รายงานผลการประชุม
AWG Satellite Workshop
วันที่ 8 เมษายน 2569
ณ กรุงบันดาร์เสรีเบกาวัน บรูไนดารุสซาลาม

การประชุม AWG Satellite Workshop เป็นการประชุมภายใต้กลุ่มทำงานย่อย Satellite Systems (SWG-SAT) ของการประชุม The 36th Meeting of the Asia-Pacific Telecommunity Wireless Group (AWG-36) เมื่อวันที่ 8 เมษายน 2569

ผลการประชุม

1. Multiple NTN Operating Systems Convergence with Terrestrial Systems

ผู้แทนจากประเทศญี่ปุ่นนำเสนอเกี่ยวกับ การบูรณาการระบบเครือข่าย Non-Terrestrial Network (NTN) หลายระบบเข้ากับระบบเครือข่าย Terrestrial Network (TN) บทบาทของ Network Orchestrator ตลอดจนโครงการและการวิจัยในประเทศญี่ปุ่น

1.1 บทนำและแนวโน้มทางเทคโนโลยี

ในปัจจุบันวิวัฒนาการของการสื่อสารโทรคมนาคมกำลังมุ่งหน้าสู่การบูรณาการเครือข่ายภาคพื้นดิน (Terrestrial Network: TN) และเครือข่ายที่ไม่ใช่ภาคพื้นดิน (Non-Terrestrial Network: NTN) เข้าด้วยกันอย่างเต็มรูปแบบ โดยระบบ NTN นั้นครอบคลุมตั้งแต่ดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้า (GEO) ดาวเทียมวงโคจรต่ำและวงโคจรระยะกลาง (LEO/MEO) ไปจนถึงสถานีฐานบนชั้นบรรยากาศ (High-altitude Platform Stations: HAPS) โดรน และอากาศยานต่าง ๆ โดยมีหน่วยงานหรือองค์การระหว่างประเทศกำลังเร่งผลักดันประเด็นนี้ ได้แก่ สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU-R) ซึ่งมุ่งเน้นการศึกษาและกำหนดคลื่นความถี่และกฎระเบียบข้อบังคับสำหรับการใช้งานร่วมกันระหว่างระบบ TN และ NTN เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการประชุม WRC-27 และองค์กร 3GPP ซึ่งรับผิดชอบในการกำหนดข้อกำหนดทางเทคนิคและสถาปัตยกรรมการควบคุมเครือข่ายเพื่อบูรณาการเข้ากับระบบ 5G และ 6G

1.2 บทบาทและความสำคัญของระบบ Network Orchestrator

"Network Orchestrator" เป็นเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทสำคัญในฐานะระบบส่วนกลางที่ทำหน้าที่ประสานงานและควบคุมทรัพยากรขององค์ประกอบเครือข่ายต่างๆ เพื่อบริหารจัดการเครือข่าย TN และ NTN ที่มีความซับซ้อนและอาจมาจากผู้ให้บริการหลายราย (Multi-operator) ให้ทำงานร่วมกันเสมือนเป็นเครือข่ายเดียว โดยมีความสำคัญดังนี้

- **ความจำเป็น:** ระบบ Orchestrator มีความจำเป็นสำหรับการสร้างการเชื่อมต่อแบบต้นทางถึงปลายทาง (End-to-End) ข้ามระบบผู้ให้บริการ ช่วยประสานงานการใช้ทรัพยากรแบบหลายชั้น (Multi-layer) เช่น การใช้ดาวเทียม GEO สำหรับการควบคุมร่วมกับดาวเทียม LEO สำหรับการส่งข้อมูลความจุสูงและความหน่วงต่ำ ตลอดจนช่วยให้ผู้ให้บริการ NTN ขนาดเล็กสามารถรวมกลุ่มกันเพื่อให้บริการครอบคลุมทั่วโลกได้
- **หน้าที่หลัก:** บริหารจัดการเส้นทาง (Path Management) เมื่อสภาพของเครือข่ายมีการเคลื่อนที่ ควบคุมคุณภาพการสื่อสารแบบ End-to-End ประสานงานการใช้ทรัพยากรดาวเทียม (กำลังส่ง, ลำแสง, คลื่นความถี่) และบริหารจัดการให้สอดคล้องกับนโยบายและข้อบังคับ
- **ระดับอำนาจการควบคุม (Authority Levels):** สามารถแบ่งได้ 3 ระดับ คือ

1) ระดับให้คำแนะนำ (Advisory): ระบบ Orchestrator ทำหน้าที่ให้คำแนะนำ แต่การตัดสินใจขั้นสุดท้ายอยู่ที่ระบบของผู้ให้บริการแต่ละราย

2) อำนาจระดับสั่งการ (Directive): ระบบ Orchestrator สามารถสั่งการเบ็ดเสร็จภายใต้กรอบการทำงานแบบรวมศูนย์

3) อำนาจระดับฉุกเฉิน (Emergency): ระบบ Orchestrator มีอำนาจขั้นสูงสุดเพื่อตอบสนองต่อสถานการณ์ภัยพิบัติอย่างทันท่วงที

1.3 โครงการนำร่องและการวิจัยในประเทศญี่ปุ่น (Activities in Japan)

ประเทศญี่ปุ่นได้ดำเนินการพัฒนาและทดสอบระบบ Network Orchestrator ผ่าน 2 โครงการสำคัญ ดังนี้

1.3.1 โครงการ LAIDEN (Federation of Operators for Optical Communication Satellite Constellations) เป็นโครงการวิจัยระดับชาติ (ปีงบประมาณ 2023 - 2031) ที่มุ่งเน้นการสร้างโครงสร้างพื้นฐานกลุ่มดาวเทียมที่ใช้เทคโนโลยี "การสื่อสารด้วยแสง (Optical Communications)" ระหว่างผู้ให้บริการหลายราย ในโครงการนี้ สถาบัน NICT ได้พัฒนาระบบ Orchestrator ที่มีระดับอำนาจแบบ "ให้คำแนะนำ (Advisory)" ทำหน้าที่ตัดสินใจช่วงเวลาในการเชื่อมต่อ แลกเปลี่ยนและคำนวณข้อมูลวงโคจรล่วงหน้า เพื่อสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อแบบหลายทอด (Multi-hop optical link) ระหว่างกลุ่มดาวเทียม LEO และดาวเทียมสำรวจโลก (Earth Observation)

1.3.2 โครงการ INCA (TN/NTN Integrated Network Control Architecture) เป็นการพัฒนาสถาปัตยกรรมระบบควบคุมเครือข่ายแบบบูรณาการ โดยทดสอบบนเครือข่ายจำลอง B5G ของ NICT โครงการนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของระบบควบคุมในการตรวจสอบประสิทธิภาพและปรับเปลี่ยนทรัพยากรแบบเรียลไทม์ (Closed-loop) ตัวอย่างเช่น หากระบบตรวจพบความแออัดของแบนด์วิดท์ (Congestion) ในเส้นทางดาวเทียม ระบบจะสามารถสั่งการเพื่อปรับเปลี่ยนเส้นทาง NTN แบบไดนามิก (Dynamic path change) และปรับลดความละเอียดของวิดีโอ (จาก HD เป็น LD) โดยอัตโนมัติ และปรับกลับเป็น HD เมื่อเครือข่ายกลับสู่สภาวะปกติ พร้อมทั้งมีระบบแสดงผล (Dashboard) สำหรับตรวจสอบปริมาณ Throughput ความหน่วง (Latency) และความแปรปรวนของเวลา (Jitter) อีกด้วย

โดยสรุปแล้ววิวัฒนาการของระบบเครือข่าย NTN ทำให้ความร่วมมือระหว่างผู้ให้บริการและการบริหารจัดการข้ามแพลตฟอร์มเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ระบบ Network Orchestrators จะทำหน้าที่เป็นแกนหลักสำคัญที่ทำให้การบูรณาการระหว่างระบบ NTN และ TN ที่มีความหลากหลายเกิดขึ้นได้อย่างยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพ โดยแนวทางจากการวิจัย LAIDEN และ INCA ของประเทศญี่ปุ่น ถือเป็นต้นแบบสำคัญในการพัฒนาและผลักดันเทคโนโลยีการสื่อสารในยุค B5G/6G ต่อไป

2. Satellite Licensing Best Practices

ผู้แทนจาก Global Satellite Operators Association (GSOA) ซึ่งเป็นสมาคมที่ทำหน้าที่เป็นตัวแทนของอุตสาหกรรมดาวเทียมระดับโลก ได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงกฎระเบียบและการกำกับดูแลด้านดาวเทียมให้ทันสมัย ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญในการลดความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล เนื่องจากโครงข่ายภาคพื้นดินในปัจจุบันกำลังเผชิญกับข้อจำกัดทางเศรษฐศาสตร์และภาวะผลตอบแทนลดลง ในการขยายสัญญาณให้ครอบคลุมพื้นที่ห่างไกล โดยมีข้อเสนอแนะเชิงนโยบายที่ครอบคลุมตั้งแต่การเปิดเสรีการเข้าถึงตลาด การลดความซับซ้อนของกระบวนการออกใบอนุญาต การบังคับใช้การอนุญาตแบบเหมารวม ไปจนถึงหลักการจัดการคลื่นความถี่ที่ยั่งยืน เพื่อให้หน่วยงานกำกับดูแลนำไปปรับใช้ ซึ่งจะช่วยลดอุปสรรคในการลงทุน ส่งเสริมนวัตกรรม สร้างความยืดหยุ่นในภาวะวิกฤต และปลดล็อกศักยภาพของเทคโนโลยีดาวเทียมเพื่อเชื่อมต่อประชากรโลกได้อย่างทั่วถึง

2.1 เศรษฐศาสตร์ของความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัลและภาวะผลตอบแทนที่ถดถอยลง (Economics of Digital Divide and Diminishing Returns)

การแก้ปัญหาความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัลด้วยโครงข่ายภาคพื้นดินกำลังเผชิญกับข้อจำกัดทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งปัจจุบันโครงข่ายภาคพื้นดินสามารถครอบคลุมประชากรโลกได้ถึงร้อยละ 96 โดยใช้การติดตั้งโครงสร้างพื้นฐานบนพื้นที่เพียงร้อยละ 20 ของพื้นดินโลก อย่างไรก็ตาม การขยายความครอบคลุมให้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 99 นั้น จำเป็นจะต้องเพิ่มโครงสร้างพื้นฐานภาคพื้นดินอีกเกือบเท่าตัวเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 39 ของพื้นดินโลก และหากต้องการขยายให้ครอบคลุมประชากรถึงร้อยละ 100 จะต้องอาศัยการเพิ่มเงินลงทุนจากปัจจุบันอีกหลายเท่าตัว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงภาวะผลตอบแทนลดน้อยถอยลงอย่างชัดเจน และชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นของเทคโนโลยีดาวเทียม

2.2 วัตถุประสงค์เชิงนโยบายในการปรับปรุงกฎระเบียบด้านดาวเทียม (Policy Objectives)

การปรับปรุงกฎระเบียบและข้อบังคับด้านดาวเทียมให้ทันสมัย มีวัตถุประสงค์เชิงนโยบายที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่

1) การส่งเสริมนวัตกรรมและการแข่งขัน: การสร้างตลาดที่เปิดกว้างจะช่วยขับเคลื่อนให้ราคาค่าบริการลดลงและบริการมีคุณภาพดีขึ้น โดยรัฐควรสร้างความมั่นใจว่ามีสนามแข่งขันที่เท่าเทียมกันระหว่างผู้ให้บริการภายในประเทศและผู้ให้บริการต่างชาติ
2) การลดช่องว่างทางดิจิทัล: เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับพื้นที่ห่างไกลและพื้นที่ที่ไม่ได้รับบริการ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่การขยายเครือข่ายภาคพื้นดินไปถึงนั้นไม่มีความคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจ
3) การสร้างความยืดหยุ่นในภาวะวิกฤต: ระบบดาวเทียมสามารถให้การเชื่อมต่อที่เป็นอิสระและใช้งานได้ในทันที เพื่อสนับสนุนการบรรเทาทุกข์ในกรณีเกิดภัยพิบัติเมื่อโครงข่ายภาคพื้นดินล้มเหลว

2.3 การแบ่งแยกบทบาทในระบบนิเวศ (The Ecosystem: Distinguishing Roles)

เพื่อให้การกำกับดูแลมีประสิทธิภาพ GSOA เห็นว่าแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดคือการแยกแยะบทบาทของผู้เล่นในระบบนิเวศดาวเทียมออกจากกัน โดยผู้ให้บริการดาวเทียม (Satellite Operators) จะทำหน้าที่บริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานในอวกาศ ดูแลวงโคจร จัดการการประสานงานคลื่นความถี่กับ ITU และขายความจุในระดับค้าส่ง ซึ่งในส่วนนี้ไม่ควรมีข้อบังคับให้ต้องจัดตั้งสำนักงานหรือนิติบุคคลในประเทศ ในขณะที่ผู้ให้บริการ (Service Providers) จะทำหน้าที่ดูแลลูกค้า จัดทำระบบเรียกเก็บเงิน ให้บริการลูกค้ารายย่อย และจัดการข้อตกลงระดับการให้บริการ (SLAs) ซึ่งบทบาทนี้ควรเป็นเป้าหมายหลักในการขอใบอนุญาตประกอบกิจการในระดับท้องถิ่น

2.4 การอนุญาตให้เข้าถึงตลาด (Authorization and Market Access)

นโยบายหลักที่ควรนำมาใช้คือ ไม่ควรมีข้อกำหนดให้ผู้ให้บริการดาวเทียมต้องมีใบอนุญาตเฉพาะในการขายความจุ (Capacity) ให้กับบริษัทโทรคมนาคมท้องถิ่นที่ได้รับใบอนุญาตอยู่แล้ว โดยมีกลยุทธ์ในการดำเนินการคือ การยกเลิกข้อกำหนดที่บังคับให้ผู้ให้บริการต่างชาติต้องตั้งสำนักงานหรือนิติบุคคลในท้องถิ่น เนื่องจากเป็นอุปสรรคด้านต้นทุนที่ไม่จำเป็น รวมถึงควรอนุญาตให้ผู้ให้บริการต่างชาติสามารถติดต่อกับหน่วยงานกำกับดูแลได้โดยตรง และควรพิจารณาใช้สิทธิการนำสัญญาณลงสู่พื้นดินแบบผ่อนปรน (Light-touch landing rights) ซึ่งเป็นเพียงการขึ้นทะเบียนข้อมูลทางเทคนิคที่เรียบง่าย

2.5 กระบวนการอนุญาตให้บริการดาวเทียม (Satellite Service Licensing)

อุปสรรคสำคัญในปัจจุบันคือความซับซ้อนของการใช้เอกสารกระดาษ กรอบเวลาที่ไม่ชัดเจน และการเก็บค่าธรรมเนียมเพื่อสร้างรายได้ให้รัฐ ซึ่ง GSOA เห็นว่าแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดเพื่อแก้ปัญหานี้มีดังนี้

1) การใช้ระบบหน้าต่างเดียว (Single Window) เป็น portal รวมสำหรับการขออนุมัติทั้งหมด
2) การมุ่งเน้นระบบดิจิทัลเป็นหลัก โดยให้สามารถยื่นคำร้องและใช้ลายเซ็นอิเล็กทรอนิกส์ผ่านระบบออนไลน์
3) การคิดค่าธรรมเนียมตามต้นทุนจริง (Cost-Based Fees) โดยเรียกเก็บเฉพาะเพื่อชดเชยต้นทุนในการบริหารจัดการของรัฐเท่านั้น
4) การกำหนดอายุใบอนุญาต 15-20 ปี ซึ่งสอดคล้องกับอายุการใช้งานของดาวเทียม และให้มีสิทธิต่ออายุได้ตามหลักการ และควรมีการอนุญาตโดยอัตโนมัติสำหรับระบบที่ปฏิบัติตามข้อบังคับวิทยุของ ITU และได้รับการจดทะเบียนใน Master International Frequency Register (MIFR) เพื่อลดภาระงานของหน่วยงานกำกับดูแล

2.6 การกำกับดูแลบริการประเภทใหม่ (Emerging Service Categories)

1) IoT - ต้องการมาตรฐานที่ชัดเจนและการประหยัดพลังงาน เพื่อนำไปใช้งานในภาคเกษตรกรรมและการประมง
2) Direct-to-Device หรือ D2D - ควรมีการสร้างกรอบการกำกับดูแลที่ชัดเจนและแยกออกจากกันระหว่างคลื่นความถี่ในกิจการเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม (Mobile Satellite Service: MSS) ซึ่งใช้คลื่นความถี่ดาวเทียมเดิมตามมาตรฐาน 3GPP NTN และคลื่นความถี่ในกิจการเคลื่อนที่ (Mobile Service: MS) ซึ่งใช้คลื่นความถี่ภาคพื้นดิน โดยแนวทางนี้จะช่วยให้เกิดการเข้าถึงคลื่นความถี่ที่มีความเป็นกลางทางเทคโนโลยี ควบคู่ไปกับการบริหารจัดการความเสี่ยงด้านสัญญาณรบกวน

2.7 สนามทดสอบสำหรับการกำกับดูแล (Regulatory Sandboxes and Trials)

ความท้าทายในปัจจุบันคือกฎระเบียบที่เข้มงวดมักจะตามไม่ทันเทคโนโลยีโครงข่ายแบบพหุวงโคจรและดาวเทียมที่กำหนดการทำงานด้วยซอฟต์แวร์ (Software-defined satellites) ซึ่งทางออกคือการอนุญาตให้มีการทดสอบระยะสั้น เช่น 1 ปี โดยได้รับการยกเว้นข้อบังคับบางประการ ซึ่งจะช่วยให้นักพัฒนาสามารถทดลองหรือขยายระบบได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องแบกรับต้นทุนการปฏิบัติตามกฎระเบียบที่สูง และยังเปิดโอกาสให้หน่วยงานกำกับดูแลได้เรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ไปพร้อมกับภาคอุตสาหกรรมโดยไม่เสี่ยงต่อการเกิดสัญญาณรบกวนในวงกว้าง

2.8 การออกใบอนุญาตสถานีเกตเวย์ (Gateway Licensing)

Gateway ทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อทางกายภาพระหว่างอวกาศและโครงข่ายอินเทอร์เน็ตหลัก ซึ่ง GSOA เห็นว่าไม่ควรบังคับให้ต้องตั้งเกตเวย์ภายในประเทศ เพื่อให้ผู้ให้บริการสามารถเลือกสถานที่ที่มีความเหมาะสมทางเทคนิคสูงสุดได้ และควรสร้างพื้นที่คุ้มครอง (Protection zones) สำหรับเกตเวย์กำลังส่งสูงเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนสำหรับระบบดาวเทียม NGSO ที่ใช้สายอากาศจำนวนมากชี้ไปยังกลุ่มดาวเทียมเดียวกัน ควรแก้ปัญหากฎระเบียบโดยการอนุญาตให้ใช้ "ใบอนุญาตระบบเดียว (Single System Licence)" ครอบคลุมสายอากาศทั้งหมดในบริเวณนั้น เนื่องจากสายอากาศทำงานในคลื่นความถี่เดียวกันและเชื่อมต่อกับกลุ่มดาวเทียมเดียวกัน

2.9 การออกใบอนุญาตแบบเหมารวม (Blanket Licensing)

สำหรับอุปกรณ์ผู้ใช้งาน และสถานี ESIMs การใช้แนวทางที่ต้องขออนุญาตสำหรับสถานีผู้ใช้แต่ละจุดนั้นเป็นอุปสรรคมากสำหรับการให้บริการมวลชนขนาดใหญ่ โดยเห็นว่า

1) อุปกรณ์สำหรับผู้ใช้งานทั่วไป (User Terminals) ควรใช้ระบบ "การอนุญาตแบบเหมารวม (Blanket Licensing)" ที่อนุญาตเพียงครั้งเดียวครอบคลุมอุปกรณ์ทางเทคนิคที่เหมือนกันจำนวนมาก เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถนำไปเปิดใช้งานเพื่อเชื่อมต่อได้ภายในวันเดียวกันโดยไม่ต้องประเมินพื้นที่รายจุด
2) สถานี ESIMs สำหรับการเชื่อมต่อบนเรือ เครื่องบิน และยานพาหนะทางบก ควรใช้การอนุญาตแบบเหมารวมสำหรับยานพาหนะทั้งกองเรือหรือฝูงบิน และในกรณีที่มีการเดินทางข้ามพรมแดน ควรใช้หลักการ "การยอมรับร่วมกัน (Mutual Recognition)" โดยยอมรับใบอนุญาตจากประเทศต้นทางที่จดทะเบียน เพื่อให้พาหนะสามารถใช้งานในน่านน้ำหรือน่านฟ้าของอีกประเทศได้โดยไม่ต้องขอใบอนุญาตโรมมิ่งใหม่ ตราบใดที่ไม่ก่อให้เกิดการรบกวนที่เป็นอันตรายต่อบริการในท้องถิ่น

2.10 หลักการออกใบอนุญาตคลื่นความถี่ (Spectrum Licensing Principles)

ควรคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญ ดังนี้

1) ความสอดคล้องกัน (Harmonization): ควรปรับตารางคลื่นความถี่แห่งชาติให้สอดคล้องกับข้อบังคับวิทยุของ ITU เพื่อให้เกิดการประหยัดต่อขนาด (Economies of scale) ในการผลิตอุปกรณ์
2) ความมั่นคง (Stability): ควรรับประกันสิทธิการเข้าถึงคลื่นความถี่ในระยะยาว เพื่อสร้างความมั่นใจต่อการลงทุนมหาศาลในการสร้างกลุ่มดาวเทียม
3) ค่าธรรมเนียม (Fees): ควรหลีกเลี่ยงการเก็บค่าธรรมเนียมคลื่นความถี่ที่สูงเกินไป เพื่อไม่ให้กลายเป็นการเก็บภาษีจากการเข้าถึงอินเทอร์เน็ต

โดยสรุปแล้วเพื่อให้กฎระเบียบมีความยืดหยุ่นและสามารถปลดล็อกศักยภาพของระบบนิเวศดาวเทียมระดับโลกเพื่อประโยชน์ในระดับท้องถิ่นได้อย่างเต็มที่ GSOA เห็นว่าหน่วยงานกำกับดูแลควรสำรวจความพร้อมใน 5 ประเด็นสำคัญ ได้แก่

1) นโยบายเปิดน่านฟ้า (Open Skies): ไม่มีการบังคับตั้งนิติบุคคลในท้องถิ่น เพื่อให้เข้าสู่ตลาดได้ง่าย
2) ใบอนุญาตที่มีประสิทธิภาพ: ดำเนินการผ่านระบบออนไลน์ จุดเดียวเบ็ดเสร็จ และเก็บค่าธรรมเนียมตามต้นทุนจริง
3) การอนุญาตแบบเหมารวม (Blanket Licensing): สำหรับอุปกรณ์ผู้ใช้ทั่วไปและกลุ่ม ESIMs
4) ความยืดหยุ่นทางโครงสร้างพื้นฐาน: ไม่บังคับให้ตั้งเกตเวย์ในประเทศ และใช้ใบอนุญาตเดียวสำหรับกลุ่มเสาอากาศ
5) การสอดคล้องกับมาตรฐานโลก (Global Alignment): ปฏิบัติตามการจัดสรรความถี่ของ ITU และยอมรับใบอนุญาตจากต่างประเทศ

3. Satellite Direct-to-Device (D2D) Update

ผู้แทนจาก GSMA ได้นำเสนอภาพรวมสถานะปัจจุบันและทิศทางของเทคโนโลยี Direct-to-Device (D2D) โดยเน้นย้ำว่าดาวเทียมมีบทบาทสำคัญในการเป็นส่วนเสริม (Supplement) ไม่ใช่การเข้ามาแทนที่กิจการ IMT โดยมีสาระสำคัญ ดังนี้

3.1 ประชากรส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ที่มีสัญญาณครอบคลุม แต่ยังมีสถิติเมื่อเดือนมิถุนายน 2568 ระบุว่าในระดับโลก มีประชากรเพียงร้อยละ 58 ที่เข้าถึงอินเทอร์เน็ตมือถือ ในขณะที่ร้อยละ 38 อยู่ในพื้นที่ที่มีสัญญาณครอบคลุมแต่ไม่ได้ใช้งาน (Usage Gap) และอีกร้อยละ 4 อยู่ในพื้นที่ที่ไม่มีสัญญาณครอบคลุม (Coverage Gap) ส่วนในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกนั้น มี Usage Gap ที่ร้อยละ 47 และ Coverage Gap ที่ร้อยละ 3 ซึ่งเทคโนโลยี D2D มีความสามารถในการลด Coverage Gap ในพื้นที่ห่างไกลที่เสาสัญญาณภาคพื้นดินเข้าไม่ถึง แต่ไม่สามารถช่วยลด Usage Gap ได้

3.2 ปัจจุบันอุตสาหกรรม D2D อยู่ระหว่างการเปลี่ยนผ่านให้เป็นบริการเชิงพาณิชย์ โดยมีข้อมูลที่สำคัญ ดังนี้

1) ผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MNO) จำนวน 118 ราย ซึ่งมีส่วนแบ่งการตลาดรวมกันประมาณร้อยละ 70 ทั่วโลก ได้จัดทำข้อตกลงความร่วมมือกับผู้ให้บริการดาวเทียม (SNO) อย่างน้อยหนึ่งราย โดยเมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2568 มี MNO ที่เปิดให้บริการร่วมกับ SNO แล้ว 33 ราย และอยู่ระหว่างการทดสอบหรือวางแผนอีก 85 ราย

2) ประมาณการว่าเทคโนโลยี D2D จะสร้างรายได้ให้แก่อุตสาหกรรมสื่อสารไร้สายระหว่าง 30000 – 35000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ภายในปี พ.ศ. 2578

3.3 การใช้คลื่นความถี่สำหรับการสื่อสาร D2D แบ่งออกเป็น 2 แนวทางหลัก ได้แก่

3.3.1 คลื่นความถี่ในกิจการเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม (MSS) ซึ่งสามารถใช้สำหรับบริการข้อความ (SOS/SMS) แต่ยังมีข้อจำกัดด้าน Ecosystem และจำเป็นต้องมีการปรับปรุงกฎระเบียบเพื่อรองรับดาวเทียมวงโคจรต่ำ (LEO) รวมถึงยังมีความต้องการคลื่นความถี่เพิ่มเติมและอยู่ระหว่างการศึกษาภายใต้ระเบียบวาระที่ 1.12 และ 1.17 ของการประชุม WRC-27

3.3.2 คลื่นความถี่ในกิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล (IMT) ซึ่งสามารถใช้สำหรับบริการข้อความ (SOS/SMS) และข้อมูล (Data) ปัจจุบัน โดยอุปกรณ์ในกิจการ IMT รองรับการใช้งานได้ทันที อย่างไรก็ตาม ยังมีความท้าทายด้านการกำกับดูแล ซึ่งจะมีการพิจารณาในระเบียบวาระ 1.13 ของการประชุม WRC-27 ต่อไป

3.4 GSMA มีท่าทีเกี่ยวกับคลื่นความถี่ของเทคโนโลยี D2D ดังนี้

1) การให้บริการ D2D โดยใช้คลื่นความถี่สำหรับกิจการ IMT ควรดำเนินการโดยผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MNO)

2) ในกรณีที่มีการใช้คลื่นความถี่ IMT ระบบ D2D จะต้องมีมาตรการคุ้มครองและป้องกันการรบกวนต่อโครงข่าย IMT อย่างเคร่งครัด ตามข้อบังคับวิทยุ

3) สนับสนุนการใช้งานอุปกรณ์ลูกข่ายทั่วไปของกิจการ IMT สำหรับเทคโนโลยี D2D ในคลื่นความถี่ IMT

4) ผู้ให้บริการ D2D จะต้องจัดทำข้อตกลงร่วมกับ MNO ในพื้นที่ ก่อนการเข้าใช้คลื่นความถี่ที่ได้รับอนุญาตในพื้นที่นั้น ๆ

5) ก่อนการประชุม WRC-27 นั้น การรบกวนคลื่นความถี่ควรได้รับการบริหารจัดการและแก้ไขผ่านการกำกับดูแลภายในของแต่ละประเทศ (Domestic regulations)

6) การกำหนดคลื่นความถี่ใหม่สำหรับกิจการเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมในการประชุม WRC-27 ต้องคุ้มครองกิจการ IMT

7) กฎระเบียบที่บังคับใช้สำหรับกิจการเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม (MSS) ในปัจจุบัน อาจรองรับการให้บริการ D2D ในคลื่นความถี่ MSS

8) ปัจจุบันมีการจัดทำมาตรฐาน 3GPP แล้ว แต่ปริมาณอุปกรณ์มือถือในตลาดที่สามารถรองรับการใช้งานดังกล่าวยังคงมีจำนวนน้อย

4. Conducive Licensing for the New Space Economy

ผู้แทนจากบริษัท Viasat ได้นำเสนอแนวทางการกำกับดูแลและการออกใบอนุญาตที่ส่งเสริมเศรษฐกิจอวกาศยุคใหม่ (New Space Economy) โดยเน้นย้ำถึงความสำคัญของบทบาทสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU) ในการสร้างความแน่นอนด้านกฎระเบียบและการเข้าถึงทรัพยากรธรรมชาติอย่างเท่าเทียม โดยมีสาระสำคัญ ดังนี้

4.1 องค์ประกอบของการเติบโตในกิจการดาวเทียมประกอบไปด้วย

1) ความแน่นอนด้านกฎระเบียบ

2) การเข้าถึงคลื่นความถี่และวงโคจร

3) การดำเนินการโดยไม่มีการรบกวนคลื่นความถี่

ซึ่ง ITU มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการแข่งขันในกิจการดาวเทียม ดังนี้

4.1.1 การกำหนดคลื่นความถี่ของ ITU เป็นกลไกให้การใช้คลื่นความถี่ของระบบดาวเทียมสามารถทำงานร่วมกันได้ในระดับสากลและไม่มีการรบกวนคลื่นความถี่

4.1.2 ความแน่นอนของหลักเกณฑ์และกฎระเบียบเป็นส่วนสำคัญในการประสานงานระหว่างระบบดาวเทียมและกิจการภาคพื้นดินซึ่งส่งเสริมการลงทุนในกิจการเหล่านี้ รวมถึงทำให้เทคโนโลยีใหม่สามารถใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีที่ใช้งานอยู่เดิมได้

4.1.3 Article 44 ของ ITU Constitution สนับสนุนการเข้าถึงวงโคจรและทรัพยากรคลื่นความถี่ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีอยู่จำกัด อย่างเท่าเทียมระหว่างประเทศ โดยการ เข้าถึงวงโคจรและทรัพยากรคลื่นความถี่อย่าง ทั่วถึง ช่วยลดโอกาสในการผูกขาดทรัพยากรหรือการใช้งานทรัพยากรที่ไม่มีการประสานงาน

4.2 เทคโนโลยีดาวเทียมใหม่ช่วยให้ประเทศต่าง ๆ สามารถเข้าถึงผ่านระบบวงโคจรประจำที่ (GSO) วงโคจรไม่ประจำที่ (LEO) และ multi-orbit system เพื่อให้บริการที่หลากหลาย อาทิ อินเทอร์เน็ตบรอดแบนด์ การเชื่อมต่อภาคพื้นดิน (Backhaul) การบิน การเดินเรือ และความมั่นคง โดยแต่ละประเทศสามารถพัฒนาขีดความสามารถด้านดาวเทียมเพื่อพัฒนาความมั่นคงด้านไซเบอร์ และส่งเสริมโอกาสทางเศรษฐกิจ เช่น การผลิตดาวเทียม ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ อย่างไรก็ตาม การขยายตัวของกลุ่มดาวเทียมขนาดใหญ่ (Mega-constellations) ในวงโคจรต่ำที่ขาดการตรวจสอบอย่างเป็นระบบ อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการละเมิดขีดจำกัดการรบกวนสัญญาณตามข้อบังคับ Article 22 EPFD ของ ITU และนำไปสู่การผูกขาดทรัพยากรวงโคจรและคลื่นความถี่ (Exclusionary orbit-spectrum overconsumption) ซึ่งจะจำกัดการเข้าถึงของผู้ให้บริการรายอื่นและกระทบต่อการแข่งขันทางดิจิทัลของประเทศต่าง ๆ

4.3 ปัจจุบันมีการดำเนินการที่ก่อให้เกิดความไม่แน่นอนในกรอบการทำงานของ ITU ดังนี้

1) การแยกยื่นคำขอรับ Filing สำหรับระบบดาวเทียมเดียวกันผ่านหลายประเทศ ทำให้ยากต่อการระบุผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน

2) ความแตกต่างระหว่างคุณลักษณะการใช้งานจริงกับพารามิเตอร์ทางเทคนิคที่แจ้งต่อ ITU ในการขอรับ Filing ทำให้ ไม่สามารถรับรองว่าจะสามารถใช้งานร่วมกับระบบอื่น หรือประสานงานกับระบบอื่นได้

3) การปรับปรุงเครื่องมือในการประเมิน EPFD ที่ล่าช้า ส่งผลให้ ITU ไม่สามารถประเมินค่า EPFD ของดาวเทียม NGSO ได้อย่างแม่นยำเท่าที่ควร รวมถึงไม่สามารถประเมินค่า EPFD ของดาวเทียมดวงเดียว และค่า Aggregated EPFD ร่วมกันของระบบดาวเทียมได้

4) ในกรณีที่ ITU ไม่สามารถประเมินค่า EPFD ของระบบดาวเทียม NGSO ได้อย่างชัดเจน ITU มักจะต้องกำหนดให้ประเทศเจ้าของดาวเทียมยื่น Commitment of Compliance เท่านั้น ซึ่งส่งผลให้มาตรฐานการบริหารคลื่นความถี่ลดลง

ปัญหาเกี่ยวกับ NGSO mega-constellations เหล่านี้ยังไม่ได้รับการแก้ไข ดังนั้นจึงจำเป็นต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วนใน 2 ประเด็น ได้แก่ 1) การรักษาความหนักแน่นในการดำเนินการตามมาตรการจัดการการรบกวนคลื่นความถี่ในข้อบังคับวิทยุ (EPFD Limit) และ 2) การกำหนดมาตรการการออกใบอนุญาต ซึ่งปัญหาที่สะสมเหล่านี้จะลดความมั่นคงของระบบการบริหารจัดการคลื่นความถี่ของ ITU และจะเป็นการจำกัดโอกาสในการเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันทางดิจิทัล

4.4 เพื่อให้การออกใบอนุญาตเป็นกลไกที่ช่วยส่งเสริมการเติบโตของกิจการดาวเทียม ผู้แทนบริษัท Viasat ได้เสนอแนวทางในการเสริมสร้างกรอบการทำงานและการกำกับดูแล NGSO mega-constellations ดังนี้

1) กำหนดกฎระเบียบสำหรับ NGSO mega-constellations ให้สอดคล้องกับนโยบายระดับชาติ ทั้งในด้านการแข่งขันและความมั่นคง โดยต้องปฏิบัติตามข้อบังคับวิทยุ (Article 22) อย่างเคร่งครัดและไม่รบกวนกิจการดาวเทียมเดิม

2) กำหนดให้มีการแสดงผลการพิสูจน์เชิงประจักษ์ว่ามีการปฏิบัติตาม EPFD Limit และประเมินผลกระทบรวมของกลุ่มดาวเทียมทั้งหมด (Aggregated) และควรตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างลักษณะการดำเนินงานจริงกับข้อมูลที่แจ้งไว้ต่อ ITU ในช่วงการเริ่มให้บริการ

3) กำหนดให้ NGSO mega-constellations ต้องมีความสามารถในการหยุดส่งสัญญาณได้ทันที (Rapid shutdown) เพื่อจัดการในกรณีที่เกิดการรบกวน รวมถึงกำหนดว่าก่อนการปรับปรุงแก้ไขโครงสร้างกลุ่มดาวเทียมทุกครั้งจะต้องได้รับอนุมัติจากหน่วยงานกำกับดูแล เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขด้านความมั่นคงไซเบอร์และกฎระเบียบด้านโทรคมนาคมอย่างครบถ้วน

5. Inconsistencies in the ITU-R relevant to Article 22

ผู้แทนจากบริษัท Amazon ได้นำเสนอประเด็นความไม่สอดคล้องกันทางเทคนิคในข้อบังคับวิทยุของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU-R) ที่เกี่ยวข้องกับข้อบังคับ Article 22 ของข้อบังคับวิทยุซึ่งระบุขีดจำกัดความหนาแน่นของฟลักซ์กำลังส่งสมมูล (EPFD) ที่ล้าสมัยและไม่สอดคล้องกับบริบทของเทคโนโลยีและตลาดในปัจจุบัน โดยมีสาระสำคัญ ดังนี้

5.1 EPFD Limit ใน Article 22 ของข้อบังคับวิทยุกำหนดขึ้นในระยะเริ่มแรกเป็น Provisional limits ในการประชุม WRC-97 และมีการปรับปรุงแก้ไขพร้อมกำหนดแนวคิดการคำนวณ EPFD แบบ Aggregate มาใช้ในการประชุม WRC-2000 อย่างไรก็ตาม ระหว่างปี 2543 ถึง 2560 ยังไม่มีผู้ให้บริการดาวเทียมวงโคจรไม่ประจำที่ (NGSO) และเทคโนโลยีดาวเทียม NGSO มีการพัฒนาอย่างมากตั้งแต่ปี 2560 เป็นต้นมา

ดังนั้น ข้อกำหนดใน Article 22 ไม่เท่าทันต่อเทคโนโลยีดาวเทียมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และ ITU-R อยู่ระหว่างการศึกษาข้อกำหนดดังกล่าว

5.2 รายงานทางเทคนิคที่อยู่ระหว่างการศึกษาในกลุ่มทำงานที่ 4A ได้ระบุปัญหาสำคัญในการคำนวณ EPFD Limit ดังนี้

1) Multiplicity of technically viable solutions for epfd limits

การศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีแนวทางในการกำหนด EPFD Limit จำนวนมากที่สามารถคุ้มครองดาวเทียม GSO ได้ แต่ EPFD Limit ที่บังคับใช้อยู่ในปัจจุบันไม่สามารถดำเนินการได้จริง

3) Disproportionate interference protection thresholds in parts of Ka-band

การกำหนด Long-term limits ในคลื่นความถี่ Ka-band ช่วงบนมีความเข้มงวดมากกว่าช่วงล่างโดยไม่มีเหตุผลทางเทคนิครองรับ

4) Faulty GSO reference links

ความบกพร่องของโครงข่ายอ้างอิง GSO (GSO reference links) ที่ใช้ในการคำนวณ EPFD Limit เดิม ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบความถูกต้องของ ITU-R ในปัจจุบัน จึงมีความจำเป็นต้องปรับปรุงข้อมูลเพื่อให้การประเมินการคุ้มครองมีความแม่นยำ

5) Overly conservative margins and no room for acceptable interference

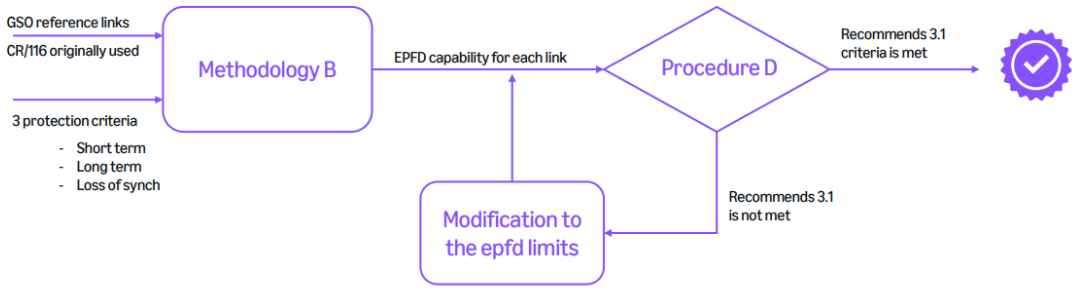
การกำหนด Safety Margins ที่มีความเข้มงวดเกินไป ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อรองรับความไม่แน่นอนทางเทคนิคในยุคทศวรรษ 1990 ส่งผลให้เกิดข้อจำกัดต่อการออกแบบและประสิทธิภาพของระบบ NGSO โดยเกินความจำเป็น

5.3 ข้อเสนอแนะ ITU-R S.1323 เป็นหลักเกณฑ์หลักในการจัดทำ EPFD Limit ใน Article 22 โดย Recommend 3.1 ของข้อเสนอแนะดังกล่าวกำหนดเกณฑ์การคุ้มครองระยะสั้นของดาวเทียม GSO ว่าการรบกวนจากโครงข่ายดาวเทียมอื่น จะต้องไม่เกินร้อยละ 10 ของเวลา เพื่อให้โครงข่ายดังกล่าวยังคงรักษาคุณภาพการให้บริการได้ตามเป้าหมาย ซึ่งกระบวนการในการคำนวณ EPFD Limit ตามข้อเสนอแนะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

5.3.1 Methodology B: คำนวณค่า EPFD masks โดยใช้วิธีการเชิงกำหนด (Deterministic method) อ้างอิงจาก GSO reference links และพิจารณาจุดคุ้มครอง 3 ประเด็น ได้แก่ ระยะยาว (Long term) ระยะสั้น (short term) และ Loss of synchronization

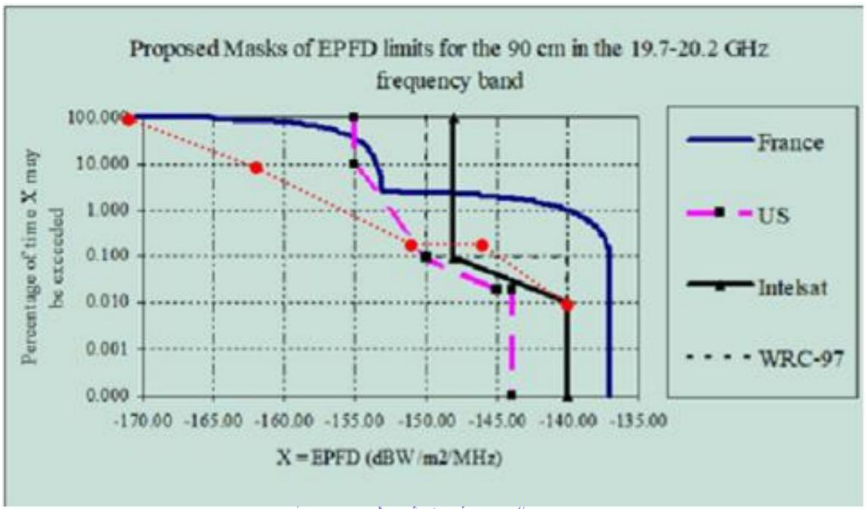
5.3.2 Procedure D: ตรวจสอบ (Validation) เพื่อยืนยันว่า EPFD masks เป็นไปตามเกณฑ์การคุ้มครองของ Recommend 3.1 (Short Term) โดยไม่ได้ตรวจสอบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขระยะยาวและ Loss of synchronization หรือไม่

โดยกระบวนการคำนวณ (Methodology B) และตรวจสอบ (Procedure D) เป็นไปตามแผนภาพ ดังนี้



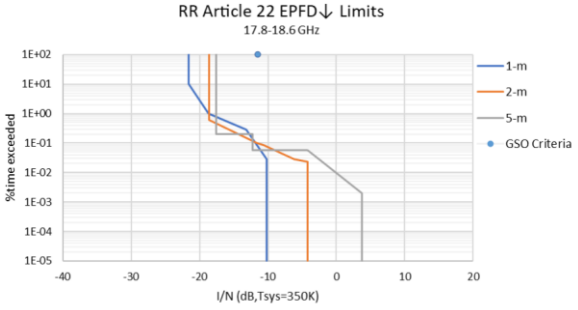
5.4 Multiplicity of technically viable solutions for epfd limits

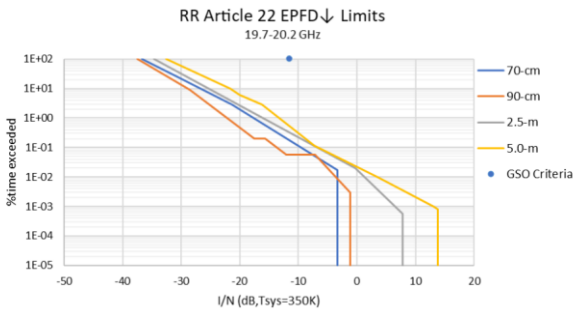
EPFD mask เป็นประเด็นที่มีการโต้เถียงอย่างมากในช่วงปี พ.ศ. 2540 - 2543 โดยข้อมูลในภาพด้านล่างเป็นค่า EPFD Limit ที่เสนอโดยประเทศต่าง ๆ ในการประชุม WRC-2000 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามี EPFD mask หลายค่าที่สามารถคุ้มครองระบบดาวเทียม GSO ได้ แต่ค่าที่ถูกเลือกนำมาบังคับใช้จริง (เส้นประสีแดง) เป็นค่าที่ตกลงกันในช่วงท้ายของการประชุม ซึ่งเป็นเพียงหนึ่งในทางเลือกจำนวนมากที่มีอยู่



5.5 Disproportionate interference protection thresholds in parts of Ka-band

เมื่อแปลค่า EPFD Limit สำหรับย่าน Ka-Band ตาม Article 22 ของข้อบังคับวิทยุเป็นเกณฑ์การคุ้มครองในรูปแบบ I/N ตามภาพ พบว่ามีความแตกต่างที่ไม่สามารถอธิบายได้ระหว่างเกณฑ์ทั้งสองชุด

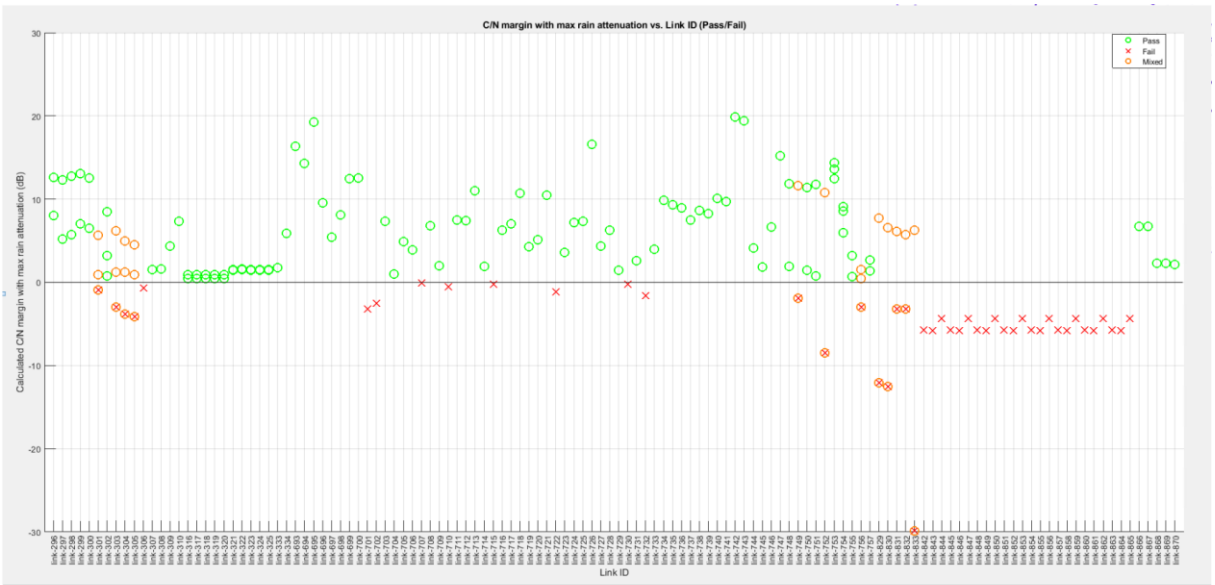




นอกจากนี้ ผู้ให้บริการดาวเทียม GSO รายใหญ่ อาทิ Hughes Telesat Intelsat และ SES ต่างยืนยันว่าเกณฑ์การคุ้มครองระยะยาวในตาราง 22-1C มีความเข้มงวดเกินความจำเป็น โดย ITU RRB ระบุว่าค่า I/N ที่ต่ำกว่า -30 dB ถือเป็นการรบกวนที่ไม่มีนัยสำคัญ

5.6 Faulty GSO reference links

ประมาณร้อยละ 50 ของ GSO reference links ตามฐานข้อมูล CR/116 ไม่มี Margin สำหรับการลดทอนจากฝน (Rain fade) เพียงอย่างเดียว โดยภาพด้านล่างแสดง GSO reference links ที่ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายประสิทธิภาพของตนเองได้ ซึ่งมีโครงข่ายผ่านเกณฑ์ 46 Link และไม่ผ่านเกณฑ์ 45 Link



Link C/N margin with maximum rain attenuation applied (46 passed and 45 failed) (taken from doc R23-WP4A-C-0472)

5.7 Overly conservative margins and no room for acceptable interference

ผลการวิเคราะห์ Link Budget สำหรับสายอากาศขนาด 5 เมตร แสดงให้เห็นว่าค่าการลดทอน (Degradation) ของสัญญาณ GSO จาก EPFD Limit ในคลื่นความถี่ Ka-band ช่วงล่างมีค่า 0.12 dB และช่วงบนมีค่า 0.0039 dB จึงแทบไม่มีโอกาสให้เกิดการรบกวนเลยในการจัดทำ Long term EPFD Limit ซึ่งไม่สอดคล้องกับหลักการของ Article 22

5.8 บริษัท Amazon เห็นว่า EPFD Limit ในปัจจุบันไม่เท่าทันต่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและเทคนิคการบริหารจัดการคลื่นความถี่สมัยใหม่ จึงมีข้อเสนอต่อประเทศสมาชิก APT ดังนี้

1) ผลักดันการศึกษาในกลุ่มทำงาน 4A (WP 4A) ต่อไปเพื่อให้ได้ข้อเท็จจริงและหลักฐานเชิงประจักษ์

2) กำหนดให้ GSO reference links ที่นำมาคำนวณเกณฑ์ต้องเป็นโครงข่ายที่สามารถบรรลุเป้าหมายประสิทธิภาพของตนเองได้จริง

3) ปรับปรุงค่า EPFD Limit ในคลื่นความถี่ Ka-band ที่มีความไม่สอดคล้องกันให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

4) พิจารณาประเมินกรอบการทำงานในภาพรวมเพิ่มเติมเพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพของระบบ NGSO โดยยังคงให้ความคุ้มครองโครงข่าย GSO อย่างเหมาะสม
