंड नेटवर्क का उपयोग करता है। यूटेलसैट और इनमारसैट कड़े समय की आवश्यकताओं के साथ आवेदनों के लिए एम**2**एम सेवायें प्रदान करता है जो आमतौर पर सेंसर और अन्य उपकरणों के बड़े पैमाने पर सिंक्रनाइजेशन के साथ जुड़े होते हैं। बीजीएम एम**2**एम, आईसैट एम**2**एम और आईसैट डेटा प्रो (आईडीपी) विभिन्न एम**2**एम सेवायें हैं जो इनमारसैट द्वारा जियो सैटेलाइटों का उपयोग करके प्रदान की जा रही हैं।

(2) लियो सैटेलाइटों को आईओटी आवेदनों में सक्षम करना

लियो सैटेलाइट पृथ्वी की सतह के करीब तैनात है और जियो सैटेलाइटों की तुलना में बहुत छोटे हैं। लियो सैटेलाइटों द्वारा सक्षम संचार पथ की हानि को कम करता है और कम एंटीना की प्रत्यक्षता और एंटीना लाभ की आवश्यकता होती है। कम लागत, कम बिजली, कम विलंबता और छोटे आकार के टर्मिनल समाधानों के आसपास आईओटी आवेदनों को डिजाइन करने के लिए ये विशेषतायें अच्छी तरह से अनुकूल है।

जियो के विपरीत, लियो सैटेलाइट पृथ्वी की जमीनी सतह के संदर्भ में तेजी से आगे बढ़ते हैं और जियो की तुलना में छोटे ग्राउंड कवरेज होते हैं। लिओ सैटेलाइटों की निरंतर गति आईओटी आवेदनों के लिए निर्बाध सिगनल प्रसारण में एक चुनौती बनती है और निर्बाध कनेक्टिविटी के लिए एक सैटेलाइट से दूसरे सैटेलाइट की बढ़ती संख्या के रूप में होती है। इसलिए उन्हें यह सुनिश्चित करने के लिए सैटेलाइटों के अपेक्षाकृत घने नक्षत्र की आवश्यकता होती है कि कोई विशेष ग्राउंड टर्मिनल हमेशा नक्षत्र के कम से कम एक लियो सैटेलाइट द्वारा कवर किया जाता है। इसलिए वैश्विक वाणिज्यिक तैनाती में आमतौर पर सौ से अधिक सैटेलाइट शामिल होते हैं। उदाहरण के लिए केपलर, टेलसैट और स्टारलिंक नक्षत्रों ने क्रमशः **140** लगभग **300** और **12000** से **420009** के बीच की योजना बनायी है। आईओटी आवेदनों का उपयोग लियो सैटेलाइट संचार विशिष्ट डिजाइन मामलों के लिए अनुकूलित डिजाइन के साथ चलाने योग्य एंटीना की आवश्यकता होती है।

लियो के उपयोग के साथ कुछ जटिलतायें इस प्रकार हैंः

- कक्षा में बड़ी संख्या में लियो सैटेलाइटों के साथ जटिल फ्रीक्वेंसी सिंक्रोनाइजेशन का प्रबंधन करने के लिए तकनीकों को विकसित करने की आवश्यकता है।

- Antenna technologies and increased number of ground gateways will be required for the LEO ecosystem, which will add to the overall cost.

Some of the organizations currently using LEO satellites for IoT/M2M connectivity include Iridium, ORBCOMM and Globalstar. Other operators having LEO satellite constellations are OneWeb, Telesat and Starlink. Some startups, such as, Myriota, Beijing Commsat Technology Development Co. Ltd. (Commsat), Fleet Space Technologies, Kepler Communications, are also implementing a constellation of LEO satellites with a network of global gateway stations and a range of user terminals to provide IoT connectivity.

(iii) MEO Satellites Enabling IoT Applications

MEO satellites are located at an altitude of 2000 km to 35,786 km. They have wider service coverage area and longer orbital time period as compared to LEO satellites. They have the advantage of lower path loss and are less costly, lighter and have less latency as compared to GEO satellites. However, they also have a drawback that their location keeps on changing with respect to a point on earth. Hence, they give rise to a highly time variant communication channel and therefore need steerable antennas. A suitable antenna design is necessary for maintaining synchronization with the MEO satellites. The SES O3b ('Other 3billion', referring to the world's population which do not have access to broadband internet) network uses MEO constellation for IoT applications.

The MEO satellite constellation orbits at approximately 8,000 km above the Earth's surface which is less than a quarter of the altitude of GEO satellites. The O3b MEO constellation delivers low-latency satellite broadband/ internet and mobile backhaul services to emerging markets in area within 50° north and 50° south of the equator.

Integrated or Hybrid LEO/GEO constellation

For mission-critical applications, some aspects such as low Signal to Noise Ratio (SNR), time variant channel and link budget need to be considered while finalising the communication standards. An integrated or hybrid LEO/ GEO constellation can also be a potential solution for many applications. Hybrid systems may provide benefits of lower latency, flexibility and scalability of LEO satellites. It provides benefits of high-capacity and wide coverage of GEO satellites. However, such system will require an optimized routing system which manages routing to LEO when it requires low latency and routing to GEO when there is a need to transmit a large volume of data at any given

- लिओ पारिस्थितिकी तंत्र के लिए एंटीना तकनीकियों और बढ़ी हुई संख्या में जमीन के प्रवेश द्वार की आवश्यकता होगी, जो कि समग्र लागत में जुड़ जायेगी।

वर्तमान में आईओटी/एम2एम कनेक्टिविटी के लिए लिओ सैटेलाइटों का उपयोग करने वाले कुछ संगठनों में इरिडियम, ऑरबकॉम और ग्लोबलस्टार शामिल हैं। लिओ सैटेलाइट नक्षत्र वाले अन्य ऑपरेटर वनवेब 10, टेलीसेट और स्टारलिंक है। कुछ स्टार्टअप जैसे कि मिरियोटा, बीजिंग कोमसेट टेक्नोलॉजी डेवलपमेंट कंपनी लिमिटेड (कोमसैट), फ्लीट स्पेस टेक्नोलॉजीज, केपलर कम्युनिकेशन्स, वैश्विक गेटवे स्टेशनों के नेटवर्क और आईओटी कनेक्टिविटी प्रदान करने के लिए उपयोगकर्ता टर्मिनलों की एक श्रृंखला के साथ लियो सैटेलाइटों के एक नक्षत्र को भी लागू कर रहे हैं।

(3) मियो सैटेलाइटों को आईओटी आवेदनों के लिए सक्षम करना

मियो सैटेलाइट 2000 किलोमीटर से 35786 किलोमीटर की ऊंचाई पर स्थित है। उनके पास लियो सैटेलाइट की तुलना में व्यापक सेवा कवरेज क्षेत्र और अधिक कक्षीय समय अवधि है। वे कम पथ हानि का लाभ उठाते हैं और जियो सैटेलाइटों की तुलना में कम खर्चीले, हल्के और कम विलंबता वाले होते हैं। हालांकि इस तरह के सैटेलाइट की यह भी खामी है कि उनका स्थान पृथ्वी के एक विंदु के संबंध में बदलता रहता है। इसलिए वे एक अत्यधिक समय के संचार चैनल को जन्म देते हैं और इसलिए स्टीयरेबल एंटीना की आवश्यकता होती है। एमईओ सैटेलाइट के साथ सिंक्रानाइजेशन बनाये रखने के लिए उपयुक्त एंटीना डिजाइन आवश्यक है। एसईएस ओ3बी11 (अन्य 3 बिलियन, दुनिया की आबादी का जिक्र करता है जिनके पास ब्रॉडबैंड इंटरनेट तक पहुंच नहीं है) नेटवर्क आईओटी आवेदनों के लिए एमईओ नक्षत्र का उपयोग करता है।

एमईओ सैटेलाइट नक्षत्र तारामंडल पृथ्वी की सतह से लगभग 8000 किलोमीटर ऊपर परिक्रमा करता है जो जियो सैटेलाइटों की ऊंचाई के एक चौथाई से भी कम है। 03बी नक्षत्र भूमध्य रेखा के 50 डिग्री उत्तर और 50 डिग्री दक्षिण के क्षेत्र में उभरते बाजारों में कम विलंबता सैटेलाइट ब्रॉडबैंड /इंटरनेट और मोबाइल बैकहॉल सेवायें प्रदान करता है।

एकीकृत या हाइब्रिड लियो/जियो नक्षत्र

मिशन क्रिटिकल आवेदनों के लिए संचार मानकों को अंतिम रूप देते समय कुछ तथ्यों जैसे कि कम सिगनल टू नोयाज अनुपात (एसएनआर), टाइम वेरियंट चैनल और लिंक बजट पर विचार किया जाना चाहिए। एक एकीकृत या हाईब्रिड लियो/जियो नक्षत्र भी कई आवेदनों के लिए एक संभावित समाधान हो सकता है। हाईब्रिड सिस्टम लियो सैटेलाइटों की कम विलंबता, लचीलापन और स्केलेबिलिटी का लाभ प्रदान कर सकते हैं। यह जियो सैटेलाइटों की उच्च क्षमता और व्यापक कवरेज का लाभ प्रदान करता है। हालांकि इस तरह के प्रणाली को एक अनुकूलित रूटिंग सिस्टम की आवश्यकता होगी जो लियो को रूटिंग का प्रबंधन करता है जब इसे कम विलंबता की आवश्यकता होती है और जियो को रूट करने की

time. For such system to be successful, dynamic routing must be in place.

Table 3 shows a brief comparison among Communication Satellite Constellations:

आवश्यकता होती है जब किसी भी समय बड़ी मात्रा में डेटा संचारित करने की आवश्यकता होती है। इस तरह की प्रणाली के सफल होने के लिए डायनामिक रूटिंग होना चाहिए।

Table 3. A Brief Comparison Among Communication Satellite Constellations

	Inmarsat	Iridium	O3b	OneWeb	Starlink
Orbit Altitude	35,786 km (GEO)	781 km (LEO)	8,000 km (MEO)	1200 km (LEO)	340 - 1,300 km (LEO)
Number of Satellites	14 (Deployed)	66 (Deployed)	20 (Deployed)	648 (Planned) 110 (Deployed)	11924 (Planned) 1023 (Deployed)
Transmission Frequency	L-band	L-band	Ka-band	Ku-band	Ka/Ku Band
User Data Speed	492 kbps	128–704 Kbps	2.1 Mbps	50 Mbps	50-200 Mbps
Year of Operation (start)	1979	1998	2013	2019	2020

C. POSSIBLE FREQUENCY BANDS FOR SATELLITE-BASED IOT CONNECTIVITY:

There are different frequency bands which are suitable for IoT connectivity such as L-band, S-band, C-band, Ku-band, Ka-band and other higher bands. All these bands are core frequency bands for satellite industry which are already in use today by many satellite systems.

- L-band (1GHz–2GHz) is viewed traditionally as the preferred option for applications involving small amounts of data transfer. Inmarsat uses L-band satellite network as it offers the lowest latency and thus provides resilient and flexible solution for IoT applications. Ligado plans to develop satellite supported 5G services using its L-band spectrum.
- S-band (2GHz–4GHz) can also be used for satellite data transmission owing to its advantage of easy transmission even during rain or adverse weather conditions. This ensures strong service without interruptions. For IoT services, S-band transmission is a cost-effective transmission frequency band compared to other methods. Helios Wire, a Canadian startup, offers bidirectional communication using S-band spectrum (30 MHz). It brings together satellite network, terrestrial network, IoT and blockchain as an efficient value proposition for the growing demand of IoT use-cases. The company's LEO satellite constellation works in combination with the

सी. सैटेलाइट आधारित आईओटी कनेक्टिविटी के लिए संभावित फ्रीक्वेंसी बैंड

विभिन्न फ्रीक्वेंसी बैंड जो एलओ–बैंड, एस बैंड, सी बैंड, केयू बैंड, के बैंड और अन्य उच्च बैंड जैसे आईओटी कनेक्टिविटी के लिए उपयुक्त हैं। ये सभी बैंड सैटेलाइट उद्योग के लिए मुख्य फ्रीक्वेंसी बैंड हैं जो पहले से ही कई सैटेलाइट प्रणालियों द्वारा आज उपयोग में हैं।

- एल बैंड (1GHz–2GHz) को पारंपरिक रूप से डेटा ट्रांसफर की छोटी मात्रा वाले आवेदनों के लिए पसंदीदा विकल्प के रूप में देखा जाता है। इनमारसैट एल बैंड सैटेलाइट नेटवर्क का उपयोग करता है क्योंकि यह सबसे कम विलंबता प्रदान करता है और इस प्रकार आईओटी आवेदनों के लिए लचकदार व लचीला समाधान प्रदान करता है। लिगाडो ने अपने एल बैंड स्पेक्ट्रम का उपयोग करके सैटेलाइट समर्थित 5जी सेवाओं को विकसित करने की योजना बनायी है।
- एस बैंड (2GHz–4GHz) का उपयोग सैटेलाइट डेटा ट्रांसमिशन के लिए भी किया जा सकता है जो बारिश या प्रतिकूल मौसम की स्थिति में भी आसान ट्रांसमिशन के कारण होता है। यह बिना किसी रूकावट के मजबूत सेवा सुनिश्चित करता है। आईओटी सेवाओं के लिए एस बैंड ट्रांसमिशन अन्य तरीकों की तुलना में लागत प्रभावी ट्रांसमिशन फ्रीक्वेंसी बैंड है। हेलियोस वायर एक कनाडाई स्टार्टअप एसबैंड स्पेक्ट्रम (30 मेगाहर्ट्ज) का उपयोग करके अप्रत्यक्ष संचार प्रदान करता है। यह आईओटी उपयोग मामलों की बढ़ती मांग के लिए एक कुशल मूल्य प्रस्ताव के रूप में सैटेलाइट नेटवर्क, टेरस्ट्रियल नेटवर्क, आईओटी और ब्लॉकचेन को एक साथ लाता है। कंपनी का लियो सैटेलाइट नक्षत्र मौजूदा टेरस्ट्रियल नेटवर्क के साथ मिलकर

existing terrestrial networks including LPWAN and LoRa allowing actionable insights as a service.

- The C-band frequency range (4GHz–8GHz) has been considered optimal for satellite broadcast operations as it enables lower cost per megabit compared to other frequencies and also offers less signal susceptibility to the effects of rain and interference from other climate-related factors, including sea spray in rough conditions. This band is also used for weather radars, the 802.11a version of Wi-Fi devices and Radio LAN in the 5 GHz range. Satellite network operators Intelsat and SES are two key providers of C-band space capacity. Other operators authorized to use portions of the C-band include ABS Global, Eutelsat, Globalstar, Leidos (providing RNSS only), New Skies Satellites and Telesat Canada.
- The Ku-band frequency spectrum (12–18GHz) for satellite communication is primarily used for maritime VSAT services. This band is a more economical and flexible means for obtaining a high-throughput on smaller reflector dishes due to its wider capacity and high availability. Eutelsat Communications Paris has launched satellite based IoT connectivity service named as 'Eutelsat IoT FIRST' operating in Ku-band via Eutelsat's geostationary satellites.
- The Ka-band (26.5GHz–40GHz) satellites' architecture is such that it creates overlapping coverage which has opened a possibility of using smaller antennas on board while still maintaining a strong link. However, Ka-band networks are much more susceptible to rain fade – where moisture and humidity can interfere with the signal. Ka-band service for mobility applications requires a tracking antenna. It is used for satellite broadband by Hughes and Viasat.

D. USE OF FOREIGN SATELLITES FOR LOW-BIT-RATE APPLICATIONS

The Department of Space, in partnership with the Department of Telecommunication and the Department of Science and Technology, framed the Satellite Communication Policy in 1997 (SATCOM Policy). Through the SATCOM Policy, the government aimed to develop a strong satellite communication service industry in India.

The following norms, guidelines and procedures were approved by the Department of Space in the year 2000, regarding the use of foreign satellites:

- Limited use of foreign satellites was allowed in special

काम करता है, जिसमें एलपीडब्लूएएन और लोरा शामिल है जो सेवा के रूप में कार्रवाई योग्य अंतदृष्टि की अनुमति देता है।

- सी बैंड फ्रीक्वेंसी रेंज (4GHz–8GHz) को सैटेलाइट प्रसारण संचालन के लिए इष्टतम माना गया है क्योंकि यह अन्य फ्रीक्वेंसियों की तुलना में निम्न लागत वाले मेगाबिट को सक्षम बनाता है और बारिश के प्रभावों के लिए कम संकेत संवेदनशीलता और अन्य जलवायु संबंधित कारकों से हस्तक्षेप की पेशकश करता है। इस बैंड का उपयोग मौसम रडार के लिए, वाई फाई उपकरणों के 802.11a संस्करण और **5** गीगाहर्ट्ज रेंज में रेडियो लैन के लिए भी किया जाता है। सैटेलाइट नेटवर्क ऑपरेटर इंटलसैट और एसईएस सी बैंड अंतरिक्ष क्षमता के दो प्रमुख प्रदाता हैं। सी–बैंड के कुछ हिस्सों का उपयोग करने के लिए अधिकृत अन्य ऑपरेटरों में एबीसी ग्लोबल, यूटेलसैट, ग्लोबलस्टार, लेइदोस (केवल आरएनएनएस प्रदान करना), न्यू स्काईज सैटेलाइट और टेलसैट कनाडा **18** शामिल है।
- सैटेलाइट संचार के लिए केयू बैंड फ्रीक्वेंसी स्पेक्ट्रम (12–18GHz) मुख्य रूप से समुद्री वीसैट सेवाओं के लिए उपयोग किया जाता है। यह बैंड अपनी व्यापक क्षमताओं और उच्च उपलब्धता के कारण छोटे रिफ्लेक्टर डिशों पर उच्च थ्रुपूट प्राप्त करने के लिए अधिक किफायती और लचीला साधन है। यूटेलसेट कम्युनिकेशन्स पेरिस ने यूटेलसैट के भूस्थैतिक सैटेलाइटों के माध्यम से कू–बैंड में यूटेलसेट आईओटी फर्स्ट नाम से सैटेलाइट आधारित आईओटी कनेक्टिविटी सेवा शुरू की है।
- का बैंड (26.5GHz–40GHz) सैटेलाइटों की संरचना ऐसी है कि यह ओवरलैपिंग कवरेज बनाता है जिसने एक मजबूत लिंक को बनाये रखते हुए बोर्ड पर छोटे एंटीना का उपयोग करने की संभावना खोली है। हालांकि का बैंड नेटवर्क बारिश से बहुत अधिक प्रभावित होती है, जहां नमी व आर्द्रता सिगनल के साथ हस्तक्षेप कर सकते हैं। गतिशीलता आवेदनों के लिए का बैंड सेवा को एक ट्रैकिंग एंटीना की आवश्यकता होती है। इसका उपयोग ह्यूजेस और वायसैट द्वारा सैटेलाइट बॉडबैंड के लिए किया जाता है।

डी. लो बिट दर आवेदनों के लिए विदेशी सैटेलाइटों का उपयोग

अंतरिक्ष विभाग ने दूरसंचार विभाग और विज्ञान व तकनीकी विभाग के साथ मिलकर **1997** में सैटेलाइट कम्युनिकेशन्स पॉलिसी (सैटकॉम नीति) तैयार की। सैटकॉम नीति के माध्यम से सरकार ने भारत में एक मजबूत सैटेलाइट संचार सेवा उद्योग को विकसित करने का लक्ष्य रखा है।

विदेशी सैटेलाइटों के उपयोग के संबंध में निम्नलिखित मानदंडों, दिशा निर्देशों और प्रक्रियाओं को वर्ष **2000** में अंतरिक्ष विभाग द्वारा अनुमोदित किया गया थाः

circumstances for satellite communication services in India.

- The service licensing departments may allow the use of foreign satellites only in consultation with the Department of Space.
- If suitable capacity/capability is available in INSAT or Indian Satellite Systems, operations with foreign satellites would not be permitted.
- For the use of foreign satellites for Internet Service Provider (ISP) gateways, the existing procedures established by Telecom Commission would apply.

Furthermore, preferential treatment is given to Indian satellite systems over foreign satellite systems which aligns with the spirit of initiatives like 'Make in India' and 'Startup India'. According to the policy, foreign satellite operators are permitted to provide their satellite capacity in India only in the following cases:

- If International inter-governmental systems are owned and operated by Indian parties but are registered in other countries prior to the Indian state formulating rules for such registration, or
- Where Indian parties have participated in the foreign satellite system through equity or some other contribution.
- Where such permission is necessary to honour reciprocal arrangement with the country/countries of registration or ownership of such foreign satellite systems.

The Indian National Satellite (INSAT) system is one of the largest domestic communication satellite systems in Asia-Pacific with more than 200 transponders in the C, Extended C and Ku-bands providing services to telecommunications, television broadcasting, satellite newsgathering, societal applications, weather forecasting, disaster warning and Search and Rescue operations. In addition to the above, capacity on short-term lease from various international vendors is also provisioned by ISRO through its commercial and marketing arm, so as to cater to the needs of the Indian users. This is essential due to the disparity between the capacity available from ISRO and the growing demand. The growth in demand is driven by DTH TV broadcasting and increasing use of applications involving digitization. Also, the requirement of satellite capacity for low-bit-rate applications will be very large due to IoT use cases and domestic satellite capacity may be insufficient to cater to the likely large-scale communication needs.

- भारत में सैटेलाइट संचार सेवाओं के लिए विशेष परिस्थितियों में विदेशी सैटेलाइटों के सीमित उपयोग की अनुमति थी।
- सेवा लाइसेंसिंग विभाग केवल अंतरिक्ष विभाग के परामर्श से विदेशी सैटेलाइटों के उपयोग की अनुमति दे सकते हैं।
- यदि इनसैट या भारतीय सैटेलाइट सिस्टम में उपयुक्त क्षमता/योग्यता उपलब्ध है तो विदेशी सैटेलाइटों के संचालन की अनुमति नहीं होगी।
- इंटरनेट सेवा प्रदाता (आईएसपी) गेटवे के लिए विदेशी सैटेलाइटों के उपयोग के लिए दूरसंचार आयोग द्वारा स्थापित मौजूदा प्रक्रियायें लागू होंगी।

इसके अलावा विदेशी सैटेलाइट प्रणालियों पर भारतीय सैटेलाइट प्रणालियों को तरजीह दी जाती है जो मेक इन इंडिया और स्टार्टअप इंडिया जैसी पहलों की भावना के साथ संरेखित होती हैं। नीति के अनुसार विदेशी सैटेलाइट ऑपरेटरों को केवल निम्नलिखित मामलों में भारत में अपनी सैटेलाइट क्षमता प्रदान करने की अनुमति हैः

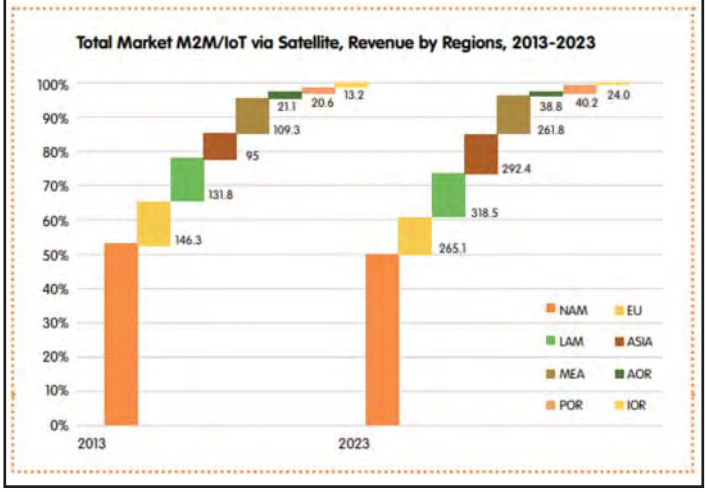
- यदि अंतरराष्ट्रीय इंटर–सरकारी सिस्टम भारतीय दलों के स्वामित्व और संचालित है, लेकिन अन्य देशों में पंजीकृत है, जो भारतीय राज्य द्वारा पंजीकरण से पहले नियम बना रहे हैं या
- जहां भारतीय दलों ने इक्विटी या कुछ अन्य योगदान के माध्यम से विदेशी सैटेलाइट प्रणाली में भाग लिया है।
- ऐसे विदेशी सैटेलाइट प्रणालियों के पंजीकरण या स्वामित्व वाले देश /देशों के साथ पारस्परिक व्यवस्था का सम्मान करने के लिए ऐसी अनुमति आवश्यक है।

भारतीय राष्ट्रीय सैटेलाइट (इनसैट) प्रणाली एशिया प्रशांत के सबसे बड़े घरेलू संचार सैटेलाइट प्रणालियों में से एक है जिसमें सी, एक्स्टेंडेड सी और केयू बैंड में **200** से अधिक ट्रांसपोंडर हैं, जो दूरसंचार, टेलीविजन प्रसारण, सैटेलाइट समाचार प्रसारण, सामाजिक आवेदनों, मौसम की भविष्यवाणी, आपदा चेतावनी और खोज व बचाव अभियान जैसी सेवायें प्रदान करती हैं। इनके अलावा विभिन्न अंतरराष्ट्रीय विक्रेताओं से अल्पकालिन पट्टे पर क्षमता भी इसरो द्वारा अपने वाणिज्यिक और विपणन शाखा के माध्यम से प्रदान की जाती है ताकि भारतीय उपयोगकर्ताओं की आवश्यकताओं को पूरा किया जा सके। इसरो से उपलब्ध क्षमता और बढ़ती मांग के बीच असमानता के कारण यह आवश्यक है। मांग में वृद्धि डीटीएच टीवी प्रसारण और डिजिटलीकरण से जुड़े आवेदनों के बढ़ते उपयोग से प्रेरित है। इसके अलावा आईओटी उपयोग के मामलों के कारण लो बिट दर आवेदनों के लिए सैटेलाइट क्षमता की आवश्यकता बहुत बड़ी होगी और संभावित बड़े पैमाने पर संचार आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए घरेलू सैटेलाइट क्षमता अपर्याप्त हो सकती है।

Many Indian Companies and startups are working in this area to add to the satellite capacities. Bangalore-based startup, Pixxel has announced its collaboration with ISRO to launch its first satellite on a Polar Satellite Launch Vehicle (PSLV) rocket in early 2021. Chennai-based startup, Agnikul Cosmos Private limited has signed a non-disclosure agreement that will allow it to access ISRO's facilities and technical expertise to build its rocket and launch vehicles capable of taking micro and nanosatellites to the low Earth orbit. Several Indian startups, namely Pixxel, Agnikul, Astrome Technologies, Dhruva Space and Skyroot Aerospace have also sought permissions for space-based applications, satellite making and development and launch of rockets. Indian companies like Ananth Technologies Limited20 and Astrome21 are already developing satellite systems to meet the growing demand of satellite capacity in the country.

In August 2020, Department of Space has circulated Draft Spacecom NGP-202022, which proposes draft norms, guidelines and procedures for Implementation of Space-Based Communication Policy of India, 2020. As per the Draft policy, Indian entities, i.e. Indian government bodies, PSUs/CPSEs and Indian registered non-Government Private Entity (NGPE), can avail Indian as well as non-Indian orbital resources to establish their space-based systems for communication services over India and even outside India. It is proposed that Indian or Non-Indian orbital resources can also be used for establishment and utilization of NGSO communication systems.

***Figure 2*: Total Market M2M/IoT via Satellite, Revenue (in million $) by Region, 2013–2023**



E. INTERNATIONAL SCENARIO

The satellite-based IoT market is growing at a very fast pace globally in Europe, North America, Asia-Pacific and the rest of the world. However, Europe is leading in the global market in terms of IoT connectivity as many satellite IoT providers have a strong presence in that region. Satellite-based IoT solutions facilitate multiple public sectors and enterprises in the areas of transportation and logistics, telecommunication, military, aerospace, agriculture,

कई भारतीय कंपनियां और स्टार्टअप इस क्षेत्र में सैटेलाइट क्षमताओं को जोड़ने के लिए काम कर रहे हैं। बंगलौर स्थित स्टार्टअप पिक्सल ने 2021 की शुरूआत में पोलर सैटेलाइट लॉन्च व्हेकिल (पीएसएलवी) रॉकेट पर अपना पहला सैटेलाइट लॉन्च करने के लिए इसरो के साथ अपने सहयोग की घोषणा की है। चेन्नई स्थित स्टार्टअप अग्निकुल कॉस्मोस प्राइवेट लिमिटेड ने एक विना घोषित समझौते पर हस्ताक्षर किये हैं जो इसरो की सुविधाओं और तकनीकी विशेषज्ञता तक पहुंच बनाने के लिए अपने रॉकेट और लॉन्च वाहनों की सहायता से सूक्ष्म व नैनोसैटेलाइटों को पृथ्वी की कक्षा में ले जाने में सक्षम करेगा। कई भारतीय स्टार्टअप जैसे कि पिक्सल, अग्निकुल, एस्ट्रॉम टेक्नोलॉजी, ध्रुव स्पेस और स्काई रूट एरोस्पेस ने भी अंतरिक्ष आधारित आवेदनों, सैटेलाइट बनाने और रॉकेट के विकास और प्रक्षेपण के लिए अनुमति मांगी है। देश में सैटेलाइट क्षमता की बढ़ती मांग को पूरा करने के लिए अनंत टेक्नोलॉजी लिमिटेड और एस्ट्रोम जैसी भारतीय कंपनियां पहले से ही सैटेलाइट सिस्टम विकसित करने में लगी है।

अगस्त 2020 में अंतरिक्ष विभाग ने ड्रॉफ्ट स्पेसकॉम एनजीपी–202022 को सर्कुलेट किया, जो भारत के अंतरिक्ष आधारित संचार नीति 2020 के क्रियान्वयन के लिए मसौदा मानदंडों, दिशा निर्देशों और प्रक्रियाओं का प्रस्ताव करता है। ड्रॉफ्ट नीति के अनुसार भारतीय संस्थायें भारतीय सरकारी निकाय पीएसयू/सीपीएसई और भारतीय पंजीकृत गैर सरकारी निजी संस्थायें (एनजीपीई), भारतीय व गैर भारतीय कक्षीय संसाधनों का लाभ उठा सकती है ताकि संचार सेवाओं के लिए अंतरिक्ष आधारित प्रणाली पूरे भारत या फिर भारत के वाहर भी स्थापित की जा सके। यह प्रस्तावित है कि भारतीय या गैर भारतीय कक्षीय संसाधनों का उपयोग एनजीएसओ संचार प्रणालियों की स्थापना और उपयोग के लिए भी किया जा सकता है।

ई. अंतरराष्ट्रीय परिदृश्य

सैटेलाइट आधारित आईओटी बाजार यूरोप, उत्तरी अमेरिका, एशिया–प्रशांत और दुनिया के बाकी हिस्सों में विश्वस्तर पर बहुत तेजी से आगे बढ़ रहा है। हालांकि यूरोप आईओटी कनेक्टिविटी के मामले में वैश्विक बाजार में अग्रणी है क्योंकि कई सैटेलाइट आईओटी प्रदाताओं की उस क्षेत्र में मजबूत उपस्थिति है। सैटेलाइट आधारित आईओटी समाधान परिवहन और रसद, दूरसंचार, सैन्य, एयरोस्पेस, कृषि, स्वास्थ्य

healthcare and many other sectors leading to new avenues of expansion and growth.

Below is the summarized study of some of the operational international organizations using satellites for low-bit rate applications:

सेवा और कई अन्य क्षेत्रों में कई सार्वजनिक क्षेत्रों और उद्यमों को विस्तार और विकास के नये मार्ग के लिए प्रेरित करते हैं। निम्नलिखित चित्र–2 में ग्राफ, वर्ष **2013–20** के लिए क्षेत्र द्वारा सैटेलाइट, राजस्व के माध्यम से कुल वैश्विक बाजार एम2एम /आईओटी दिखाते हैं।

	Orbit	Frequency Bands	Service	Countries being Served	IoT Subscribers
Inmarsat (UK)	GEO	L/S/Ka	Voice, low bit rate and higher data rates	World-wide	>1.6 Million
Globalstar (US)	LEO	S-Band	Voice and low bit rate data	World-wide	7,77,193 (as of 2020)
Orbcomm (US)	LEO	VHF-Band	Low bit rate data	130 countries	>2.4 million
Iridium (US)	LEO	L/S Band	Voice and low bit rate data	Near World-wide	9,62,000 (as of 2020)
Thuraya (UAE)	GEO	L-Band	Voice and low bit rate data	Europe, North America, Africa, Asia, Australia	

The graph in the following Figure 2 show the total global market M2M/IoT via satellite, Revenue by region for the years 2013–2023.

The graph in the following figure 3 shows the total global market M2M/IoT via satellite by revenue (in million $) by frequency for the years 2013-2023.

As can be seen in Figure 2, the most significant growth is registered by North America (NAM), Middle East or Africa (MEA) and the Ocean Regions (POR, AOR and IOR). High demand for always-on Internet connection and data frequency is likely to make North America dominate the market with most in-service IoT units with a large and expanding installed base. However, Asia is likely to experience the highest growth over the forecast period which may be due to continued growth of populations and economies and Latin America is likely to follow in terms of revenue. Europe may show relatively modest but gradual growth, reaching just below a double digit by 2023, which may be due to the prevalence of competition amongst terrestrial networks that continues to grow. ■

निम्नलिखित चित्र–3 में ग्राफ, वर्ष **2013–23** के लिए फ्रीक्वेंसी द्वारा राजस्व (मिलियन डॉलर में) के माध्यम से कुल वैश्विक बाजार एम2एम/आईओटी दिखाता है।

जैसाकि चित्र–2 में देखा जा सकता है, उत्तरी अमेरिका (एनएएम), मध्य पूर्व या अफ्रीका (एमईए) और महासागर क्षेत्रों (पीओआर, एओआर और आईओआर) द्वारा सबसे महत्वपूर्ण वृद्धि दर्ज की गयी। इंटरनेट कनक्शन और डेटा फ्रीक्वेंसी पर हमेशा उच्च मांग उत्तर अमेरिका को एक बड़े व विस्तारित स्थापित बेस के साथ अधिकांश इन – सर्विस आईओटी इकाइयों के साथ बाजार पर हावी होने की संभावना है। हालांकि एशिया में पूर्वानुमान की अवधि में उच्चतम वृद्धि का अनुभव होने की संभावना है जो आबादी व अर्थव्यवस्थाओं के निरंतर विकास के कारण हो सकता है और लैटिन अमेरिका राजस्व के मामले में पालन करने की संभावना है। यूरोप अपेक्षाकृत मामूली लेकिन धीरे धीरे विकास दिखा सकता है जो **2023** तक दोहरे अंक से नीचे पहुंच जायेगा, जो टेरेस्ट्रियल नेटवर्क के बीच प्रतिस्पर्धा के प्रसार के कारण हो सकता है और लगातार बढ़ रहा है। ■

***Figure 2*: Total Market M2M/IoT via Satellite, Revenue (in million $) by Region, 2013–2023**