

โครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำ: สถานการณ์ โอกาส และผลกระทบ ในอนาคต

MEGA-CONSTELLATION: STATE OF
AFFAIRS, OPPORTUNITIES, AND IMPACTS

กศทช. ผศ. ดร.ธวัชชัย จิตรภานันท์¹

อาบนนท์ แสงอรุณวงศ์²

Asst. Prof. Thawatchai Jittrapanun, Ph.D.¹

Arnon Saengarunwong²

สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

กรุงเทพฯ 10400^{1 and 2}

Office of the National Broadcasting and Telecommunications Commission,

Bangkok 10400 Thailand^{1 and 2}

Corresponding E-mail : nbtjournal@nbt.go.th

บทคัดย่อ

การเติบโตอย่างก้าวกระโดดของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องจนอุตสาหกรรมโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำสามารถก้าวข้ามอุปสรรคทางด้านต้นทุนและเวลาจนมีความเป็นไปได้ในทางธุรกิจส่งผลให้ในช่วงทศวรรษ 2020 จะมีดาวเทียมจำนวนมากถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรต่ำ การเติบโตดังกล่าวสร้างโอกาสในการยกระดับโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคมในพื้นที่ห่างไกลและยากต่อการเข้าถึงของประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม การแข่งขันของบริษัทจากประเทศมหาอำนาจในการสร้างโครงข่ายดังกล่าวอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงและความท้าทายจากโครงสร้างตลาดที่มีผู้เล่นน้อยรายเช่นกัน บทความนี้จะนำเสนอภาพรวมอุตสาหกรรมดาวเทียมวงโคจรต่ำในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต ประกอบกับวิเคราะห์สถานการณ์การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคมของประเทศไทย โอกาสในการใช้ประโยชน์จากดาวเทียมวงโคจรต่ำ รวมถึงการวิเคราะห์สภาพอุตสาหกรรม สภาพแวดล้อม ผลกระทบจากการพัฒนาโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำต่อโลกในอนาคต และข้อเสนอแนะในประเด็นสำคัญต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมการพัฒนาประเทศและรักษาความมั่นคงของชาติ

คำสำคัญ: ดาวเทียมวงโคจรต่ำ โครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคม

Abstract

With the rapid development of related technologies and the explosion in global demand for connection, Low-Earth-Orbit (LEO) mega-constellation industry is on the verge to overcome the cost and time consumption which was its Achilles' heels in the past, the business is feasible now. Twenty to thirty thousand of LEO satellites are scheduled to be launched within this decade alone. Those mega-constellation plans give Thailand an opportunity to improve our digital infrastructure, especially efficiently and greatly in remote and previously inaccessible areas. However, the race of mega-constellation deployment of a few globally dominant firms from a couple of large economies could pose great economic and political risks as well as challenges to local oligopoly market characteristics. This article aims to provide an overview of the past, present, and future of the mega-constellation industry. The article also seeks to sketch how its progress could benefit Thailand's digital infrastructure development and the risks that might lurk in the near future. In addition, an analysis of mega-constellations LEO's progress trajectory addresses key issues for promoting a competitive LEO market and national security concerns.

Keywords: Low-Earth-Orbit Satellite, Mega-Constellation, Digital Infrastructure Development

1. บทนำ

ความพยายามในการวางระบบโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำที่เริ่มต้นมาในช่วงปลายศตวรรษที่ 20 ได้มีโครงการศึกษา ออกแบบ และพัฒนาโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำ (Mega-constellation) เป็นจำนวนมาก จนสามารถเปิดให้บริการเชิงพาณิชย์ได้สำเร็จผ่านการกู้ยืมเงินและการสนับสนุนของกลุ่มทุนในอุตสาหกรรมโทรคมนาคมภาคพื้นดินเป็นหลัก แม้ว่าการพัฒนาเทคโนโลยีและโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำจะประสบความสำเร็จและรวดเร็วอย่างมากแต่ต้นทุนทางด้านเวลาและค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบโครงข่ายโทรคมนาคมผ่านดาวเทียม ขณะนั้นมีสูงเกินความต้องการของตลาด เมื่อเทียบกับเทคโนโลยีโครงข่ายโทรคมนาคมภาคพื้นดิน เช่น อินเทอร์เน็ตบรอดแบนด์และระบบโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ไร้สาย ซึ่งมีต้นทุนทั้งด้านเวลาและค่าใช้จ่ายต่ำกว่า มีความเหมาะสมต่อแผนการปูพรมระบบโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคมให้แก่ประเทศ แม้ว่าจะไม่สามารถสร้างระบบที่ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ได้ก็ตาม แต่ในภาพรวมเทคโนโลยีภาคพื้นดินสามารถตอบสนองความต้องการทางธุรกิจได้มากกว่า ส่งผลให้ในช่วงปี ค.ศ. 2000-2010 อุตสาหกรรมดาวเทียมวงโคจรต่ำประสบภาวะล้มเหลวทางการเงินและโครงการพัฒนาระบบต่าง ๆ ถูกชะลอหรือล้มเลิกไป ภาครัฐจึงเข้ามามีส่วนอย่างมากในการพัฒนาระบบเทคโนโลยีดาวเทียมเพื่อใช้ในกิจการทางทหารหรือกิจการของรัฐเป็นหลัก

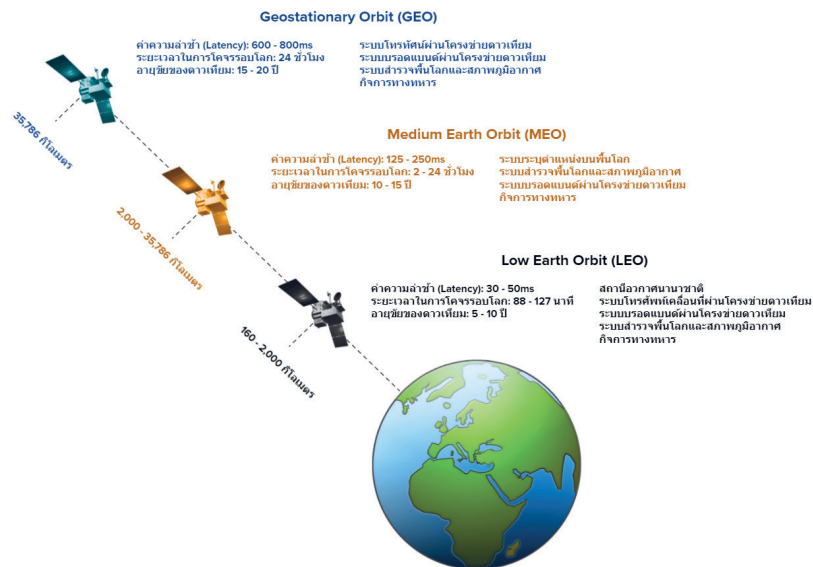
เมื่อเวลาผ่านไปนวัตกรรมและเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ส่งผลให้การใช้พลังงานในการส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรลดลงหลายเท่าตัวจนต้นทุนทางด้านการเงินลดลงมากกว่า 5 เท่าตัว ประกอบกับทางภาคเอกชนและภาครัฐเพิ่มความต้องการที่จะเข้าถึงพื้นที่ทางไกลและยากต่อการเข้าถึงผ่านบริการภาคพื้นดิน เมื่อมีความจำเป็นจากภาครัฐและความต้องการทางธุรกิจสูงขึ้นทำให้ไม่เมินเต็มของการพัฒนาโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำเริ่มกลับมาอีกครั้ง มีบริษัทเอกชนและรัฐวิสาหกิจจำนวนมากริเริ่มโครงการและเตรียมที่จะส่งดาวเทียมวงโคจรต่ำปริมาณมหาศาลขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศเพื่อให้บริการโทรคมนาคมและครอบคลุมความได้เปรียบในชั้นบรรยากาศ โดยมีการคาดคะเนว่าในห้วงทศวรรษ 2020 จะมีดาวเทียมวงโคจรต่ำมากกว่า 50,000 ดวงถูกส่งขึ้นสู่วงโคจร

ทางด้านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคมของประเทศไทยได้เดินทางมาถึงจุดที่หน่วยงานภาครัฐควรพิจารณาทางเลือกสนับสนุนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น บทความนี้จะทำการศึกษาสถานการณ์ของอุตสาหกรรมโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำ ประโยชน์จากการใช้งานโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำในการพัฒนาประเทศ แนวโน้มของอุตสาหกรรมในอนาคตเพื่อเสนอแนะประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาสำหรับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอย่างมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยในด้านความมั่นคงของชาติ

2. การทบทวนวรรณกรรม

2.1 อุตสาหกรรมดาวเทียมวงโคจรต่ำ-อดีต ปัจจุบัน และอนาคต

นับแต่โลกใบนี้เริ่มมีการสำรวจอวกาศ ดาวเทียมสำหรับการสำรวจพื้นโลก การสอดแนมทางทหาร และการสำรวจรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) ได้ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรต่ำของโลก (Low Earth Orbit) ที่ระยะความสูงระหว่าง 160 - 2,000 กิโลเมตรจากพื้นโลก ไม่ว่าจะเป็นสถานีนาวิกานาชาติดหรือกล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล เนื่องจากระยะความสูงที่ต่ำทำให้พลังงานที่ใช้ในการส่งดาวเทียมน้อยกว่าวงโคจรในระดับอื่น และระยะทางระหว่างสถานีบนพื้นโลกซึ่งอยู่ใกล้กว่าดาวเทียมในระดับความสูงอื่น ๆ นั้นเอง ทำให้การส่งข้อมูลระหว่างดาวเทียมและสถานีฐานมีค่าความล่าช้า (Latency) ที่ต่ำกว่าระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่ระดับความสูงอื่น ๆ (Telesat, 2020)

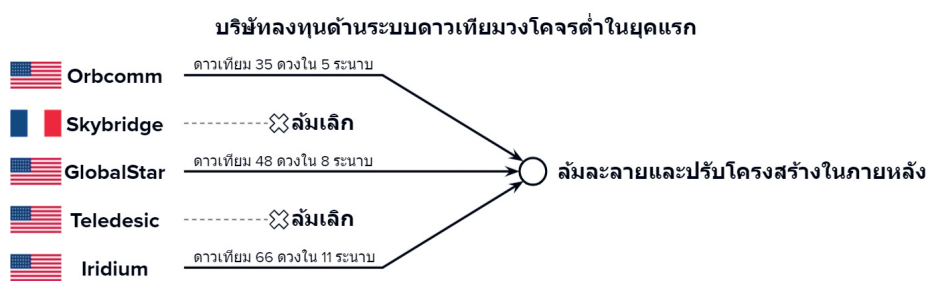


ภาพที่ 1 แผนภาพเปรียบเทียบลักษณะทั่วไปของดาวเทียมที่ระดับความสูงต่างๆ

นอกเหนือจากการใช้งานของภาครัฐ ก็มีความพยายามในการสร้างบริการเชิงพาณิชย์ผ่านระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำจากภาคเอกชนเช่นกัน บริษัท Orbcomm จากสหรัฐอเมริกาได้เริ่มทดสอบบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านโครงข่ายดาวเทียมเป็นรายแรกในปี ค.ศ. 1995 จนประสบความสำเร็จและสามารถเปิดให้บริการเชิงพาณิชย์ได้เป็นรายแรกของโลกในปี ค.ศ. 1998 โดยทางบริษัทได้มีการขออนุญาตประกอบกิจการรวมทั้งหมด 19 ประเทศทั่วโลก ตลอดระยะเวลาของโครงการบริษัท Orbcomm สามารถส่งดาวเทียมวงโคจรต่ำขึ้นให้บริการได้ทั้งหมด 35 ดวง (Krebs, 2019) ต่อมาบริษัทที่สองที่สามารถให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมได้คือบริษัท Iridium ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากบริษัทโทรคมนาคม Motorola โดยบริษัท Iridium สามารถส่งดาวเทียมจำนวน 66 ดวงขึ้นสู่วงโคจรได้ในปี ค.ศ. 2002 โดยสรุปต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมทั้งโครงการประมาณ 5 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (The Wall Street Journal, 2001) และบริษัทสุดท้ายที่สามารถให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำได้คือบริษัท Globalstar ซึ่งสามารถส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรได้ทั้งหมด 48 ดวง และเริ่มให้บริการเชิงพาณิชย์อย่างเต็มรูปแบบในปี 2002 ครอบคลุมพื้นที่ทวีปอเมริกาเหนือ ยุโรป และสหพันธ์สาธารณรัฐบราซิลด้วยค่าบริการ 1.79 ดอลลาร์สหรัฐต่อนาที ("Globalstar", 2021)

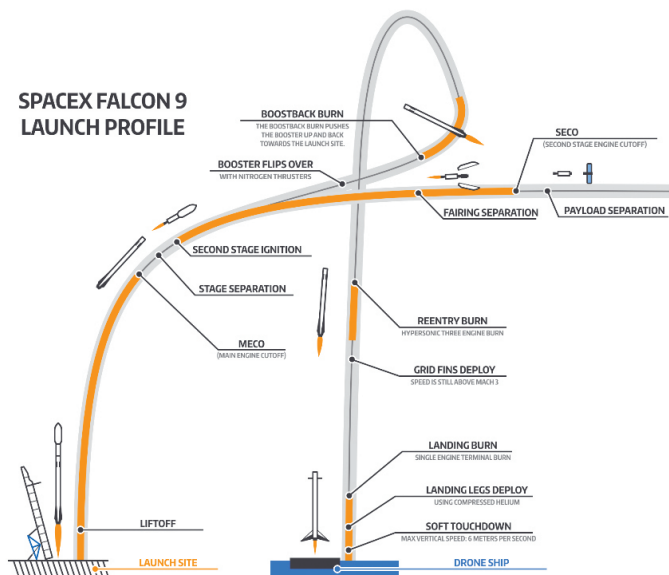
แม้ว่าการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับดาวเทียมวงโคจรต่ำจะประสบความสำเร็จและรวดเร็วอย่างมาก ผลสุดท้ายของบริษัทในอุตสาหกรรมดาวเทียมวงโคจรต่ำล้วนมีชะตากรรมไม่ต่างกันคือ ล้มละลาย หรือถูกยกเลิกโครงการด้วยสาเหตุที่ต้นทุนในด้านระยะเวลาและเงินที่จำเป็นต้องใช้สูงเกินไป ประกอบกับความต้องการใช้งานไม่มากเพียงพอที่จะชดเชยจุดอ่อนในด้านต้นทุนได้ เนื่องจากเทคโนโลยีสื่อสารภาคพื้นดิน ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีบรอดแบนด์ หรือเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ไร้สายภาคพื้นดิน (เช่น 2G และ 3G) นั้น

มีประสิทธิภาพต่อต้นทุนที่ดีกว่า ส่งผลให้ค่าบริการเชิงพาณิชย์ต่ำกว่าระบบดาวเทียมมาก โดยในปี ค.ศ. 2002 บริษัท Globalstar คิดค่าบริการโทรศัพท์ผ่านระบบดาวเทียมที่อัตรา 1.79 ดอลลาร์สหรัฐต่อนาที แต่ค่าบริการเฉลี่ยของบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ไร้สายภาคพื้นดินนั้นมีค่าสูงที่สุดอยู่ที่อัตรา 0.35 ดอลลาร์สหรัฐต่อนาทีเท่านั้น (Consumer Action, 2002) ทำให้แม้ว่าด้วยลักษณะของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมจะสามารถให้บริการครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ได้ก็ตามแต่ต้นทุนในการผลิตและส่งดาวเทียมจำนวนมากขึ้นสู่อวกาศและต้นทุนในการดูแลระบบสูง ส่งผลให้ค่าบริการเชิงพาณิชย์นั้นมีราคาแพงเกินกว่าความต้องการของตลาด ณ ขณะนั้น ทำให้ที่สุดบริษัทหรือโครงการด้านระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำจึงพบกับความล้มเหลวทางการเงินแทบทั้งสิ้น ทำให้การพัฒนาระบบดาวเทียมเชิงพาณิชย์ได้ชะลอตัวลงอย่างมาก โดยในห้วงเวลานี้ แรงขับเคลื่อนหลักในการพัฒนาเทคโนโลยีดาวเทียม ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐเป็นหลักแทน โดยบริษัท Iridium พยายามฝ่าฝืนภาวะล้มละลายด้วยการสนับสนุนทางการเงินจากกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกาเพื่อสนับสนุนการใช้งานจากภาครัฐและทางทหารของสหรัฐอเมริกา (Iridium Museum, 2021)



ภาพที่ 2 ภาพรวมผลการลงทุนสร้างโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำในยุคแรก

ต่อมาด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีพื้นฐานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และวัสดุส่งผลให้การใช้งานเชื้อเพลิงของยานพาหนะสำหรับนำส่งดาวเทียมขึ้นสู่อวกาศมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็นพันเท่าเมื่อเทียบกับกระบวนการส่งดาวเทียมในยุคแรก (Butash et al., 2021) รวมไปถึงความสามารถในการพัฒนาออกแบบระบบที่มีความซับซ้อนและประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงขึ้นโดยเฉพาะระบบการส่งดาวเทียมขึ้นสู่อวกาศชนิดใช้ซ้ำได้ (Reusable Launch System) (Gardi & Ross, 2016) โดยระบบดังกล่าวสามารถลดต้นทุนในการส่งดาวเทียมได้ถึง 5 เท่า (Butash et al., 2021) และสร้างปรากฏการณ์ที่สำคัญในอุตสาหกรรมดาวเทียมทางด้านค่าใช้จ่ายขั้นต้นต่อนักบินที่มีค่าต่ำกว่า 5,000 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัมซึ่งเป็นต้นทุนที่ต่ำที่สุดเป็นประวัติการณ์ของอุตสาหกรรมดาวเทียมขึ้นสู่อวกาศ



ภาพที่ 3 ระบบการส่งวัตถุขึ้นสู่อวกาศแบบใช้ซ้ำได้ของ Falcon-9, SpaceX

ที่มา: Gardi and Ross (2016)

โดยภาพที่ 4 เปรียบเทียบถึงยานพาหนะในการส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรชนิดใช้ซ้ำได้ที่มีการใช้งานแล้ว และกำลังจะเริ่มให้บริการในอนาคตอันใกล้ เช่น Falcon-9 ของบริษัท SpaceX ได้นำส่งวัตถุขึ้นสู่อวกาศสำเร็จ ลุล่วงไปแล้วมากกว่า 120 ครั้ง โดยในเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 2021 (NASA spaceflight, 2019) ได้ลำเลียง ดาวเทียม Starlink น้ำหนักประมาณ 260 กิโลกรัมต่อดวง จำนวน 60 ดวง ขึ้นสู่วงโคจรในครั้งเดียว เมื่อเทียบกับการส่งดาวเทียมในยุคแรกของบริษัท Orbcomm ซึ่งใช้เวลามากกว่า 5 ปีในการส่งดาวเทียม 35 ดวง ขึ้นสู่วงโคจร

เปรียบเทียบยานพาหนะในการนำส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรต่ำชนิดใช้ซ้ำได้

	Falcon-9	Falcon Heavy	Electron	New Glenn
บริษัท	SpaceX 	SpaceX 	Rocket Lab 	Blue Origin 
สถานะ	เปิดให้บริการ	เปิดให้บริการ	เปิดให้บริการ	อยู่ระหว่างการพัฒนา
ค่าใช้จ่ายรวมต่อการส่ง	\$62,000,000	\$90,000,000	\$7,500,000	ยังไม่เปิดเผยข้อมูล
ค่าใช้จ่ายขั้นต่ำต่อน้ำหนัก	\$2,719/กิโลกรัม	\$1,410/กิโลกรัม	\$25,000/กิโลกรัม	ยังไม่เปิดเผยข้อมูล
รองรับน้ำหนักสูงสุด	22,800 กิโลกรัม	63,800 กิโลกรัม	300 กิโลกรัม	45,000 กิโลกรัม

ภาพที่ 4 เปรียบเทียบยานพาหนะนำส่งวัตถุขึ้นสู่อวกาศแบบใช้ซ้ำได้

ที่มา: "Reusable launch system" (2021)

เมื่อต้นทุนในสร้างและส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรต่ำลงมากส่งผลให้อุตสาหกรรมดาวเทียมวงโคจรต่ำเชิงพาณิชย์เริ่มกลับมามีชีวิตชีวาขึ้นอีกครั้งโดยแผนการนำส่งดาวเทียมขึ้นสู่อวกาศจำนวนมากตามภาพที่ 5 แสดงถึงจำนวนดาวเทียมวงโคจรต่ำในระยะแรกของบริษัทบางส่วนที่มีแผนการสร้างโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำ

เปรียบเทียบระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำ

	Starlink	OneWeb	Telesat (Lightspeed)	Amazon Project Kuiper
จำนวนดาวเทียมที่ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจร	1,740 ดวง	288 ดวง	1 ดวง	0 ดวง
จำนวนดาวเทียมที่ได้รับอนุญาต	2,814 ดวง	716 ดวง	298 ดวง	578 ดวง
จำนวนดาวเทียมตามแผน	12,000 ดวง (และกำลังขออนุญาตเพิ่มเติม อีก 30,000 ดวง)	6,372 ดวง	1,671 ดวง	3,236 ดวง
การใช้งานคลื่นความถี่	Ku-band	Ku-band	Ka-band	Ka-band
ระดับความสูง	540 - 579 กิโลเมตร	1,200 กิโลเมตร	1,015 และ 1,325 กิโลเมตร	590 - 630 กิโลเมตร
จุดประสงค์หลักในการให้บริการ	บริการบรอดแบนด์ เชื่อมต่อโครงข่ายภาคพื้นดิน	สนับสนุนกิจการภาครัฐ บริการลูกค้าองค์กร	สนับสนุนกิจการภาครัฐ บริการลูกค้าองค์กร	บริการบรอดแบนด์ เชื่อมต่อโครงข่ายภาคพื้นดิน

Ku-band: 12 - 18 GHz; Ka-band: 26.5 - 40 GHz

ภาพที่ 5 เปรียบเทียบแผนการสร้างโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำเบื้องต้น

ที่มา: Pachler et al. (2021) และปรับปรุงโดยผู้เขียน

ผลต่อเนื่องจากการที่ในระบบวงโคจรมีดาวเทียมจำนวนมากนั้นคือระยะเวลาในการเคลื่อนที่ทดแทนกันของดาวเทียมในวงโคจรมีระยะเวลาที่สั้นลงจึงส่งผลดีต่อการพัฒนาออกแบบอุปกรณ์รับสัญญาณรวมไปถึงต้นทุนของอุปกรณ์นั้นได้ลดลงด้วย โดยปัจจุบันบริษัท Starlink ได้เริ่มทดสอบการให้บริการเชิงพาณิชย์ของระบบอินเทอร์เน็ตแบบ Direct-To-Home ผ่านระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำโดยไม่จำกัดปริมาณข้อมูลด้วยค่าบริการ 99 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน และค่าอุปกรณ์เริ่มต้น 499 ดอลลาร์สหรัฐ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ไร้สายแบบไม่จำกัดข้อมูลในสหรัฐอเมริกาของกลุ่มบริษัทโทรคมนาคมรายใหญ่ที่มีค่าบริการอยู่ในช่วง 75-85 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน (Jancer & Van Camp, 2021) จะพบว่า ช่องว่างของค่าบริการระหว่างสองระบบนั้นลดลงอย่างมาก



ภาพที่ 6 ค่าอุปกรณ์เริ่มต้นและค่าบริการในช่วงทดสอบของบริษัท Starlink

ที่มา: Starlink (2021)

เมื่อค่าบริการเชิงพาณิชย์มีความเป็นไปได้ในทางธุรกิจ ประกอบกับความต้องการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตที่เติบโตขึ้นอย่างก้าวกระโดด ทำให้มีบริษัทจำนวนหนึ่งเริ่มลงทุนอย่างหนักในการสร้างระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำที่มีขนาดใหญ่กว่าปัจจุบัน โดยนับจากปี ค.ศ. 2020 ถึงปี ค.ศ. 2029 จะมีดาวเทียมอีกจำนวนมากกว่า 50,000 ดวงถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรต่ำ (Voelsen, 2021) โดยการลงทุนดังกล่าวมีความสัมพันธ์และหลักฐานบางประการบ่งชี้ถึงการสนับสนุนจากภาครัฐ เช่น บริษัท OneWeb แม้ว่าจะถูกศาลตัดสินให้ล้มละลายในปี ค.ศ. 2020 แต่กลับยื่นขออนุญาตนคณะกรรมการกลางกำกับดูแลกิจการสื่อสาร (Federal Communication Commission) นำดาวเทียมจำนวนกว่า 48,000 ดวง ขึ้นสู่วงโคจร (FCC, 2020) โดยต่อมาได้มีรัฐบาลอังกฤษร่วมกับกลุ่มทุนจากสาธารณรัฐอินเดียประมูลซื้อบริษัท OneWeb โดยมีจุดประสงค์หลักคือการให้บริการลูกค้าประเภทองค์กรและสนับสนุนการดำเนินงานของรัฐบาล (CNBC, 2021) หรือบริษัท Telesat ซึ่งได้รับการสนับสนุนโดยตรงจากรัฐบาลแคนาดาเพื่อสร้างและให้บริการระบบโทรคมนาคมผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ Telesat Lightspeed บางส่วนแก่รัฐบาลแคนาดา (Telesat, 2021) ในขณะที่ทางฝั่งสาธารณรัฐประชาชนจีนได้มีการจัดตั้งบริษัทรัฐวิสาหกิจ China Aerospace Science and Industry Corporation (CASIC) เพื่อสร้างระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำ Hongyun โดยเบื้องต้นประกอบด้วยดาวเทียมจำนวน 864 ดวง เพื่อพัฒนาการเข้าถึงโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลในพื้นที่ยากต่อการวางระบบโทรคมนาคมภาคพื้นดินและบริษัท China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC) สร้างระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำ Hongyan โดยเบื้องต้นประกอบด้วยดาวเทียมจำนวน 320 ดวง เพื่อให้บริการทางทะเล อากาศยาน และบริการสนับสนุนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ภาคพื้นดิน (Voelsen, 2021) ส่วนบริษัทเอกชนจากสาธารณรัฐประชาชนจีน Galaxy Space ซึ่งได้ส่งดาวเทียมดวงแรกขึ้นสู่วงโคจรต่ำช่วงต้นปี ค.ศ. 2020 วางแผนจะสร้างระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำเพื่อสนับสนุนบริการและโครงข่าย 5G ในประเทศ (Galaxy Space, 2020) โดยวัตถุประสงค์ในการใช้งานของบริษัทที่กล่าวถึงข้างต้นจะมีลักษณะที่แตกต่างจากการให้บริการแก่ประชาชนทั่วไปของบริษัท Starlink แต่ปัจจุบันมีการเคลื่อนไหวล่าสุดจากบริษัทแห่งหนึ่งในสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งได้ลงทะเบียนจัดสรรคลื่นความถี่และตำแหน่งวงโคจรต่ำกับ International Telecommunication Union (ITU) ด้วยรหัสชื่อ “GW” โดยมีแผนจะนำดาวเทียมจำนวนกว่า 12,992 ดวง ขึ้นสู่วงโคจรที่ระดับความสูง 590 - 1,145 กิโลเมตร (ITU, 2020a) จึงมีความเป็นไปได้ถึงการเข้าสู่ตลาดการให้บริการอินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียมแก่บุคคลธรรมดาทั่วโลกในลักษณะเดียวกับบริการของ Starlink จากบริษัทจีนในอนาคต

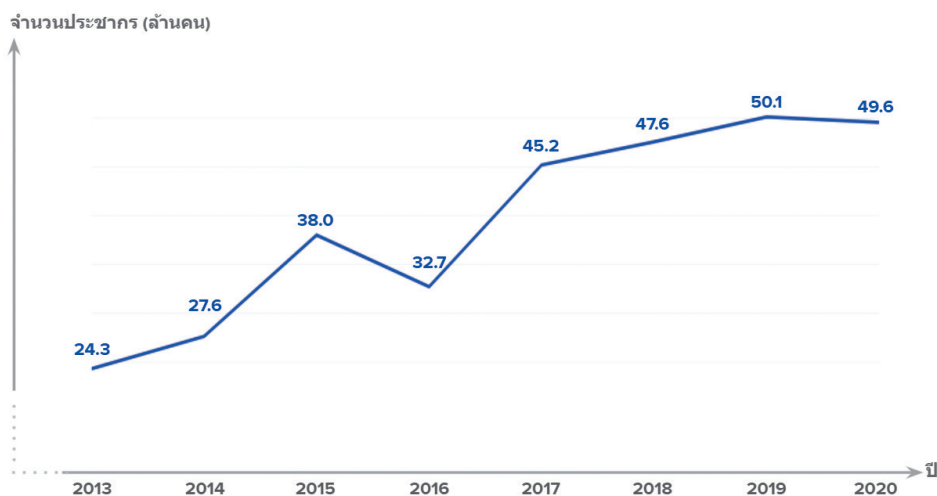
2.2 ความจำเป็นเทคโนโลยีดาวเทียมวงโคจรต่ำต่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคม

การเข้าถึงบริการทางอินเทอร์เน็ตถือเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประสิทธิภาพทุกภาคส่วนของประเทศในทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมการผลิต เกษตรกรรม การศึกษา การบริหารประเทศ อีกทั้งยังช่วยลดช่องว่างความเหลื่อมล้ำและสนับสนุนการเข้ามามีส่วนร่วมต่อระบบประชาธิปไตยของประเทศ โดยความสำคัญดังกล่าวถูกเน้นย้ำด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรค COVID-19 ซึ่งส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อทุกภาคส่วนของประเทศ โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมที่มีการประยุกต์นำเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาใช้งานในปัจจุบันได้น้อยจะได้รับผลกระทบมากกว่าภาคส่วนอื่น ๆ เช่น ในภาคการศึกษาและการพัฒนาบุคลากรได้มีการรายงานจากสหประชาชาติระบุว่า สถานการณ์โรค COVID-19

นักเรียน นักศึกษามากกว่าร้อยละ 94 ทั่วโลกได้รับผลกระทบในปี ค.ศ. 2020 แม้ว่าสถานการณ์จะบรรเทาลง แต่สัดส่วนของนักเรียน นักศึกษาที่ได้รับผลกระทบในประเทศที่มีโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคมที่ไม่แข็งแกร่งนั้น ยังสูงมากกว่าร้อยละ 80 ในขณะที่สัดส่วนของนักเรียน นักศึกษาในประเทศที่มีระบบโครงสร้างพื้นฐานขั้นสูงนั้น ได้รับผลกระทบน้อยกว่าร้อยละ 50 ด้วยการสนับสนุนจากระบบการเรียนรู้ผ่านช่องทางออนไลน์ (United Nations, 2020) ทำให้ทั่วโลกได้เล็งเห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานให้มีประสิทธิภาพ และความครอบคลุมประชากรให้ได้มากที่สุดจึงจำเป็นต้องพิจารณาเร่งกระบวนการเปลี่ยนผ่านและสร้างความสามารถในการเข้าถึงบริการดิจิทัลให้มีความครอบคลุมและทั่วถึงมากที่สุดเพื่อเตรียมพร้อมรับกับสถานการณ์เหนือความคาดหมายต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต รวมไปถึงเป้าหมายในการพัฒนาระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ หน่วยงานกำกับดูแลภาครัฐจึงจำเป็นต้องพิจารณาแนวทางในการดำเนินแผนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลโดยมีเป้าหมายวัตถุประสงค์คือพื้นที่บริการต้องครอบคลุมประชากรในประเทศให้ได้มากที่สุด

ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาด้วยความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชนในการลงทุนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคม ทำให้จำนวนและสัดส่วนประชากรที่สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ในประเทศไทยเติบโตอย่างมากผ่านการกำกับดูแลและจัดสรรทรัพยากรโดยหน่วยงานภาครัฐ รวมไปถึงการลงทุนอุปกรณ์ เทคโนโลยี โครงข่าย และบริการจากภาคเอกชน โดยภาพที่ 7 แสดงถึงจำนวนประชากรไทยที่สามารถเข้าถึงบริการทางอินเทอร์เน็ตผ่านการเก็บข้อมูลของสำนักงาน กสทช. และศูนย์วิจัยนวัตกรรมอินเทอร์เน็ตประเทศไทย จำกัด

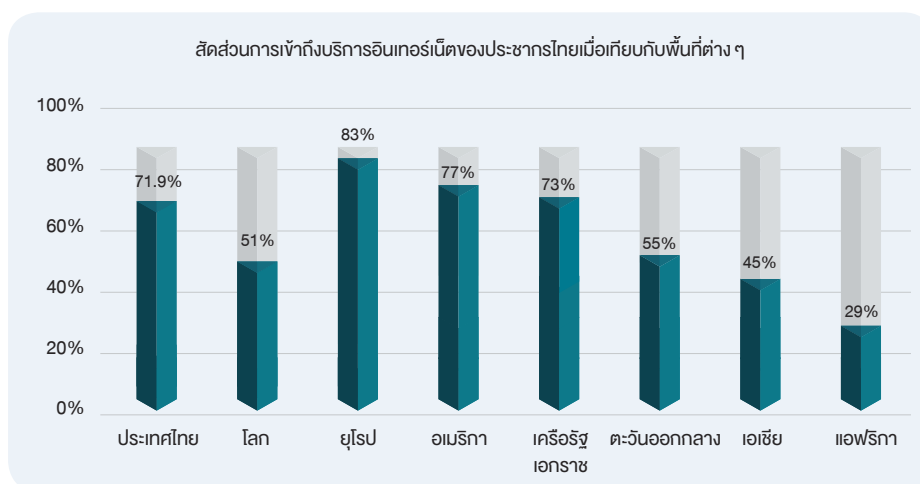
จำนวนผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย



ภาพที่ 7 ปริมาณผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย

ที่มา: สำนักงาน กสทช. (2021)

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตและจำนวนประชากรทั้งหมดของประเทศไทยจะพบว่า สัดส่วนการเข้าถึงบริการทางอินเทอร์เน็ตของประชากรไทยนั้นอยู่สูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลกและค่าเฉลี่ยของประเทศในภูมิภาคเอเชีย (ITU, 2020b) ในภาพรวมแม้ว่าประชากรไทยส่วนมากจะสามารถเข้าถึงบริการอินเทอร์เน็ตได้ แต่ยังคงเหลือประชาชนกลุ่มหนึ่ง ซึ่งโดยส่วนมากมีที่อยู่อาศัยในบริเวณพื้นที่ห่างไกล และยากต่อการเข้าถึงอันเกิดจากปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่เป็นอุปสรรคสำคัญในการดำเนินการสร้างและให้บริการโครงข่ายโทรคมนาคมภาคพื้นดิน (ทางสายและไร้สาย) ของผู้ประกอบการเอกชน การดำเนินการในพื้นที่ซึ่งมีผลตอบแทนทางธุรกิจต่ำจึงควรเป็นหน้าที่ของภาครัฐในการให้ความสนับสนุน (ITU, 2020b) โดยที่ผ่านมามีการร่วมมือระหว่างกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (ดีอี) และสำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (สำนักงาน กสทช.) ในการดำเนินโครงการยกระดับโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคมเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศเพื่อสร้างโอกาสในการเข้าถึงบริการของรัฐและบริการอินเทอร์เน็ตในพื้นที่ห่างไกล

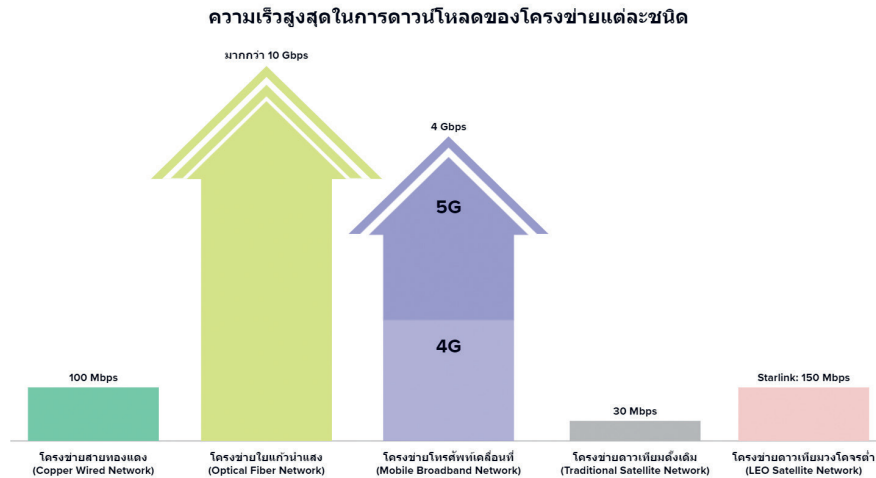


ภาพที่ 8 สัดส่วนการเข้าถึงบริการทางอินเทอร์เน็ตของประเทศไทย และภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลก

ที่มา: ITU (2020b) และสำนักงาน กสทช. (2021)

การดำเนินโครงการยกระดับโครงสร้างพื้นฐานดังกล่าว ส่งผลให้สัดส่วนการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตของประชากรชาวไทยในปี ค.ศ. 2020 อยู่ที่ร้อยละ 71.9 (สำนักงาน กสทช., 2021) เมื่อพิจารณาถึงโครงข่ายสำหรับการให้บริการอินเทอร์เน็ตชนิดต่าง ๆ จะพบว่าต้นทุนในการดำเนินการสร้างโครงข่ายทางสายและไร้สายภาคพื้นดิน เพื่อให้ครอบคลุมถึงพื้นที่ห่างไกลและยากต่อการเข้าถึงนั้นค่อนข้างสูงด้วยเหตุผลทางภูมิศาสตร์เมื่อเปรียบเทียบกับโครงข่ายดาวเทียม ซึ่งในอดีตด้วยอุปสรรคต้นทุนทางด้านค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการสร้างระบบส่งผลให้ต้นทุนรวมของระบบนั้นสูงกว่าโครงข่ายภาคพื้นดิน ประกอบกับความเร็วสูงสุดในการดาวน์โหลดของดาวเทียมมาตรฐาน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความจุในการให้บริการต่ำกว่าโครงข่าย

ภาคพื้นดินแบบมีสายและไร้สาย (European Commission, 2021) ดังนั้น ทางเลือกในการสร้างโครงข่ายภาคพื้นดินสำหรับพื้นที่ให้บริการที่มีความหนาแน่นของประชากรสูง และมีลักษณะภูมิประเทศที่ไม่เป็นอุปสรรคจึงมีประสิทธิภาพและต้นทุนที่คุ้มค่าในการลงทุนมากกว่า

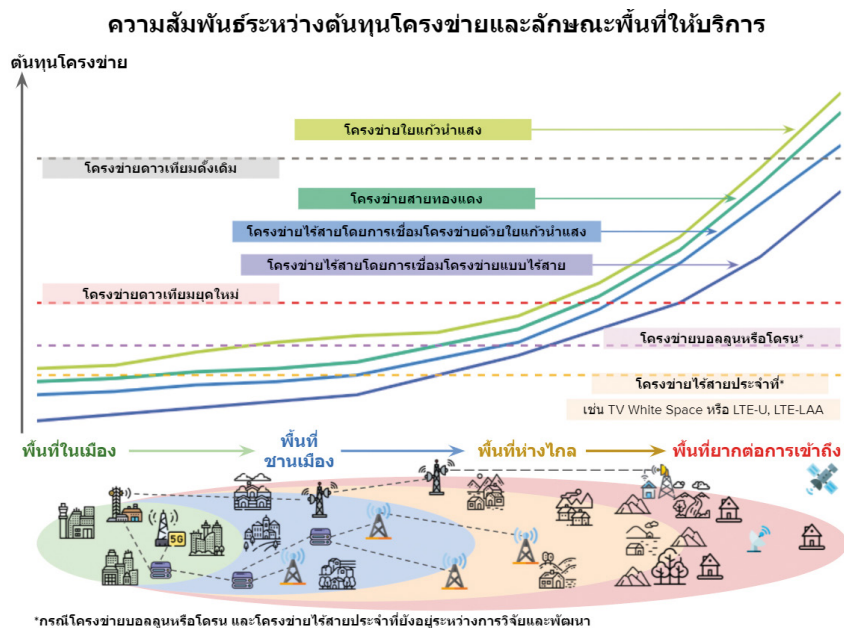


ภาพที่ 9 แผนภาพเปรียบเทียบความเร็วการดาวน์โหลดสูงสุดของโครงข่ายตามมาตรฐานแต่ละชนิด

ที่มา: European Commission (2021)

ยกเว้นบางกรณีที่สภาพทางภูมิศาสตร์มีลักษณะยากต่อการดำเนินการก่อสร้างหรือการเข้าถึง เช่น ภูเขา ทิวเขา ทะเล หรือมหาสมุทร เป็นต้น ซึ่งจำเป็นต้องใช้โครงข่ายดาวเทียมเท่านั้น (ITU, 2020b) แผนการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานในประเทศส่วนมากจะเป็นการวางระบบโครงสร้างทางสายและไร้สายภาคพื้นดินเป็นหลัก

สถานการณ์ปัจจุบัน พื้นที่เป้าหมายของการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคมนั้นเป็นพื้นที่ซึ่งยากต่อการเข้าถึงและมีความหนาแน่นของประชากรต่ำ ต้นทุนในการวางโครงข่ายภาคพื้นดินสูงและผลตอบแทนในการดำเนินธุรกิจต่ำ ทำให้แผนการดำเนินการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคมทั่วโลกชะลอตัวและเริ่มมองหาทางเลือกใหม่ที่คุ้มค่าต่อการลงทุน ประกอบกับสถานการณ์ดาวเทียมวงโคจรต่ำยุคใหม่เกิดการพัฒนามาถึงจุดที่ต้นทุนค่าใช้จ่ายและเวลาในการสร้างโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำเริ่มมีความเป็นไปได้ในทางธุรกิจ ส่งผลให้ทิศทางแนวโน้มในการหันมาใช้โครงข่ายดาวเทียมยุคใหม่ โดยเฉพาะระบบโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำในการให้บริการประชากรในพื้นที่ยากต่อการเข้าถึงส่วนที่เหลือนโดยตรง หรือใช้งานเพื่อสนับสนุนการดำเนินการสร้างโครงข่ายโทรคมนาคมภาคพื้นดินแทนการใช้สาย

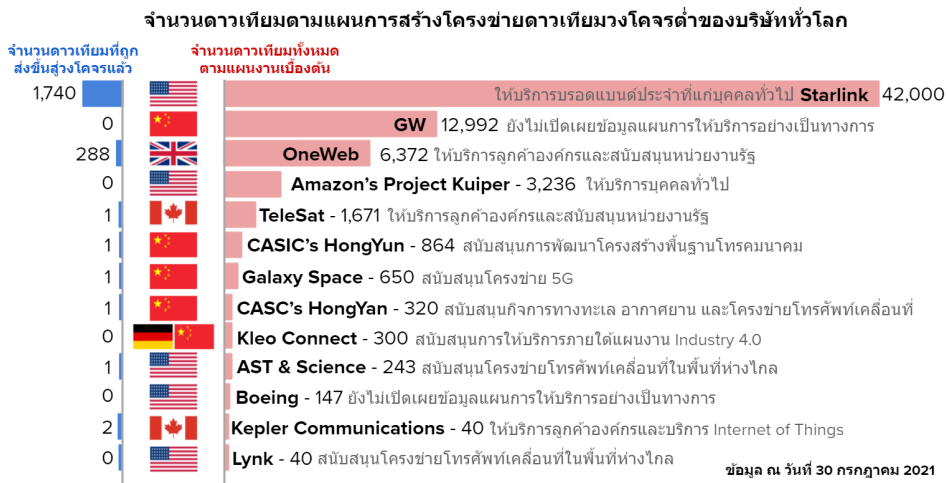


ภาพที่ 10 ภาพรวมต้นทุนต่อพื้นที่ครอบคลุมของระบบโทรคมนาคมในรูปแบบต่างๆ

ที่มา: ITU (2020b)

3. ผลกระทบต่อภาคเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคงของประเทศ รวมถึงสภาพอุตสาหกรรมในอนาคต

ด้วยเหตุผลทางด้านต้นทุนและความเป็นไปได้ทางธุรกิจในการนำระบบโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำมาเพื่อเพิ่มมิติในแผนการยกระดับโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคมในพื้นที่ห่างไกลยากต่อการเข้าถึง ทำให้ในช่วงทศวรรษ 2020 บริษัทต่างๆ ทั่วโลกมีแผนที่จะสร้างและส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรต่ำมากกว่า 50,000 ดวง ซึ่งมากกว่าการส่งดาวเทียมรวมกันของทุกประเทศขึ้นสู่วงโคจรทุกระดับชั้นในตลอดระยะเวลา 20 ปี (ค.ศ. 2000-2019) ถึง 32 เท่า (Mazareanu, 2020) การดำเนินการดังกล่าวจะเข้ามามีบทบาทในการเพิ่มสัดส่วนประชากรที่สามารถเข้าถึงบริการอินเทอร์เน็ตได้ อันเป็นรากฐานที่สำคัญของการลดปัญหาความเหลื่อมล้ำในพื้นที่ห่างไกลเนื่องจากผลพลอยได้ของความสามารถในการเข้าถึงบริการอินเทอร์เน็ต คือ ประชาชนในพื้นที่ห่างไกลจะสามารถเข้าถึงบริการต่างๆ เช่น บริการทางด้านข่าวสาร การเงิน การศึกษา หรือบริการจากภาครัฐ เป็นต้น การลดลงของช่องว่างความเหลื่อมล้ำนี้จะขยายขีดความสามารถทางด้านเศรษฐกิจ ควบคู่กับการพัฒนาสังคมในอนาคต



ภาพที่ 11 จำนวนดาวเทียมตามแผนการสร้างโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำเบื้องต้น

ที่มา: Voelsen (2021) และปรับปรุงโดยผู้เขียน

นอกเหนือจากด้านเศรษฐกิจและสังคม ความสามารถในการใช้งานระบบการสื่อสารความเร็วสูงที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ทั่วโลกนั้น ส่งผลให้หน่วยงานรัฐสามารถใช้บริการดาวเทียมสื่อสาร เพื่อบริหารจัดการหน่วยงานภายในได้ทั่วทุกมุมโลก อีกทั้งยังเสริมสร้างขีดความสามารถทางการทหาร ระบบการสื่อสารทางไกลถือเป็นระบบที่มีความสำคัญต่อความมั่นคงของประเทศ ในอดีตจุดเริ่มต้นของการสร้างระบบโทรเลขเพื่อติดต่อสื่อสารทางไกลนั้น เกิดจากความจำเป็นของการสื่อสารในการสร้างและควบคุมเครือข่ายอาณานิคม (Schulze, 2020) เหตุการณ์การรั่วไหลของโทรเลขภายในสหรัฐอเมริกา (Cablegate) ในเดือนพฤศจิกายน ค.ศ. 2010 แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นของการมีโครงข่ายการสื่อสารที่ปลอดภัยทั่วถึงและควบคุมได้โดยภาครัฐเพื่อคอยสังเกตการณ์สถานการณ์ต่าง ๆ ทั่วโลก

ทางด้านกฎหมายอวกาศที่เกี่ยวข้องกับสนธิสัญญาอวกาศปี ค.ศ. 1967 แม้ว่าจะมีข้อห้ามเกี่ยวกับการแข่งขันสร้างอาณานิคมภายนอกโลก (Colonial Competition) การห้ามการใช้งานอาวุธที่มีอำนาจการทำลายล้างสูง (Weapons of Mass Destruction) การห้ามสร้างฐานทัพและปฏิบัติการทางทหารบนดวงจันทร์ (Moon) หรือวัตถุในอวกาศ (Celestial Bodies) (United Nations, 2021) แต่ก็ยังเกิดปัญหาในทางปฏิบัติ ซึ่งบ่งชี้ว่าข้อตกลงร่วมดังกล่าวนี้ยังมีช่องโหว่ รวมถึงเป็นการสร้างผลประโยชน์ต่อประเทศที่มีขีดความสามารถทางอวกาศสูงกว่าประเทศอื่น เช่น เนื้อหาในการจำกัดการสร้างอาณานิคมภายนอกโลก และข้อตกลงในการอนุญาตให้สำรวจอวกาศอย่างอิสระโดยไม่เลือกปฏิบัตินั้น ทำให้ทุกประเทศสามารถขออนุญาตส่งดาวเทียมขึ้นไปประจำการอยู่ที่ใดก็ได้ในลักษณะ “ใครมาก่อนได้ก่อน” (First Come, First Served) ประกอบกับการกำหนดข้อห้ามการใช้งานทางทหารที่ไม่ครอบคลุมถึงการใช้งานภาคพื้นดินซึ่งอาศัยความช่วยเหลือจากระบบดาวเทียม จึงมีการใช้งานดาวเทียมเพื่อสนับสนุนระบบการสื่อสารสำหรับปฏิบัติการทางทหารมาโดยตลอด (Venkatesan

et al., 2020) ไม่เว้นแม้แต่การใช้งานดาวเทียมสื่อสารเชิงพาณิชย์ เพื่อสนับสนุนกิจการทางทหารโดยในช่วงสงครามอ่าว (Gulf War) ร้อยละ 60 และ 80 ตามลำดับของการสื่อสารผ่านดาวเทียมภายใต้ปฏิบัติการทางทหาร Enduring Freedom และ Iraqi Freedom ของสหรัฐอเมริกาเป็นการใช้งานโครงข่ายดาวเทียมเชิงพาณิชย์ (Chrisholm, 2003)

เมื่อพิจารณาทางด้านกฎหมายและการใช้งานทางปฏิบัติในอดีตประกอบกับแผนการสร้างโครงข่ายดาวเทียมต่าง ๆ แล้ว พบว่าหากการดำเนินการสร้างโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำยุคใหม่ประสบผลสำเร็จไปได้ด้วยดี จะส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมอย่างใหญ่หลวง และยังมีความเกี่ยวข้องถึงโครงสร้างการเมืองผ่านการควบคุมกระแสข้อมูลผ่านระบบดาวเทียมทั่วโลก จากแผนการสร้างโครงข่ายดาวเทียมรายประเทศตามภาพที่ 11 จะพบว่าโครงสร้างอุตสาหกรรมดาวเทียมวงโคจรต่ำและอุตสาหกรรมการสื่อสารในอนาคตภายหลังการดำเนินการสร้างโครงข่ายแล้วเสร็จในอนาคต อาจมีลักษณะเป็นตลาดของผู้เล่นน้อยราย (Oligopoly Market) โดยประเทศแม่ของบริษัทที่มีแผนการดำเนินการสร้างโครงข่ายดาวเทียมขนาดมหึมาจำนวนมาก เช่น สหรัฐอเมริกา หรือสาธารณรัฐประชาชนจีน จะได้รับการเสริมสร้างอิทธิพลทางการเมือง (Political Influence) และอิทธิพลทางการทหาร (Military Influence) ประกอบกับความเข้มข้นของสถานการณ์การเมืองระหว่างประเทศ สถานะสงครามการค้าระหว่างประเทศมหาอำนาจ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้อุปสรรคในการกำหนดสิทธิในการเข้าถึงบริการโครงข่ายผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำระหว่างประเทศในอนาคตจะถูกจำกัดด้วยท่าทีและความสัมพันธ์ที่มีต่อประเทศแม่ของบริษัทเจ้าของโครงข่ายดาวเทียมเหล่านั้น ซึ่งจะเป็นการทำให้เกิดการแตกแยก (Fragmented) มากขึ้นไปกว่าเดิมจนส่งผลเสียในระยะยาวได้

4. เส้นทางสู่อุตสาหกรรมที่ถูกกำกับดูแล

ปัจจุบันทิศทางการดำเนินการสร้างโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำยังคงมีเครื่องหมายคำถามและความไม่แน่นอนในทำนองเดียวกับความล้มเหลวในอดีต คือ ด้านต้นทุน ความเป็นไปได้ในทางธุรกิจ และความจำเป็นของประเทศ จากการให้ข้อมูลโดยนายอีลอน มัสก์ ภายในงาน Mobile World Congress 2021 (Musk, 2021) พบว่าแท้จริงแล้ว เบื้องหลังอุปกรณ์การรับสัญญาณของบริษัท Starlink ซึ่งมีราคาขายให้แก่ผู้บริโภคอยู่ที่ 499 ดอลลาร์สหรัฐนั้นเป็นราคาต่ำ มูลค่าที่แท้จริงโดยต้นทุนการผลิตอุปกรณ์ดังกล่าวสูงกว่า 1,000 ดอลลาร์สหรัฐ โดยทางบริษัทยอมอุ้มต้นทุนส่วนหนึ่ง เพื่อให้ผู้บริโภคมีกำลังพอในการเข้าสู่บริการของบริษัท และทางบริษัทเองยังคงมีแผนในการพัฒนาประสิทธิภาพเพื่อลดต้นทุนดังกล่าวลงมาให้ได้มากที่สุด ส่วนภาพรวมของแผนการให้บริการอินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียม ยังไม่มีกำหนดการสิ้นสุดการทดลองประกอบกิจการและเริ่มให้บริการเชิงพาณิชย์อย่างเต็มรูปแบบ

หากอุตสาหกรรมดาวเทียมวงโคจรต่ำยุคใหม่สามารถก้าวผ่านอุปสรรคต่าง ๆ จนสร้างระบบโครงข่ายขนาดใหญ่ได้สำเร็จ ทุกประเทศทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยมีความจำเป็นที่จะต้องเตรียมรับมือผลกระทบจากการมีระบบสื่อสารความเร็วสูงซึ่งครอบคลุมทุกพื้นที่ทั่วโลกต่อการยกระดับโครงสร้างพื้นฐาน ด้านการพัฒนา

ประสิทธิภาพระบบเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม นอกเหนือจากนี้ความสามารถในการควบคุมกระแสข้อมูลความเร็วสูงปริมาณมากทั่วทุกพื้นที่บนโลกนั้น จะก่อกำเนิดอำนาจทางเศรษฐกิจและอิทธิพลทางการเมืองอย่างที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน (Voelsen, 2021) ดังนั้น การเตรียมความพร้อมในการวางแผนดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดท่าทีของประเทศต่อเส้นทางการพัฒนาอุตสาหกรรม ควรต้องเตรียมการล่วงหน้าเพื่อให้อุตสาหกรรมอยู่ภายใต้การกำกับดูแลที่เหมาะสม เพื่อสนับสนุนการแข่งขัน สิทธิการเข้าถึงบริการอย่างปลอดภัย และความมั่นคงของประเทศ โดยมีประเด็นคร่าว ๆ ดังนี้

4.1 การสนับสนุนความหลากหลายทางเทคโนโลยี

แม้ว่าต้นทุนและประสิทธิภาพในการสร้างโครงข่ายใยแก้วนำแสง หรือโครงข่ายไร้สายภาคพื้นดินสำหรับพื้นที่ห่างไกลและยากต่อการเข้าถึง จะสูงกว่าต้นทุนการใช้งานโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำ แต่เมื่อพิจารณาในด้านการใช้เทคโนโลยีหลากหลายชนิดเพื่อส่งเสริมซึ่งกันและกัน (Complementary) การลดความจำเป็นที่จะต้องพึ่งพาเทคโนโลยีชนิดใดชนิดหนึ่ง (Dependency) รวมไปถึงการมีเทคโนโลยีสำรองให้บริการในลักษณะเดียวกัน (Redundancy) เพื่อรองรับปริมาณการใช้งานอย่างทั่วถึงและต่อเนื่อง จะส่งผลทางอ้อมให้ภาครัฐมีอำนาจต่อรองและความเข้มแข็งในการบริหารจัดการความปลอดภัยและความมั่นคงของประเทศชาติ การดำเนินการดังกล่าวนี้สามารถทำได้โดยหน่วยงานกำกับดูแลภาครัฐในการจัดสรรทรัพยากรและออกกฎระเบียบเพื่อรักษาสมดุลของการใช้เทคโนโลยีภายในประเทศ รวมถึงหน่วยงานซึ่งรับผิดชอบแผนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคม

4.2 ความเป็นไปได้ในการลงทุนสร้างโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำ

แรงผลักดันและผู้สนับสนุนหลักในการพัฒนาเทคโนโลยีดาวเทียม รวมไปถึงการสร้างโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำไม่ว่าจะจากสหรัฐอเมริกา สาธารณรัฐประชาชนจีน สหราชอาณาจักรบริเตนใหญ่ และไอร์แลนด์เหนือ และแคนาดา ล้วนมาจากการใช้ระบบการสนับสนุนผ่านกองทุนภาครัฐต่าง ๆ (Public Funds) แต่ด้วยปัจจัยทางด้านต้นทุนและเทคโนโลยีในการสร้างและส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรในปริมาณมากเป็นอุปสรรคสำคัญในการสร้างระบบดังกล่าว เพื่อความเป็นไปได้หน่วยงานรัฐอาจต้องพิจารณาการอาศัยความร่วมมือระหว่างประเทศพันธมิตร โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อร่วมกันยกระดับโครงสร้างพื้นฐานในกลุ่มประเทศที่ลงทุนสร้างโครงข่ายขึ้นมา โดยผลพลอยได้จากการดำเนินการดังกล่าวจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อภาพรวมอุตสาหกรรมทั่วโลกเนื่องจากการสร้างความหลากหลายของผู้เล่นในอุตสาหกรรมให้มากขึ้น และเป็นการสร้างฐานความรู้ความสามารถของบุคลากรสำหรับกิจการดาวเทียมและการสำรวจอวกาศในอนาคต

4.3 การสนับสนุนมาตรฐานเปิด (Open Standard)

มาตรฐานเปิดสำหรับโครงข่ายอินเทอร์เน็ตภาคพื้นดินในปัจจุบันนั้น เกิดขึ้นโดยธรรมชาติจากความจำเป็นในการรับและส่งข้อมูลระหว่างระบบโครงข่ายของผู้เล่นจำนวนมากในอุตสาหกรรมโครงข่าย แต่หากพิจารณาลักษณะอุตสาหกรรมดาวเทียมวงโคจรต่ำในอนาคตซึ่งอาจมีผู้เล่นน้อยรายนั้น ความจำเป็น

การกำหนดมาตรฐานเปิดอาจไม่ได้เกิดขึ้นได้โดยธรรมชาติของอุตสาหกรรม และอาจเป็นการจำกัดทางเลือกในการสร้างโครงข่ายที่มีความหลากหลาย สมดุล และปลอดภัยต่อประเด็นการรักษาข้อมูลส่วนบุคคลหรือความมั่นคงของชาติ ภาครัฐต้องร่วมสนับสนุนการร่างมาตรฐานเปิดสำหรับโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำร่วมกับประเทศต่าง ๆ ผ่านองค์กรกลางกำกับดูแล รวมถึงศึกษาความเป็นไปได้และเตรียมความพร้อมในการร่างกฎหมายสำหรับการออกมาตรฐานเปิดเพื่อรักษาโอกาสในการสร้างระบบที่มีความหลากหลายทั้งทางด้านผู้ผลิตและเทคโนโลยี

4.4 ประเด็นกฎหมายอวกาศ

ภายในประเทศ หน่วยงานภาครัฐต้องพิจารณาอย่างรวดเร็วจากสนธิสัญญาอวกาศซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคงของประเทศชาติในการพิจารณากฎหมายที่เกี่ยวข้องกับกิจการทางอวกาศ และพิจารณาแผนการดำเนินการในอนาคตเพื่อป้องกันการอาศัยช่องโหว่จากสนธิสัญญาดังกล่าว ในส่วนระดับโลก ประเทศไทยควรแสดงท่าทีสนับสนุนการดำเนินการแก้ไขสนธิสัญญาที่เกี่ยวข้องกับกิจการทางอวกาศภายหลังจากที่เทคโนโลยีการสำรวจอวกาศ บริการต่าง ๆ ซึ่งอาศัยประโยชน์จากดาวเทียมได้มีพัฒนาการรวดเร็วอย่างมากแล้ว โดยนำประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในทางปฏิบัติมาปรับปรุงให้เนื้อหาของสนธิสัญญามีความสอดคล้องกับพฤติกรรมในปัจจุบันและอนาคตเพื่อส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมให้มีลักษณะที่เหมาะสมอันจะเป็นพื้นฐานที่แข็งแกร่งในการพัฒนาประเทศอย่างเท่าเทียม

5. วิเคราะห์ประเด็นการใช้งานดาวเทียมวงโคจรต่ำของประเทศไทยในอนาคต

5.1 ด้านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ

ปัจจุบันประเทศไทยยังมีประชากรอีกประมาณร้อยละ 29.1 ที่ยังไม่สามารถเข้าถึงบริการอินเทอร์เน็ตได้ โดยส่วนมากนั้นจะอาศัยอยู่บริเวณพื้นที่ห่างไกล ยากต่อการดำเนินการสร้างโครงข่ายโทรคมนาคมภาคพื้นดินแบบมีสายและไร้สาย นอกจากนี้ความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่เหล่านี้จะต่ำกว่าพื้นที่ในเมือง ส่งผลให้ไม่มีแรงจูงใจต่อภาครัฐกิจให้ดำเนินการลงทุนด้วยโครงข่ายภาคพื้นดินแบบมีสายและไร้สายดังที่ผ่านมา การดำเนินการเพื่อประชาชนส่วนนี้จะเกิดจากแรงขับเคลื่อนและการสนับสนุนจากภาครัฐเป็นหลัก ซึ่งปัจจุบันโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำเชิงพาณิชย์ยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น และยังไม่เปิดให้บริการเชิงพาณิชย์อย่างเต็มรูปแบบ ดังนั้น ในช่วงต้นทศวรรษ 2020 ทางเลือกในการสร้างโครงข่ายโทรคมนาคมภาคพื้นดินแบบมีสายและไร้สายยังมีความเหมาะสมมากกว่าเมื่อพิจารณาทางด้านต้นทุนและประสิทธิภาพของเทคโนโลยี โดยส่วนพื้นที่ซึ่งไม่สามารถเข้าถึงได้จะใช้โครงข่ายดาวเทียมดั้งเดิมยุคแรกเพื่อให้เข้าถึงบริการได้เป็นหลัก แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำเริ่มเปิดให้บริการเชิงพาณิชย์เต็มรูปแบบ จึงควรพิจารณาการนำระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำมาสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานในลักษณะต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการให้บริการแก่ประชาชนในพื้นที่ยากต่อการเข้าถึง หรือสนับสนุนการเชื่อมต่อโครงข่ายภาคพื้นดินเป็นต้น เนื่องจากมีต้นทุนของโครงข่ายที่ต่ำกว่าการสร้างโครงข่ายภาคพื้นดิน

5.2 ด้านการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม

ผลจากการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานของประเทศที่มีความครอบคลุมประชากรภายในประเทศอย่างทั่วถึงมากขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ห่างไกลและยากต่อการเข้าถึงนั้นจะส่งผลให้ช่องว่างความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจและสังคมลดลง เนื่องจากความสามารถในการเข้าถึงเทคโนโลยีและบริการที่สำคัญไม่ว่าจะเป็นบริการทางการเงิน พาณิชนัย ความบันเทิง หรือการสื่อสาร เป็นต้น นอกจากนี้โอกาสในการเข้ามาจับตลาดและความใกล้ชิดกับห่วงโซ่อุปทานมากขึ้น อุปสรรคในการเข้าสู่ตลาดที่ต่ำลงเนื่องจากความสามารถในการเข้าถึงบริการทางดิจิทัลของเศรษฐกิจในพื้นที่ห่างไกลและยากต่อการเข้าถึงจะก่อให้เกิดการขยายตัวของการจ้างงานและการกระจายรายได้สู่พื้นที่ห่างไกล อย่างไรก็ตามโครงสร้างของการจ้างงานเหล่านั้นมักจะเกิดประโยชน์กับแรงงานระดับปานกลางหรือระดับสูงที่มีความสามารถในการใช้งานเทคโนโลยีและบริการสมัยใหม่เป็นหลัก หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเร่งพัฒนาบุคลากรให้มีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสอดคล้องกับพัฒนาการทางด้านเศรษฐกิจที่เกิดขึ้น

5.3 ด้านอุตสาหกรรมโทรคมนาคม

เนื่องจากลักษณะของการใช้งานโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำรวมไปถึงกลุ่มเป้าหมายในระยะแรกยังมีความแตกต่างจากการใช้งานระบบโทรคมนาคมภาคพื้นดินปัจจุบัน การใช้งานในช่วงต้นอาจอยู่ในลักษณะของการส่งเสริมสนับสนุนซึ่งกันและกัน แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปปริมาณดาวเทียมในวงโคจรเพิ่มจำนวนขึ้นขีดความสามารถ พื้นที่การให้บริการ และต้นทุนค่าใช้จ่ายอาจมีประสิทธิภาพมากขึ้น จนส่งผลให้ราคาขายของบริการลดต่ำลงจนสามารถแข่งขันกับผู้ให้บริการโทรคมนาคมภาคพื้นดินได้ หน่วยงานกำกับดูแลจึงจำเป็นต้องติดตามพัฒนาการของอุตสาหกรรมโทรคมนาคมผ่านโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำอย่างใกล้ชิดและพิจารณาแนวทางการกำกับดูแลอุตสาหกรรมให้เกิดการแข่งขันที่เหมาะสมในแต่ละระยะของการพัฒนาอุตสาหกรรม

5.4 ด้านความมั่นคงของประเทศ

การใช้ประโยชน์ของโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำในอนาคต เพื่อยกระดับโครงสร้างพื้นฐานของประเทศให้ครอบคลุมประชากรทั่วประเทศนั้น จะเป็นการส่งเสริมพัฒนาสังคม ลดความเหลื่อมล้ำและสร้างประโยชน์ต่อภาคเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยไม่สามารถควบคุมโครงสร้างการสื่อสารผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำได้และมีโอกาสที่โครงสร้างตลาดการสื่อสารผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำจะมีลักษณะเป็นตลาดของผู้เล่นน้อยรายซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงจากการเข้าแทรกแซงของหน่วยงานความมั่นคงในประเทศต้นสังกัดของบริษัทผู้ให้บริการโครงข่ายเพื่อเข้าถึงและส่งข้อมูลสำคัญต่าง ๆ เนื่องจากประเทศไทยไม่สามารถปิดกั้นด้วยกฎหมายประเภท “พื้นที่ปลอดภัย” (Safe Harbor) ได้ ดังนั้นการวางแผนการใช้งานโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำในไทยจะต้องพิจารณาประเด็นในด้านความมั่นคงความปลอดภัยของข้อมูล และข้อกฎหมายในการกำกับดูแลให้ละเอียดถี่ถ้วน เพื่อส่งเสริมการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ

6. สรุป

แผนการพัฒนาระบบโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำปริมาณมหาศาลในอนาคตเกิดจากสองปัจจัยหลัก คือการลดลงอย่างมากของต้นทุนและความต้องการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตที่เติบโตขึ้นทั่วทุกพื้นที่ แม้ว่า จะยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นแต่หากการดำเนินการดังกล่าวประสบผลสำเร็จ อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อทุกประเทศ ทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยในทุกมิติ ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ สังคม และโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านความสัมพันธ์ ระหว่างประเทศ เมื่อพิจารณาพร้อมกับสถานการณ์การพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคม ประเทศไทย อาจใช้ประโยชน์จากระบบโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำเพื่อยกระดับการเข้าถึงบริการอินเทอร์เน็ตของประชากร ได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากขึ้น อย่างไรก็ตาม อีกด้านหนึ่งของการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสาร ที่มีขีดความสามารถในการให้บริการได้อย่างครอบคลุมทั่วทุกมุมโลกนั้น ยังมีความเสี่ยงและความท้าทาย ที่จะต้องเผชิญจากอุตสาหกรรมที่อาจมีผู้เล่นน้อยรายในอนาคต การดำเนินการใช้ประโยชน์จากระบบโครงข่าย ดาวเทียมวงโคจรต่ำของประเทศไทยนั้นจะพิจารณาผลกระทบในมิติของเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคง ของประเทศ รวมถึงการมีเท่าที่และความเคลื่อนไหวต่อแนวทางการพัฒนาโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำจาก ทุกประเทศทั่วโลกล้วนมีความสำคัญในการสร้างระบบการกำกับดูแลอุตสาหกรรมให้มีการแข่งขันที่เหมาะสม ความโปร่งใส และความปลอดภัยเพื่อประโยชน์ต่อมนุษยชาติอย่างแท้จริง

บรรณานุกรม

- สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.). (2021). รายงานผลการสำรวจข้อมูลอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย (รายงานประจำเดือน กรกฎาคม 2564). NBTC Internet Statistics Report in Thailand. [http:// webstats.nbtc.go.th/netnbtc/HOME.php](http://webstats.nbtc.go.th/netnbtc/HOME.php)
- Butash, T., Garland, P., & Evans, B. (2021). Non-geostationary satellite orbit communications satellite constellations history. *International Journal of Satellite Communications and Networking*, 39, 1-5.
- Chrisholm, P. (2003). *Buying Time: Disconnects in Satcom Procurement*. *Military Information Technology*. Vol. 7, Issue 9.
- CNBC. (2021). *OneWeb CEO: Here's why our product is different than Elon Musk's SpaceX Starlink*. <https://www.cnn.com/2021/03/25/onewebs-different-approach-to-satellite-internet-vs-elon-musks-spacex-starlink.html>
- Consumer Action. (2002). *Long Distance Telephone Rates Survey*. https://www.consumer-action.org/news/articles/2002_long_distance_telephone_rates_survey
- European Commission. (2021). *Broadband: Technology comparison*. <https://digital-strategy.europa.eu/en/policies/broadband-technology-comparison>
- Federal Communications Commission. (2020). *FCC Selected Application Filing & Reporting System - Search File Number = SATMPL2020052600062*. <https://www.fcc.gov/licensing-database/search-fcc-databases>
- Galaxy Space. (2020). *Galaxy Space*. <http://www.yinhe.ht/solutionEn.html>
- Gardi, J., & Ross, J. (2016). *The Future of Space Launch is Here! An illustrated guide to SpaceX's launch vehicle reusability plans*. justatinker. <http://justatinker.com/Future/>
- Globalstar. (2021). Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Globalstar>
- International Telecommunication Union. (2020a). *e-Submission of Satellite Network Filings (Reference number: CHN2020-33636 & CHN2020-33634)*. <https://www.itu.int/ITU-R/space/asreceived/Publication/AsReceived>
- International Telecommunication Union. (2020b). *The Last-mile Internet Connectivity Solutions Guide*. ITU Publications. pp. 1-137.
- Iridium Museum. (2021). *History of Iridium*. <https://www.iridiummuseum.com/timeline/>
- Jancer, M., & Van Camp, J. (2021). *What's the Best Unlimited Data Plan?*. WIRED. <https://www.wired.com/story/best-unlimited-data-plans/>
- Krebs, G. (2019). *Orbcomm FM1-FM43*. Gunter's Space Page. https://space.skyrocket.de/doc_sdat/orbcomm.htm

- Mazareanu, E. (2020). *Number of satellites launched by year 1957-2019*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/896699/number-of-satellites-launched-by-year/>
- Musk, E. (2021, June 29). *Keynote 5: Elon Musk* [Conference Session]. Mobile World Congress 2021, Barcelona, Spain. <https://youtu.be/RcnVTgrgThE>
- Nasa Spaceflight. (2019). *SpaceX and Cape Canaveral Return to Action with First Operational Starlink Mission*. <https://nasaspaceflight.com/2019/11/spacex-cape-return-first-operational-starlink-mission>
- Pachler, N., Del Portillo, I., Crawley, E. F., & Cameron, B. G. (2021). *An Updated Comparison of Four Low Earth Orbit Satellite Constellation Systems to Provide Global Broadband*. 2021 IEEE International Conference on Communications Workshops (pp. 1-7). IEEE.
- Reusable launch system*. (2021). Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Reusable_launch_system
- Schulze, M., & Voelsen, D. (2020). *Digital Spheres of Influence*. Strategic Rivalry between United States and China. Causes, Trajectories, and Implications for Europe. pp. 30-34.
- Starlink. (2021). *Starlink*. <https://www.starlink.com>
- Telesat. (2020). *Real-Time Latency: Rethinking Remote Networks*. https://www.telesat.com/wp-content/uploads/2020/07/Real-Time-Latency_HW.pdf
- Telesat, (2021). *Telesat to receive \$1.44 billion through Government of Canada investment, a major milestone towards completing the financing of Telesat Lightspeed*. <https://www.telesat.com/press/press-releases/telesat-to-receive-1-44-billion-through-government-of-canada-investment-a-major-milestone-towards-completing-the-financing-of-telesat-lightspeed/>
- The Wall Street Journal. (2001). *Fresh From \$5 Billion Bankruptcy, Iridium Plans to Relaunch Its Mobile-Phone Service*. <https://www.wsj.com/articles/SB985758967784570148>
- United Nations. (2020). *Education During COVID-19 and beyond*. UN Executive Office of the Secretary-General (EOSG) Policy Briefs and Papers. pp. 1-26.
- United Nations Office for Disarmament Affairs. (n.d.). *Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including Moon and Other Celestial Bodies*. https://treaties.unoda.org/t/outer_space
- Venkatesan, A., Lowenthal, J., Prem, P., & Vidaurre, M. (2020). The impact of satellite constellations on space as an ancestral global commons. *Nature Astronomy*, 4, 1043-1048.
- Voelsen, D. (2021). Internet from Space: How New Satellite Connections Could Affect Global Internet Governance. *SWP Research Paper*, 3, 1-31.