# ผลกระทบของเทคโนโลยี Internet 5G ภาคพื้นดิน และดาวเทียม LEO (Low Earth Orbit) ที่มีต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของไทย

โดย

นายมรกต เธียรมนตรี
รองกรรมการผู้จัดการใหญ่ สายงานพัฒนาองค์กร
บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

นักศึกษาวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
หลักสูตรการป้องกันราชอาณาจักร รุ่นที่ 62
ประจำปีการศึกษา พุทธศักราช 2562 - 2563

# หนังสือรับรอง

วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ ได้อนุมัติให้เอกสารวิจัย เรื่อง “ผลกระทบของเทคโนโลยี Internet 5G ภาคพื้นดิน และดาวเทียม LEO (Low Earth Orbit) ที่มีต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของไทย” ลักษณะวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของ นายมรกต เธียรมนตรี เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการป้องกันราชอาณาจักร รุ่นที่ 62 ประจำปีการศึกษา พุทธศักราช 2562-2563

พลโท

(พิสัณห์ ปฐมเอม)
ผู้อำนวยการวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ

# บทคัดย่อ

**เรื่อง** ผลกระทบจากเทคโนโลยี Internet 5G ภาคพื้นดิน และดาวเทียม LEO (Low Earth Orbit) ที่มีต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของไทย

**ลักษณะวิชา** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

**ผู้วิจัย** นายมรกต เธียรมนตรี **หลักสูตร** วปอ. **รุ่นที่** 62

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1. เทคโนโลยี 5G และการพัฒนาบริการ 5G ทั้งในและต่างประเทศของไทย 2. เทคโนโลยีการให้บริการ Internet ผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ (Low Earth Orbit) จากผู้ให้บริการรายใหญ่ของประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศจีน 3. เปรียบเทียบเทคโนโลยี 5G กับ LEO และ 4. ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของโลก ภูมิภาคอาเซียนและประเทศไทย ทั้งด้านอุตสาหกรรมโทรคมนาคม เศรษฐกิจมหภาค และความมั่นคง รวมถึงโอกาสที่จะเข้าไปมีส่วนร่วมในเทคโนโลยีต่าง ๆ ดำเนินการวิจัยแบบเชิงคุณภาพ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลด้านเอกสาร (Review Data) ทบทวนวรรณกรรม (Literature Review) ต่าง ๆ จากเอกสารทางวิชาการ วารสาร หนังสือพิมพ์ บทความ ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต อีกทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประกอบการพิจารณาในการจัดทำข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษา พบว่า 1. เทคโนโลยี 5G ในประเทศไทยมีแนวโน้มให้บริการในเชิงพาณิชย์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมหาศาลทั้งทางภาครัฐและภาคเอกชน โดยการเปลี่ยนถ่ายไปสู่การใช้เทคโนโลยี 5G จำเป็นที่จะต้องทำคู่ขนานกับระบบ LTE ที่ใช้ในปัจจุบัน ส่วนสหรัฐอเมริกาและจีน ซึ่งเป็นประเทศมหาอำนาจต่างพยายามเข้าไปมีส่วนร่วมในการกำหนดมาตรฐาน 5G เพราะต้องการรักษาความเป็นผู้นำทางเทคโนโลยีของโลก 2. สหรัฐอเมริกาและจีนมีการแข่งขันด้านอุตสาหกรรมการสื่อสารในอวกาศเพิ่มมากขึ้น 3. 5G มีข้อดี คือ ความละเอียดสูงและแบนด์วิดธ์ขนาดใหญ่ และความเร็วเพิ่มขึ้น และสามารถเผยแพร่ข้อมูลขนาดใหญ่ได้อย่างรวดเร็ว ข้อด้อยคือ อุปกรณ์เก่าจะไม่สามารถใช้งานได้ ค่าใช้จ่ายสูง เทคโนโลยี LEO ข้อดี คือ ดาวเทียมสามารถกระจายสัญญาณจากจุดหนึ่งไปยังหลาย ๆ สถานที่พร้อม ๆ กันได้ครอบคลุมดีกว่า และไม่จำเป็นต้องใช้ต้นทุนจำนวนมากในการสร้างโครงข่ายภาคพื้นดิน 4. มีการนำเทคโนโลยี 5G, IoT และเทคโนโลยีด้านดิจิทัลไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตมากที่สุด รองลงมาคือ อุตสาหกรรมพลังงานและระบบสาธารณูปโภค ดังนั้น ผู้ประกอบการและรัฐบาลต้องเตรียมพร้อมรับ เทคโนโลยี 5G โดยประยุกต์ใช้ในทุกอุตสาหกรรม เช่น การควบคุมหุ่นยนต์และเครื่องจักรที่ชาญฉลาด (Machine Intelligence) เครือข่ายเว็บเคลื่อนที่ (Ubiquitous Web) โมบายบรอดแบนด์ (Mobile Broadband) และยานพาหนะไร้คนขับ (Unmanned Vehicles) ไปจนถึงซอฟต์แวร์ที่สามารถแปลภาษาได้ทุกภาษาด้วย AI บนสมาร์ทโฟน 5G

# ABSTRACT

**Title** Effect of Internet Technology 5 G and LEO (Low Earth Orbit) has on Thai Telecommunications Industry

**Field** Science and Technology

**Name** Mr. Morakot Thienmontree **Course** NDC **Class** 62

This study has objectives to study 1. 5G technology and 5G service development both in Thailand and foreign countries, 2. Internet service providing technology by LEO (Low Earth Orbit) from lead operators in the US and China, 3. compare 5G and LEO technology, and 4 . effects and coping of 5 G and LEO toward the global telecommunications industry in ASEAN and Thailand in terms of the telecommunications industry, macroeconomy, and security. This includes opportunities to participate in technology in different aspects. This study is a qualitative study by doing Review Data and Literature Review from academic documentations, journals, newspapers, articles, information from the internet, and related studies to develop recommendations.

Results from the study show that 1. 5G technology in Thailand has a trend to be more provided in terms of commercial service which requires high investment from both the private and public sectors. The transition to 5G technology needs to be done with the LTE system which currently used. For the US and China which are mighty nations, they both try to participate in defining the 5G standard because they want to maintain their world technology leadership status, 2. The US and China have higher competition in the space communication industry, 3. 5G has advantages of high resolution, bog bandwidth, and can be used to transmit data with a big amount and fast. However, disadvantages of 5G are incompatibility of old devices and high cost while advantages of LEO are a satellite can distribute the signal to many locations at the same time with the better coverage and does not require high investment to build the ground network, 4. 5G, IoT, and digital technologies are most applied in the production industry followed by energy and utility industry. Therefore, entrepreneurs and the government have to be ready for 5G technology by applying in every industry such as the controlling of Machine Intelligence, Ubiquitous Web, Mobile Broadband, and Unmanned Vehicles or software which can translate every language by AI on 5G smartphones.

# คำนำ

งานวิจัยเรื่องผลกระทบของเทคโนโลยี Internet 5G ภาคพื้นดิน และดาวเทียม LEO (Low Earth Orbit) ที่มีต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของไทยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคโนโลยี 5G และ LEO ในด้านการพัฒนาบริการ การให้บริการ การเปรียบเทียบจุดเด่น จุดด้อย ผลกระทบและการรับมือต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของโลก ภูมิภาคอาเซียน และประเทศไทย ทั้งด้านอุตสาหกรรมโทรคมนาคม เศรษฐกิจมหภาค และความมั่นคง รวมถึงโอกาสที่จะเข้าไปมีส่วนร่วมในเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อนำมาประกอบการพิจารณาในการจัดทำข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานการวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ในการจัดทำแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีการให้บริการ Internet เพื่อตอบสนองแผนยุทธศาสตร์ชาติ ด้านความมั่นคง ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน และด้านการสร้างโอกาสความเสมอภาคและเท่าเทียมกันทางสังคม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลง และรูปแบบการพัฒนาใหม่ ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อให้เป็นบุคลากรที่มีคุณภาพทัดเทียบกับประเทศพัฒนาอื่น ๆ ต่อไป

(นายมรกต เธียรมนตรี)
นักศึกษาวิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร
หลักสูตร วปอ. รุ่นที่ 62
ผู้วิจัย

# สารบัญ

หน้า

**บทคัดย่อ** ก
**Abstract** ข
**คำนำ** ค
**สารบัญ** ง
**สารบัญตาราง** ฉ
**สารบัญแผนภาพ** ช
**บทที่ 1 บทนำ** 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
ขอบเขตของการวิจัย 3
วิธีดำเนินการวิจัย 3
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 3
คำจำกัดความ 4
**บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** 5
แผนยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) 5
นโยบายประเทศไทย 4.0 (Thailand 4.0) 6
แผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (ระยะ 20 ปี) 7
แผนแม่บทกิจการโทรคมนาคม ฉบับที่ 2 7
นโยบาย และหลักการที่เกี่ยวข้องด้านให้บริการ Internet 8
แนวคิดด้านเทคโนโลยี Internet 9
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13
กรอบแนวคิดของการวิจัย 14
สรุป 15
**บทที่ 3 การพัฒนาเทคโนโลยี Internet ในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต** 17
เทคโนโลยี 3G และ 4G 17
เทคโนโลยี 5G 18
เทคโนโลยี FTTx (Fiber to the X) 24
เทคโนโลยี LEO 29
การผลักดันและการสร้างอำนาจต่อรองด้วยเทคโนโลยี Internet 5G และดาวเทียม LEO ระหว่างประเทศมหาอำนาจจีนและสหรัฐอเมริกา 33
จุดเด่นและจุดด้อยของแต่ละเทคโนโลยี 37
สรุป 50

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

**บทที่ 4 ผลกระทบและการรับมือเทคโนโลยี Internet 5G และดาวเทียม LEO ที่มีต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของโลกและของไทย** **53**
ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของโลก 53
ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่อภูมิภาคอาเซียน 56
ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่อประเทศไทย 57
ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่ออุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของประเทศไทย 61
สรุป 68
**บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ** **71**
สรุป 71
ข้อเสนอแนะ 79
**บรรณานุกรม** 82
**ประวัติย่อผู้วิจัย** 86

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**


3 - 1 การใช้งานของ 5G ในสามด้านหลัก ๆ 23
3 - 2 การเปรียบเทียบระหว่าง 3G กับ 4G 37
3 - 3 สรุปรายละเอียดที่สำคัญแต่ละโครงการของผู้ให้บริการดาวเทียมในวงโคจรต่ำ 40
4 - 1 ตลาดบริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ปี 2562 64
5 - 1 ตลาดบริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ปี 2562 74
5 - 2 ข้อดีและข้อเสียของแนวทางและข้อเสนอแนะในการรับมือกับผลกระทบ ทั้งในด้านเศรษฐกิจและความมั่นคงที่สามารถทำได้ทั้งเชิงรับและเชิงรุก 80

# สารบัญแผนภาพ

**แผนภาพที่** **หน้า**


| | | |
|---|---|---|
| 2 - 1 | กรอบแนวคิดของการวิจัย | 14 |
| 3 - 1 | มาตรฐานสำหรับระบบ 5G ตาม ITU-R M.2083-0 | 19 |
| 3 - 2 | มาตรฐานของหน่วยงานต่าง ๆ สำหรับระบบ 5G | 20 |
| 3 - 3 | ระบบ FTTH | 26 |
| 3 - 4 | ระบบ PON | 27 |
| 3 - 5 | การคาดการณ์การเติบโตของการรับ-ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตโดยบริษัท CISCO System | 29 |
| 3 - 6 | ตัวอย่างการใช้งานดาวเทียมวงโคจรต่ำ | 30 |
| 3 - 7 | พื้นที่ครอบคลุมของดาวเทียมวงโคจรต่ำหนึ่งดวงและการวางดาวเทียมวงโคจรต่ำในลักษณะโครงข่าย หรือ Constellation เพื่อให้บริการด้านการสื่อสาร | 31 |
| 3 - 8 | การสื่อสารเชื่อมต่อระหว่างดาวเทียมด้วย Laser | 42 |
| 3 - 9 | การสื่อสารเชื่อมต่อระหว่างดาวเทียม | 43 |
| 3 - 10 | อุปกรณ์ปลายทางของ Tesat TOSIRIS 10 Gbps ที่สถานีภาคพื้นดิน และ LCT135 ส่งระหว่างดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าด้วยระยะทางสูงสุด 80,000 กม. | 43 |
| 3 - 11 | สายอากาศไมโครสตริปแถบความถี่คู่อาร์เรย์ โครงสร้าง และอัตราขยาย | 45 |
| 3 - 12 | Flat Panel Antenna การติดตั้งบนรถยนต์ และแบบจำลองการแผ่กระจายคลื่น | 46 |
| 3 - 13 | การประยุกต์ใช้งานดาวเทียมวงโคจร LEO และ GEO | 47 |
| 3 - 14 | Use Cases สำหรับบริการ และการทำงานของรถยนต์อัตโนมัติ | 49 |
| 3 - 15 | การทำงานของรถยนต์อัตโนมัติ | 49 |
| 4 - 1 | ค่าใช้จ่ายในส่วนของคลื่นความถี่ของผู้ให้บริการแต่ละราย | 65 |
| 4 - 2 | จำนวนผู้โดยสารเครื่องบิน เรือ รถไฟ ภายในประเทศ ปี 2562 | 66 |
| 4 - 3 | รูปแบบการเชื่อมโยงโครงข่ายและโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล | 67 |
| 5 - 1 | ค่าใช้จ่ายในส่วนของคลื่นความถี่ของผู้ให้บริการแต่ละราย | 75 |
| 5 - 2 | จำนวนผู้โดยสารเครื่องบิน เรือ รถไฟ ภายในประเทศ ปี 2562 | 76 |
| 5 - 3 | รูปแบบการเชื่อมโยงโครงข่ายและโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล | 77 |

ประวัติย่อผู้วิจัย

**ชื่อ** นายมรกต เธียรมนตรี

**วัน เดือน ปีเกิด** 27 ธันวาคม 2508

**การศึกษา** ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (ไฟฟ้า)
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปี พ.ศ. 2531
ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (ไฟฟ้า)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์ ปี พ.ศ. 2544

**ประวัติการทำงานโดยย่อ**
ผู้จัดการฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์ระหว่างประเทศ ปี พ.ศ. 2551
ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ ปี พ.ศ. 2553
รองกรรมการผู้จัดการสายงานการตลาดและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ปี พ.ศ. 2554

**ตำแหน่งปัจจุบัน** รองกรรมการผู้จัดการใหญ่ สายงานพัฒนาองค์กร บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

# บทที่ 2
# การทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเรื่อง ผลกระทบของเทคโนโลยี Internet 5G ภาคพื้นดิน และดาวเทียม LEO (Low Earth Orbit) ที่มีต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของไทย) ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแนวคิดทฤษฎีจากเอกสาร ตำรา และรายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วรวบรวมสาระสำคัญ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการกำหนดกรอบแนวคิดของการวิจัย โดยเนื้อหาในการนำเสนอมีลำดับ ดังนี้

1. แผนยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579)
2. นโยบายประเทศไทย 4.0 (Thailand 4.0)
3. แผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (ระยะ 20 ปี)
4. แผนแม่บทกิจการโทรคมนาคม ฉบับที่ 2
5. เทคโนโลยีเพื่อการสื่อสารและพัฒนาภาคอุตสาหกรรม
6. นโยบาย และหลักการที่เกี่ยวข้องด้านให้บริการ Internet
7. แนวคิดด้านเทคโนโลยี Internet
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
9. กรอบแนวคิดของการวิจัย
10. สรุป

## แผนยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579)

เป็นแผนแม่บทในการพัฒนาประเทศไทยในระยะยาว เป็นการปฏิรูประบบการบริหารราชการแผ่นดินของประเทศไทยให้สามารถดำเนินงานในการขับเคลื่อนการพัฒนาไปสู่เป้าหมายอนาคตของประเทศที่พึงประสงค์ได้ในระยะยาว (ร่วมมือกันขับเคลื่อนประเทศให้ก้าวไปสู่ประเทศที่พัฒนาแล้ว) ประกอบด้วย 6 ยุทธศาสตร์ ได้แก่

1. ยุทธศาสตร์ด้านความมั่นคง
2. ยุทธศาสตร์ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน
3. ยุทธศาสตร์การพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคน
4. ยุทธศาสตร์ด้านการสร้างโอกาสความเสมอภาคและเท่าเทียมกันทางสังคม
5. ยุทธศาสตร์ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
6. ยุทธศาสตร์ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ

ซึ่งยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาประเทศโดยใช้ ICT ได้แก่การลงทุนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน ด้านการขนส่ง ความมั่นคงและพลังงาน ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ และการวิจัยและพัฒนา การยกระดับการศึกษาและการเรียนรู้ให้มีคุณภาพเท่าเทียมและทั่วถึง การพัฒนาการ

สื่อสารมวลชนให้เป็นกลไกในการสนับสนุนการพัฒนาประเทศ ตลอดจนพัฒนาระบบการให้บริการประชาชนของหน่วยงานภาครัฐ

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงยุทธศาสตร์ทั้ง 6 ด้านที่กำหนดไว้ในยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี พบว่า ทุกยุทธศาสตร์มีความจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนาคน พัฒนาระบบ และพัฒนางาน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของประเทศตามที่วางแผนไว้ ซึ่งหน่วยงานต่าง ๆ ต้องจัดทำแผนยุทธศาสตร์ของตนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานโดยจะต้องใช้ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี เป็นแม่บทในการกำหนดแผนยุทธศาสตร์ของหน่วยงานต่อไป แต่เหนือสิ่งอื่นใดภาครัฐควรต้องมีนโยบายที่ชัดเจนในการ “พัฒนาทุนมนุษย์” ของประเทศเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลง และรูปแบบการพัฒนาใหม่ ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อให้เป็นบุคลากรที่มีคุณภาพทัดเทียบกับประเทศพัฒนาอื่น ๆ และต้องให้เพียงพอสอดรับกับแผนพัฒนาประเทศในอีก 20 ปีข้างหน้าด้วย

## นโยบายประเทศไทย 4.0 (Thailand 4.0)

เป็นวิสัยทัศน์เชิงนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย เพื่อปรับแก้ จัดระบบปรับทิศทาง และสร้างหนทางพัฒนาประเทศให้เจริญก้าวหน้าได้อย่างมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน สามารถรับมือกับโอกาสและภัยคุกคามแบบใหม่ ๆ ที่เปลี่ยนแปลงอย่างเร็ว รุนแรงในศตวรรษที่ 21 ได้เพื่อให้สามารถรองรับการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจจากแบบเดิม ๆ ไปสู่ “Value-Based Economy” หรือ “เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม” โดยมีฐานคิดหลัก คือ เปลี่ยนจากการผลิตสินค้า “โภคภัณฑ์” ไปสู่สินค้าเชิง “นวัตกรรม” เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เปลี่ยนจากการเน้นภาคการผลิตสินค้าไปสู่การเน้นภาคบริการมากขึ้น ขณะเดียวกันยังต้องเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจอุตสาหกรรมที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม มุ่งเน้นการเพิ่มมูลค่า (Value Added) ไปสู่การสร้างมูลค่า (High Value) หรือการสร้างผลิตภาพ (Productivity) ซึ่งกำหนดเป้าหมายครอบคลุมใน 4 มิติ คือ

1. ความมั่งคั่งทางเศรษฐกิจ
2. ความอยู่ดีมีสุขทางสังคม
3. การยกระดับคุณค่ามนุษย์
4. การรักษ์สิ่งแวดล้อม

ทั้งนี้ การขับเคลื่อนโครงสร้างเศรษฐกิจแบบใหม่ดังกล่าว ต้องเติมเต็มด้วยวิทยาการความคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีการวิจัยและพัฒนา และจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) เป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามที่กำหนดไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มดิจิตอล เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมต่อการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ปัญญาประดิษฐ์ และเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว และเพื่อให้เกิดผลจริง จะต้องมีการพัฒนาทางด้านวิทยาการ ความคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนาแล้วต่อยอดในกลุ่มเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมเป้าหมาย จึงจะเกิดเป็นการพัฒนาที่ยั่งยืน ที่ผ่านมาเรื่องเหล่านี้กลับยังมีความไม่ชัดเจนในการปฏิบัติโดยเฉพาะยังไม่มีผู้รับผิดชอบหลักในการขับเคลื่อนนโยบายและกลายเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้การทำงานไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน อีกทั้งยังขาดการผลักดันที่จริงจังและการสนับสนุนที่ต้องขับเคลื่อนไปพร้อม ๆ กันทั้งระบบ นอกจากนี้ยังมีอุปสรรค

ในเรื่องของแนวนโยบายภาครัฐที่ดูเป็นเชิงสกัดกั้นเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เข้ามาสู่ประเทศไทย การปรับใช้กฎหมายที่อาจไม่สอดคล้องกับทิศทางการเปลี่ยนแปลงของโลก การไม่มีแนวทางสนับสนุนที่ชัดเจนให้กับผู้ประกอบการที่มีศักยภาพในประเทศ ซึ่งทำให้ความสามารถในการแข่งขันของประเทศลดลงจนไม่สามารถแข่งขันกับประเทศอื่น ๆ ได้อีก (สมาคมโทรคมนาคมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2561)

## แผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (ระยะ 20 ปี)

สมาคมโทรคมนาคมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (2561) กล่าวถึงแผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (ระยะ 20 ปี) เป็นแผนพัฒนาที่มุ่งหวังให้ประเทศไทยเป็นประเทศที่สามารถสร้างสรรค์และใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัลอย่างเต็มศักยภาพในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน นวัตกรรม ข้อมูล ทุนมนุษย์ และทรัพยากรอื่นใด เพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน โดยแผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมจะมีเป้าหมายในภาพรวม 4 ประการ คือ

1. เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศ ด้วยการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีดิจิทัล เป็นเครื่องมือหลักในการสร้างสรรค์นวัตกรรมการผลิต การบริการ
2. สร้างโอกาสทางสังคมอย่างเท่าเทียมด้วยข้อมูลข่าวสารและบริการต่าง ๆ ผ่านสื่อดิจิทัลเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน
3. เตรียมความพร้อมให้บุคลากรทุกกลุ่มมีความรู้และทักษะที่เหมาะสมต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพในยุคดิจิทัล
4. ปฏิรูปกระบวนทัศน์การทำงานและการให้บริการของภาครัฐ ด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลและการใช้ประโยชน์จากข้อมูล เพื่อให้การปฏิบัติงานเกิดความโปร่งใส มีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล

จะเห็นได้ว่าแผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมมีความสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาประเทศหรือยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และสนับสนุนทิศทางการพัฒนาของประเทศโดยรวม ทั้งการนำเทคโนโลยีดิจิทัลเข้าไปช่วยแก้ไขปัญหาและความท้าทายของประเทศในยุคปัจจุบัน และยังรองรับความท้าทายด้านต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุดจากพลวัตของเทคโนโลยีดิจิทัล ซึ่งจะส่งผลต่อโครงสร้างของระบบเศรษฐกิจและสังคมทั้งเชิงบวกและลบ เพื่อให้ประเทศไทยสามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีได้อย่างก้าวกระโดด

## แผนแม่บทกิจการโทรคมนาคม ฉบับที่ 2

สมาคมโทรคมนาคมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (2561) เป็นแผนที่จัดทำขึ้นบนพื้นฐานของยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) ทิศทางของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 แผนการพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม รวมทั้งนโยบายการปรับโครงสร้างประเทศไทยไปสู่ประเทศไทย 4.0 เป็นนโยบายที่มุ่งมั่นปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม (Value-Based Economy) เพื่อใช้เป็นกรอบแนวทางในการ

พัฒนากิจการโทรคมนาคมที่ต่อเนื่องจากแผนแม่บทกิจการโทรคมนาคม ฉบับที่ 1 สู่การพัฒนาที่สมดุลและยั่งยืน โดยมีแนวทางการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การพัฒนา 3 ประการ คือ

1. การสนับสนุนการพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ โดยบูรณาการความร่วมมือกับภาคส่วนต่าง ๆ เพื่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคมของประเทศให้ทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ

2. ส่งเสริมสนับสนุนการมีส่วนร่วมของประชาชนในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศตามแนวทางประชารัฐ การเปิดกว้างรับฟังความคิดเห็นจากประชาชน การปรึกษาหารือและวางแผนร่วมกันเพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องร้องเรียนและคุ้มครองผู้บริโภค

3. สร้างความเชื่อมั่นและคุ้มครองความปลอดภัยให้กับประชาชนในการใช้บริการโทรคมนาคม การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลและความเป็นส่วนตัว ความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ สนับสนุนนโยบายการแสดงตัวตน (Identification) เพื่อการสร้างความมั่นคงปลอดภัยการใช้บริการโทรคมนาคมและการทำธุรกรรมอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับ Mega Trends อาทิ Big Data & Analytics, Internet of Things, Future Communications, Cyber Security and Trust

## นโยบาย และหลักการที่เกี่ยวข้องด้านให้บริการ Internet

### โครงการเพิ่มประสิทธิภาพบริการอินเตอร์เน็ตไร้สายเพื่อประโยชน์สาธารณะ

ด้วยนโยบายคณะรัฐมนตรีชุดปัจจุบันภายใต้การบริหารราชการแผ่นดินของ พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา ซึ่งได้แถลงต่อสภานิติบัญญัติแห่งชาติ เมื่อวันที่ 12 กันยายน พ.ศ. 2557 ที่ผ่านมานั้น ได้แถลงนโยบายด้านการเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจของประเทศ ข้อ 6.18 ต้องการให้มีการส่งเสริมภาคเศรษฐกิจดิจิทัลและวางรากฐานของเศรษฐกิจดิจิทัล ให้เริ่มขับเคลื่อนได้อย่างจริงจัง ซึ่งจะทำให้ทุกภาคเศรษฐกิจก้าวหน้าไปได้ทันโลกและสามารถแข่งขันในโลกสมัยใหม่ได้ ทั้งนี้ เศรษฐกิจดิจิทัล หมายถึง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เป็นกลไกหลักที่ปฏิรูปกระบวนการผลิต การดำเนินธุรกิจ การค้า การบริการ รวมทั้งการดำเนินชีวิตประจำวันของประชาชน จนกลายเป็นระบบดิจิทัลทำให้มีความยืดหยุ่นสูง สามารถรองรับและปรับตัว ต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ส่งผลต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในสังคม การจ้างงานที่ดีขึ้น การดำเนินกิจกรรมทางสังคม ของปัจเจกชน องค์กร และชุมชน การให้บริการของภาครัฐ ตลอดจนถึง การเรียนรู้ เข้าถึง และการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัล

สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สดช.) กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ในฐานะหน่วยงานหลักซึ่งทำหน้าที่กำหนด นโยบายเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัล จึงได้ดำเนินโครงการบริการอินเทอร์เน็ตไร้สายโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายเพื่อประโยชน์สาธารณะ ซึ่งเป็นโครงการที่ส่งเสริมให้ประชาชนไม่จำกัดอายุ การศึกษา สถานะทางการเงินและสังคม ร่วมถึงนักท่องเที่ยวต่างชาติ สามารถเข้าถึงข้อมูลและบริการดิจิทัลที่เป็นประโยชน์ผ่านการให้บริการอินเทอร์เน็ตโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายทั้งนี้ โครงการนี้ ได้มีการดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555

โดยกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในขณะนั้น ได้รับความร่วมมือจากผู้ให้บริการ (Internet Service Provider: ISP) ต่าง ๆ เช่น บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) บริษัท แอดวานซ์ อินโฟ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) บริษัท ทรู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) และบริษัท โทเทิ่ลแอ็คเซ็สคอมมูนิเคชั่น จำกัด (มหาชน) เป็นต้น ในการติดตั้งจุดให้บริการอินเทอร์เน็ตไร้สายฟรีในที่สาธารณะ กระจายอยู่ตามสถานที่ชุมชน เช่น สถานศึกษา สถานบริการภาครัฐ สถานีขนส่ง รถไฟ รถประจำทาง ท่าอากาศยาน และ สถานที่ท่องเที่ยวซึ่งจากให้การบริการที่ผ่านมา มีประชาชนได้รับประโยชน์จากบริการเป็นจำนวนมาก แต่ก็พบปัญหาด้านการบริการ โดยเนื่องจากมีการบริหารจัดการแยกกันตามแต่ละผู้ให้บริการ ทำให้ประชาชนต้องลงทะเบียนซ้ำซ้อนหลายครั้งเมื่อเข้าใช้บริการกับผู้ให้บริการที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดความไม่สะดวกในการใช้บริการ (สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560) โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ดำเนินการปรับปรุงบริการให้มีความสะดวกแก่ผู้ใช้บริการ โดยการจัดให้มีระบบตรวจสอบสิทธิ์การเข้าใช้งานบริการส่วนกลาง ที่ทำให้ผู้ใช้บริการลงทะเบียนเพียงครั้งเดียวสามารถใช้บริการได้กับทุกผู้ให้บริการ (ISP) ที่เข้าร่วมโครงการ

2. จัดให้มีระบบบริหารจัดการ Web Portal ส่วนกลางสำหรับให้ผู้ใช้บริการได้จัดการบัญชีผู้ใช้ได้ด้วยตนเอง และสามารถแสดงตำแหน่งจุดให้บริการของกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ในรูปแบบ Google Map ได้

3. จัดให้มีระบบบริหารจัดการอุปกรณ์เครือข่ายสำหรับตรวจสอบสถานะอุปกรณ์เครือข่ายในโครงการที่ให้บริการของกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมได้

## แนวคิดด้านเทคโนโลยี Internet

### 1. ความหมายของอินเตอร์เน็ต (INTERNET)

อินเตอร์เน็ตหรือเครือข่ายขนาดใหญ่ที่เชื่อมต่อถึงกันทั่วโลก โดยมีมาตรฐานการรับส่งข้อมูลระหว่างกันเป็นหนึ่งเดียว ซึ่งคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะสามารถรับส่งข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตัวอักษร ภาพและเสียงได้ รวมทั้งสามารถค้นหาข้อมูลจากที่ต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว อินเตอร์เน็ตประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเครือข่ายที่เชื่อมคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน และส่วนที่เป็นข้อมูลที่คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องเก็บเอาไว้ พร้อมกับมีความสามารถที่ช่วยให้เราค้นหาข้อมูลที่ต้องการได้ในเวลาอันสั้น อินเตอร์เน็ตเป็นสิ่งที่ปฏิวัติความเป็นอยู่ของมนุษยชาติ เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมมนุษย์ ช่วยให้คนเรามีอิสรเสรีในการเรียนรู้และการทำงานมากขึ้น พบว่ามีประชากรโลกกว่า 650 ล้านคน ใช้อินเตอร์เน็ตในปัจจุบัน (ค.ศ. 2003) ดังนั้น คนไทยยุคนี้ควรเรียนรู้การใช้อินเตอร์เน็ตเพราะเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง อินเตอร์เน็ตมีมาตรฐานการรับส่งข้อมูลที่ชัดเจนและเป็นหนึ่งเดียวกันทำให้ การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์คนละประเภทเป็นไปได้อย่างง่ายดาย ไม่ว่าจะเป็นพีซี แมคอินทอช หรือ เครื่องประเภทใด ๆ ก็ตาม โดยทั่วไปแล้วคอมพิวเตอร์ที่ประกอบกันเข้าเป็นเครือข่ายหลักของอินเทอร์เน็ตมักจะเป็นระบบเครือข่ายของมินิคอมพิวเตอร์หรือระบบเครือข่ายท้องถิ่น (Local Area Network หรือ LAN) และเครือข่ายเมนเฟรม คอมพิวเตอร์บางคนจึงเรียก

อินเตอร์เน็ตว่าเป็น “เครือข่ายของคอมพิวเตอร์” ส่วนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมักจะไม่ได้ต่ออยู่กับอินเตอร์เน็ตตลอดเวลา แต่จะเชื่อมต่อเมื่อต้องการใช้งานเท่านั้น

**2. อินเทอร์เน็ต (Internet)**

อินเทอร์เน็ต (Internet) คือ เครือข่ายของคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่เชื่อมโยงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทั่วโลก เข้าด้วยกัน โดยอาศัยเครือข่ายโทรคมนาคมเป็นตัวเชื่อมเครือข่าย ภายใต้มาตรฐานการเชื่อมโยงด้วยโปรโตคอลเดียวกันคือ TCP/ IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol) เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องในอินเทอร์เน็ตสามารถสื่อสารระหว่างกันได้ นับว่าเป็นเครือข่ายที่กว้างขวางที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากมีผู้นิยมใช้ โปรโตคอลอินเทอร์เน็ตจากทั่วโลกมากที่สุด

อินเทอร์เน็ตจึงมีรูปแบบคล้ายกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ระบบ WAN แต่มีโครงสร้างการทำงานที่แตกต่างกันมากพอสมควร เนื่องจากระบบ WAN เป็นเครือข่ายที่ถูกสร้างโดยองค์กร ๆ เดียวหรือกลุ่มองค์กร เพื่อวัตถุประสงค์ด้านใดด้านหนึ่ง และมีผู้ดูแลระบบที่รับผิดชอบแน่นอน แต่อินเทอร์เน็ตจะเป็นการเชื่อมโยงกันระหว่างคอมพิวเตอร์นับล้าน ๆ เครื่องแบบไม่ถาวรขึ้นอยู่กับเวลานั้น ๆ ว่าใครต้องการเข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ตบ้าง ใครจะติดต่อสื่อสารกับใครก็ได้ จึงทำให้ระบบอินเทอร์เน็ตไม่มีผู้ใดรับผิดชอบหรือดูแลทั้งระบบ

**3. การเติบโตของอินเทอร์เน็ต**

อินเทอร์เน็ตเป็นเทคโนโลยีที่มีอัตราการเติบโต เร็วมาก จำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายในอินเทอร์เน็ตในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2524 มีเพียง 213 เครื่อง ต่อมาในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2530 มีการสำรวจโดยใช้ระบบโดเมนเดิม พบว่าจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายได้เพิ่มขึ้นเป็น 28,174 เครื่อง และในการสำรวจครั้งหลังสุดในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2545 มีจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายทั้งสิ้น 162,128,493 เครื่อง และอัตราการเพิ่มของจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูง อินเทอร์เน็ต (Internet) เป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ครอบคลุมไปทั่วโลกซึ่งเกิดจากการเชื่อมโยงของเครือข่ายย่อยจำนวนมากที่กระจายอยู่ทั่วไป เครือข่ายเหล่านี้เชื่อมเข้าหากันภายใต้กฎเกณฑ์ที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน (Protocol) จนเป็นเครือข่ายขนาดใหญ่ โดยใช้มาตรฐานการเชื่อมต่อเดียวกันทั้งหมด เรียกว่า “TCP/ IP” ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่แตกต่างกันทางเทคโนโลยี สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลและส่งผ่านข้อมูลระหว่างกันได้ เครือข่ายอินเทอร์เน็ต นับเป็นเครื่องมือที่สำคัญ ในการทำให้การเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการภายในเวลาอันรวดเร็ว ทั้งยังเป็นแหล่งรวบรวมข้อมูลแหล่งใหญ่ที่สุดของโลก เป็นที่รวมของการบริการ และเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทั้งระดับบุคคล และองค์กร นอกจากนี้ยังมีการให้บริการข้อมูลและข่าวสารหลากหลายชนิดรวมถึงยังสามารถใช้งานด้านอื่น ๆ ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาตลอดเวลา เช่น การรับส่งไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Mail: E-mail) การโอนย้ายข้อมูลระหว่างกัน (FTP) การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ห่างไกลกัน (Telnet) การค้นหาข้อมูลข่าวสาร (Search Engine) การอ่านข่าวจากทุกมุมโลก การสนทนาบนเครือข่าย และการรับบริการสถานีวิทยุและโทรทัศน์บนเครือข่าย เป็นต้น

กล่าวโดยสรุป อินเทอร์เน็ตเป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ต่อเชื่อมถึงกันโดยใช้ TCP/ IP และมุ่งหวังให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าสูงสุด

## 4. ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network)

ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) หมายถึง การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปเข้าด้วยกันด้วยสายเคเบิล หรือสื่ออื่น ๆ ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับส่งข้อมูลแก่กันและกันได้

## 5. ลักษณะการเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

จุดปลายทางของการรับ-ส่งข้อมูล เราเรียกว่าโหนด (Node) ซึ่งโหนดนี้อาจเป็นคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ ATM หรือเครื่องรับโทรศัพท์ ซึ่งแล้วแต่วัตถุประสงค์ของการใช้งาน ซึ่งการที่จะทำให้แต่ละโหนด ติดต่อรับ-ส่งข้อมูลถึงกันได้นั้น ต้องมีการเชื่อมต่อที่เป็นระบบ ในรบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์นี้ เราสามารถแบ่งลักษณะของการเชื่อมโยงออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

5.1 เครือข่ายแบบดาว (Star Network) เครือข่ายแบบนี้จะมีคอมพิวเตอร์หลักที่เป็นโฮสต์ (Host) ต่อสายสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ย่อยที่เป็นไคลเอนต์ (Client) คอมพิวเตอร์ที่เป็นไคลเอนต์แต่ละเครื่องไม่สามารถติดต่อกันได้โดยตรง การติอต่อจะต้องผ่านคอมพิวเตอร์โฮสต์ที่เป็นศูนย์กลาง

5.2 เครือข่ายแบบวงแหวน (Ring Network) เครือข่ายแบบนี้จะมีการติดต่อสื่อสารเป็นแบบวงแหวนโดยที่ไม่มีคอมพิวเตอร์หลัก คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องในเครือข่ายสามารถติดต่อกันได้โดยตรง

5.3 เครือข่ายแบบบัส (Bus Network) เครือข่ายแบบนี้จะมีการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์บนสายเคเบิล ซึ่งเรียกว่า “บัส” คอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่ง ๆ สามารถส่งถ่ายข้อมูลได้เป็นอิสระ โดยข้อมูลจะวิ่งผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ บนสายเคเบิลจนกว่าจะถึงจุดที่ระบุไว้ (Address)

## 6. ประเภทของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท

6.1 เครือข่ายท้องถิ่น (Local Area Network หรือ LAN) เป็นเครือข่ายระยะใกล้ใช้กันอยู่ในบริเวณไม่กว้างนัก อาจอยู่ในองค์กรเดียวกัน หรืออาคารที่ใกล้กัน เช่น ภาพในสำนักงาน ภายในโรงเรียนหรือมหาวิทยาลัย ระบบเครือข่ายท้องถิ่นจะช่วยให้ติดต่อกันได้สะดวก ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ

6.2 เครือข่ายระดับเมือง (Metropolitan Area Network หรือ MAN) เป็นเครือข่ายขนาดกลาง ใช้ภายในเมืองหรือจังหวัดที่ใกล้เคียงกัน เช่น ระบบเคเบิลทีวีที่มีสมาชิกตามบ้านทั่วไปที่เราดูกันอยู่ทุกวันก็จัดเป็นระบบเครือข่ายแบบ MAN

6.3 เครือข่ายระดับประเทศ (Wide Area Network หรือ WAN) เป็นระบบเครือข่ายขนาดใหญ่ ใช้ติดตั้งบริเวณกว้าง มีสถานีหรือจุดเชื่อมต่อมากมาย มากกว่า 1 แสนจุด ใช้สื่อกลางหลายชนิด เช่น ระบบคลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ หรือดาวเทียม

## 7. ช่องทางการสื่อสารในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

ช่องทางการสื่อสาร (Communication Channel) หมายถึงสื่อ (Medium) ที่เป็นตัวกลางและอนุญาตให้ข้อมูล/ สารสนเทศผ่านจากจุดส่งถึงผู้รับในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ หรือระหว่างคอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่ายหนึ่งไปยังอีกเครือข่ายหนึ่ง ปริมาณของข้อมูลที่ช่องทางการสื่อสารสามารถนำไปได้นั้น เรียกว่า ความจุของช่องทางการสื่อสารหรือแบนด์วิดธ์ (Bandwidth)

ซึ่งนับเป็นจำนวนบิต (Bits) ต่อ 1 วินาที (Bits Per Second: Bps) สื่อที่ทำหน้าที่เป็นช่องทางการสื่อสาร ประกอบไปด้วย

7.1 สายโทรศัพท์ (Telephone Line) เป็นช่องทางการสื่อสารในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่รู้จักและใช้กันอย่าง แพร่หลาย ประกอบด้วยลวดทองแดงหุ้มด้วยฉนวน 2 เส้นพันบิดเป็นเกลียว เป็นสายสื่อสารที่ใช้ได้ทั้งในบ้านและในองค์กรธุรกิจ ซึ่งโดยทั่วไปองค์การโทรศัพท์ฯ จะเป็นผู้รับผิดชอบในการให้บริการสื่อสารข้อมูลผ่านสื่อกลางชนิดนี้ บริการดังกล่าว ได้แก่

7.2 Voice-Grade Service หมายถึง การสื่อสารข้อมูลในรูปของสัญญาณอนาล็อก (Analog) บนสายโทรศัพท์ โดยมีโมเด็มเป็นเครื่องแปลงสัญญาณ มีแบนด์วิดธ์เท่ากับ 56 Kbps โดยประมาณ

7.3 ISDN (Integrated Services Digital Network) เป็นระบบเครือข่ายที่มีความเร็วและความจุของช่องสื่อสารสูงถึงประมาณ 128 Kbps และยังสามารถแยกช่องสื่อสารเดียวกันออกเป็นช่องสื่อสารเสียง และช่องสื่อสารสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์

7.4 Two-Megabit Service เป็นเทคโนโลยีใหม่ล่าสุดที่มีความเร็ว 2 Mbps (2,000,000 Bits Per Second) โดยผ่านโมเด็ม สามารถรับข้อมูลที่อยู่ในรูปของภาพเคลื่อนไหวในระบบวีดิทัศน์ รวมทั้งกราฟิกความเร็วสูง และการเข้าถึงสารสนเทศแบบ On Line Real-Time ของผู้ใช้ ณ จุดต่าง ๆ ในระบบเครือข่าย

7.5 สายโคแอกเซียล (Coaxial Cable) หรือที่รู้จักในนามของสายโทรทัศน์ (Cable Television) ประกอบด้วย ลวดทองแดงหลายเส้นหุ้มด้วยฉนวนกันน้ำ จัดเป็นสายสื่อสารที่มีความเร็วในการส่งสัญญาณสูง มีการรบกวนต่ำ นิยมใช้เป็นช่องสัญญาณแอนะล้อกผ่านทะเล มหาสมุทร และใช้เป็นช่องสัญญาณในระบบเครือข่ายแบบ LAN มีความจุประมาณ 100 Mbps ซึ่จัดได้ว่าเป็นช่องสื่อสารที่มีความจุสูงมาก

7.6 สายใยแก้ว (Fiber Optic Cable) ประกอบด้วย หลอดหรือเส้นไฟเบอร์ขนาดเล็กจิ๋วเท่าเส้นผมมนุษย์ ภายในกลวงเพื่อให้แสงเลเซอร์วิ่งผ่าน เป็นสายสื่อสารที่มีความจุของช่องสื่อสารนับเป็นล้านล้านบิตต่อวินาที (Gbps) เนื่องจากใช้แสงในการนำส่งข้อมูลแทนการใช้สัญญาณไฟฟ้า จึงทำให้มีความเร็วในการนำส่งข้อมูลมากกว่าช่องทางการสื่อสารทุกชนิด

7.7 สัญญาณ ไมโครเวฟ (Microwave Signals หรือ Radio Signals) เป็นช่องทางการสื่อสารไร้สายความเร็วสูง (High Speed Wireless) ส่งข้อมูลจากผู้ส่งไปยังผู้รับโดยอาศัยสัญญาณไมโครเวฟหรือสัญญาณวิทยุ โดยสัญญาณจะวิ่งเป็นเส้นตรง จึงต้องมีสถานีรับ-ส่งเป็นระยะ ๆ จากจุดส่งถึงจุดรับ สถานีขยายสัญญาณจึงมักตั้งอยู่บนที่สูงเพื่อไม่ให้มีสิ่งกีดขวางขณะส่ง สัญญาณไปในอากาศ

จากข้อจำกัดของสัญญาณไมโครเวฟดังกล่าวนี้ จึงได้มีการพัฒนาดาวเทียม (Satellites) ขึ้นมา เพื่อส่งสัญญาณไมโครเวฟในระยะที่ห่างจากพื้นดิน โดยดาวเทียมจะทำการรับสัญญาณ จากสถานีภาคพื้นดินเพื่อขยายสัญญาณ ปรับความถี่ของคลื่น และส่งสัญญาณกลับลงมายังสถานีภาคพื้นดินหลายจุด ในบริเวณที่กว้างมาก เพื่อลดข้อจำกัดของไมโครเวฟ และที่สำคัญคือดาวเทียมสามารถสื่อสารข้อมูลจากแหล่งส่ง 1 แหล่งไปยังผู้รับจำนวนมากบนพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วโลก

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

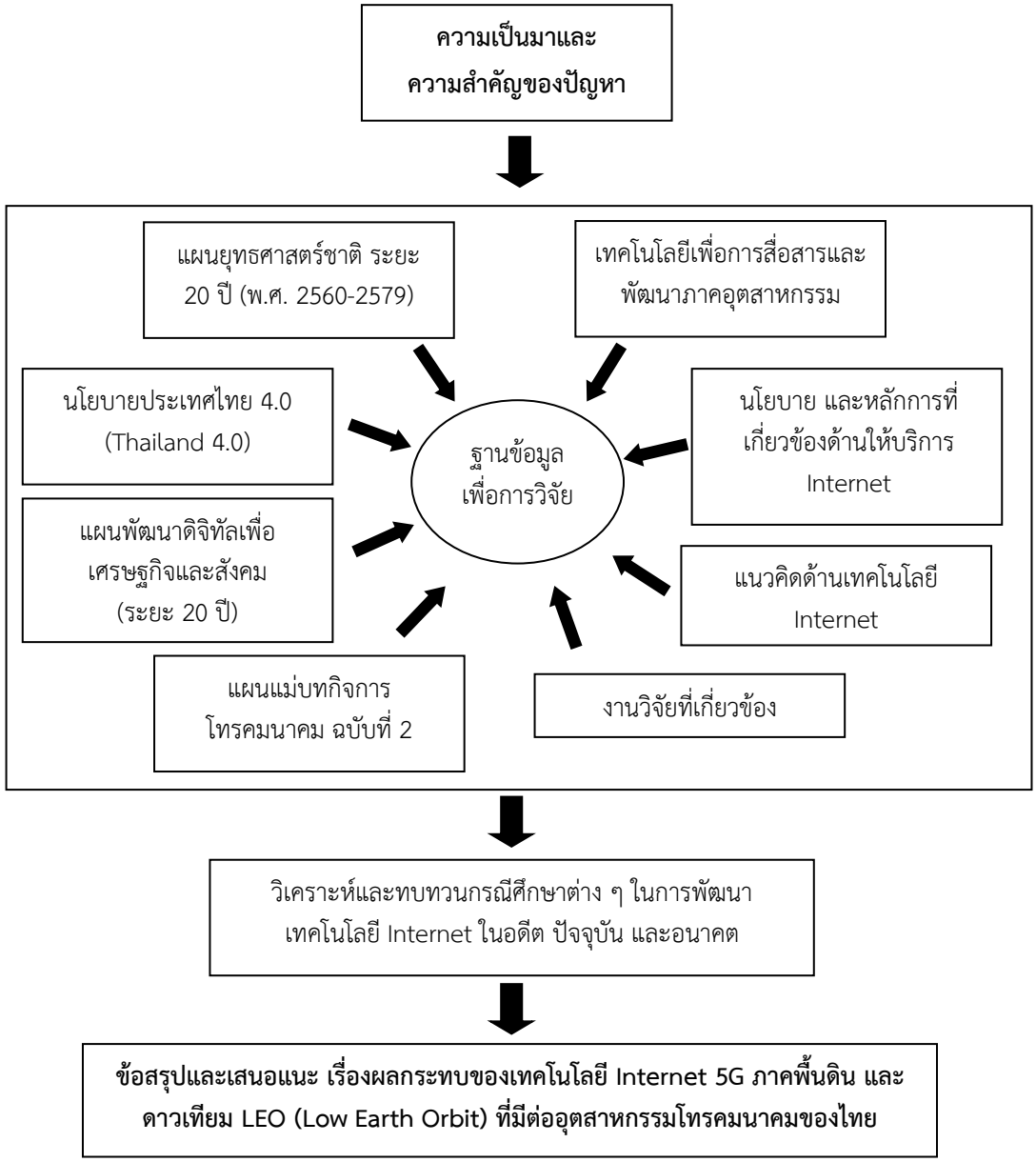
อดินันท์ ตรงมะตัง (2553) ได้ทำการศึกษาออกแบบระบบเครือข่ายไร้สายเพิ่มเติมจากระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันของมหาวิทยาลัยหาดใหญ่ โดยให้ความสำคัญกับขอบเขตรัศมีการแพร่กระจายสัญญาณของคลื่น Access Point โดยจะต้องมีรัศมีการใช้งานที่ครอบคลุมทุกพื้นที่ อาคารเรียน อาคารสำนักงาน โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นของสัญญาณในระดับดีมากและดี เพื่อทำให้เครือข่ายแบบไร้สายสามารถเป็นเครือข่ายที่น่าเชื่อถือได้ในการให้บริการ ผู้วิจัยเห็นว่าเป็นการสร้างความเชื่อมั่นและความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้นให้กับระบบสัญญาณไร้สายในการออกแบบการกระจายสัญญาณให้ครอบคลุมทุกพื้นที่

ดนัย ชุดทอง (2549) ได้ศึกษาหาความเป็นไปได้ของเครือข่ายไร้สายร่วมกันระหว่างองค์กร โดยมีแนวคิดที่จะใช้เครือข่ายไร้สายทำงานร่วมกันกับองค์กรและผ่านระบบรักษาความปลอดภัยแบบ PKI ซึ่งข้อดี คือ ไม่ต้องใส่บัญชีผู้ใช้หรือรหัสผ่านสามารถทำงานได้ทันทีเหมือนเครือข่ายในองค์กรของตนเองและยังสามารถเก็บสถิติประวัติการใช้งานและการทำงานระหว่างองค์กรช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและเพิ่มความสะดวกสบาย ถ้าเทียบกับการทำงานของระบบอื่น ๆ ที่มีอยู่ ผู้วิจัยคิดว่าหากสามารถทำงานใช้ร่วมกันได้ตามที่กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้น ก็นับว่าเป็นประโยชน์อย่างมากในองค์กรต่อไป

Brotsis (1999) ศึกษาผลกระทบของเครือข่ายอินทราเน็ตที่มีต่อการทำงานแต่ละบุคคล กรณีศึกษาปฏิสัมพันธ์กับเทคโนโลยีการสื่อสาร โดยการศึกษาสามารถสรุปได้ 3 ประเด็น ได้แก่ 1. ประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายอินทราเน็ตเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยทำให้ระยะทางในการติดต่อสื่อสารสั้นลง หรือทำงานได้เร็วขึ้น 2. เป็นอุปกรณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและสร้างบรรยากาศที่ดีในการทำงานต่อบุคลากรในองค์กร 3. เครือข่ายอินทราเน็ตเป็นเครื่องมือในการปรับเปลี่ยนปฏิสัมพันธ์ส่วนบุคคลระหว่างพนักงานด้วยกันในสถานการณ์ต่าง ๆ ยกตัวอย่าง เช่น การพบปะพูดคุยกับเพื่อนร่วมงานในองค์กรเดียวกันทุกวันก็เป็นกิจวัตรประจำวันและเป็นเรื่องปกติอยู่แล้วแต่ถ้ามีการพูดคุยหรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มากกว่าเดิมเพิ่มขึ้นทุกวันแล้ว ผลการศึกษาพบว่า สามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ได้มากกว่าเก่าและเป็นการสร้างบรรยากาศในการทำงานร่วมกันรวมถึงความสัมพันธ์ที่ดีกับเพื่อนร่วมงานเพิ่มมากขึ้นด้วย

## กรอบแนวคิดของการวิจัย

แผนภาพที่ 2 - 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย




ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, 2563.

## สรุป

จากการการทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปประเด็นต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. แผนยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) พบว่า ทุกยุทธศาสตร์มีความจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนาคน พัฒนาระบบ และพัฒนางาน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของประเทศตามที่วางแผนไว้

2. นโยบายประเทศไทย 4.0 (Thailand 4.0) เนื่องจากการขับเคลื่อนโครงสร้างเศรษฐกิจแบบใหม่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) เป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามที่กำหนดไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มดิจิตอล เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมต่อการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ปัญญาประดิษฐ์ และเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว และเพื่อให้เกิดผลจริง จะต้องมีการพัฒนาทางด้านวิทยาการ ความคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนา แล้วต่อยอดในกลุ่มเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมเป้าหมาย จึงจะเกิดเป็นการพัฒนาที่ยั่งยืน

3. แผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (ระยะ 20 ปี) โดยจะต้องมีความสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาประเทศหรือยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และสนับสนุนทิศทางการพัฒนาของประเทศโดยรวม ทั้งการนำเทคโนโลยีดิจิทัลเข้าไปช่วยแก้ไขปัญหาและความท้าทายของประเทศในยุคปัจจุบัน และยังรองรับความท้าทายด้านต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุดจากพลวัตของเทคโนโลยีดิจิทัล ซึ่งจะส่งผลต่อโครงสร้างของระบบเศรษฐกิจและสังคมทั้งเชิงบวกและลบ เพื่อให้ประเทศไทยสามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีได้อย่างก้าวกระโดด

4. แผนแม่บทกิจการโทรคมนาคม ฉบับที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับทิศทางของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 แผนการพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม รวมทั้งนโยบายการปรับโครงสร้างประเทศไทยไปสู่ประเทศไทย 4.0 เป็นนโยบายที่มุ่งมั่นปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม (Value-Based Economy) เพื่อใช้เป็นกรอบแนวทางในการพัฒนากิจการโทรคมนาคมที่ต่อเนื่องจากแผนแม่บทกิจการโทรคมนาคม ฉบับที่ 1 สู่การพัฒนาที่สมดุลและยั่งยืน

5. นโยบาย และหลักการที่เกี่ยวข้องด้านให้บริการ Internet ทั้งนี้ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เป็นกลไกหลักที่ปฏิรูปกระบวนการผลิต การดำเนินธุรกิจ การค้า การบริการ รวมทั้งการดำเนินชีวิตประจำวันของประชาชนจนกลายเป็นระบบดิจิทัลทำให้มีความยืดหยุ่นสูง สามารถรองรับและปรับตัว ต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ส่งผลต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในสังคม การจ้างงานที่ดีขึ้น การดำเนินกิจกรรมทางสังคม ของปัจเจกชน องค์กร และชุมชน การให้บริการของภาครัฐ ตลอดจนถึง การเรียนรู้ เข้าถึง และการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดิจิทัลต่อไป

6. แนวคิดด้านเทคโนโลยี Internet เป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ครอบคลุมไปทั่วโลก ซึ่งเกิดจากการเชื่อมโยงของเครือข่ายย่อยจำนวนมากที่กระจายอยู่ทั่วไป เครือข่ายเหล่านี้เชื่อมเข้าหากันภายใต้กฎเกณฑ์ที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน (Protocol) จนเป็นเครือข่ายขนาดใหญ่ ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์

ที่แตกต่างกันทางเทคโนโลยี สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลและส่งผ่านข้อมูลระหว่างกันได้ เครือข่ายอินเทอร์เน็ต นับเป็นเครื่องมือที่สำคัญ ในการทำให้การเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการภายในเวลาอันรวดเร็ว ทั้งยังเป็นแหล่งรวบรวมข้อมูลแหล่งใหญ่ที่สุดของโลก เป็นที่รวมของการบริการ และเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทั้งระดับบุคคล และองค์กร นอกจากนี้ยังมีการให้บริการข้อมูลและข่าวสารหลากหลายชนิดรวมถึงยังสามารถใช้งานด้านอื่น ๆ ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาตลอดเวลา เช่น การรับส่งไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Mail: E-mail) การโอนย้ายข้อมูลระหว่างกัน (FTP) การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ห่างไกลกัน (Telnet) การค้นหาข้อมูลข่าวสาร (Search Engine) การอ่านข่าวจากทุกมุมโลก การสนทนาบนเครือข่าย และการรับบริการสถานีวิทยุและโทรทัศน์บนเครือข่าย เป็นต้น

จากการวิเคราะห์นโยบายการขับเคลื่อนประเทศไทยเพื่อให้หลุดพ้นจากกับดักรายได้ปานกลางเข้าสู่ประเทศที่พัฒนาแล้วอย่างมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการจัดทำแผนแม่บทเพื่อการพัฒนาในระยะยาว (20 ปี) ดังเช่นประเทศอื่น ๆ ที่มีการจัดทำกันแล้ว ซึ่งส่งผลให้ปัจจุบันประเทศเหล่านั้นมีการพัฒนาอย่างก้าวกระโดดทั้งในด้านความมั่นคง เศรษฐกิจและสังคม อย่างไรก็ตาม หากประเทศไทยต้องการพัฒนาประเทศเข้าสู่ Thailand 4.0 ก็จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ “เทคโนโลยีดิจิทัล” เป็นเครื่องมือช่วยผลักดันให้เกิดการพัฒนา อีกทั้งจะต้องจัดทำแผนยุทธศาสตร์เพื่อการพัฒนาของหน่วยงานภาครัฐต่าง ๆ ให้มีความสอดคล้องกับแผนยุทศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี ซึ่งแนวทางการพัฒนาที่สำคัญ คือ การลงทุนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน ด้านการขนส่งความมั่นคงและพลังงาน ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ และการวิจัยและพัฒนา การยกระดับการศึกษาและการเรียนรู้ให้มีคุณภาพเท่าเทียมและทั่วถึง การพัฒนาการสื่อสารมวลชนให้เป็นกลไกในการสนับสนุนการพัฒนาประเทศ ตลอดจนพัฒนาระบบการให้บริการประชาชนของหน่วยงานภาครัฐ เหนือสิ่งอื่นใดไม่ว่าจะกำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศอย่างไร สิ่งสำคัญที่สุดที่ภาครัฐและเอกชนจะต้องร่วมกันผลักดันให้เกิดขึ้นก่อนหรือพัฒนาไปพร้อม ๆ กัน ได้แก่ “การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์” ให้เป็นผู้มีทักษะ รอบรู้ และมีศักยภาพเพียงพอที่จะรองรับการพัฒนาด้านดิจิทัลที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตอดเวลา เพราะหากไม่มีการพัฒนาคนแล้ว ก็จะไม่สามารถนำเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีอยู่และที่เกิดขึ้นใหม่มาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศได้เลย นอกจากนี้ ในทางทฤษฎีพบว่าแผนพัฒนาประเทศของหน่วยงานภาครัฐที่รอง ๆ ลงมา แม้จะมีความสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี แต่ก็ยังขาดการนำไปปฏิบัติตามให้เกิดผลอย่างเป็นรูปธรรม อีกทั้งยังขาดหน่วยงานเจ้าภาพในการเป็นผู้นำในการขับเคลื่อนแผนพัฒนาฯต่าง ๆ ไปสู่การปฏิบัติอย่างแท้จริง ซึ่งอาจส่งผลต่อความสำเร็จหรือล้มเหลวที่จะบรรลุเป้าหมายของการพัฒนาประเทศเพื่อให้เป็นประเทศที่พัฒนาแล้วต่อไป

# บทที่ 3
# การพัฒนาเทคโนโลยี Internet ในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต

ผู้วิจัยได้ทบทวนการพัฒนาเทคโนโลยี Internet ในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต ในประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. เทคโนโลยี 3G และ 4G
2. เทคโนโลยี 5G
3. เทคโนโลยี FTTx (Fiber to the X)
4. เทคโนโลยี LEO
5. การผลักดันและการสร้างอำนาจต่อรองด้วยเทคโนโลยี Internet 5G และดาวเทียม LEO ระหว่างประเทศมหาอำนาจจีนและสหรัฐอเมริกา
6. จุดเด่นและจุดด้อยของแต่ละเทคโนโลยี
7. สรุป

## เทคโนโลยี 3G และ 4G

เทคโนโลยี 3G คือ เทคโนโลยีที่พัฒนาต่อเนื่องมาจากจากยุคที่ 2 และ 2.5 ซึ่งเป็นยุคที่มีการให้บริการระบบเสียง และการส่งข้อมูลในขั้นต้น ซึ่งยังมีข้อจำกัดอยู่มากในด้านความรวดเร็วและคุณภาพของข้อมูลที่ทำการส่ง โดยการพัฒนาของ 3G ทำให้เกิดการใช้บริการแบบมัลติมีเดีย และส่งผ่านข้อมูลในระบบไร้สายด้วยอัตราความเร็วที่สูงขึ้น ทำให้มีการรับส่งข้อมูลที่มากกว่า ทำให้ประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลตลอดจนแอพพลิเคชั่นต่าง ๆ ดีขึ้น รวดเร็วมากขึ้น พร้อมทั้งสามารถใช้บริการมัลติมีเดียได้สมบูรณ์แบบมากขึ้น โดยผ่านอุปกรณ์ที่ผสมผสาน การนำเสนอข้อมูล และเทคโนโลยีในปัจจุบันเข้าด้วยกัน เช่น PDA โทรศัพท์มือถือ และอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

เทคโนโลยี 4G คือ เทคโนโลยีซึ่งเป็นเครือข่ายไร้สายความเร็วสูงชนิดพิเศษ หรือเป็นเส้นทางด่วนสำหรับข้อมูลที่ไม่ต้องอาศัยการลากสายเคเบิล โดยระบบเครือข่ายใหม่นี้ จะสามารถใช้งานได้แบบไร้สาย รวมถึงคุณสมบัติการเชื่อมต่อเสมือนจริงในรูปแบบสามมิติ (Three-Dimensional) ระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์ด้วยกันเอง นอกจากนั้น สถานีฐาน ซึ่งทำหน้าที่ในการส่งผ่านสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่จากเครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง สำหรับ 4G จะสามารถส่งผ่านข้อมูลแบบไร้สายด้วยระดับความเร็วสูงที่เพิ่มขึ้นถึง 100 เมกะไบต์ต่อวินาที ซึ่งห่างจากความเร็วของชุดอุปกรณ์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ที่ระดับ 10 กิโลบิตต่อวินาที เป็นการต่อยอดจากเทคโนโลยี 3G ในอนาคตการติดต่อสื่อสารทางเครือข่าย 4G นั้น สามารถแสดงภาพออกมาในลักษณะของ 3D Hologram สามารถฉายภาพบุคคลหรือสิ่งของออกมาในรูปแบบ 3 มิติ

**ความแตกต่างระหว่าง 3G กับ 4G**

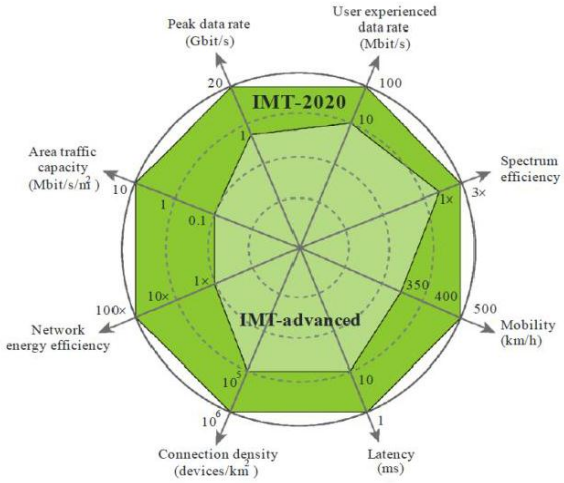
ระบบเครือข่ายทั้ง 3G และ 4G มีพื้นฐานทางเทคโนโลยีที่ใกล้เคียงกัน ต่างกันตรงที่ความเร็วในการรับส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย และความสามารถครอบคลุมพื้นที่การให้บริการที่ระบบเทคโนโลยี 4G สามารถพัฒนาความเร็วในการส่งข้อมูลได้มากกว่าและกว้างขวางกว่าระบบ 3G มากซึ่งในอนาคตอันใกล้ระบบเครือข่าย 4G จะเข้ามามีบทบาทสำคัญในการติดต่อสื่อสารของโลกทั้งในเรื่องเศรษฐกิจและสังคม ที่เทคโนโลยี 4G จะเข้ามาทำให้คนทั่วโลกใกล้ชิดกันมากขึ้น สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ในทุกที่ทุกเวลาที่ระบบ 4G เข้าถึง (mthai.com, 2015)

## เทคโนโลยี 5G

การพัฒนามาตรฐานสำหรับระบบ 5G หรือมาตรฐาน IMT for 2020 and Beyond ของ ITU-R นั้น มีวัตถุประสงค์หลักแตกต่างจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ผ่านมาตั้งแต่ยุค 1G ถึง 4G โดยระบบ 5G ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพียงเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงการรองรับการติดต่อสื่อสาร และการเข้าถึงข้อมูลของคน (Humancentric Communication) เพียงอย่างเดียวอีกต่อไป แต่ยังมีวัตถุประสงค์เพื่อรองรับความต้องการในการติดต่อสื่อสารของสรรพสิ่ง (Machine-Centric Communication) ในภาคส่วนต่าง ๆ ของเศรษฐกิจ หรือที่เรา เรียกว่า Verticals ซึ่งได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่ง ภาคการเงิน หรือภาคของสื่อ เป็นต้น อีกด้วย การที่ระบบ 5G สามารถรองรับการติดต่อสื่อสารในภาคส่วนต่าง ๆ ของเศรษฐกิจ จะส่งผลให้โลกของเราก้าวสู่ยุคที่ 4 ของการปฏิวัติอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นยุคของการเปลี่ยนผ่านสู่สังคมดิจิทัลอย่างเต็มตัว แนวโน้มอุตสาหกรรม จะมีการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ หรือที่เรียกว่า Internet of Things (IoT) และการทำงานแบบอัตโนมัติจะเข้ามามีบทบาทสำคัญ โดยการทำงานต่าง ๆ ที่เป็นกิจวัตรของมนุษย์ในปัจจุบันอาจถูกแทนที่ด้วย เทคโนโลยีอุตสาหกรรมจะมีความแข็งแกร่งขึ้น รวดเร็วขึ้น และฉลาดขึ้น เทคโนโลยีสื่อสารจะไม่เป็นเพียงแค่ส่วนประกอบหนึ่งในวิถีชีวิตของเราอีกต่อไป แต่จะเป็นสิ่งจำเป็นที่เราขาดไม่ได้ในชีวิตประจำวัน รวมทั้งจะเป็นแรงผลักดันให้เกิดการรวบรวมข้อมูลและองค์ความรู้ขนาดใหญ่ และข้อมูลเหล่านี้จะเป็นกุญแจสำคัญในการเพิ่มศักยภาพและประสิทธิภาพในการใช้ชีวิตของมนุษย์ ไม่ว่าจะในด้านเศรษฐกิจหรือสังคม

เนื่องจากเทคโนโลยี 5G จะทำให้อัตราความเร็วในการส่งข้อมูลแบบไร้สายนั้นเทียบเท่ากับการเชื่อมต่อแบบไฟเบอร์ เทคโนโลยี 5G จึงจะมีบทบาทสำคัญในด้านต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็น เกษตรกรรม ยานยนต์ การขนส่ง สิ่งก่อสร้าง พลังงาน การเงิน สุขภาพ อุตสาหกรรมการผลิต การบันเทิง ความมั่นคงปลอดภัย และพฤติกรรมผู้บริโภค ทั้งนี้ ITU-R ได้กำหนดมาตรฐาน IMT for 2020 and Beyond ซึ่งมีขีดความสามารถในด้านต่าง ๆ เพิ่มขึ้นจากมาตรฐาน IMT-Advanced ของระบบ 4G โดยมีรายละเอียดที่สำคัญตาม แผนภาพใยแมงมุมในแผนภาพที่ 3 - 1

แผนภาพที่ 3 - 1 มาตรฐานสำหรับระบบ 5G ตาม ITU-R M.2083-0




ที่มา : TU-R Recommendation M.2083-0, IMT Vision - "Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond"), 2020.

จะเห็นว่าระบบ 5G จะมีอัตราการส่งข้อมูลสูงสุด (Peak Data Rate) เพิ่มขึ้น 20 เท่า อัตราการส่งข้อมูลที่ผู้ใช้ได้รับ (User Experienced Data Rate) เพิ่มขึ้น 10 เท่า ความหน่วงของระบบ (Latency) ลดลง 10 เท่า ความสามารถในการรับข้อมูลในขณะเคลื่อนที่ (Mobility) โดยสามารถรองรับการเคลื่อนที่มีความเร็วเพิ่มขึ้น 1.5 เท่า ความหนาแน่นในการเชื่อมต่อ (Connection Density) ซึ่งหมายถึงจำนวนอุปกรณ์ที่ระบบสามารถรองรับได้ เพิ่มขึ้น 10 เท่า ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโครงข่าย (Energy Efficiency) เพิ่มขึ้น 100 เท่า ประสิทธิภาพการใช้คลื่นความถี่ (Spectrum Efficiency) เพิ่มขึ้น 3 เท่า และอัตราการส่งข้อมูลสูงสุดต่อพื้นที่ (Area Traffic Capacity) เพิ่มขึ้น 100 เท่า ซึ่งขีดความสามารถที่มากขึ้นเหล่านี้ จะตอบสนองความสามารถในรองรับการทำงานของระบบ 5G ใน 3 ด้านหลัก ดังนี้

1. eMBB หรือ Enhanced Mobile Broadband คือ การใช้งานในลักษณะที่ต้องการการส่งข้อมูลความเร็วสูงในระดับกิกะบิตต่อวินาที (Gbps) ซึ่งการใช้งานลักษณะนี้ตอบสนองความต้องการการส่งและรับข้อมูลที่มากขึ้นเรื่อย ๆ

2. mMTC หรือ Massive Machine Type Communications คือ การใช้งานที่มีการเชื่อมต่อของอุปกรณ์จำนวนมากในพื้นที่เดียวกัน โดยมีปริมาณมากถึงระดับล้านอุปกรณ์ต่อตารางกิโลเมตร โดยการส่งข้อมูลของอุปกรณ์ในการใช้งานลักษณะนี้ จะเป็นการส่งข้อมูลปริมาณน้อย ๆ ที่ไม่ต้องการความเร็วสูง หรือความหน่วงเวลาต่ำ อุปกรณ์โดยทั่วไปมีราคาถูก และมีอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ที่มากกว่าอุปกรณ์ทั่วไป ซึ่งความสามารถนี้ทำให้ระบบ 5G เหมาะสมกับการทำงานของอุปกรณ์จำพวก IoT

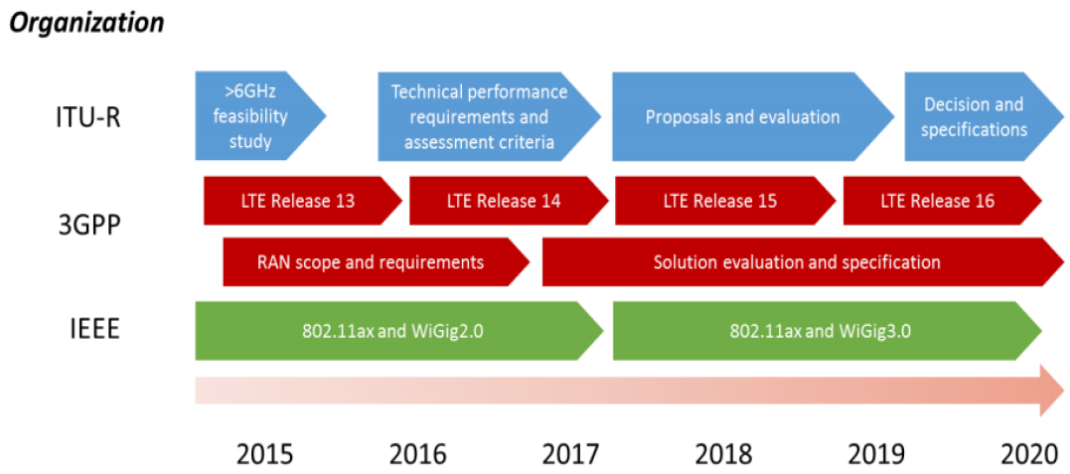
3. URLLC หรือ Ultra-Reliable and Low Latency Communications คือ การใช้งานที่ต้องการความสามารถในการส่งข้อมูลที่มีความเสถียรมาก รวมทั้งมีความหน่วงเวลา (Latency) หรือความหน่วงในการส่งข้อมูลต่ำในระดับ 1 มิลลิวินาที (ระบบ 4G ในปัจจุบันรองรับความหน่วงเวลา

ในระดับ 10 มิลลิวินาที) ซึ่งความสามารถนี้ทำให้ระบบ 5G เหมาะกับการใช้งานระบบที่ต้องการความแม่นยำสูง (Critical Application) เช่น การผ่าตัดทางไกล การควบคุมเครื่องจักรในโรงงาน หรือการควบคุมรถยนต์ไร้คนขับ เป็นต้น

**การกำหนดมาตรฐาน 5G**

องค์กรระหว่างประเทศ ได้แก่ ITU 3GPP และ IEEE ได้ทำการศึกษาและกำหนดมาตรฐานของระบบ 5G ไว้ในเบื้องต้น โดยเฉพาะสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU) ได้จัดตั้งกลุ่มทำงาน Working Party 5D เพื่อทำการศึกษาการพัฒนาเทคโนโลยี IMT for 2020 and Beyond ไม่ว่าจะเป็นในด้านมาตรฐานทางเทคนิค ความต้องการใช้งานของผู้บริโภค คลื่นความถี่ที่เหมาะสมกับการใช้งานเทคโนโลยีนี้ รวมไปถึงแนวทางการกำกับดูแล โดยมีผลการศึกษาออกมาเป็นรายงานในประเด็นต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นวิสัยทัศน์ และแนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยี IMT หรือคลื่นความถี่ที่มีแนวโน้มจะเลือกมาใช้รองรับ 5G โดยกำหนดกรอบเวลาดำเนินงานกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้แล้วเสร็จภายในปี พ.ศ. 2562 รายละเอียดปรากฏดังแผนภาพที่ 3 - 2

แผนภาพที่ 3 - 2 มาตรฐานของหน่วยงานต่าง ๆ สำหรับระบบ 5G




ที่มา : GSA, 2020.

**เทคโนโลยีที่สนับสนุนความสามารถของเทคโนโลยี 5G**

เมื่อพิจารณาความสามารถของระบบ 5G ในสามด้านหลัก ๆ ที่กล่าวมาซึ่งประกอบด้วย eMBB, mMTC และ URLLC จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีที่รองรับการทำงานของระบบ 4G ไม่เพียงพอที่จะรองรับขีดความสามารถของระบบ 5G จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาหาเทคนิคใหม่ ๆ ขึ้น โดยในปัจจุบันเทคโนโลยีหลักที่น่าสนใจและมีโอกาสที่จะรองรับขีดความสามารถของระบบ 5G ทั้งสามด้าน มีรายละเอียด ดังนี้

1. eMBB: ทำอย่างไรให้อัตราการส่งข้อมูลสูงขึ้นถึงระดับกิกะบิตต่อวินาที การที่จะรองรับการใช้งานแบบ eMBB ระบบ 5G จำเป็นต้องสามารถรองรับอัตราการส่งข้อมูลที่สูง ในระดับ Gbps

(100 เท่าของอัตราการส่งข้อมูลในระบบ 4G) และต้องสามารถรองรับการใช้งานของคนจำนวนมากในพื้นที่เดียวกันและในเวลาเดียวกันได้ จึงจำเป็นต้องนำเทคนิคและวิธีการต่อไปนี้มาปรับใช้กับระบบ 5G

1.1 ใช้คลื่นความถี่ที่สูงขึ้น

วิธีการที่ง่ายที่สุดสำหรับการเพิ่มอัตราการส่งข้อมูล และเพิ่มความจุของช่องสัญญาณ (Channel Capacity) คือ การใช้ความกว้างแถบความถี่สำหรับส่งข้อมูลหรือ Bandwidth ที่สูงขึ้น ซึ่งในปัจจุบันคลื่นความถี่ที่เราใช้สำหรับการส่งข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ในช่วงความถี่ต่ำกว่า 6 กิกะเฮิรตซ์ เช่น คลื่นความถี่ย่าน 800 เมกะเฮิรตซ์ 900 เมกะเฮิรตซ์ 1800 เมกะเฮิรตซ์ และ 2100 เมกะเฮิรตซ์ โดยคลื่นความถี่ดังกล่าวมีข้อจำกัดของความกว้างแถบความถี่ที่เราสามารถใช้ได้ คลื่นความถี่ในย่านที่สูงขึ้นโดยเฉพาะในย่านที่สูงกว่า 6 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเราสามารถใช้ความกว้างแถบความถี่ที่สูงขึ้นได้ จึงเป็นคลื่นความถี่ที่ได้รับความสนใจสำหรับการนำมาใช้ในระบบ 5G ส่วนหนึ่งของคลื่นความถี่ที่มากขึ้นนี้ เราสามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า คลื่นความถี่ Millimeter Wave (mmWave) หรือคลื่นความถี่ที่มีความยาวคลื่นในระดับมิลลิเมตรนั่นเอง

อย่างไรก็ตามคลื่นความถี่ mmWave นี้ก็มีข้อจำกัดในหลาย ๆ เรื่อง เช่น ระบบประมวลผลสัญญาณที่ต้องมีความซับซ้อนมากขึ้นหรือการกระจายสัญญาณในระยะที่สั้นกว่าย่านความถี่ที่ต่ำกว่า จึงมีความเป็นไปได้ว่าคลื่นความถี่ mmWave นี้จะถูกใช้งานร่วมกับคลื่นความถี่ต่ำกว่า 6 GHz เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากข้อดีและข้อเสียของคลื่นความถี่ทั้งสองแบบ ขึ้นอยู่กับการใช้งานแต่ละประเภทที่เราต้องการ

1.2 Massive MIMO

อีกวิธีการหนึ่งสำหรับการเพิ่มความสามารถในการส่งข้อมูลที่มากขึ้นเพื่อรองรับการใช้งานแบบ eMBB คือ การใช้เทคนิค Multiple Input Multiple Output หรือ MIMO ซึ่งเทคนิคนี้ได้ถูกนำมาใช้เป็นการทั่วไป สำหรับระบบ 4G หรือแม้แต่ระบบ Wi-Fi โดยหลักการพื้นฐานของระบบ MIMO คือการใช้สายอากาศ มากกว่าหนึ่งสายอากาศในการส่งข้อมูล รวมทั้งใช้สายอากาศมากกว่าหนึ่งสายอากาศในการรับข้อมูล ซึ่งการใช้สายอากาศมากกว่าหนึ่งสำหรับการส่งและรับข้อมูลนี้ทำให้เราสามารถรองรับการใช้งานของโทรศัพท์เคลื่อนที่หรืออุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับจุดส่งสัญญาณดังกล่าวในปริมาณมากขึ้นได้

ในระบบ 4G หรือ Wi-Fi ในปัจจุบัน มีการใช้งานระบบ MIMO โดยใช้สายอากาศ 4 หรือ 8 สายอากาศในการส่งและรับสัญญาณ อย่างไรก็ตาม สำหรับระบบ 5G ซึ่งมีความต้องการในการรองรับข้อมูลมากถึงกว่าร้อยเท่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบ 4G นั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้สายอากาศในการส่งและรับมาถึงระดับร้อยหรือระดับพันสายอากาศ ซึ่งเราเรียกเทคนิคการใช้สายอากาศในปริมาณมากในระดับนี้ว่า Massive MIMO นั่นเอง

1.3 Non-Orthogonal Multiple Access

เพื่อรองรับการส่งข้อมูลปริมาณมากจากการใช้งานของคนจำนวนมากในพื้นที่เดียวกันและในเวลาเดียวกัน ระบบ 5G จำเป็นต้องมีเทคนิคสำหรับการเข้าใช้งานโครงข่ายพร้อมกัน ซึ่งโดยทั่วไปเราเรียกเทคนิคดังกล่าวว่า Multiple Access Technique ซึ่งเทคนิคนี้มีหลากหลายประเภท และมีการใช้งานตั้งแต่ระบบโทรศัพท์ยุคแรก ดังนี้

ในระบบ 1G มีการใช้งานเทคนิค Frequency Division Multiple Access หรือ FDMA

ในระบบ 2G มีการใช้งานเทคนิค Time Division Multiple Access หรือ TDMA

ในระบบ 3G มีการใช้งานเทคนิค Code Division Multiple Access หรือ CDMA

ในระบบ 4G มีการใช้งานเทคนิค Orthogonal Frequency Division Multiple Access หรือ OFDMA

ซึ่งเทคนิคแต่ละประเภทข้างต้นรองรับการใช้งานของผู้ใช้มากขึ้นเรื่อย ๆ ตามลำดับ สำหรับระบบ 5G เทคนิคการเข้าใช้ที่ได้รับความสนใจ คือ เทคนิค Non-Orthogonal Multiple Access หรือ NOMA ซึ่งสามารถรองรับการเข้าใช้ได้มากยิ่งกว่าเทคนิค OFDMA ของระบบ 4G อย่างไรก็ตาม เทคนิค NOMA ยังคงมีข้อจำกัดในหลาย ๆ ด้าน ที่ต้องได้รับการหาทางออกและการวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต

1.4 Shared Spectrum

เทคนิคที่ช่วยเพิ่มอัตราเร็วในการส่งข้อมูลซึ่งกำลังได้รับความสนใจจากผู้ประกอบกิจการโทรศัพท์เคลื่อนที่ คือ การใช้งานคลื่นความถี่ย่านที่ต้องได้รับใบอนุญาตสำหรับการใช้คลื่นความถี่ที่ผู้ประกอบกิจการโทรศัพท์เคลื่อนได้รับจากการประมูลในปัจจุบัน ร่วมกับคลื่นความถี่ที่จัดสรรไว้สำหรับใช้งานเป็นการทั่วไป เช่น คลื่นความถี่สำหรับ Wi-Fi เพื่อเพิ่มปริมาณความถี่สำหรับส่งข้อมูล เทคนิคการใช้คลื่นหลายย่านคลื่นร่วมกัน ช่วยให้ระบบสามารถกระจายการส่งข้อมูลออกไปจากคลื่นหลักในช่วงเวลาที่มีการรับส่งข้อมูลปริมาณมาก (Peak Traffic) ทำให้การส่งข้อมูลเป็นไปได้รวดเร็วขึ้น รวมทั้งการใช้งานคลื่นความถี่อื่นช่วยให้สามารถส่งข้อมูลได้ปริมาณสูงขึ้นในเวลาที่เท่ากัน ซึ่งการใช้งานในรูปแบบดังกล่าวในปัจจุบันของระบบ 4G มีหลายรูปแบบ เช่น LAA และ LWA สำหรับระบบ 5G ก็สามารถทำได้ในรูปแบบเดียวกัน โดยเราเรียกว่า 5G-New Radio Shared Spectrum

2. mMTC: ทำอย่างไรให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ได้จำนวนมาก

เนื่องจากมาตรฐานของระบบ 4G ไม่ได้ถูกสร้างมาเพื่อรองรับการใช้งานของอุปกรณ์จำนวนมากได้ ในเบื้องต้นมาตรฐานของ ITU กำหนดให้ระบบ 5G ต้องสามารถรองรับการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ได้ในระดับหลักล้านเครื่องต่อตารางกิโลเมตร ซึ่งจำเป็นต้องมีเทคนิคเข้ามาจัดการข้อมูลที่จะเพิ่มขึ้น

2.1 Cloud Computing

เทคนิคที่มีความสำคัญมากสำหรับการรองรับอุปกรณ์ที่จะเข้ามาเชื่อมต่อกับระบบ คือ Cloud Computing การใช้งานอุปกรณ์ IoT บางประเภทจำเป็นต้องมีการประมวลผลข้อมูล ซึ่งอุปกรณ์ IoT บางอุปกรณ์ไม่มีความสามารถในการประมวลผลดังกล่าวได้ การส่งข้อมูลเพื่อไปประมวลผลบนอินเตอร์เน็ต ซึ่งเราเรียกว่า Cloud Computing จึงสามารถเข้ามาช่วยประมวลผลข้อมูลจำนวนมากที่เกิดจากอุปกรณ์ IoT เหล่านี้ได้

3. URLLC: ทำอย่างไรให้ระบบมีเสถียรภาพและความหน่วงต่ำ

สืบเนื่องจากเทคนิค Cloud Computing ซึ่งช่วยให้ระบบสามารถประมวลผลข้อมูลเมื่ออุปกรณ์ IoT ปลายทาง ไม่มีกำลังประมวลผลพอ อย่างไรก็ตามการใช้งาน Cloud Computing

มีจุดอ่อนตรงที่ต้องมีการส่งข้อมูลผ่านทางอินเตอร์เน็ตไปยังหน่วยประมวลผล ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นหน่วยประมวลผลของ Cloud Service Provider การส่งข้อมูลแบบนี้อาจส่งผลให้เกิดความล่าช้า โดยสำหรับระบบ 5G มีการกำหนดมาตรฐานความหน่วงของการส่งข้อมูลในระดับไม่เกิน 1 มิลลิวินาที (1 ms) ซึ่งต่ำมาก (เทียบกับระดับ 10 ms ของระบบ 4G) การใช้งานแบบ URLLC ซึ่งเน้นการใช้งานที่มีความหน่วงต่ำ เช่น การใช้งานของรถยนต์ไร้คนขับ จึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคอื่นเพิ่มเติมจาก Cloud Computing

3.1 Fog Computing

เทคนิค Fog Computing (หรือเรียกอีกชื่อว่า Mobile Edge Computing) เป็นการย้ายหน่วยประมวลผลจากเดิมที่มีการประมวลผลที่อยู่กับ Cloud Service Provider มาเป็นการใส่หน่วยประมวลผลไว้กับอุปกรณ์เสริมที่มีทั้งหน่วยประมวลผลและหน่วยเก็บฐานข้อมูล ซึ่งอุปกรณ์เสริมเหล่านี้เราสามารถนำไปใช้งานในบริเวณใกล้เคียงกับอุปกรณ์ IoT ต่าง ๆ ทำให้ไม่ต้องส่งข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ IoT เหล่านี้เป็นระยะทางไกล ซึ่งจะช่วยให้ความหน่วงของการประมวลผลต่ำลง

อย่างไรก็ตาม Fog Computing ไม่ได้เป็นเทคนิคที่สามารถแทนที่ Cloud Computing ได้โดยสิ้นเชิง การใช้งานในหลายกรณีของระบบ 5G อาจมีข้อมูลที่จำเป็นต้องได้รับการประมวลผลด้วยความหน่วงต่ำ พร้อมกับข้อมูลที่ไม่จำเป็นต้องได้รับการประมวลผลอย่างรวดเร็วพร้อม ๆ กัน การใช้งานร่วมกันของ Cloud Computing และ Fog Computing จึงเหมาะกับการใช้งานแบบนี้

สรุปว่าเทคนิคที่กล่าวมาดังกล่าว ช่วยในการใช้งานของ 5G ในสามด้านหลัก ๆ ดังรายละเอียดที่ปรากฏในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 - 1 การใช้งานของ 5G ในสามด้านหลัก ๆ

| เทคนิค | eMBB | mMTC | URLLC |
|---|---|---|---|
| mmWave Frequency | X | | |
| Massive MIMO | X | X | |
| NOMA | X | X | |
| Share Spectrum | X | X | X |
| Cloud Computing | | X | |
| Fog Computing | | X | X |

ที่มา : คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, 2561.

## ประโยชน์ของเทคโนโลยี 5G

1. ความเร็ว (Speed) ซึ่งสัญญาณ 5G สามารถทำความเร็วในการดาวน์โหลดไฟล์ต่าง ๆ ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น คาดการณ์ว่าทำความเร็วได้มากกว่า 4G สูงสุด 100 เท่า สามารถดาวน์โหลดวิดีโอ 8K ได้ในเวลาไม่กี่วินาที หรือการเข้าโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ต่าง ๆ จากระยะไกล ก็ทำได้เร็วขึ้น

2. ความล่าช้าต่ำลง (Lower-Latency) คือ การส่งข้อมูลจากแหล่งหนึ่งไปยังอุปกรณ์รับข้อมูล ทำได้เร็วและเรียลไทม์มากขึ้น เช่น การถ่ายทอดสดวิดีโอ ที่ทำได้แบบเรียลไทม์ ไม่กระตุก และให้ประสิทธิภาพของภาพดีขึ้น

3. รองรับอุปกรณ์ได้มากขึ้น (Connectivity) สัญญาณ 5G สามารถรองรับคนใช้งานได้มากกว่าเดิมถึง 10 เท่า ต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร หมายความว่า จากเดิมที่รองรับ 1 แสนคน ก็จะกลายเป็น 1 ล้าน

คลื่นความถี่ต่ำ (Low Band Spectrum) เป็นคลื่นความถี่ย่อยที่ต่ำกว่าความถี่ 1 GHz ส่วนใหญ่เป็นย่านความถี่ที่ใช้โดยผู้ให้บริการทั่วโลก สำหรับประเทศไทยนั้นความถี่ย่านนี้ กสทช. ได้มีการจัดการประมูลไปด้วยราคาที่สูงมาก เนื่องจากเป็นความถี่ที่มีจำนวนแถบความถี่น้อย และอุปกรณ์ที่ผลิตส่วนใหญ่จะรองรับความถี่ย่านต่ำนี้ เหตุผลที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ความถี่ย่านต่ำนี้จะมีคุณสมบัติในการครอบคลุมพื้นที่กว้างทำให้การวางเครือข่ายมีต้นทุนต่ำที่สุด สำหรับความเร็วสูงสุดของเทคโนโลยี 5G บนความถี่ย่านต่ำนี้จะอยู่ที่ประมาณ 100 Mbps

ย่านความถี่กลาง (Mid Band Spectrum) คือความถี่ย่านที่สูงกว่า 1 GHz แต่ไม่เกิน 6GHz เป็นย่านความถี่ที่ให้การครอบคลุมน้อยกว่าความถี่ต่ำประมาณ เนื่องจากการทะลุทะลวงสิ่งกีดขวางได้น้อยกว่าความถี่ย่านต่ำ แต่จะมีความเร็วสูงกว่าย่านความถี่ต่ำ ซึ่งความเร็วสูงสุดจะสูงถึง 1Gbps สำหรับย่านความถี่กลาง

คลื่นความถี่สูง (High Band Spectrum) เป็นความถี่ย่านที่สูงกว่า 6 GHz หรือเรียกว่า mmWave คลื่นความถี่สูงนี้สามารถมีความเร็วสูงสุดได้ถึง 10 Gbps และมี Latecy ที่ต่ำมาก แต่ก็มีข้อเสียเปรียบที่สำคัญของย่านความถี่สูงก็คือมันมีพื้นที่ครอบคลุมที่ต่ำ และความสามารถในการทะลุทะลวงสิ่งกีดขวาง อย่างเช่น อาคารต่ำกว่าย่านความถี่กลางและย่านความถี่ต่ำเป็นอย่างมาก

## เทคโนโลยี FTTx (Fiber to the X)

FTTx ย่อมาจาก Fiber to the x ใช้เรียกลักษณะโครงสร้างของระบบเครือข่ายอินเตอร์ความเร็วสูงที่มีการใช้งาน สายใยแก้ว Fiber Optical แทนสายโลหะทองแดง ส่งตรงถึงบ้านของลูกค้า ซึ่งคุณภาพ และความเร็วในการรับ-ส่งสัญญาณสูงกว่าสายโทรศัพท์ธรรมดาที่เราใช้กันในระบบ ADSL หลายร้อย-พันเท่า ซึ่งมีความเร็วได้สูงเป็นกิกะบิตต่อวินาที (Gbps)

FTTH นั้น รากฐานมาจากชื่อ FTTx คำว่า x หมายถึงสถานที่ที่สายใยแก้วไปถึง หากไปถึงบ้าน ก็จะเรียกว่า FTTH (Home) ถ้าไปถึงตึก ก็จะเรียกว่า FTTB (Building) และถ้าไปถึงสำนักงานจะเรียกว่า FTTO (Office) เป็นต้น

FTTH: Fiber to the Home เป็นเทคโนโลยีอินเตอร์บรอดแบนด์ความเร็วสูงภายในบ้านผ่านสายเคเบิ้ลใยแก้วนำแสง ปัจจุบันเราใช้ ADSL ซึ่งสายโทรศัพท์เป็นทองแดง ได้ความเร็วเต็มที่แค่ 9-10 Mbps แต่ถ้าหากเราเปลี่ยนมาใช้ FTTH โดยเปลี่ยนจากสายทองแดงเป็นสาย Fiber Optical (เคเบิ้ลใยแก้วนำแสง) เมื่อเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตเราจะได้อินเตอร์เน็ตความเร็วสูงมากขึ้นด้วยความเร็วสูงระดับ 1000 Mbps การอัพโหลดจะมีประสิทธิภาพในการรับ-ส่ง ข้อมูลที่เร็วอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้น เมื่อเราใช้ ระบบ FTTH จึงทำให้คุณภาพชีวิต เราดีขึ้น ซึ่งระบบ ADSL ไม่สามารถทำได้เทียบเท่า ระบบ FTTH

**การให้บริการผ่านระบบ FTTH**

รูปแบบของการให้บริการ มีหลากหลาย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. การให้บริการโทรศัพท์ท้องถิ่นและโทรศัพท์ทางไกล

2. การให้บริการข้อมูลชนิดบรอดแบนด์ รวมทั้งการให้บริการอินเตอร์เน็ตความเร็วสูง ซึ่งถือเป็นจุดขายหลักในปัจจุบัน

3. การแพร่กระจายสัญญาณภาพไปยังสมาชิกเช่นเดียวกับระบบเคเบิลทีวี

4. การให้บริการโทรทัศน์แบบดิจิตอล (Digital TV) ซึ่งมีคุณสมบัติของภาพและเสียงดีกว่าระบบอนาล็อกในปัจจุบันมาก

5. การให้บริการ Video on Demand หรือ Pay Per View โดยที่ลูกค้าสามารถเลือกดูภาพยนตร์ที่ต้องการได้ ตามวันเวลาที่ต้องการ

6. การให้บริการระบบความปลอดภัยภายในบ้านพักอาศัย (Home Security) อาคารสำนักงาน คอนโดมิเนียม โดยการใช้กล้องทีวีวงจรปิด ตรวจจับสัญญาณภายในอาคาร แล้วส่งไปยังศูนย์บริการที่อยู่ห่างไกล ซึ่งมีเจ้าหน้าที่คอย ตรวจสอบผิดปรกติ ตลอด 24 ชั่วโมง ช่วยให้เจ้าของสถานที่นั้นหรือเจ้าของบ้านอุ่นใจในความปลอดภัยมากขึ้น

7. การให้บริการเพลงแบบดิจิตอล (Digital Music) ในปัจจุบันคุณภาพเสียงก็ดีในระดับหนึ่งเท่านั้น แต่ถ้าเสียงเพลงและเสียงดนตรี ผ่านระบบอินเตอร์เน็ตความเร็วสูง FTTH ด้วยแล้วย่อมทำให้คุณภาพเสียงที่ดียิ่งขึ้นไปอีก

8. เกมส์ออนไลน์ (Game Online) เป็นบริการอีกรูปแบบหนึ่งที่กำลังมาแรง สามารถทำรายได้สูงมากหากเกมส์นั้นได้รับความนิยมในหมู่คนจำนวนมาก

9. การให้บริการในส่วนของระบบการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นแหล่งข้อมูลบนอินเตอร์เน็ต หรือระบบ e-learning ช่วยให้การเข้าถึงข้อมูลมีความสะดวกมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเองอีกด้วย

10. ระบบการแพทย์ทางไกล (Tele-Medicine) ช่วยให้บริการวินิจฉัยโรค และการรักษาเบื้องต้น สามารถกระทำได้แม้ว่าผู้ป่วยและแพทย์ผู้เชี่ยวชาญจะอยู่ห่างไกลคนละซีกโลก

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ FTTH เป็นระบบที่น่าสนใจสำหรับผู้เช่า (Subscriber) หรือผู้ใช้ (User) โดยเฉพาะผู้ใช้บริการอินเตอร์เน็ต มีดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการสื่อสารข้อมูลด้วยความเร็วสูง (High Capacity) และระบบมีความน่าเชื่อถือ (System Reliability)

2. โครงสร้างพื้นฐานของสายส่งที่ใช้ในระบบ FTTH ถูกกำหนดให้เป็นเส้นใยนำแสงตลอดเส้นทางจากผู้ให้บริการไปจนถึงบ้านผู้เช่า ทำให้ได้ท่อนำสัญญาณที่มีขนาดใหญ่สามารถส่งข้อมูลปริมาณมาก ๆ ได้ในคราวเดียวกัน

3. โดยปกติระบบโครงข่ายสื่อสารที่เป็นเส้นทางหลักขนาดใหญ่หรือแบ็กโบน (Backbone) ต่างก็ใช้สายส่งที่เป็นเส้นใยนำแสงแทบทั้งสิ้น ดังนั้น การนำเส้นใยแก้วนำแสงมาใช้ในการเข้าถึง (Access) ผู้เช่าโดยตรงย่อม สามารถรองรับความเร็วในการสื่อสารข้อมูลได้ทั้งสิ้น

4. ในระบบ FTTH ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลจะเริ่มต้นที่ 100 Mbps ซึ่งถือว่าเร็วกว่า ADSL ถึง 100 เท่า (เมื่อเทียบกับ 1 Mbps) โดยหลักการแล้ว

5. อุปกรณ์ชนิดพอน PON (Passive Optical Network) สามารถรองรับการทำงานในรูปแบบต่าง ๆ ที่อยู่ในโครงข่ายได้ในเวลาเดียวกัน การออกแบบให้ PON มีอัตราร่วมใช้งาน (Sharing Ratio) ลดลงหรือการเพิ่มความยาวคลื่นแสงที่เป็นคลื่นพาหะ สามารถทำให้ FTTH สื่อสารข้อมูลที่มีความเร็วขนาด 2.488 Mbps ได้อย่างสบาย

6. การใช้เส้นใยนำแสงเป็นสื่อสัญญาณ (Transmission) ของระบบ FTTH ทำให้ข้อมูลที่เดินทางระหว่างสถานีมีลักษณะเป็นแสง ซึ่งแตกต่างจากข้อมูลที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าในระบบสายส่งทองแดง ทำให้มีความปลอดภัยสูง

**โครงสร้างทางเทคนิคของระบบ FTTH**

โครงสร้างทางเทคนิคพื้นฐานของระบบ FTTH แสดงดังแผนภาพที่ 3 - 3 หากเราจิตนาการถึงเครือข่ายสื่อสาร โทรคมนาคมทั่วไป ให้นึกถึงภาพคล้ายกลุ่มก้อนเมฆในรูป ซึ่งหมายถึงว่าโครงสร้างข่ายจะเป็นอะไรก็ตาม มันสามารถให้ข้อมูลเดินทางจากต้นทางไปถึงปลายทาง ได้ก็พอ ในระบบ FTTH จะมีชุมสายที่เป็นสำนักงานกลางเรียกว่า CO (Central Office) ทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับสัญญาณการให้บริการไปยังผู้ใช้ที่อยู่ในเขตควบคุมของ CO อีกทั้งยังต้องทำหน้าที่เชื่อมโยงข้อมูลเข้ากับระบบสื่อสารโทรคมนาคม ในระบบของ FTTx จะมีอุปกรณ์ทั้งหมด 3 ตัวหลัก ๆ ด้วยกัน

แผนภาพที่ 3 - 3 ระบบ FTTH

ที่มา : https://www.freeware.in.th/, 2559.

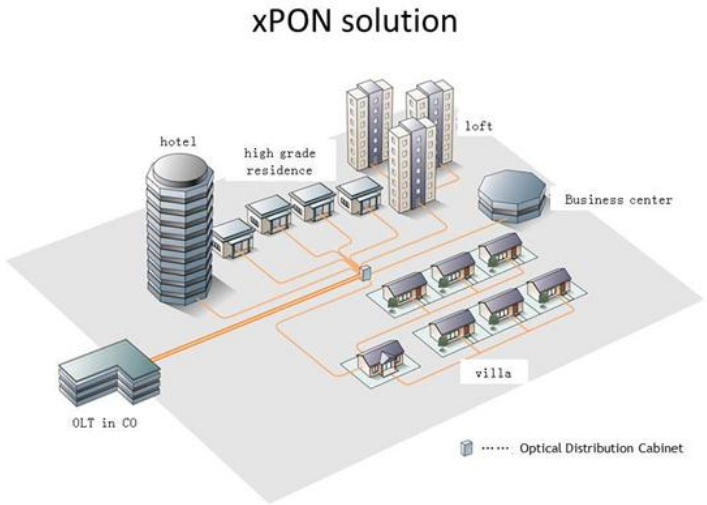
OLT = Optical Line Terminal เป็นอุปกรณ์ควบคุมเครือข่าย FTTx โดยจะรับข้อมูลจากทางผู้ให้บริการแล้วส่งข้อมูลไปยังบ้านต่าง ๆ

Splitter = เป็นตัวที่จะแตกสาย Fiber ออกเป็นหลาย ๆ เส้นเพื่อเดินทางไปยังแต่ละบ้าน

ONU = Optical Network Unit จะถูกติดตั้งเป็น Router อยู่ตามบ้านเพื่อทำหน้าที่รับข้อมูลจาก OLT ทำให้บ้านนั้น ๆ สามารถใช้งาน Internet ได้

ข้อดีของระบบ PON ซึ่งตอนนี้เป็น GPON ก็คือ ความเร็วสูงมาก ขา Download สูงสุดถึง 2.5 Gbps ส่วนอัพโหลดก็ระเบิดไปได้ถึง 1.2 Gbps ทำให้กลายเป็นมาตรฐานที่สำคัญของการขยายโครงข่าย Internet ความเร็วสูงในอนาคต ซึ่งนอกจากใช้งานอินเทอร์เน็ตได้แล้ว ยังสามารถใช้ให้บริการอื่น ๆ เช่น การดู Cable TV หรือสายโทรศัพท์ได้ในเส้นเดียว

แผนภาพที่ 3 - 4 ระบบ PON




ที่มา : http://telecom10.blogspot.com/2015/06/pon.html, 2015.

เพื่อรับส่งข้อมูลไปยังที่อื่นตามความต้องการของผู้ใช้ ภายใน CO จะประกอบด้วยอุปกรณ์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่ประมวลสัญญาณ เช่น ตัดต่อหรือสลับสาย (Switching) จัดหาเส้นทางการเดินทางของข้อมูล (Routing) และอื่น ๆ ตามที่จำเป็น ระหว่าง CO กับบ้านผู้ใช้ เป็นงานเครือข่ายตอนนอก ประกอบด้วย เส้นใยนำแสงเชื่อมโยงไปยังกลุ่มบ้านผู้ใช้ในลักษณะของการกระจาย (Distribution) ไปยังชุมชนเข้าสู่บ้านผู้ใช้ตามลำดับ เส้นใยนำแสงที่ออกจาก CO ต้องมีความสามารถในการสื่อสัญญาณที่มีปริมาณมากข้อมูลมาก ๆ ได้ ส่วนของเคเบิลเส้นใยนำแสงส่วนนี้ เรียกว่า ฟีดเดอร์ (Feeder)

เส้นทางเดินของสาย Fiber Optic จาก Feeder Cable จะถูกแยกออกเป็น เส้นทางย่อย ๆ เพื่อส่งข้อมูลไปยังชุมชนต่าง ๆ ส่วนของ Fiber Optic ส่วนนี้เรียกว่า Distribution Cable ในแต่ละชุมชนหรือกลุ่มผู้ใช้ปลายทาง จะมีตัวแยกข้อมูลส่งผ่านสายส่ง Fiber Optic ไปแต่ละบ้านโดยเฉพาะ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าการเข้าถึง หรือแอกเซส (Access) และสาย Fiber Optic ในส่วนของ Access นี้จะถูกเรียกว่าเป็น Drop Cable (ในทำนองเดียวกับระบบโทรศัพท์สายทองแดง) ด้านปลายของสาย Fiber Optic ที่เข้าไปยังบ้านผู้ใช้ จะต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่เรียกว่า ONU (Optical Network Unit) หรือบางคน เรียกว่า ONT (Optical Network Termination) เพื่อทำหน้าที่กระจายสัญญาณทั้งในรูปแบบของสัญญาณแสง และ ไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ใช้งาน ซึ่งอาจเป็น โทรศัพท์ โทรทัศน์ โทรสาร หรือ

เครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ทั้งนี้ จำนวนอุปกรณ์ใช้งานในบ้านของผู้ใช้อาจมีได้มากกว่าหนึ่งอุปกรณ์ ขึ้นกับปริมาณข้อมูล (ความเร็ว) ที่ใช้บริการ (จ่ายเงินมากก็ได้ข้อมูลมาก) และรูปแบบการให้บริการของผู้ให้บริการ (Operator)

สัญญาณส่งระหว่าง CO ไปยัง ONU ในบ้านผู้ใช้ อาจประกอบด้วยส่วนของตัวแยกสัญญาณ และอุปกรณ์ ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสมกับการต่อเชื่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าปลายทาง เช่น โทรทัศน์หรือคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยปกติการสื่อสารข้อมูลจาก CO ถึงบ้านผู้ใช้ซึ่งถือเป็นการสื่อสาร ข้อมูลขาลง (Downstream) และจากบ้านผู้ใช้ไปยัง CO ซึ่งถือว่าเป็นการสื่อสารข้อมูลขาขึ้น (Upstream) มักมีค่าความเร็วแตกต่างกัน โดยปกติความเร็วของการสื่อสารขาลง (Downstream) จะสูงกว่า ความเร็วของการสื่อสารขาขึ้น (Upstream)

ค่ากำลังงานสูญเสียทั้งหมดในระบบสายส่ง (Total Budget) จาก CO ไปยัง ONU ที่บ้านของผู้ใช้ในแต่ละราย ไม่ควรเกิน 25dB

ค่าการสูญเสียสัญญาณที่ตัวแยกแสง มักเป็นส่วนหลักที่ทำให้เกิดการลดทอนสัญญาณใน ระบบ ตัวอย่างเช่น ตัวแยกแสง (Splitter) ชนิด 1: 32 ควรมีค่าการสูญเสียสัญญาณไม่เกิน 16 dB

ค่าการสูญเสียสัญญาณรวมทั้งหมดของหัวต่อ (Connector) และการเชื่อมต่อแบบสไปลซ์ (Splice) ในระบบสายส่ง ควรมีค่าประมาณ 2-3 dB

ค่าการลดทอนสัญญาณแสงของเส้นใยนำแสงมีค่าขึ้นกับความยาวคลื่นที่ใช้ และค่าความยาวรวมของสายส่ง (เช่น 0.33 dB/ km@1310 nm) ซึ่งจะส่งผลให้สาย ส่งในระบบ FTTH โดยทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 4-20 กิโลเมตร

หากมีการสื่อสารสัญญาณภาพแบบอนาล็อก ต้องคำนึงถึงค่าการลดทอนสัญญาณ การสะท้อนแสงตอนปลายเส้นใยนำแสง และค่าระยะทางสูงสุดระหว่างต้นทางกับปลายทางเป็นพิเศษ โดยทั่วไปค่าการลดทอน ณ จุดต่อที่ ONT ควรมีค่าประมาณ 3-5 dB

ค่าการลดทอนสูงสุดที่เกิดขึ้นจริงในระบบสายส่ง ต้องมีค่าน้อยกว่าค่ากำลังงานสูญเสียสูงสุด (Loss Budget หรือ Power Budget) ที่ได้ออกแบบไว้

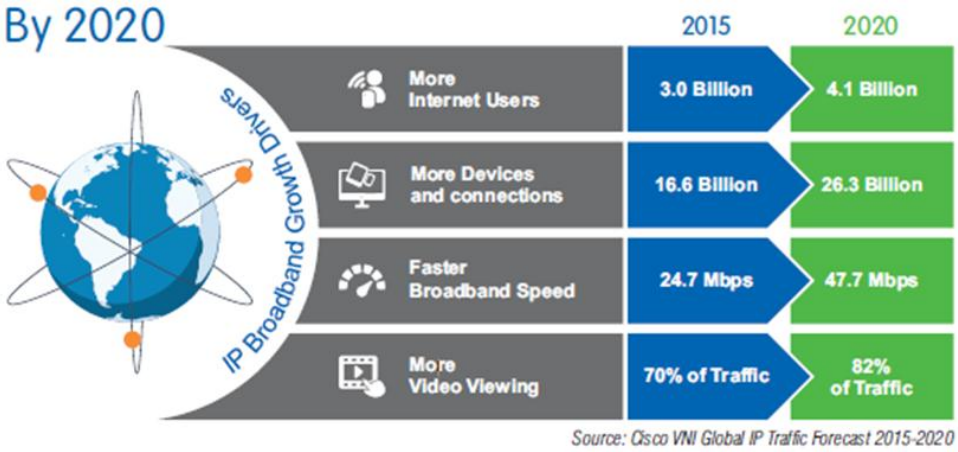
ขั้นตอนตรวจสอบคุณสมบัติของสายเชื่อมโยงแต่ละเส้น ก็คือการตรวจสอบเส้นใยนำแสงที่นำมาใช้ในระบบ FFTH ว่ามีค่าลดทอนสัญญาณเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ การทดสอบอาจใช้ OTDR ตรวจสอบกับสายเคเบิลแต่ละเส้นในขณะที่ยังไม่มีการเชื่อมต่อใด ๆ ในระบบเครือข่าย ตัวอย่างเช่น ระบบ PON ที่เลือกใช้เคเบิลเส้นใยนำแสงตามมาตราฐาน G.625C ค่าการลดทอน สัญญาณที่ตรวจสอบด้วย OTDR ควรมีค่าประมาณ 0.33 dB/KM@1310 nm, 0.21 dB/KM@1490 nm และ 0.19dB/KM@1550 nm เป็นต้น

การพิจารณา ขนาดของคอร์ของเส้นใยแก้วก็ต้องคำนึกถึงด้วยเช่นกันซึ่งแต่ละบริษัทโรงงาน ผู้ผลิตจะบอกมาให้ เพื่อให้เราทราบเช่นกัน อีกส่วนหนึ่งต้องนำมาคำนึกถึง คือค่าที่จะถูกลดทอนจากการติดตั้ง เช่นค่า Bending การโค้งงอของสายเนื่องจากการติดตั้ง เป็นต้น ค่าการสูญเสียสัญญาณ ณ จุดเชื่อมต่อ แบบไปลซ์ (Splice) ควรมีค่าต่ำกว่า 0.1 dB

## เทคโนโลยี LEO

โครงข่ายดาวเทียมรูปแบบใหม่เพื่อรองรับการใช้งานอินเตอร์เน็ต สามารถกล่าวได้ว่าความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในส่วนของการพัฒนาเครือข่ายด้านการสื่อสารในขณะนี้และในอนาคตอันใกล้ของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม มีแรงผลักดันมาจากความต้องการในการใช้งานอินเตอร์เน็ตและแอปพลิเคชั่นที่เกี่ยวข้องผ่านอุปกรณ์สื่อสารแบบเคลื่อนที่ ความต้องการและกลุ่มผู้ใช้งาน ดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างก้าวกระโดด ดังจะเห็นได้จากการประมาณการณ์เกี่ยวกับจำนวนผู้ใช้งาน อินเตอร์เน็ตจากบริษัท CISCO System ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2015 ถึงปี ค.ศ. 2020 ดังแสดงในแผนภาพที่ 3 - 5

แผนภาพที่ 3 - 5 การคาดการณ์การเติบโตของการรับ-ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตโดยบริษัท CISCO System




ที่มา : http://www.lesa.biz/space-technology/satellite/orbits, 2020.

จากข้อมูลการคาดการณ์นี้ ทำให้ผู้ประกอบการดาวเทียมมองเห็นความสำคัญในการพัฒนาขีดความสามารถของเครือข่ายให้รองรับผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ตดังกล่าว และแม้ว่าดาวเทียมค้างฟ้าจะมีข้อได้เปรียบมากมาย แต่ดาวเทียมค้างฟ้าก็ยังไม่ใช่ระบบดาวเทียมที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานอินเตอร์เน็ต และการใช้งานรูปแบบใหม่ ๆ ที่กำลังจะเกิดขึ้น โดยสามารถสรุปข้อจำกัดที่สำคัญของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมแบบค้างฟ้าได้ดังนี้

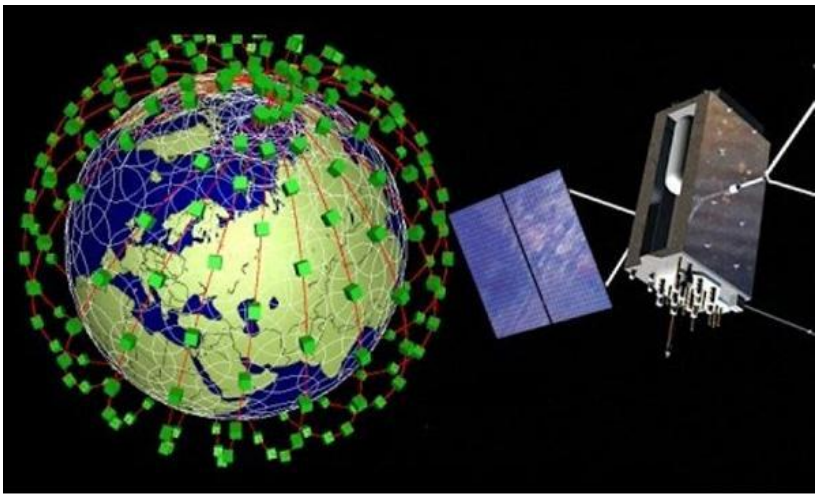
1. ข้อจำกัดแรกและเป็นข้อที่สำคัญที่สุดคือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณที่นาน (Long Propagation Delay) ของดาวเทียมประเภทค้างฟ้า เนื่องจากมีวงโคจรที่ระดับความสูงกว่า 36,000 กิโลเมตรเหนือพื้นผิวโลก เวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณระหว่างโหนดผู้ใช้งาน (Round-Trip Delay) มากกว่า 250 ms ถือเป็นเรื่องปกติ แต่สำหรับการใช้งานอินเตอร์เน็ตบางประเภทที่ต้องมีการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้งาน เช่น Web Browsing ความล่าช้าดังกล่าวถือเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการใช้งาน

2. ประการที่สองคือการที่ระดับสัญญาณมีการลดทอนในอัตราที่สูง เนื่องจากระยะทางในการที่สัญญาณ ต้องเดินทางระหว่างตัวดาวเทียมกับอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณของผู้ใช้งานทำให้ต้องใช้กำลังส่งที่สูงมาก รวมถึงขนาดของสายอากาศที่มีขนาดใหญ่ ผลที่ตามมาคือขนาดและน้ำหนักของอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับ-ส่งสัญญาณต้องมีขนาดและน้ำหนักที่มากกว่าอุปกรณ์สื่อสารแบบเคลื่อนที่ทั่วไป ปัจจัยนี้ทำให้มีผลต่อความสะดวกและความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์สื่อสารแบบเคลื่อนที่

3. ประการที่สาม การที่ดาวเทียมค้างฟ้าไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ใกล้ขั้วโลกเหนือและใต้ ทำให้ไม่สามารถเป็นเครือข่ายการสื่อสารที่ครอบคลุมผู้ใช้งานที่อยู่ในพื้นที่ดังกล่าวซึ่งมีจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อจำกัดทั้ง 3 นี้ สามารถทดแทนได้ด้วยการใช้ดาวเทียมวงโคจรระดับต่ำ (Low Earth Orbit Satellite) เนื่องจากดาวเทียมดังกล่าวอยู่เหนือพื้นโลกเพียง 600-1,200 กิโลเมตร เวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณระหว่างโหนดผู้ใช้งาน (Round-Trip Delay) จะลดลงมาอยู่ที่ประมาณ 3-5 ms มีค่าลดทอนของสัญญาณที่ต่ำลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ดาวเทียมแบบค้างฟ้า ปัจจัยทั้ง 2 ส่วนนี้ทำให้สามารถออกแบบ อุปกรณ์ของผู้ใช้ให้ใช้พลังงานในระดับต่ำ มีขนาดของสายอากาศที่เล็กลง และลดเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสัญญาณระหว่างโหนดผู้ใช้งาน (Round-Trip Delay) รวมถึงการใช้ดาวเทียมวงโคจรระดับต่ำยังสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ทั่วโลกทั้งหมดด้วยการใช้ดาวเทียมวงโคจรระดับต่ำที่มีวงโคจรผ่านขั้วโลกเหนือใต้ (Polar Orbit)

แผนภาพที่ 3 - 6 ตัวอย่างการใช้งานดาวเทียมวงโคจรต่ำ



**In 2017, SpaceX submitted regulatory filings to launch a total of nearly 12,000 satellites to orbit by the mid-2020s. The internet communication satellites are expected to be in the smallsat-class of 100-to-500 kg (220-to-1,100 lb)-mass, which are intended to be orbiting at an altitude of approximately 1,100 kilometers (680 mi).**

ที่มา : http://www.lesa.biz/space-technology/satellite/orbits, 2017.

อย่างไรก็ตาม ยังมีอีกหนึ่งปัญหาสำคัญ หากจะนำดาวเทียมวงโคจรต่ำมาใช้เพื่อการสื่อสาร เนื่องจากดาวเทียมวงโคจรระดับต่ำมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงและไม่สัมพันธ์กับการหมุน

ของโลก ทำให้ดาวเทียมหนึ่งดวงสามารถให้บริการพื้นที่หนึ่ง ๆ ได้เป็นระยะเวลาไม่กี่นาทีเท่านั้น ดังปรากฏในแผนภาพที่ 3 - 7

แผนภาพที่ 3 - 7 พื้นที่ครอบคลุมของดาวเทียมวงโคจรต่ำหนึ่งดวงและการวางดาวเทียมวงโคจรต่ำในลักษณะโครงข่าย หรือ Constellation เพื่อให้บริการด้านการสื่อสาร

ที่มา : www.lesa.biz/space-technology/satellite/orbits

โครงข่ายดาวเทียมวงโคจรระดับต่ำ (LEO Satellite Constellation) และเพื่อให้เครือข่ายดาวเทียมสามารถรองรับการใช้งานของกลุ่มผู้อินเตอร์เน็ตและแอปพลิเคชั่นที่ เกี่ยวข้องผ่านอุปกรณ์สื่อสารแบบเคลื่อนที่ จึงมีการนำแนวคิดของการวางดาวเทียมวงโคจรต่ำในลักษณะของโครงข่าย หรือที่เรียกว่า Constellation ด้วยการใช้ดาวเทียมวงโคจรระดับต่ำจำนวนมากมาวางตัวให้มีการเคลื่อนที่ที่สอดคล้องกัน เมื่อดาวเทียมดวงหนึ่งเคลื่อนที่ออกจากพื้นที่ให้บริการ ดาวเทียมดวงใหม่ที่อยู่ถัดไปจะโคจรเข้ามาแทนที่ทำให้การสื่อสารไม่ขาดตอน ตัวอย่างของโครงข่ายดาวเทียมในวงโคจรต่ำที่มีการออกแบบและกำลังจะให้บริการในเวลาอีกไม่กี่ปีข้างหน้า รายที่สาคัญ ได้แก่ SpaceX และ OneWeb ซึ่งจะมีการใช้งานดาวเทียมในเครือข่ายมากถึง 4,425 และ 882 ดวง ตามลำดับ เพื่อให้บริการผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ตทั่วโลกผ่านอุปกรณ์สื่อสารแบบติดตั้งประจำที่และแบบเคลื่อนที่ ในย่านความถี่ Ku-Band และ Ka-Band

**การใช้งานโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำ (LEO Satellite Constellation)**

ในอีกไม่กี่ปีข้างหน้าเมื่อโครงการเช่น OneWEb และ SpaceX เข้าสู่การให้บริการผู้ใช้งานเครือข่าย อินเตอร์เน็ตจะมีทางเลือกใหม่ในการเข้าใช้งานระบบผ่านโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำในราคาที่ไม่สูงกว่าการใช้งานผ่านเครือข่ายการสื่อสารภาคพื้นดิน โดยสามารถแบ่งกลุ่มผู้ใช้งานหลัก ๆ ได้ดังนี้

1. ผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ตที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกลหรือยากต่อการเข้าถึง หนึ่งในกลุ่มเป้าหมายที่โครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำกำหนดให้เป็นกลุ่มลูกค้าหลักของโครงการ ซึ่งมีการคาดการณ์กันว่าปัจจุบันประชากรกว่า 4 พันล้านคน ยังไม่สามารถเข้าถึงการใช้งานอินเตอร์เน็ต ถึงแม้ว่าในปัจจุบันเครือข่ายการสื่อสารภาคพื้นดินจะมีการขยายเครือข่ายออกเป็นเป็นวงกว้างมากขึ้น แต่จากปัญหาหลักคือการขยายเครือข่าย ภาคพื้นดินนั้นจำเป็นต้องใช้การลงทุน และการดูแลรักษาที่มหาศาลและต่อเนื่อง หากไม่มีกลุ่มผู้ใช้งานที่มากพอ การลงทุนในหลายพื้นที่กลายเป็นสิ่งไม่คุ้มค่าสำหรับผู้ประกอบการหรือแม้แต่หน่วยงานภาครัฐในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานในพื้นที่ดังกล่าว ปัญหาอีกประการหนึ่งสำหรับผู้ใช้งานในกลุ่มนี้คืออัตราค่าบริการ เนื่องจากพื้นฐานเศรษฐกิจของชุมชนในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่สูงเท่าชุมชนในเมือง อัตราค่าบริการที่สูงเกินขีด ความสามารถของผู้ใช้เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้การเข้าถึงและใช้งานอินเตอร์เน็ตในพื้นที่ดังกล่าวยังอยู่ในวงจำกัด โครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำสามารถช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวทั้ง 2 ส่วนได้ในอนาคตอันใกล้ด้วยการสร้างโอกาสในการเข้าถึงในราคาที่ไม่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครือข่ายการสื่อสารผ่านดาวเทียมในรูปแบบเดิม โดยบริการหลักคือการเข้าถึงเครือข่ายอินเตอร์เน็ต หรือการใช้เครือข่ายอินเตอร์เน็ตเพื่อการติดต่อสื่อสารในรูปแบบต่าง ๆ เช่นการใช้โปรแกรมที่ช่วยให้สามารถโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ต การใช้อีเมล์เพื่อการติดต่อสื่อสาร หรือแม้แต่การสร้างช่องทางการสื่อสารผ่านสื่อออนไลน์ (Social Media) ผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ตในพื้นที่ที่การเข้าถึงมีขีดจำกัด กลุ่มเป้าหมายที่โครงข่ายดาวเทียมวง โคจรต่ำกำหนดให้เป็นกลุ่มลูกค้าหลักของโครงการอีกกลุ่มหนึ่งคือ ผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ตที่อยู่ในพื้นที่ที่มีบริการอินเตอร์เน็ตอยู่แล้ว แต่เนื่องจากประสิทธิภาพของเครือข่ายภาคพื้นดินในพื้นที่ดังกล่าวยังไม่ได้รับการพัฒนา หรือปรับปรุงให้รองรับการสื่อสารความเร็วสูงให้เพียงพอกับการขยายตัวของเมืองหรือความต้องการใช้งานในพื้นที่ การขยายเครือข่ายภาคพื้นดินนั้นไม่ว่าจะเป็นการลงทุนโดยภาคเอกชนหรือภาครัฐต้องใช้เวลาในการ ดำเนินการและบ่อยครั้งที่ใช้เวลาหลายปี กลุ่มผู้ใช้งานในส่วนนี้สามารถเลือกใช้งานช่องทางการเข้าสู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงผ่านเครือข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำที่สามารถดำเนินการและเริ่มใช้งานได้ทันที ด้วยการติดตั้งอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณที่มีขนาดเล็กและค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงกว่าเครือข่ายภาพพื้นดินมากนัก

2. กลุ่มผู้ประกอบการหรือหน่วยงานขนาดเล็กกลุ่มเป้าหมายต่อมาคือกลุ่มธุรกิจขนาดเล็ก หรือขนาดกลาง รวมถึงหน่วยงานท้องถิ่น ที่ต้องการสร้างเครือข่ายการติดต่อสื่อสารระหว่างกันผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ผู้ใช้งานกลุ่มนี้แม้ว่าในปัจจุบันจะสามารถเข้าถึงการใช้งานอินเตอร์เน็ตผ่านเครือข่ายภาพพื้นดินได้ตลอดเวลา แต่เนื่องจากความอ่อนตัวและความรวดเร็วในการติดตั้ง เคลื่อนย้าย และดูแลรักษาอุปกรณ์ที่ใช้ ในการเชื่อมต่อกับระบบ ทำให้คาดการณ์ว่ากลุ่มผู้ใช้กลุ่มนี้บางส่วนจะหันมาเลือกโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำ ในอนาคต โดยมีปัจจัยที่สำคัญคืออัตราค่าบริการที่ต้องไม่สูงกว่าเครือข่ายภาคพื้นดิน

3. กลุ่มผู้ใช้งานที่ต้องการเข้าถึงเครือข่ายอินเตอร์เน็ตขณะเคลื่อนที่ ในโลกที่ผู้คนต้องการเข้าถึงและเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตแทบตลอดเวลารวมถึงขณะเดินทางทำให้ผู้ประกอบการด้านการขนส่งต้องมีการเพิ่มการบริการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ตให้กับผู้โดยสารกลุ่มนี้ อย่างไรก็ตามการให้บริการดังกล่าวยัง สามารถดำเนินการได้ในวงจำกัดและในประเทศที่เครือข่ายการสื่อสารภาคพื้นดินได้รับการพัฒนาอย่างเต็ม รูปแบบแล้วเพียงไม่กี่ประเทศเท่านั้นที่สามารถทำได้ แต่ด้วย

โครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำ ผู้ประกอบการด้านการขนส่งสามารถติดตั้งอุปกรณ์บนยานพาหนะ เรือ หรือแม้แต่อากาศยาน และเริ่มให้บริการอินเตอร์เน็ตแก่ผู้โดยสารของตนได้ทันที ทำให้แม้แต่ในประเทศกำลังพัฒนาที่ยังไม่มีระบบเครือข่ายภาคพื้นดินที่ทันสมัยก็สามารถสร้างการบริการในส่วนนี้ได้เช่นเดียวกับประเทศพัฒนาแล้วในเวลาอันสั้น

4. กลุ่มผู้ใช้งานที่อยู่ในพื้นที่ที่ไม่สามารถพัฒนาหรือสร้างเครือข่ายภาคพื้นดิน กลุ่มผู้ใช้งาน ประเภทสุดท้ายนี้เป็นกลุ่มผู้ที่ต้องปฏิบัติงานในพื้นที่ที่ปราศจากโครงข่ายการสื่อสารภาคพื้นดิน แต่ต้องการเข้าถึงเครือข่ายการสื่อสารรวมถึงเครือข่ายผ่านอินเตอร์เน็ตเพื่อการใช้งานในชีวิตประจำวันหรือเพื่อสนับสนุน การปฏิบัติงาน เช่น ในพื้นที่ป่าลึก พื้นที่รกร้าง รวมไปถึงพื้นที่ส่วนใหญ่ในทะเล พื้นที่เหล่านี้แม้จะมีช่องทางการสื่อสารผ่านดาวเทียมค้างฟ้าในรูปแบบเดิม แต่การใช้งานก็มีอุปสรรคมากมายทั้งในส่วนของรูปแบบการใช้งาน ที่จำกัด ราคาอุปกรณ์เชื่อมต่อที่มีขนาดใหญ่และมีราคาแพง รวมถึงค่าบริการที่สูงมาก

## การผลักดันและการสร้างอำนาจต่อรองด้วยเทคโนโลยี Internet 5G และดาวเทียม LEO ระหว่างประเทศมหาอำนาจจีนและสหรัฐอเมริกา

### เทคโนโลยี Internet 5G

การอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่เพื่อการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G นับว่าเป็นเรื่องใหม่สำหรับประเทศกำลังพัฒนาหลาย ๆ ประเทศ โดยหน่วยงานกำกับดูแลกำลังศึกษารูปแบบและแนวทางที่เหมาะสมในการให้อนุญาตและจัดสรรคลื่นความถี่เพื่อให้สามารถนำเทคโนโลยีและคลื่นความถี่มาใช้งานได้อย่างเต็มศักยภาพและในเวลาที่เหมาะสม โดยแนวทางการจัดสรรคลื่นความถี่และการอนุญาตประกอบกิจการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G ในต่างประเทศมีรูปแบบที่หลากหลาย ทั้งการอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ควรจะเป็นสิทธิแต่เพียงผู้เดียวทั่วประเทศ (Exclusive Right) หรือสามารถแบ่งตามภูมิภาคหรือสามารถใช้คลื่นความถี่ร่วมกัน (Shared License) เป็นต้น โดยในบทความฉบับนี้จะขอนำเสนอประเทศที่ได้ดำเนินการจัดสรรและอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่สำหรับให้บริการ 5G ไปแล้ว (สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, 2561) ดังนี้

1. สหรัฐอเมริกา The Federal Communications Commission (FCC) หรือองค์กรกำกับดูแลด้านการสื่อสารและคลื่นความถี่ของสหรัฐอเมริกาวางแผนที่จะจัดประมูลคลื่นความถี่ย่าน 28 GHz (27.5-28.3 GHz) แบ่งเป็น 2 บล็อก บล็อกละ 425 MHz ในแต่ละ County หรือให้สิทธิในการใช้คลื่นความถี่ในการให้บริการแบบแบ่งตามพื้นที่ (Geographic Area) ในวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561 โดยจะใช้วิธีการดำเนินการประมูลแบบหลายรอบ (Simultaneous Multiple Round) และในแต่ละรอบราคาจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ (Ascending Bid) เช่นเดียวกับประเทศไทยและจะจัดประมูลคลื่นความถี่ย่าน 24 GHz (24.25-24.45 GHz และ 24.75 –25.25 GHz) หลังจากการประมูลคลื่นความถี่ย่าน 28 GHz เสร็จสิ้น โดยจะใช้วิธีการดำเนินการประมูลแบบ Clock Auction ซึ่งแบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกจะให้ประมูลบล็อกคลื่นความถี่ทั่วไป (Generic Blocks) ไปในเขตพื้นที่ที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจ จำนวน 9 เขต และช่วงที่สองจะให้ผู้ชนะการประมูลคลื่นความถี่ทั่วไปประมูล

เลือกย่านความถี่ที่ต้องการ ซึ่งคลื่นความถี่ย่าน 2.4 GHz แบ่งออกเป็น 7 บล็อก บล็อกละ 100 MHz นอกจากนี้ FCC อาจกำหนดกฎการประมูลอื่น ๆ เพิ่มเติมจากการประมูลครั้งที่ผ่านมา เช่น กำหนด Bidding Credit Cap สำหรับการประมูล จำนวน 823 ล้านบาท (25 ล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับธุรกิจขนาดเล็ก และ 320 ล้านบาท (10 ล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับผู้ให้บริการในเขตชนบท การส่งเสริมให้มีการใช้โครงสร้างพื้นฐานร่วมกันเพื่อให้การเปิดให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G เชิงพาณิชย์มีเสถียรภาพในการให้บริการมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม FCC อยู่ระหว่างการรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้เสียเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ในการจัดสรรคลื่นความถี่ย่าน 28 GHz และ 24 GHz ที่จะจัดการประมูลในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561

2. สาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งจีนอยู่ระหว่างการทดลองทดสอบการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G สร้างสถานีฐานประมาณ 20 สถานีในหลายเมืองใหญ่เพื่อให้สามารถเปิดให้บริการในเชิงพาณิชย์ได้ในปี พ.ศ. 2562 และเพื่อให้การให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G เชิงพาณิชย์มีประสิทธิภาพ รัฐบาลจีนโดยกระทรวงอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศ (Ministry of Industry and Information Technology-MIIT) อยู่ระหว่างการปรับปรุงแผนคลื่นความถี่และหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรคลื่นความถี่ เพื่อให้สามารถจัดสรรคลื่นความถี่จำนวน 500 MHz สำหรับการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G ได้ทั้งแบบจัดสรรให้ (Administrative Approval) และแบบการประมูลคลื่นความถี่ (Bidding and Auction) มีผลบังคับใช้วันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2561 ผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ของจีนมีความต้องการคลื่นความถี่อย่างมีนัยสำคัญ คาดว่าจะต้องการมากกว่า 1 GHz หมายถึง ผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่อย่าง China Mobile อาจต้องการคลื่นความถี่มากถึง 300 MHz เพื่อรักษากราฟฟิกจากการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G ติดขัด จีนไม่เคยจัดประมูลคลื่นความถี่มาก่อน จึงต้องพึ่งพารูปแบบและการตั้งราคาตั้งต้น จากเกณฑ์เปรียบเทียบสมรรถนะจากนานาชาติ (International Benchmarks) ซึ่งคลื่นความถี่ที่คาดว่าจีนจะนำมาจัดสรรโดยวิธีการประมูลคลื่นความที่ได้แก่คลื่นความถี่ย่าน 3.3-3.4 GHz 4.4-4.5 GHz และ 4.8-4.9 GHz การอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ของจีน ยังเป็นการอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่แบบมีสิทธิในการใช้คลื่นความถี่แต่เพียงผู้เดียว หรือ Exclusive Right เช่นเดียวกับคลื่นความถี่เพื่อให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G และ4G เพื่อสร้างความมั่นใจและความเชื่อมั่นในการลงทุนสร้างโครงข่ายให้ครอบคลุมประชากรให้กับผู้สนใจเข้าร่วมประมูลคลื่นความถี่ และอาจมีนโยบายอื่น เช่น นโยบายความเป็นกลางทางเทคโนโลยีและนโยบายส่งเสริมให้ผู้ประกอบกิจการโทรศัพท์เคลื่อน 5G ใช้คลื่นความถี่ LTE และ 5G NR ร่วมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการ Uplinks ของคลื่นความถี่ย่านความถี่สูงให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น ประหยัดต้นทุน และสามารถเลือกใช้คลื่นความถี่อย่างยืดหยุ่น เช่น คลื่นความถี่ย่าน 700, 800, 900, 1800 และ 2100 MHz

ความพร้อมของสหรัฐอเมริกา และจีน ซึ่งเป็นประเทศมหาอำนาจต่างพยายามเข้าไปมีส่วนร่วมในการกำหนดมาตรฐาน 5G เพราะนอกจากจะสามารถชี้นำแนวทางการสร้างและใช้เทคโนโลยีแล้ว หากรูปแบบของตนถูกรับเป็นมาตรฐาน รายได้จากสิทธิบัตร จะสามารถขับเคลื่อนวงจรการพัฒนาและรักษาความเป็นผู้นำทางเทคโนโลยีของประเทศนั้นได้ จึงไม่เป็นที่น่าแปลกใจว่าจีน จากที่เคยถูกกีดกันการเป็นแกนหลักเพื่อกำหนด มาตรฐาน 4G ได้วาง 5G เป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์หลักของชาติและเป็นประเทศที่มีความพร้อมด้าน 5G ที่สุด ผ่านการจัดตั้งคณะทำงาน IMT-2020 5G

Promotion Group เพื่อกำหนดมาตรฐาน 5G ได้ทันใน ค.ศ. 2020 และมีแผนดำเนินการ NSA-5G ในปี 2562 ตามมาด้วย SA-5G ในปี พ.ศ. 2563 ซึ่งประเด็นที่แสดงถึงความต้องการของจีนในการเป็นมหาอำนาจทางเทคโนโลยี คือ การวางเป้าหมายใช้งาน SA-5G เร็วกว่าสหรัฐอเมริกา ถึง 5 ปี โดยมองความได้เปรียบของการเรียนรู้และทำตลาดก่อนใน 2 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. การวางระบบ 5G ผ่านภูมิประเทศที่กว้างใหญ่จะทำให้ประเทศอื่น ๆ ที่รอความชัดเจนของมาตรฐาน 5G เห็นว่าการใช้คลื่นความถี่ต่ำ (ต่างจากสหรัฐอเมริกา ที่มองคลื่นความถี่สูง) สำหรับการสื่อสารทั่วไปในแกน eMBB มีประสิทธิภาพเพียงพอและทำให้เกิดการยอมรับในมาตรฐานของจีน เพื่อสร้างโอกาสขยายตลาดไป สภาพยุโรป ตะวันออกกลาง แอฟริกา เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และกลุ่มประเทศลาติน อเมริกา

2. สามารถทดสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งาน 5G ในแกน mMTC และ URLLC โดยจะทำให้พัฒนาการของเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น IoT Big Data Smart City และ Artificial Intelligence เป็นไปอย่างก้าวกระโดดและสร้างความได้เปรียบทางนวัตกรรมและมีอิทธิพลเหนือประเทศบนเส้นทางสายไหมแห่งศตวรรษที่ 21 (Belt and Road Initiatives) ผ่านการควบคุมการส่งถ่ายข้อมูลมหาศาลในเครือข่ายตน (กฤษณ์ จันทโนทก, 2562)

**เทคโนโลยี ดาวเทียม LEO**

1. ประเทศสหรัฐอเมริกา การแข่งขันด้านอุตสาหกรรมการสื่อสารในอวกาศนับวันยิ่งมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น เพราะไม่ว่าจะเป็น AMAZON ยักษ์ใหญ่ค้าปลีกทางออนไลน์ ก็เตรียมพร้อมทำโครงการ Project Kuiper ซึ่งมีแผนการที่จะนำดาวเทียมจำนวน 3,236 ดวงขึ้นสู่วงโคจรเพื่อให้บริการอินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียม, บริษัทวันเว็บ (OneWeb) มีแผนจะสร้างดาวเทียม 2 ดวง ในรัฐฟลอริดา สำหรับโครงข่ายดาวเทียมกว่า 600 ดวง ที่คาดว่าจะเปิดให้บริการได้ภายในปี พ.ศ. 2564 รวมทั้งคู่แข่งรายสำคัญอีกแห่งคือ Space X ของอีลอน มัสก์ ที่เพิ่งได้รับอนุญาตให้ส่งดาวเทียม 12,000 ดวงขึ้นไปอยู่ในวงโคจรที่ระดับความสูงต่างๆ ในชื่อโครงข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียมสตาร์ลิงค์ (Starlink constellation) ต่อมาอุตสาหกรรมดาวเทียมที่ให้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงเริ่มศึกคักหลังจากที่ 2 ค่ายอย่าง SpaceX และ OneWeb ได้ปล่อยหมัดเด็ดให้กับบริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงในปี 2020 โดยมีต้นแบบอย่างผู้คุมกฎโทรคมนาคมอย่าง FCC ของประเทศสหรัฐอเมริกา คอยกำกับดูแลบริษัท และการควบคุมวงโคจรดาวเทียม LEO, MEO-LEO และ MEO เพื่อให้สามารถให้บริการดาวเทียมอินเทอร์เน็ตบอร์ดแบนด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ล่าสุดทางผู้บริการ SpaceX และ COO Gwynne Shotwell ได้ยืนยันข้อมูลในการให้บริการ เตรียมให้บริการ Starlink ซึ่งเป็นบริการอินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียมในปี พ.ศ. 2563 ซึ่งทาง SpaceX ได้รับอนุญาตจาก Federal Communications Commission (FCC) ให้ทำการปล่อยดาวเทียมขึ้นสู่อวกาศแล้วเป็นจำนวน 12,000 ดวง และนอกเหนือจากนั้นอีกจำนวน 30,000 ดวง ทาง SpaceX เตรียมขออนุมัติจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องก่อน ซึ่งได้รับใบอนุญาตในปี 2020 หรือ 2567 เน้นการให้บริการอินเทอร์เน็ตในเมืองและพื้นที่ชนบท ซึ่งรองรับการให้บริการ 5G การให้บริการความเร็วอินเทอร์เน็ตสูงถึง 1 Gbps- โดยดาวเทียม Starlink มีน้ำหนัก 227 กิโลกรัม ที่ลอยบนชั้นบรรยากาศที่ความสูงอยู่ที่ 550 กิโลเมตร ความจุโครงข่ายในการถ่ายโอนอินเทอร์เน็ต 125 Gbps ซึ่งถือเป็นวงโคจรต่ำ โดยใช้แสงอาทิตย์เป็นพลังงาน โดยอายุการใช้งานอยู่ที่ 5 ปี หลังจากนั้นก็จะถูกทำลายด้วยชั้นบรรยากาศ และพบว่า

ราคาการให้บริการกับผู้บริโภคในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียมเป็นจำนวน 80 เหรียญดอลลาร์สหรัฐ แม้ว่าอยู่ในช่วงทดสอบการให้บริการก็ตาม โดยผู้ที่ใช้งานส่วนใหญ่เป็นหน่วยงานวิจัย กองทัพอากาศสหรัฐและความมั่นคง ที่น่าสนใจคือ ดาวเทียมอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงอย่าง Project Kuiper เน้นการให้บริการอุปกรณ์ Internet of Things ตั้งแต่ Smart Lights จนถึง Dog Collars ซึ่งผู้ให้บริการดาวเทียมอินเทอร์เน็ตบรอดแบนด์มักใช้วงโคจรดาวเทียม LEO ในช่วงคลื่นความถี่ Ka-band 24-40 GHz และ Ku-Band (12-18GHz) ซึ่งการส่งสัญญาณในช่วงนี้จะทำให้สามารถให้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงภาคพื้นดินกับประชาชนที่พักอาศัยบนโลก โดยมีผู้ให้บริการอย่าง SpaceX , OneWeb และ Amazon (ดีรณา อุทธา, 2562)

การครอบครองห้วงอวกาศ (Space Dominance) ของกองทัพอากาศสหรัฐฯ เป็นภารกิจหลักมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1982 สิ่งสำคัญอยู่ตรงอุปกรณ์ทางทหารที่โคจรในอวกาศ (Space Asset) อาทิ ดาวเทียมทหาร ถือเป็นส่วนที่สร้างความสำเร็จในการปฏิบัติงาน ให้แก่ ทอ.สหรัฐฯหลังจากการสิ้นสุดของสงครามเย็น (Cold War) ห้วงอวกาศได้ตกอยู่ในการครอบครองของ ทอ.สหรัฐฯ และได้รับการยอมรับว่าเป็นอาณาเขตที่ปลอดภัย ณ ปัจจุบันห้วงอวกาศไม่ได้เป็นในแบบนั้นอีกแล้ววันนี้ 11 ประเทศสามารถยิงจรวดขึ้นสู่ห้วงอวกาศได้และมากกว่า 170 ประเทศเข้าถึงการใช้ประโยชน์จากห้วงอวกาศ อีกทั้งอันตรายจากดาวเทียมที่โคจรในอวกาศชนกับขยะอวกาศเริ่มมีจำนวนที่เพิ่มขึ้น ที่สำคัญ คือ อันตรายจากอาวุธสามารถทำลายดาวเทียมได้ในห้วงอวกาศ (Anti-Satellite Weapon) อันเป็นความสำเร็จจากการพัฒนาเทคโนโลยีด้านอวกาศของจีน จึงทำให้เกิดการแข่งขันความเหนือกว่าในห้วงอวกาศ (Space Superiority) เมื่อมองภาพรวมแสดงให้เห็นห้วงอวกาศได้กลายเป็นอาณาเขตที่ไม่ปลอดภัยซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการปฏิบัติงานทางทหารในอวกาศและการดำเนินกิจการดาวเทียมสื่อสารของเอกชน

2. ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน จากความได้เปรียบดังที่ได้กล่าวมาของประเทศสหรัฐอเมริกาเกิดเป็นแรงผลักดันให้จีนที่มีเทคโนโลยีด้านอวกาศมาเป็นชาติที่สามของโลกนั้นได้มุ่งมั่นพัฒนาเทคโนโลยีด้านอวกาศของตัวเองอย่างต่อเนื่อง ให้ทันสมัยและเทียบเท่าสหรัฐฯ ความสามารถในด้านเทคโนโลยีอวกาศของจีนเริ่มแสดงแสนยานุภาพอันเป็นภัยคุกคามต่อดาวเทียมทหารของสหรัฐฯ และดาวเทียมสื่อสารของเอกชนที่โคจรรอบโลกจากการทดลองยิงอาวุธขึ้นไปทำลายดาวเทียมตรวจอากาศของตัวเอง ที่หมดอายุในปี ค.ศ. 2007 ซึ่ง ฟิลลิป ซอนเดอส์ และ น.อ. ชารลส์ลูทส์ กองทัพอากาศสหรัฐฯ ได้วิเคราะห์เรื่องนี้ลงวารสาร Joint Forces Quarterly ว่า “ณ ปัจจุบันดาวเทียมที่โคจรอยู่รอบโลกในระดับต่ำ (LEO) ความสูงจากผิวโลก 300-700 ไมล์นั้นอยู่ในพิสัยของอาวุธสามารถทำลายดาวเทียมได้ในห้วงอวกาศ (Anti-Satellite Weapon) การปรับปรุงความสามารถในการระบุและการประเมินภัยคุกคามในอวกาศ เพื่อให้ได้ทราบสถานการณ์จริงในห้วงอวกาศ ด้วย SSA (Space Situational Awareness) นั้นจะช่วยในการแจ้งเตือนติดตามและลดการกระทำที่ไม่ปลอดภัยได้ในห้วงอวกาศ”

นอกเหนือจากภัยคุกคามที่ได้สร้างความไม่ปลอดภัยในห้วงอวกาศแล้ว อันตรายจากการชนกันของอุปกรณ์ที่โคจรในห้วงอวกาศก็เริ่มมีจำนวนที่เพิ่มขึ้น อาทิ ดาวเทียมที่โคจรในอวกาศชนกันเองหรืออาจเป็นดาวเทียมที่โคจรในอวกาศชนกับขยะอวกาศ (Space Debris) จากเหตุการณ์ในปี ค.ศ. 2007 ที่จีนโชว์ความสำเร็จในการยิงอาวุธขึ้นไปทำลายดาวเทียมในห้วงอวกาศ รวมทั้งเหตุการณ์

ในปี ค.ศ. 2008 เกิดการชนกันดาวเทียมสื่อสารทหารของรัสเซียกับดาวเทียมสื่อสาร Iridium ของเอกชนในอวกาศ แรงระเบิดจากทั้ง 2 เหตุการณ์ ทำให้เกิดขยะอวกาศจำนวนมากในวงโคจรมาจนถึงปัจจุบันขยะอวกาศมากกว่า 100 ล้านชิ้น รวมทั้งอุปกรณ์ เครื่องไม้เครื่องมือ และชิ้นส่วนของจรวดที่ไม่ใช้แล้วยังคงล่องลอยอยู่ในวงโคจรส่งผลต่อดาวเทียมที่โคจรรอบโลกระดับต่ำ (LEO) 300-700 ไมล์จากผิวโลกมีแนวโน้มที่จะเป็นอันตรายมากขึ้น ไม่เพียงแต่ดาวเทียมเท่านั้นที่ตกอยู่ในอันตราย แม้แต่สถานีอวกาศนานาชาติ (ISS: International Space Station) ก็ต้องคอยตรวจสอบอยู่เสมอเพื่อป้องกันขยะอวกาศที่อยู่ในวงโคจรรอบโลกระดับต่ำ อาจจะพุ่งเข้าชนสถานีอวกาศนานาชาติเมื่อใดก็ได้ ที่สำคัญ ถ้าขยะอวกาศมีจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ ผลที่ตามมาอาจสร้างปัญหาให้กับการปฏิบัติงานทางทหารในอวกาศที่มีความสำคัญ (Critical Space Operation) และการดำเนินกิจการดาวเทียมสื่อสารของเอกชนซึ่งกองกำลังทางอวกาศสหรัฐฯ (The US Space Force) ภายใต้กองทัพอากาศสหรัฐฯ ได้มอบหมายให้ศูนย์ปฏิบัติการอวกาศร่วม (JSpOC) ฐานทัพอากาศแวนเด็นเบิกรัฐแคลิฟอร์เนียเป็นผู้ที่ทำการแจ้งเตือนตำแหน่งของวัตถุ หรืออุปกรณ์ที่มีแนวโน้มที่จะชนกันในห้วงอวกาศ (Conjuncture) ต่อไป (สรรสิริ สิริสันตคุปต์, 2563)

## จุดเด่นและจุดด้อยของแต่ละเทคโนโลยี

### เทคโนโลยี 3G และ 4G

ตารางที่ 3 - 2 การเปรียบเทียบระหว่าง 3G กับ 4G

| รายการ | ระบบ 3G | ระบบ 4G |
|---|---|---|
| การขับเคลื่อน (Driving Force) | เน้นความสำคัญด้านเสียงเป็นหลัก การรับส่งข้อมูลเป็นอันดับรอง | ทั้งข้อมูลและมัลติมีเดีย ไปด้วยกันบนบริการเครือข่ายของ IP |
| สถาปัตยกรรมเครือข่าย (Network Architecture) | Wide Area Network | เป็นการรวมกันระหว่างเครือข่ายไร้สายกับ Wide Area Network |
| Bandwidth (Bps) | 384 K-2 M | 100 M สำหรับการเคลื่อนที่และ 1G สำหรับสถานี (อยู่กับที่) |
| Frequency Band (GHz) | 1.8-2.4 | 2-8 |
| Switching | การส่งข้อมูลใช้แบบ Circuit Switched และ Packet Switched | ส่งข้อมูลแบบ Packet Switched |
| Access Technology | CDMA Family | OFDMA Family |

ตารางที่ 3 - 2 การเปรียบเทียบระหว่าง 3G กับ 4G (ต่อ)

| รายการ | ระบบ 3G | ระบบ 4G |
|---|---|---|
| QoS และความปลอดภัย | ไม่สนับสนุน | สนับสนุน |
| เทคนิค Multi-antenna | สนับสนุนอย่างจำกัด | สนับสนุน |
| การบริการด้าน Muticast/ Broadcast | ไม่สนับสนุน | สนับสนุน |

ที่มา: https://www.servcomp.co.th/solution/4G/4G.php

## เทคโนโลยี FTTx (Fiber to the X)

1. จุดเด่นของระบบ FTTH

ข้อดีของ FTTH คือ เป็นเครือข่าย Passive จากสำนักไปยังผู้ใช้ Middleware สามารถเป็น Passive ได้โดยทั่วไป ประการที่สองแบนด์วิดธ์ของมันค่อนข้างกว้างระยะทางยาวเพียงสอดคล้องกับการใช้งานขนาดใหญ่ของผู้ประกอบการของทาง ประการที่สามเนื่องจากเป็นธุรกิจที่ดำเนินการอยู่บนเส้นใยจึงไม่มีปัญหา เนื่องจากแบนด์วิดท์กว้างโปรโตคอลที่รองรับมีความยืดหยุ่นมากขึ้น และ V ด้วยการพัฒนาเทคโนโลยีรวมถึงวิธีการแบบจุดต่อจุด 1.25 G และ FTTH ได้พัฒนาฟังก์ชันที่สมบูรณ์แบบ ในตระกูลออพติคอลมีไฟเบอร์ออฟติก FTTB (Fiber to the Building) ไปยังอาคาร Fiber FTTC (Fiber to Curb) ไปยังถนน FTTSA (ไฟเบอร์ออปติคอล) เชื่อมต่อใยแก้วนำแสงโดยตรงกับบ้านของผู้ใช้แบนด์วิดธ์ความยาวคลื่นและประเภทเทคโนโลยีการส่งผ่านไม่จำกัด เหมาะสำหรับการแนะนำบริการใหม่ ๆ เป็นเครือข่ายธุรกิจที่เหมาะที่สุดโปร่งใสเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการพัฒนาเครือข่ายการเข้าถึง แม้ว่าความเร็วในการพัฒนาระบบสื่อสารเคลื่อนที่จะเป็นที่น่าอัศจรรย์แต่เนื่องจากแบนด์วิดท์ที่มีจำกัด แบนด์วิธที่จำกัด อาจไม่ใหญ่เกินไปข้อจำกัดของหน้าจอแสดงผลและปัจจัยอื่น ๆ ผู้คนยังคงติดตามประสิทธิภาพที่เหนือกว่าของเทอร์มินัลถาวรนั่นคือหวังว่าจะประสบความสำเร็จ เส้นใยแก้วนำแสงไปใช้ในครัวเรือน ความงามของเส้นใยในบ้าน ก็คือมีแบนด์วิดท์ที่ดีซึ่งเป็นทางออกที่ดีที่สุดสำหรับปรากฏการณ์ “คอคอดกิโลเมตรสุดท้าย” จากแกนนำอินเทอร์เน็ตไปยังเดสก์ท็อปของผู้ใช้ ด้วยการยกระดับเทคโนโลยีต้นทุนของ Fiber-to-Home จะลดลงอย่างมากและสามารถลดลงไปได้เหมือนกับเครือข่าย DSL และ HFC ซึ่งจะทำให้ FTTH เป็นไปได้

มีรายงานว่าตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2540 เป็นต้นมา NTT ของญี่ปุ่นเริ่มมีการพัฒนา FTTH ขึ้นในปี ค.ศ. 2000 เนื่องจากต้นทุนที่ต่ำลงและเพิ่มจำนวนผู้ใช้สหรัฐอเมริกาประมาณ ค.ศ. 2002 ในเดือนธันวาคม จำนวนการติดตั้ง FTTH เพิ่มขึ้นกว่า 200% สำหรับตลาดเส้นใยที่บ้าน บริษัทมีความคิดเห็นของตนเอง: บริษัท สหรัฐ A & T ไม่แง่ดีเกี่ยวกับ FTTH ใน OFC2004 บริษัทเชื่อว่าแบนด์วิดธ์ไม่ได้เป็นยาครอบจักรวาลการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์และเนื้อหาเป็นกุญแจสำคัญ ดังนั้นในระยะเวลามากเวลา ตลาด FTTH อาจมีขนาดเล็กและผู้ประกอบการสหรัฐ Verizon, Sprint มีการใช้งานมากขึ้นและนำเสนอแผนการและโซลูชั่นทางเทคนิคสำหรับการพัฒนา FTTH ใน OFC2004 ในประเทศจีนใยแก้วนำแสงที่บ้านยังมีความจำเป็นใยแก้วนำแสงที่บ้านของเครือข่ายการทดลองยัง

ได้รับการดำเนินการในหวู่ฮั่นเฉิงตูและเมืองอื่น ๆ เป็นที่คาดว่าประมาณปี ค.ศ. 2012 ในประเทศจีน จากชายฝั่งไปยังแผ่นดินใหญ่, จากตะวันออกไปตะวันตกจะเพิ่มจุดสูงสุดของเส้นใยแก้วนำแสงไปสู่การก่อสร้างในครัวเรือน อาจกล่าวได้ว่าใยแก้วนำแสงในครัวเรือนเป็นจุดสว่างของการสื่อสารใยแก้วนำแสงพร้อมกับการกำหนดและการปฏิบัติจริงของเทคโนโลยีที่สอดคล้องกันค่าใช้จ่ายจะลดลงไปในระดับที่ครอบครัวสามารถจ่ายได้แนวโน้มทั่วไปของ FTTH จะผ่านพ้นไม่ได้ นอกจากนี้ เทคโนโลยี FTTH ยังใช้เพื่อแก้ปัญหา “กิโลเมตรสุดท้าย” ในทางด่วนข้อมูล FTTH + Ethernet มากกว่า ADSL (ADSL จะสร้างแบนด์วิดท์การดาวน์โหลดสูงสุด 8 เมกะบิตต่อวินาทีในการเรียกใช้เมื่อแบนด์วิธแบนด์วิดท์นี้จะไม่เปลี่ยนแปลง)

ในความเป็นจริงอย่างไรก็ตามเนื่องจากกลไกการตรวจจับสัญญาณรบกวนของ ADSL หากสถานการณ์สายไม่ดีแล้วการเชื่อมต่อเริ่มต้นเป็นไปไม่ได้อย่างชัดเจนที่จะเข้าถึงค่าทางทฤษฎีอาจจบลงด้วย 5 เมกะบิตต่อวินาทีแบนด์วิดท์นี้จะไม่เปลี่ยนแปลง) และ ISDN (ของยุโรปรูปแบบที่เป็นที่นิยมของเครือข่ายโทรศัพท์) ความเร็วในการรับส่งข้อมูลทำได้เร็วกว่ามาก

2. จุดด้อยของระบบ FTTH

ในโหมด จำกัด ความเร็วของ Mac ความล่าช้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อบรอดแบนด์ทำงานเต็มรูปแบบด้านอัตรา FTTH ให้การอัปโหลดสูงสุด 4 M, Downlink 100 M เป็นของบรรทัดที่ไม่ถูกต้อง FTTB อยู่ในความเท่าเทียมกันบนและล่างสูงสุดที่ให้ 10 M

## เทคโนโลยี LEO และเทคโนโลยี 5G

### ประเภทของดาวเทียม

ดาวเทียมสื่อสารสามารถใช้ในการสื่อสารระยะไกลและครอบคลุมพื้นที่อย่างกว้างขวาง โดยสามารถส่งสัญญาณโทรทัศน์ สัญญาณโทรศัพท์ สัญญาณภาพ เสียง และการเชื่อมต่อทางอินเตอร์เน็ตระหว่างประเทศไปทั่วทุกมุมโลก โดยระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมประกอบด้วยสถานีภาคพื้นดิน (สถานีรับและส่ง) และสถานีในอวกาศ (ดาวเทียม) การส่งดาวเทียมขึ้นไปในอวกาศแบ่งได้ตามวงโคจร 4 วงโคจรหลักตามระดับความสูง ดังนี้

1. วงโคจรระยะต่ำ (Low Earth Orbit - LEO) หมายถึงดาวเทียมที่โคจรอยู่ที่ความสูงจากพื้นโลก ระหว่าง 350 – 2,000 กิโลเมตร แต่ในการใช้งานจริงดาวเทียมส่วนใหญ่จะอยู่ที่ความสูงระหว่าง 500 – 800 กิโลเมตร เดิมนิยมใช้เป็นดาวเทียมสำหรับการถ่ายภาพเนื่องจากอยู่ใกล้พื้นโลก แต่ในปัจจุบันมีการพัฒนาใช้สำหรับการสื่อสารแต่ต้องใช้ดาวเทียมหลายดวงในลักษณะหมู่ดาว (Constellation)

2. วงโคจรระยะปานกลาง (Medium Earth Orbit - MEO) อยู่ที่ความสูงตั้งแต่ 2,000 กิโลเมตร จนถึง 35,000 กิโลเมตร ความเร็วของตัวดาวเทียมไม่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับดาวเทียมวงโคจรต่ำ แต่ก็ไม่หยุดนิ่งเหมือนดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้า จึงเหมาะสมกับการนำมาใช้สำหรับการส่งสัญญาณเพื่อนำมาใช้ในการประมวลผลเพื่อหาที่อยู่ แต่ในปัจจุบันก็เริ่มมีการนำมาใช้สำหรับการสื่อสารเช่นกัน

3. วงโคจรประจำที่ (Geosynchronous Earth Orbit - GEO) อยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 35,786 กิโลเมตร โคจรอยู่ในแนวเส้นศูนย์สูตร (Equatorial Orbit) ดาวเทียมจะหมุนรอบโลกด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับโลกหมุนรอบตัวเองเสมือนว่าตัวดาวเทียมลอยนิ่งอยู่เหนือพื้นโลก

ในตำแหน่งเดิมอยู่ตลอดเวลา จึงถูกเรียกว่า “ดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้า” (Geo-stationary Earth Orbit : GSO) นิยมใช้สำหรับการสื่อสารและโทรคมนาคม การเฝ้าสังเกตการณ์การเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ

4. วงโคจรรูปวงรี (Highly Elliptical Orbit - HEO) เป็นวงโคจรแบบพิเศษที่ใช้สนับสนุนการสื่อสารสำหรับประเทศที่อยู่แถบขั้วโลก เช่น ประเทศรัสเซีย เท่านั้น วงโคจรประเภทนี้จะโคจรในมุมเอียง (63.4 องศา จากเส้นศูนย์สูตร) เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่บริเวณขั้วโลก โดยจะมีความสูงของวงโคจรที่ ประมาณ 35,000 – 45,000 กิโลเมตร และจุดต่ำสุดของวงโคจรที่ประมาณ 1,000 กิโลเมตร

**ผู้ให้บริการดาวเทียม LEO ที่สำคัญของโลก**

การให้บริการดาวเทียมในวงโคจร LEO ต้องใช้จำนวนดาวเทียมจำนวนมากในลักษณะหมู่ดาว Constellation ซึ่งต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมาก ในปัจจุบันมีบริษัทผู้ให้บริการดาวเทียมในวงโคจรต่ำ LEO ที่สำคัญ จำนวน 4 ราย ได้แก่ OneWeb, Starlink (SpaceX), Telesat LEO, และ Kuiper (Amazon) ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดที่สำคัญสำหรับแต่ละโครงการได้ดังนี้

ตารางที่ 3 - 3 สรุปรายละเอียดที่สำคัญแต่ละโครงการของผู้ให้บริการดาวเทียมในวงโคจรต่ำ

| | OneWeb | Starlink | Telesat | Kuiper |
|---|---|---|---|---|
| ปีที่เริ่มดำเนินการ | 2014 | 2014 | 2016 | 2019 |
| จำนวนดาวเทียมในเฟส 1 (มุมองศา) | 720 (87.9°) | 1,584 (53.0°) | 72 (99.5°)<br>45 (37.4°) | 3,236 |
| จำนวนดาวเทียมในแต่ละเฟส (มุมองศา) | เฟส2 : 1,764 (87.9°)<br>23,040 (40.0°)<br>23,040 (55.0°) | เฟส2 : 1,600 (53.8°)<br>เฟส3 : 400<br>(70.0°) | N/A | N/A |
| ตำแหน่งความสูงจากพื้นโลก | 1,200 กม. | 340 - 1,100 กม. | 1,000 – 1,248 กม. | 590 - 630 กม. |
| ย่านความถี่ | Ku-band สำหรับ User Links และ Ka-band สำหรับ gateway | Ku-band สำหรับ User Links และ Ka-band สำหรับ gateway | Ka-band สำหรับ User Links | Ka-band สำหรับ User Links |
| จรวดที่ใช้ส่ง | Soyuz-2 /Fregat 36 Sat/Launch | Falcon 9 Block 5 60 Sat/Launch | Multiple LVs, | Blue Origin |
| ขนาด Data Rate สูงสุดต่อดาวเทียม 1 ดวง | 9.97 Gbps<br>Avg. at 2.17 Gbps | 21.36 Gbps<br>Avg. at 5.36 Gbps | 38.68 Gbps<br>Avg. at 22.74 Gbps | System design not static |

ตารางที่ 3 - 3 สรุปรายละเอียดที่สำคัญแต่ละโครงการของผู้ให้บริการดาวเทียมในวงโคจรต่ำ (ต่อ)

| | OneWeb | Starlink | Telesat | Kuiper |
|---|---|---|---|---|
| จำนวน Ground Station สำหรับ max throughput | 71 | 123 | 42 | N/A |
| จำนวน สายอากาศต่อ Ground Station สำหรับ max throughput | 725 | 3,500 | 221 | N/A |
| จุดแข็ง | มีพันธมิตรรายใหม่ที่แข็งแกร่ง (อยู่ระหว่างยื่นอนุมัติ) | ความสามารถในการระดมทุนธุรกิจอื่น ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกัน (รถยนต์ไฟฟ้า) | ฐานลูกค้าเดิมของ GEO | เงินลงทุนธุรกิจเกี่ยวเนื่อง (AWS) |

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, 2563.

**Laser สำหรับ Inter-Satellite Communication**

Laser เป็นอุปกรณ์ที่ส่งแสงในรูปแบบสอดคล้องกันในเชิงพื้นที่ (Spatial Coherent) ผ่านกระบวนการขยายแสงโดยอาศัยการปล่อยรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกกระตุ้น ทำให้สามารถสร้างแสงสีที่บริสุทธิ์และกระจุกตัวที่คงความเข้มข้นในขณะเดินทาง ใช้ส่งข้อมูลผ่านสายไฟเบอร์ออพติกบนภาคพื้นดิน แต่การใช้งานอินเทอร์เน็ตที่เพิ่มขึ้นจะทำให้มีสายไฟเบอร์ออพติกไม่พอ การใช้ Laser บนดาวเทียมในอวกาศจะช่วยแก้ปัญหาได้

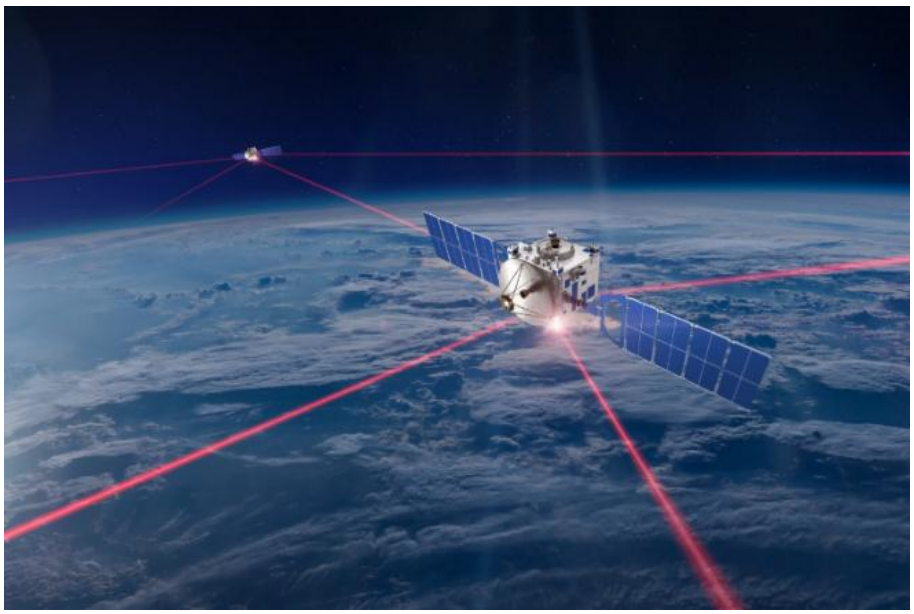
การส่งข้อมูลจากโลกไปยังดาวอื่นด้วยสัญญาณวิทยุ (Radio) จะใช้เวลานาน สำหรับดวงจันทร์ใช้เวลาโดยประมาณ 2.5 วินาที ดาวอังคารใช้เวลาหลายนาที และดาวดวงอื่นนอกระบบสุริยะจักรวาลอาจใช้เวลาเป็นชั่วโมง Laser จะเป็นทางออกหากต้องการก้าวสู่ยุคสำรวจอวกาศ ลำแสงอินฟราเรดที่มองไม่เห็นเหล่านี้คงความแรงของสัญญาณในระยะไกล ความยาวคลื่นสั้นกว่าคลื่นวิทยุ 10,000 เท่า ทำให้อัตราการถ่ายโอนข้อมูลเร็วขึ้น 10 ถึง 100 เท่า และจากขนาด Laser Beam จากดวงจันทร์จะครอบคลุมพื้นที่เพียง 38.85 ตร.กม. มีโอกาสน้อยในการกวนกันของสัญญาณ อีกทั้งต้องการกำลังส่งน้อยมากกว่า 50 เท่า เมื่อเทียบกับการส่งสัญญาณวิทยุ

**Inter-Satellite Laser Link (ISLL)**

ISLL เป็นเทคนิคการส่งผ่านข้อมูลระหว่างดาวเทียมในอวกาศ ส่วนใหญ่ใช้กับการสื่อสารระหว่างกลุ่มดาวเทียมขนาดเล็กจำนวนร้อยหรือพันดวงขึ้นไปซึ่งเคลื่อนที่วงโคจรต่ำ (Constellation) โดยมีดาวเทียมอย่างน้อยหนึ่งดวงอยู่บนท้องฟ้าเหนือจุดที่ให้บริการเสมอ ดาวเทียมใด ๆ จะเชื่อมต่อกับดาวเทียมดวงอื่น ๆ หนึ่งหรือสองดวงทั้งด้านหน้าและหลังเสมอ ๆ เพื่อความน่าเชื่อถือของการ

ให้บริการ (แผนภาพที่ 3 – 8) สำหรับสถานีภาคพื้นดินแต่ละแห่ง จะเชื่อมต่อกับดาวเทียมที่ส่งผ่านด้านบนเพื่อส่งสัญญาณ เมื่อเคลื่อนที่ออกนอกระยะก็จะส่งสัญญาณเชื่อมต่อไปยังดาวเทียมดวงถัดไปตามวงโคจรของมัน

แผนภาพที่ 3 – 8 การสื่อสารเชื่อมต่อระหว่างดาวเทียมด้วย Laser



ที่มา : Jeff Hecht, “Laser Links will link small satellites to Earth and each other”, March 24th, 2020.

**การทดสอบการใช้งาน ISLL**

ในปี 2544 มีการทดลองสื่อสารระหว่างดาวเทียมด้วย Laser ครั้งแรกที่ใช้ Semi-conductor ในการทดลอง โดยทดลองระหว่างดาวเทียม SPOT4 ซึ่งเป็นดาวเทียมวงโคจรต่ำของประเทศฝรั่งเศส และ ARTEMIS ซึ่งเป็นดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าของ ESA (European Space Agent) โดยการทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของการสื่อสารด้วยแสงระหว่างวงโคจรที่ระดับต่างกันที่ 50 Mbps โดยใช้ Semi-conductor Diode ที่ปล่อยแสงด้วยกำลัง 100 mW ที่คลื่นความถี่ 850 nm และ Avalanche Photodetector

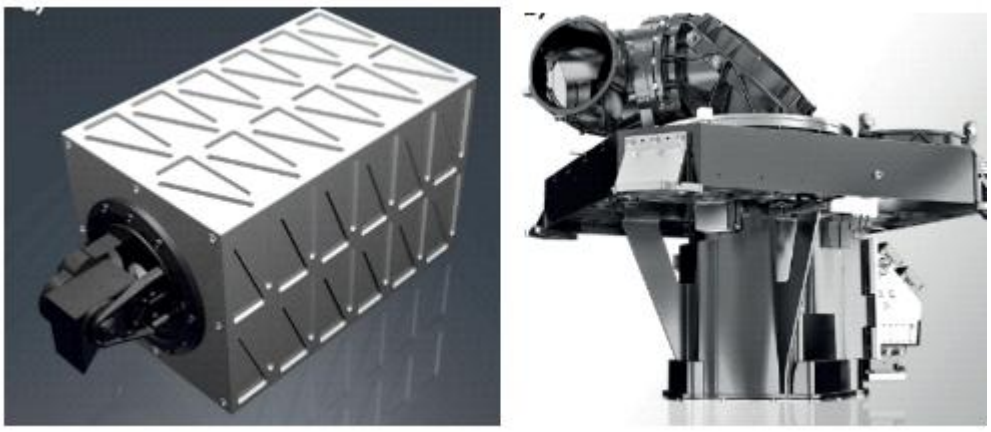
ต่อมา ในปี 2551 บริษัท Tesat มีการทดสอบการสื่อสารด้วย Laser ในระยะทาง 8,000 กม. เป็นเวลาหลายเดือน ระหว่างดาวเทียมวงโคจรต่ำ TerraSAR-X ของยุโรป และ Near Field Infrared Experiment (NFIRE) ซึ่งเป็นดาวเทียมทางทหารของสหรัฐฯ ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่า 25 วินาทีในการ Lock เข้าหากันก่อนเริ่มส่งสัญญาณทั้งสองทิศทางที่ 5.6 Gbps ที่อัตราความผิดพลาดระดับบิตต่ำกว่า $10^{-8}$

ด้านเครื่องลูกข่ายนั้น ปัจจุบันบริษัท Gilching ในประเทศเยอรมันสามารถผลิตเครื่องที่น้ำหนัก 7-15 กก. โดยส่งข้อมูลที่ 10 Gbps ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างดาวเทียมที่ระยะห่าง 4500 km (แผนภาพที่ 3 – 9) ในขณะที่บริษัท Tesat ใช้เทคโนโลยี Laser แทนสัญญาณวิทยุในการส่งกลับมายังโลก โดยรับมือกับเมฆและสภาพอากาศโดยการใช้สัญญาณขาขึ้นช่วยในการล็อคเข้ากับเครื่องรับสถานีภาคพื้นดินจะถูกติดตั้งไว้หลายแห่งในพื้นที่ที่จะส่งสัญญาณ ระบบจะเลือกสถานีที่มีอากาศที่ชัดเจนที่สุดเพื่อรับสัญญาณ (แผนภาพที่ 3 – 10)

แผนภาพที่ 3 – 9 การสื่อสารเชื่อมต่อระหว่างดาวเทียม

ที่มา : Sophia Chen, “How to Build a Space Communication System Out of Lasers”, 2018.

แผนภาพที่ 3 – 10 อุปกรณ์ปลายทางของ Tesat TOSIRIS 10 Gbps ที่สถานีภาคพื้นดิน และ LCT135 ส่งระหว่างดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้าด้วยระยะทางสูงสุด 80,000 กม.



ที่มา : Sophia Chen, “How to Build a Space Communication System Out of Lasers”, 2018.

ปัจจุบัน NASA สามารถส่งข้อมูลจากดวงจันทร์สู่โลกได้ที่ความเร็ว 622 Mbps ด้วย Laser (สตรีมภาพยนตร์ HD 30 เรื่องบน Netflix พร้อมกัน) นักบินอวกาศจะสามารถตรวจสุขภาพทางไกลจากพื้นโลกได้ ข้อมูล 100 Terabytes ซึ่งเดิมใช้เวลา 25 ปีในการส่งมายังโลกด้วยสัญญาณวิทยุ จะใช้เวลาเพียงไม่วัน

นอกจากนี้ เมื่อวันที่ 3 กันยายน มีการทดสอบการใช้งาน ISLL ของบริษัท SpaceX พบว่าสามารถส่งได้มากถึงระดับร้อย Gbps ในขณะที่ความเร็วในการใช้อินเทอร์เน็ตสูงที่เครื่องลูกข่ายปลายทางมากกว่าถึง 100 Mbps สำหรับ Version 1.0 และคาดว่าใน 2.0 ที่จะทดสอบต่อจะสามารถทำให้มีความเร็วที่ระดับ Gbps ที่ความหน่วงที่ 8 ms

**Security บนดาวเทียม**

การมีดาวเทียมขนาดเล็กจำนวนมากขึ้นไปบนอวกาศ เป็นการเพิ่มจุดเชื่อมต่อให้กับผู้เจาะระบบเข้าโจมตีทางไซเบอร์ อีกทั้ง เมื่อมีการพัฒนาของเทคโนโลยีเพิ่มขึ้น การตั้งเสาอากาศที่ซับซ้อนสามารถทำได้ในราคาเพียงสองสามร้อยเหรียญเท่านั้น จึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับระบบความปลอดภัยยิ่งขึ้น

ในอดีต ระบบดาวเทียมถูกเจาะหลายครั้ง เช่น 1. ในเดือนกุมภาพันธ์ 2542 ผู้ร้ายเจาะระบบได้ครอบครองดาวเทียมของสหราชอาณาจักรที่เรียกว่า SkyNet โดยควบคุมและเคลื่อนย้ายดาวเทียมพร้อมเรียกร้องค่าไถ่ 2. ยานสำรวจ Voyager, ดาวเทียม Ping ของโซเวียต, Skylab และ Sputnik 1 ของสหรัฐฯ ถูกเจาะข้อมูลเพราะไม่ได้เข้ารหัส เนื่องจากไม่สามารถประมวลผลข้อมูลเพราะพลังงานน้อยและความล่าช้าในการสื่อสาร หรือ 3. กล้องโทรทรรศน์อวกาศของดาวเทียม Hubble ที่ผู้โจมตีโดยปรับดาวเทียมหันไปที่ดวงอาทิตย์ทำให้เลนส์ของมันไหม้ หรือปรับแผงโซลาร์เซลล์ให้อยู่ในลักษณะที่จะทำลายแบตเตอรี่

จะเห็นว่า จุดอ่อนหลัก ๆ ในระบบดาวเทียม คือ การใช้ Long-Range Telemetry สำหรับการสื่อสารกับสถานีภาคพื้นดิน โดยที่ข้อมูลทั้งขาขึ้นและขาลงมักถูกส่งผ่าน Open Network Security Protocol ทำให้ระบบสามารถถูกเจาะได้ง่ายขึ้น อุปกรณ์ปลายทาง เช่น IoT ที่ใช้การสื่อสารผ่านดาวเทียมเป็นอีกจุดที่ผู้ไม่ประสงค์ดีสามารถเข้าโจมตีระบบได้ นอกจากนั้น ยังต้องระวังความปลอดภัยของสถานีภาคพื้นดินของดาวเทียมอีกด้วย ซึ่งสามารถโจมตีได้ง่ายๆ ด้วยการเล็ง Laser ไปยังเป้าหมายที่ต้องการกวน หากผู้ประสงค์ร้ายสามารถขัดขวางสัญญาณดาวเทียมได้ อาจจะสามารถเข้าถึงอุปกรณ์ปลายทางอื่น ๆ ที่เชื่อมต่อกับดาวเทียมด้วย อีกรูปแบบหนึ่งของการโจมตีคือการหลอกให้เข้าใจผิดว่าอุปกรณ์ของผู้โจมตีเป็นสถานีภาคพื้นดินแทน

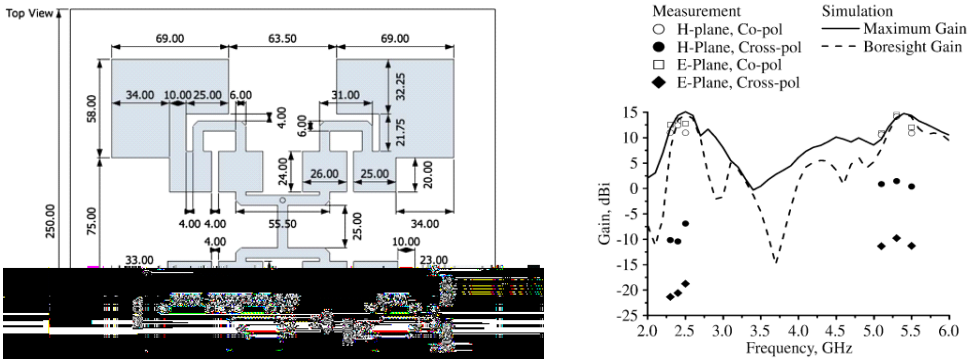
วิธีที่จะป้องกันการเจาะระบบหลาย ๆ แบบ 1. ส่งสัญญาณโดยกระโดดซ้ำ ๆ ระหว่างความถี่ เพื่อทำให้ผู้โจมตีรบกวนการสื่อสารได้ยากขึ้น 2. เคลือบดาวเทียมเพื่อป้องกัน การรบกวนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การโจมตี หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ 3. เพิ่มกระบวนการ Authentication เพื่อให้มั่นใจว่ากำลังได้รับข้อมูล GPS จากดาวเทียมที่แท้จริง 4. การเข้ารหัส และการตรวจสอบและบันทึกการรับส่งข้อมูลให้มากขึ้น รวมถึงจัดหาวิธีการตรวจสอบและตรวจจับกิจกรรมบนดาวเทียมให้ดียิ่งขึ้น

**Flat Panel Antenna**

สายอากาศดาวเทียมแบบจาน (Parabolic Dish) ที่ติดตั้งใช้งานอยู่ในปัจจุบันทำงานได้ดีกับดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้า (Geostationary) ที่ความสูง 36,000 กิโลเมตร โดยดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้านั้น เมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งของดาวเทียมกับตำแหน่งสัมพัทธ์บนโลกแล้ว จะเสมือนว่าอยู่กับที่ ในขณะที่ดาวเทียมที่วงโคจรต่ำ จะเคลื่อนที่ไปบนท้องฟ้าด้วยความเร็วสูงกว่าการหมุนของโลก ดังนั้น จานรับสัญญาณดาวเทียมจึงจะต้องมีความสามารถในการปรับทิศทางการรับส่งสัญญาณให้อยู่ในทิศทางเดียวกับตำแหน่งของดาวเทียมที่เคลื่อนที่ได้ ทำให้ต้องใช้สายอากาศยุคใหม่ซึ่งเป็น Flat Panel แทนสายอากาศแบบจานที่มีอยู่เดิม

สายอากาศแบบ Flat Panel ใช้เทคนิคการเพิ่มอัตราขยายของสายอากาศที่เรียกว่าเทคนิคแถวลำดับแบบปรับเฟส (Phased Array) ซึ่งเป็นการนำเอาสายอากาศหลาย ๆ ตัวมาจัดวางเรียงกันโดยมีระยะห่างที่แน่นอนเป็นแถวลำดับ เทคนิคนี้จะสามารถขจัดปัญหาต่าง ๆ อันเนื่องมาจากขนาดที่ใหญ่เทอะทะของสายอากาศได้ ดังแสดงในงานวิจัยของ Toh, W. เกี่ยวกับสายอากาศแถบความถี่ไมโครสตริปในลักษณะ Array คู่ ที่สามารถตอบสนองแถบความถี่คู่และมีอัตราขยายที่สูงขึ้น 4 เท่าหรือ 6 dB แสดงดังแผนภาพที่ 3 – 11

แผนภาพที่ 3 – 11 สายอากาศไมโครสตริปแถบความถี่คู่อาร์เรย์ โครงสร้าง และอัตราขยาย



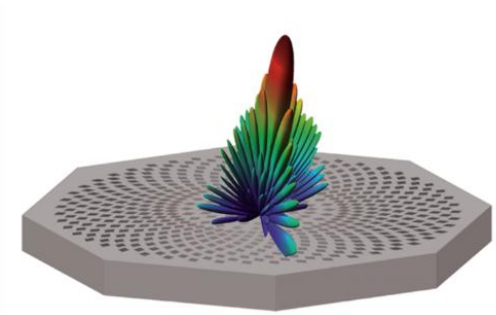

ที่มา : Toh, W. K., Qing, X. and Chen, Z. N. “A planar dualband antenna array.”, 2010.

ข้อดีของการนำสายอากาศมาจัดเรียงเป็นลำดับแถว คือ สามารถรับสัญญาณได้เพิ่มขึ้น อันเนื่องจากทิศทางการส่งและเพิ่มอัตราขยายของสายอากาศได้ นอกจากนี้สายอากาศแบบลำดับแถวยังสามารถปรับขนาดของแอมพลิจูดและเฟสของสัญญาณที่ป้อนให้แต่ละองค์ประกอบได้อีกด้วย ซึ่งส่งผลให้สามารถปรับแบบรูปการแผ่กระจายคลื่นให้เป็นไปตามที่เราต้องการในการใช้งานได้ การเปลี่ยนเฟสอย่างต่อเนื่องของสายอากาศเมื่อเทียบกับเวลาส่งผลให้ผลรวมของทิศทางการแผ่กระจายคลื่นเปลี่ยนไปในทิศทางต่าง ๆ ได้ ซึ่งในกรณีนี้จะเรียกว่าแถวลำดับแบบปรับเฟส (Phased Array)

แนวคิดของสายอากาศแบบแถวลำดับแบบปรับเฟส Phased Array Antenna ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในการใช้งานทางทหารในทศวรรษคริสตศักราชที่ 1940 และมีการพัฒนามาเป็นเวลาหลายทศวรรษ โดยปรับปรุงรูปแบบการรับและการส่งของสายอากาศ เพื่อทำให้ระบบสายอากาศสามารถ

รับหรือส่งข้อมูลจากทิศทางใดทิศทางหนึ่งได้แบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยไม่ต้องปรับเคลื่อนย้ายสายอากาศด้วยเทคนิคเครื่องกล ซึ่งไม่สามารถทำได้โดยเสาอากาศประเภทใดประเภทหนึ่ง นอกจากนี้ในการใช้งานสำหรับการสื่อสารทางไกลจำเป็นต้องมีการออกแบบสายอากาศที่มีลักษณะเน้นการรับส่งสัญญาณในทิศทางใดทิศทางหนึ่งสูงมาก เนื่องจากสายอากาศแบบเดี่ยวโดยทั่วไปมักจะกำหนดทิศทางและอัตราขยายได้ต่ำขณะที่มีรูปแบบพูข้างกว้าง จึงมักใช้เสาอากาศแบบอาร์เรย์ที่มีอัตราขยายและทิศทางสูงเพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว

แผนภาพที่ 3 – 12 Flat Panel Antenna การติดตั้งบนรถยนต์ และแบบจำลองการแผ่กระจายคลื่น



ที่มา : Nguyen Thanh Huong “Beamforming Phased Array Antenna toward Indoor Positioning Applications”, 2020.

เทคโนโลยีสายอากาศแบบ Flat Panel ที่มีการวิจัยพัฒนาในปัจจุบันมีการผลิตโดยใช้สองเทคนิคหลัก ๆ คือ 1. Metamaterial-surface Antenna Technology (MSAT) โดย Metamaterial เป็นวัสดุสังเคราะห์ที่ถูกออกแบบให้มีคุณสมบัติด้านสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ไม่มีในธรรมชาติ ซึ่งคุณสมบัติบางอย่างเช่น ความต้านทานสนามไฟฟ้า (Permittivity) และความสามารถนำสนามแม่เหล็ก (Permeability) ในวัสดุธรรมชาติถูกกำหนดโดยการตอบสนองของอะตอมและโมเลกุลต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผ่านตัวมัน แต่ใน Metamaterial คุณสมบัติเหล่านี้กำหนดโดยการจัดเรียงแถวลำดับของโครงสร้างการกระจายที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดความยาวคลื่นของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้งาน ขนาด รูปร่าง ทิศทาง และการเชื่อมต่อของโครงสร้างเล็ก ๆ เหล่านี้ ถูกออกแบบให้ตอบสนองต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อให้เกิดเป็นความถี่สั่นพ้อง (Resonance) หรือ คุณลักษณะอื่น ๆ ที่ต้องการในย่านความถี่ที่กำหนด ส่วนอีกเทคนิคของ Flat Panel Antenna คือ Active Phased Arrays ซึ่งใช้เทคนิคการควบคุมการแผ่กระจายคลื่นโดยการเสริมหรือหักล้างของคลื่นที่ปล่อยออกมาหรือรับเข้ามาของสายอากาศแบบแถวลำดับที่เป็นองค์ประกอบย่อย ๆ จำนวนมาก โดยเทคนิคนี้ใช้วงจร RF Transmitter/receiver ของแต่ละองค์ประกอบเพื่อควบคุมแอมปลิจูดและเฟสของการแผ่กระจายคลื่นขององค์ประกอบย่อยนั้น ๆ

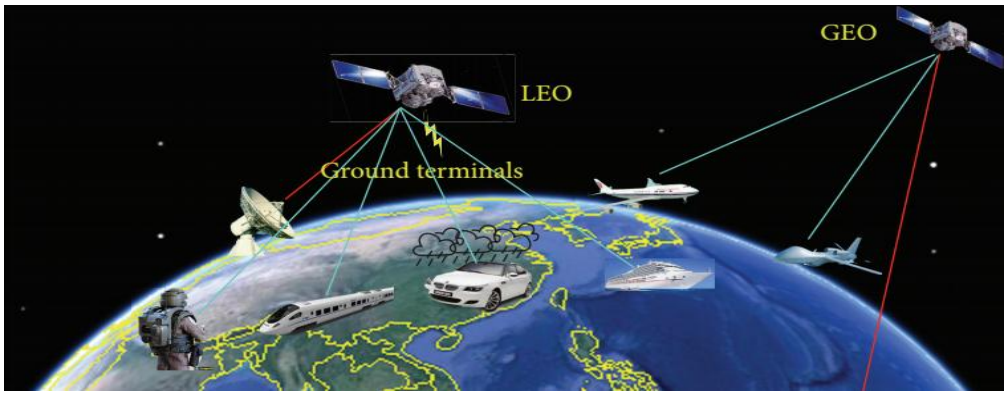
สายอากาศแบบ Flat Panel นี้สามารถติดตั้งได้อย่างง่ายดายบน Platform ที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่เกือบทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นรถไฟ รถประจำทาง รถยนต์ และเรือเดินทะเล สายอากาศเหล่านี้ให้ความน่าเชื่อถือสูง ใช้พลังงานต่ำ และปริมาณข้อมูลสูง สำหรับการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

บรอดแบนด์บนยานพาหนะที่เคลื่อนที่หรือในการติดตั้งแบบถาวร ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นสามารถตอบสนองความต้องการในการใช้งานร่วมกับดาวเทียมวงโคจรต่ำ (Low Earth Orbit) ด้วย

**ย่านความถี่ที่ใช้สื่อสารผ่านดาวเทียม**

สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Union: ITU) ได้จัดสรรและควบคุมการใช้ความถี่ในกิจการต่าง ๆ ทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ เพื่อไม่ให้เกิดการซับซ้อนและรบกวนกันความถี่ที่ใช้กับดาวเทียม โดยจะใช้หลักการการเรียกชื่อคล้ายกับที่ใช้ในเรดาร์และไมโครเวฟแต่ความถี่ใช้งานอาจแตกต่างกันบ้างตามภารกิจและวิธีการใช้ความถี่ เช่น L-band, C-band, Ku-band, X-band, Ka-band และV-band เป็นต้น ความถี่ที่นิยมใช้กันมากคือย่าน C-band สัญญาณย่านขาขึ้น (Uplink) ใช้ย่านความถี่ 6 GHz และสัญญาณขาลง (Downlink) ใช้ย่านความถี่ 4 GHz ความถี่ C-band นี้อาจรบกวนกับการสื่อสารผ่านคลื่นไมโครเวฟบนภาคพื้นดินได้ง่าย ความถี่อีกย่านหนึ่งที่ใช้งานกันมากคือ Ku-band โดยมีความถี่ขาขึ้นอยู่ระหว่าง 12-14 GHz และความถี่ขาลงอยู่ระหว่าง 11-12 GHz ซึ่งนิยมใช้ในกิจการส่งสัญญาณโทรทัศน์โดยตรง (Direct Broadcast System: DBS) แต่มีข้อเสียหลักคือสัญญาณจะถูกลดทอนกำลังจากเม็ดฝนค่อนข้างมาก และเมื่อไม่นานมานี้ได้มีการนำคลื่นย่าน V-band ใช้ย่านความถี่ 40-75 GHz มาประยุกต์ใช้กับดาวเทียมวงโคจรต่ำของโลก (Low Earth Orbit: LEO) การประยุกต์ใช้งาน LEO จะใช้ในการสังเกตการณ์ สำรวจสภาวะแวดล้อม ถ่ายภาพ ดังแสดงในแผนภาพที่ 3 – 13 แต่ไม่สามารถใช้งานครอบคลุมบริเวณใดบริเวณหนึ่งได้ตลอดเวลา เพราะมีความเร็วในการเคลื่อนที่สูง แต่จะสามารถบันทึกภาพคลุมพื้นที่ตามเส้นทางวงโคจรที่ผ่านไป ตามที่สถานีภาคพื้นดินจะกำหนดเส้นทางโคจรโดยจะโคจรอยู่ในแนวขั้วโลก (Polar Orbit)

แผนภาพที่ 3 – 13 การประยุกต์ใช้งานดาวทียมวงโคจร LEO และ GEO




ที่มา : Zhou, H., Jong, M., and Lo, G. “Evolution of satellite communication antennas on mobile ground terminals.”, 2015.

**จุดเด่นจุดด้อยของเทคโนโลยี LEO**

1. จุดเด่นของเทคโนโลยี LEO คือ ใช้ประโยชน์ทางการทหาร การสื่อสาร การรายงานสภาพอากาศ การวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสำรวจทางธรณีวิทยาสังเกตการณ์สภาพของอวกาศโลก ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และดาวอื่น ๆ รวมถึงการสังเกตวัตถุ และดวงดาว กาแล็กซีต่าง ๆ และการสื่อสารผ่านทางไกลทั่วโลก ก็มีดาวเทียมที่เป็นหัวใจสำคัญ เพราะดาวเทียมเป็นตัวสะท้อนสัญญาณจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ยกตัวอย่างง่าย ๆ ก็เช่น การถ่ายทอดสดการแข่งขันฟุตบอลโลกที่ถึงแม้ว่าเราจะอยู่คนละซีกโลก แต่เราก็ยังสามารถรับชมการแข่งขันแบบสด ๆ โดยถ่ายทอดผ่านสัญญาณดาวเทียมนั่นเอง รวมไปถึงการรายงานข่าวแบบรวดเร็ว ผ่านสัญญาณสดจาดดาวเทียม

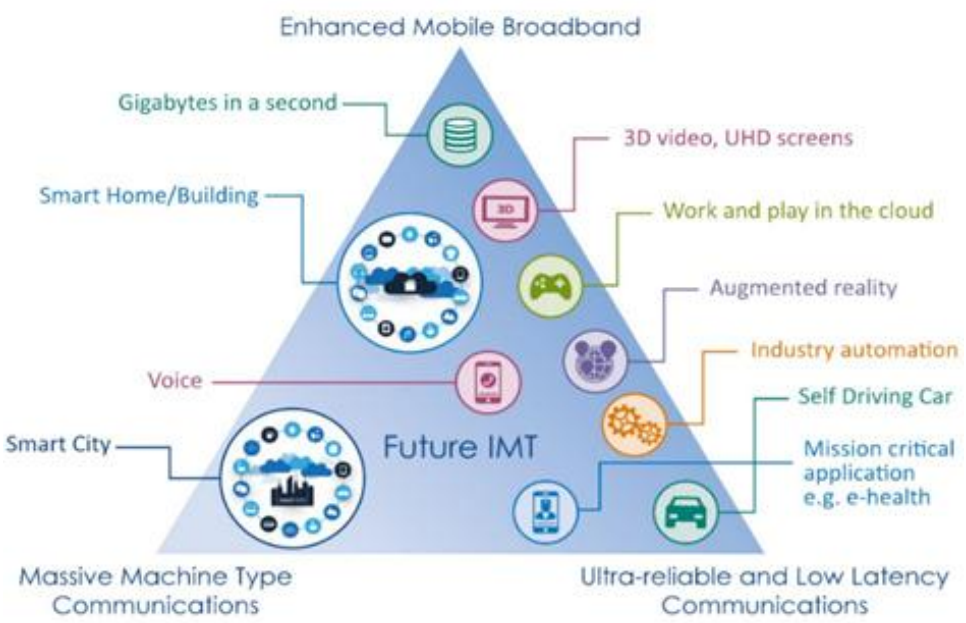
2. จุดด้อยของเทคโนโลยี LEO คือ ใช้ในการสังเกตการณ์ สำรวจสภาวะแวดล้อม, ถ่ายภาพ ไม่สามารถใช้งานครอบคลุมบริเวณใดบริเวณหนึ่งได้ตลอดเวลา เพราะมีความเร็วในการเคลื่อนที่สูง แต่จะสามารถบันทึกภาพคลุมพื้นที่ตามเส้นทางวงโคจรที่ผ่านไป ตามที่สถานีภาคพื้นดินจะกำหนดเส้นทางโคจรอยู่ในแนวขั้วโลก (Polar Orbit) ดาวเทียมวงโคจรระยะต่ำขนาดใหญ่บางดวงสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าในเวลาค่ำ หรือก่อนสว่าง เพราะดาวเทียมจะสว่างเป็นจุดเล็ก ๆ เคลื่อนที่ผ่านในแนวนอน

**บริการ 5G ที่ถูกแทนที่โดยดาวเทียม**

บริการหลัก ๆ ที่รองรับด้วยเทคโนโลยี 5G มี 3 แบบ คือ 1. Enhanced Mobile Broadband (eMBB) ซึ่งเป็นบริการที่ต้องการ Throughput ในการส่งในปริมาณมาก เช่น Gigabytes in Second หรือ 3D Video 2. Massive Machine Type Communications (MMTC) ซึ่งเป็นบริการที่รองรับจำนวนอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อจำนวนมาก (5G รองรับ 1 ล้านตัวต่อ ตร.กม.) เช่น Smart City และ 3. บริการที่ต้องการการสื่อสารที่เชื่อถือได้เป็นพิเศษและมีความหน่วงแฝงต่ำ (Ultra-Reliable and Low Latency Communication - URLLC) ซึ่งเป็นบริการที่ต้องการการตอบสนองที่รวดเร็ว (น้อยกว่า 1ms ใน 5G) เช่น การผ่าตัดทางไกล (Telemedicine) การขับรถอัตโนมัติ (Autonomous Car) ระบบอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม (Industry Automation)

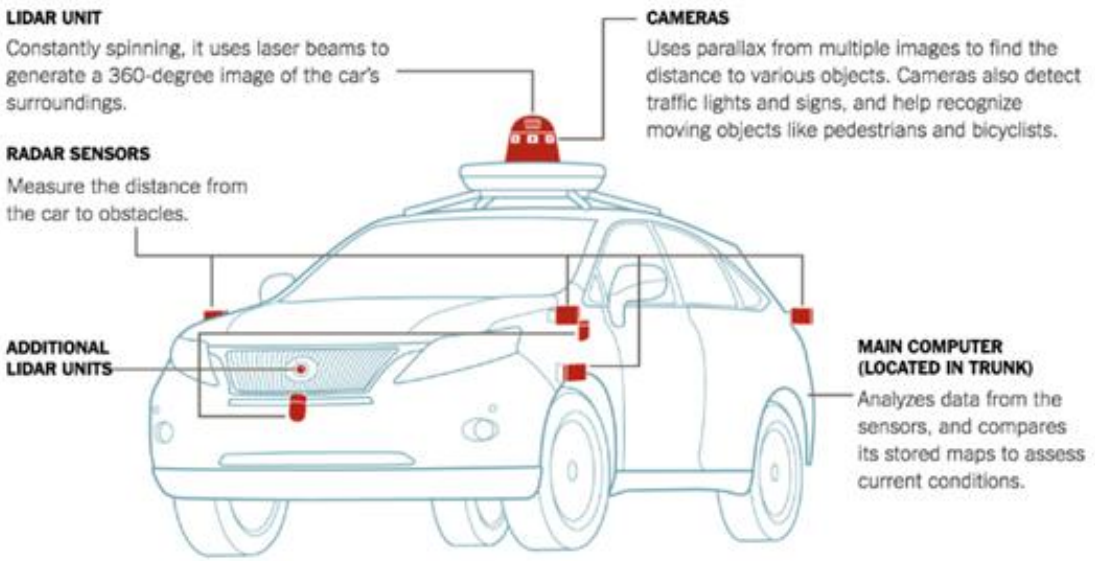
ดาวเทียมที่สามารถรับส่งทราฟฟิกปริมาณได้สูง ทั้งวงโคจรค้างฟ้าและวงโคจรต่ำ จะสามารถใช้แทนที่บริการ 5G ได้ในหลาย ๆ แบบ ตัวอย่างการใช้งานดาวเทียมสำหรับบริการ eMBB คือการใช้ในการเชื่อมต่อ Backhaul ด้วยอัตราการส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูง ๆ โดยส่งให้กับเครื่องบิน รถไฟ รถยนต์ และเรือ (รวมถึงเรือสำราญและเรือโดยสารอื่น ๆ) ที่กำลังเคลื่อนที่ โดยส่งข้อมูล เช่น วิดีโอทีวี HD/UHD ตลอดจนข้อมูลอื่น ๆ ที่ไม่ใช่วิดีโอ โดยส่งข้อมูลชุดเดียวกันในรูปแบบ Multicasting (หลาย ๆ คนรับข้อมูลพร้อม ๆ กัน)

แผนภาพที่ 3 – 14 Use Cases สำหรับบริการ และการทำงานของรถยนต์อัตโนมัติ




ที่มา : ITU-R M-2083-0, “IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond”, September, 2015.

แผนภาพที่ 3 – 15 การทำงานของรถยนต์อัตโนมัติ




ที่มา : By Guilbert Gates, Source: Google, Note: Car is a Lexus model modified by Google, 2017.

สำหรับบริการ mMTC เนื่องจากดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่ให้บริการที่กว้างกว่า 5G มากนัก จึงเหมาะสมที่จะนำมาให้บริการเพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IOT แต่ละตัว หรือเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่รวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT หลาย ๆ ตัวอีกทีหนึ่ง สำหรับบริการ URLLC เช่น Vehicle-to-everything (V2X) หรือการขับขี่อัตโนมัติ นั้น ดาวเทียมจะถูกใช้สำหรับการอัพเดทข้อมูลข่าวสารสำหรับผู้โดยสาร และการอัพเดทซอฟต์แวร์ในรถยนต์ การที่รถสามารถเชื่อมต่อเพื่อส่งภาพและข้อมูลถึงหลาย ๆ คนพร้อม ๆ กันจะทำให้สามารถส่งข้อมูลแบบมีเดียสตรีมมิ่ง เช่น OTT และการอัพเดทซอฟต์แวร์ไปยังรถยนต์หลายล้านคันพร้อมกันได้ ไม่เกิดปัญหาคอขวดการส่งทราฟฟิกที่สถานีฐาน 5G แต่ในช่วงแรกของการติดตั้งโครงการ Starlink ที่จำนวนดาวเทียมในกลุ่มยังไม่ครบตามเป้าหมายอาจจะไม่ได้ใช้สำหรับแอพพลิเคชั่นที่ใช้สำหรับ V2X ในส่วนที่มีความละเอียดอ่อนด้านเวลาในระดับมิลลิวินาที การใช้งานดาวเทียมวงโคจรต่ำ LEO ยังเหมาะกับการใช้งานสำหรับข้อมูลที่สำคัญ ๆ ที่ต้องการการอัพเดทที่รวดเร็วมาก ที่ความล่าช้าระดับมิลลิวินาทีจะส่งผลต่อการโยกย้ายเงินทุนเป็นอย่างมาก เช่น การลงทุนในตลาดหุ้น เป็นต้น ในอดีตมีการลงทุน 300 ล้านดอลล่าร์เพียงลดความหน่วงในการส่งจาก Hibernia Express Cable ที่ 59.95 ms ที่เชื่อมต่อระหว่างสหรัฐอเมริกาไปยังอังกฤษเป็น Atlantic Crossing 1 Cable ที่ 65 ms แทน ในขณะที่ Starlink จะลดความหน่วงลงเป็นเพียง 43 ms เท่านั้น

ดังจะเห็นได้ว่า ดาวเทียมสามารถใช้แทนการรับส่งทราฟฟิกภาคพื้นดินด้วยเทคโนโลยี 5G สำหรับบริการหลาย ๆ รูปแบบ หรือสามารถนำมาใช้ในลักษณะส่งเสริมกันโดยการ Offloading ซึ่งในกรณีดังกล่าว จำเป็นที่จะต้องมีอุปกรณ์ปลายทางที่สามารถใช้งานหรือเชื่อมต่อได้ทั้ง Satellite Modem และ Cellular Modem ในลักษณะที่มีการควบคุม (Control) ร่วมมือกัน

**จุดเด่นจุดด้อยเทคโนโลยี 5G**

1. จุดเด่นของเทคโนโลยี 5G คือ มีความละเอียดสูงและการสร้างแบนด์วิดธ์ขนาดใหญ่ มีเทคโนโลยีที่จะรวบรวมทุกเครือข่ายบนแพลตฟอร์ม และมีประสิทธิภาพมากขึ้นและความเร็วเพิ่มขึ้น อีกทั้งสามารถเผยแพร่ข้อมูลขนาดใหญ่ ได้อย่างรวดเร็ว

2. จุดด้อยของเทคโนโลยี 5G คือ เป็นเทคโนโลยียังอยู่ภายใต้กระบวนการผลิตและพัฒนา และอุปกรณ์เก่าจะไม่สามารถใช้งาน 5G ได้ อีกทั้งการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานมีค่าใช้จ่ายสูง และปัญหาด้านการรักษาความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของยังไม่ได้รับการแก้ไข

## สรุป

จากการศึกษาในหัวข้อ การพัฒนาเทคโนโลยี Internet ในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต สามารถสรุปประเด็นต่าง ๆ ได้ดังนี้

เทคโนโลยี 3G และ 4G มีข้อดี คือ สามารถให้อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่สูงทั้งขาส่งและขารับ และเวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่อโครงข่ายที่ค่อนข้างเร็วในระดับน้อยกว่า 100-300 ms รวมถึงมีสถานะในการประหยัดพลังงานที่ดีกว่า อีกทั้งเทคโนโลยี LTE-FDD และ LTE-TDD สามารถใช้สถาปัตยกรรมโครงข่ายร่วมกันได้ รวมถึงการใช้ความจุของโครงข่ายสื่อสัญญาณทั้งในส่วนโครงข่ายหลักและโครงข่ายเชื่อมต่อร่วมกันในการให้บริการบรอดแบนด์ทั้งแบบไร้สายและมีสาย มีการปรับปรุงการเชื่อมต่อสัญญาณ และกระบวนการจัดการเรื่องการใช้งานในขณะเคลื่อนที่ รวมถึงการลดอัตรา

ค่าหน่วงเวลาน้อยกว่า 10 ms ช่วยเพิ่มประสบการณ์ใช้งานที่ดีขึ้น โดยเทคโนโลยี LTE สามารถทำงานร่วมกับเทคโนโลยีในโครงข่ายอื่น ๆ เช่น GSM, CDMA หรือ WCDMA ได้ดี ซึ่งผู้ใช้งานไม่ต้องทำการติดตั้งซอฟต์แวร์ใด ๆ เพื่อใช้งานเทคโนโลยี LTE แต่ตัวโครงข่ายจะทำการติดตั้งการอัพเดตซอฟต์แวร์ในอุปกรณ์อัตโนมัติ เมื่ออุปกรณ์นั้น ๆ ได้ทำการเชื่อมต่อโครงข่ายอย่างสมบูรณ์ เนื่องจากรูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่ายที่ง่ายและไม่ซับซ้อน ทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดการโครงข่ายค่อนข้างต่ำ ส่วนข้อจำกัด คือ ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์โครงข่ายใหม่ ทำให้ต้นทุนในการลงทุนในการขยายโครงข่ายค่อนข้างสูง โดยในโครงข่าย LTE มีการใช้เทคโนโลยีเสาอากาศในการรับส่งอยู่หลายเสาสัญญาณ ทำให้ระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง ขณะใช้งานโครงข่าย LTE อีกทั้งจำนวนโครงข่าย LTE ที่ใช้งานทั่วประเทศในปัจจุบันยังมีอยู่ค่อนข้างจำกัด แต่มีแนวโน้มในการปรับปรุงโครงข่ายเป็น LTE เพิ่มมากขึ้น แต่อาจใช้ระยะเวลาในการขยายโครงข่ายครบทุกพื้นที่ทั่วประเทศ

เทคโนโลยี 5G มีข้อดี คือ มีความละเอียดสูงและการสร้างแบนด์วิดธ์ขนาดใหญ่ และเป็นเทคโนโลยีที่จะรวบรวมทุกเครือข่ายบนแพลตฟอร์ม มีประสิทธิภาพมากขึ้นและความเร็วเพิ่มขึ้น และสามารถเผยแพร่ข้อมูลขนาดใหญ่ ได้อย่างรวดเร็ว ส่วนข้อด้อย คือ มีเทคโนโลยียังอยู่ภายใต้กระบวนการผลิตและพัฒนา แต่อุปกรณ์เก่าจะไม่สามารถใช้งาน 5G ได้ อีกทั้งการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานมีค่าใช้จ่ายสูง

เทคโนโลยี FTTx (Fiber to the X) มีข้อดีของเทคโนโลยี GPON คือ ความเร็วในการให้บริการที่สูงมากเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีทางเลือกอื่น ๆ และศักยภาพในการต่อยอดในอนาคต เช่น XGPON ที่สามารถให้ความเร็วสูงถึง 10 Gbps โดยสามารถทำงานร่วมกับโครงข่ายแบบเดิมได้ นอกจากนั้น ตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงข่ายมีต้นทุนราคาที่ถูก และง่ายต่อการบำรุงรักษา ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (OPEX) ค่อนข้างต่ำ รวมถึงเทคโนโลยี GPON เป็นเทคโนโลยีมาตรฐาน ทำให้ในโครงข่ายสามารถใช้อุปกรณ์จากผู้ผลิตต่าง ๆ ร่วมกันได้ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ต้นทุนของอุปกรณ์ในการให้บริการโครงข่ายมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว สำหรับข้อจำกัดที่สำคัญของเทคโนโลยี FTTx คือ ต้นทุนในการติดตั้งสายใยแก้วนำแสง ซึ่งต้องใช้เงินลงทุนเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะในกรณีที่ต้องลงทุนติดตั้งสายใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้งาน ซึ่งจำนวนเงินลงทุนจะแตกต่างมาก เมื่อเทียบกับการลงทุนวางโครงข่ายสายใยแก้วนำแสงเพิ่มเติมและสายทองแดงเดิม หรือสายเคเบิล ในการเชื่อมต่อไปยังผู้ใช้งาน โดยมีการประเมินว่าสถาปัตยกรรมแบบ FTTC/ FTTB จะสามารถช่วยลดต้นทุนติดตั้งได้มากถึง 2/3 เมื่อเทียบกับการลงทุนโครงข่ายด้วยสถาปัตยกรรมแบบ FTTH และช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการเพิ่มความจุโครงข่าย และเป้าหมายความเร็วในการให้บริการให้เพียงพอกับความต้องการใช้งานบรอดแบนด์ในอนาคตได้

เทคโนโลยี LEO มีข้อดี คือ ดาวเทียมสามารถกระจายสัญญาณจากจุดหนึ่งไปยังหลาย ๆ สถานที่พร้อม ๆ กันได้ ทำให้สามารถให้พื้นที่ในการครอบคลุมในการสื่อสารได้ดีกว่า และเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการให้บริการกระจายเสียงและโทรทัศน์ และการสื่อสารข้อมูลแบบดาวเทียม ไม่จำเป็นต้องใช้ต้นทุนจำนวนมากในการสร้างโครงข่ายภาคพื้นดิน ทำให้เทคโนโลยีนี้มีความเหมาะสมในการให้บริการในพื้นที่ห่างไกลที่ยากต่อการเข้าถึงการใช้โครงข่ายสื่อสัญญาณดาวเทียมเป็นโครงข่ายเชื่อมต่อ เป็นการลดต้นทุนการสร้างโครงข่ายเชื่อมต่อและทำให้สามารถขยายโครงข่ายได้อย่างรวดเร็ว ส่วนข้อจำกัด คือ เนื่องจากดาวเทียมอยู่บนชั้นวงโคจรบนอวกาศ ทำให้สัญญาณข้อมูลที่ใช้

ในการสื่อสารมีค่าความหน่วงเวลาที่สูง จึงไม่เหมาะสำหรับบริการสื่อสารข้อมูลแบบโต้ตอบทันที หรือแบบ Real Time เช่น การสื่อสารทางเสียง อีกทั้งค่าความจุและแบนด์วิดท์ใช้งานนั้นจะค่อนข้างต่ำกว่าเทคโนโลยีทางเลือกอื่น และยังมีข้อจำกัดในการส่งสัญญาณข้อมูลเมื่อมีสภาพอากาศแปรปรวน

การผลักดันและการสร้างอำนาจต่อรองด้วยเทคโนโลยี Internet 5G และดาวเทียม LEO ระหว่างประเทศมหาอำนาจจีนและสหรัฐอเมริกา พบว่า การให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G ของประเทศสหรัฐอเมริกา มีการวางแผนที่จะจัดประมูลคลื่นความถี่ย่าน 28 GHz (27.5-28.3 GHz) แบ่งเป็น 2 บล็อก ในแต่ละ County หรือให้สิทธิในการใช้คลื่นความถี่ในการให้บริการแบบแบ่งตามพื้นที่ (Geographic Area) โดยจะใช้วิธีการดำเนินการประมูลแบบหลายรอบ (Simultaneous Multiple Round) และในแต่ละรอบราคาจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ (Ascending Bid) สำหรับผู้ให้บริการในเขตชนบท การส่งเสริมให้มีการใช้โครงสร้างพื้นฐานร่วมกันเพื่อให้การเปิดให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G เชิงพาณิชย์มีเสถียรภาพในการให้บริการมากที่สุด ส่วนประเทศจีนนั้นอยู่ระหว่างการทดลองทดสอบการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G สร้างสถานีฐานประมาณ 20 สถานีในหลายเมืองใหญ่เพื่อให้สามารถเปิดให้บริการในเชิงพาณิชย์ได้ในปี พ.ศ. 2562 ดังนั้น ความพร้อมของสหรัฐอเมริกา และจีน ซึ่งเป็นประเทศมหาอำนาจต่างพยายามเข้าไปมีส่วนร่วมในการกำหนดมาตรฐาน 5G เพราะต้องการรักษาความเป็นผู้นำทางเทคโนโลยีของประเทศ ดังเช่น จีนได้การวางเป้าหมายใช้งาน SA-5G เร็วกว่าสหรัฐอเมริกา ถึง 5 ปี โดยมองความได้เปรียบของการเรียนรู้และทำตลาดก่อนใน 2 ประเด็น ดังต่อไปนี้ 1. การวางระบบ 5G ผ่านภูมิประเทศที่กว้างใหญ่จะทำให้ประเทศอื่น ๆ ที่รอความชัดเจนของมาตรฐาน 5G เห็นว่าการใช้คลื่นความถี่ต่ำ (ต่างจากสหรัฐอเมริกาที่มองคลื่นความถี่สูง) สำหรับการสื่อสารทั่วไปในแกน eMBB มีประสิทธิภาพเพียงพอและทำให้เกิดการยอมรับในมาตรฐานของจีน และ 2. จีนสามารถทดสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งาน 5G ในแกน mMTC และ URLLC โดยจะทำให้พัฒนาการของเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น IoT Big Data Smart City และ Artificial Intelligence เป็นไปอย่างก้าวกระโดดและสร้างความได้เปรียบทางนวัตกรรม และในส่วนการครอบครองห้วงอวกาศ (Space Dominance) ของกองทัพอากาศสหรัฐฯ เป็นภารกิจหลัก ได้ทุ่มงบประมาณจำนวนมาก เพื่อความเหนือกว่าในห้วงอวกาศ (Space Superiority) คงเห็นได้จากปัจจุบันอาวุธเกือบทุกอย่างของ ทอ.สหรัฐฯ สามารถที่จะเข้าสู่เป้าหมายได้อย่างแม่นยำด้วยดาวเทียมทหาร GPS (Weapons Guided by GPS) รวมทั้งดาวเทียมสื่อสารของทหาร (Communication Satellite) ซึ่งเป็นแรงผลักดันให้จีนที่มีเทคโนโลยีด้านอวกาศมาเป็นชาติที่สามของโลก และได้มุ่งมั่นพัฒนาเทคโนโลยีด้านอวกาศของตัวเองอย่างต่อเนื่อง ให้ทันสมัยและเทียบเท่าสหรัฐฯ ความสามารถในด้านเทคโนโลยีอวกาศของจีนเริ่มแสดงแสนยานุภาพอันเป็นภัยคุกคามต่อดาวเทียมทหารของสหรัฐฯ และดาวเทียมสื่อสารของเอกชนที่โคจรรอบโลกจากการทดลองยิงอาวุธขึ้นไปทำลายดาวเทียมตรวจอากาศของตัวเองที่หมดอายุ

# บทที่ 4
# ผลกระทบและการรับมือเทคโนโลยี Internet 5G และดาวเทียม LEO ที่มีต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของโลกและของไทย

การศึกษาเรื่อง ผลกระทบของเทคโนโลยี Internet 5G ภาคพื้นดิน และดาวเทียม LEO (Low Earth Orbit) ที่มีต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของไทยเป็นการศึกษา เก็บรวบรวม ตรวจสอบข้อมูลด้านวิชาการจากแหล่งข้อมูล และวรรณกรรมต่าง ๆ เช่น เอกสารทางวิชาการ วารสาร หนังสือพิมพ์ บทความ ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต อีกทั้งงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และทบทวนกรณีศึกษาต่าง ๆ เพื่อนำมาประกอบการพิจารณา โดยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ดังนี้

1. ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของโลก
2. ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่อภูมิภาคอาเซียน
3. ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่อประเทศไทย
4. ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่ออุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของประเทศไทย
5. สรุป

## ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของโลก

การรับมือหรือการเตรียมความพร้อมภาคอุตสาหกรรมโทรคมนาคมของโลกสู่เทคโนโลยี 5G ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา เทคโนโลยี 5G เป็นกระแสที่ทั่วโลกให้ความสนใจเนื่องจากเป็นฟันเฟืองสำคัญในการเปลี่ยนผ่านสู่ยุคดิจิทัล (Digital Transformation) จากคุณสมบัติที่สามารถรองรับการรับส่งข้อมูลจำนวนมหาศาลด้วยความเร็ว ความแรง และความเสถียรเทียบเท่ากับการใช้งานผ่านโครงข่ายใยแก้วนำแสง (Fibre-Optic) ทำให้เทคโนโลยี 5G ไม่ได้จำกัดการใช้งานเฉพาะกลุ่มผู้ใช้บริการโทรศัพท์ เคลื่อนที่เท่านั้น แต่สามารถตอบโจทย์การใช้งานให้กับภาคอุตสาหกรรมอีกด้วย โดยประเทศยักษ์ใหญ่เช่น จีน สหรัฐฯ และเกาหลีใต้ ได้นำร่องเปิดให้บริการในบางพื้นที่เรียบร้อยแล้วในปีนี้ ขณะที่ไทยกำหนดโรดแมป (Roadmap) ที่จะเปิดใช้ 5G เชิงพาณิชย์ในปี ค.ศ. 2020 ซึ่งสอดคล้องกับอีกหลายประเทศทั่วโลก

สำหรับเทคโนโลยี 5G เปรียบเสมือนรากฐานสำคัญที่จะนำไปสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรม เพื่อยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ และสร้างประโยชน์ให้กับภาคเศรษฐกิจในระยะยาว ทุกวันนี้โลกถูกขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีซึ่งส่งผลกระทบต่อทุกอุตสาหกรรมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้น เทคโนโลยี 5G ถือเป็นกุญแจสำคัญในการผลักดันให้เกิดการปฏิรูปเศรษฐกิจและพลิกโฉมภาคอุตสาหกรรมโทรคมนาคมในยุคดิจิทัล ซึ่งภาครัฐจะต้องมีความตั้งใจในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคมเพื่อรองรับการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี 5G เชื่อมโยงทุกอุตสาหกรรม

ทั้งภาคการผลิตและภาคบริการให้สามารถเข้าถึงข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพและกระตุ้นให้เกิดการสร้างนวัตกรรมในอนาคต

ถึงแม้ว่าหลายประเทศมีการพัฒนาเทคโนโลยีโทรคมนาคมแบบไร้สายมาอย่างต่อเนื่อง แต่การก้าวสู่ 5G ผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Operator) ต้องมีคลื่นความถี่ตามที่กำหนดและมีความพร้อมด้านโครงข่ายโทรคมนาคมพื้นฐาน ซึ่งประเมินว่าจะต้องใช้เม็ดเงินลงทุนกว่า 1 แสนล้านบาท โดยสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Union: ITU) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่กำหนดมาตรฐานด้านการสื่อสารและบริการทั่วโลกได้กำหนดมาตรฐานคลื่นความถี่ที่ Operators ต้องครอบครองสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยี 5G ไว้ 3 ช่วง ประกอบด้วย ช่วงคลื่นความถี่ต่ำกว่า 1 Ghz, 1-6 Ghz และสูงกว่า 6 Ghz ซึ่งจะกลายเป็นต้นทุนที่เพิ่มขึ้น นั่นหมายถึงเม็ดเงินลงทุนที่เพิ่มขึ้นมหาศาล

อย่างไรก็ตาม ความพร้อมของภาคอุตสาหกรรมในการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี 5G ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดนั้นถือเป็นอีกความท้าทายสำคัญ อีไอซี ประเมินว่า อุตสาหกรรมในกลุ่มสื่อและบันเทิง สาธารณสุข และขนส่ง จะเป็นกลุ่มแรกที่ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี 5G ในระยะแรก ปฏิเสธไม่ได้ว่าการเข้ามาของเทคโนโลยี 5G ทำให้ภาคอุตสาหกรรมโทรคมนาคมตื่นตัวและมองเห็นโอกาสในการพลิกโฉมธุรกิจของตนให้สอดคล้องกับบริบทของโลก เมื่อพิจารณาโครงสร้างธุรกิจ เงินลงทุนเริ่มต้นและระยะเวลาคืนทุนแล้ว อีไอซี ประเมินว่าในระยะแรกเทคโนโลยี 5G จะถูกใช้งานผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นหลัก โดยอุตสาหกรรมในกลุ่มสื่อและบันเทิง สาธารณสุข และขนส่งจะเป็นกลุ่มแรกที่เริ่มใช้เทคโนโลยี 5G และถูกกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาแอปพลิเคชันรวมถึงอุปกรณ์อัจฉริยะสำหรับการใช้งานใหม่ ๆ เพื่อเข้าถึงตลาดและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ตัวอย่างเช่น สำหรับกลุ่มสื่อและบันเทิง เทคโนโลยี 5G จะทำให้เกิดรูปแบบใหม่ ๆ ในการนำเสนอเนื้อหา เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดเนื้อหาดิจิทัลลดลง ในด้านสาธารณสุข เทคโนโลยี 5G สามารถช่วยยกระดับบริการทางการแพทย์และเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษา โดยการเก็บข้อมูลสุขภาพของผู้ป่วยผ่านอุปกรณ์ Wearables และการรักษาพยาบาลทางไกล (Telehealth) ขณะที่ด้านการขนส่งและโลจิสติกส์ เทคโนโลยี 5G จะทำให้สามารถการติดตามสถานะการขนส่งสินค้าแบบ Real-Time

ในระยะต่อมา เทคโนโลยี 5G จะส่งผลให้ระบบอัตโนมัติ หุ่นยนต์ และปัญญาประดิษฐ์เข้ามามีบทบาททดแทนแรงงานมากขึ้น ซึ่งจะพลิกโฉมภาคอุตสาหกรรมการผลิต ภาคสาธารณูปโภค และภาคการเกษตรของไทยในอนาคต โดยเทคโนโลยี 5G จะเข้ามาเปลี่ยนรูปแบบการผลิตสินค้าอย่างชัดเจนในภาคอุตสาหกรรมการผลิต โรงงานผลิตสินค้าแบบดั้งเดิมที่ใช้แรงงานเป็นหลักจะถูกพัฒนาให้กลายเป็นโรงงานอัจฉริยะควบคุมการผลิตผ่านหุ่นยนต์และเซ็นเซอร์ในโรงงานในอนาคต

อย่างไรก็ดี ในการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี 5G ภาคอุตสาหกรรมโทรคมนาคมจะต้องเตรียมพร้อมเผชิญกับความท้าทาย 3 ประการ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภค การแข่งขันด้านเทคโนโลยีที่มีแนวโน้มรุนแรงขึ้น และกฎระเบียบที่เข้มงวด ในอนาคตเทคโนโลยี 5G จะทำให้โลกมีการเชื่อมโยงถึงกันเป็นเครือข่าย ดังนั้น ภาคอุตสาหกรรมจำเป็นต้องพัฒนากลยุทธ์ให้เอื้อต่อการใช้บริการเทคโนโลยี 5G และเตรียมพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสู่ยุคดิจิทัล ซึ่งรวมถึงพฤติกรรมของผู้บริโภคที่คาดหวังความสะดวกสบายและการเข้าถึงข้อมูลมากขึ้น ขณะที่

แรงกดดันจากคู่แข่งทางธุรกิจรวมถึง Supplier ใน Value Chain จะกระตุ้นให้เกิดการลงทุนด้านเทคโนโลยีรวมถึงการพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาด นอกจากนี้กฎระเบียบและข้อบังคับด้าน Data Security และ Data Privacy จะมีผลต่อการดำเนินธุรกิจอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยสหรัฐฯ เป็นประเทศหนึ่งที่หยิบยกประเด็นนี้ขึ้นมาเพื่อกีดกันการค้ากับประเทศคู่แข่งเรียบร้อยแล้ว (กมลมาลย์ แจ้งล้อม, 2562)

ในส่วนดาวเทียมนั้น นับว่าเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่มีความสำคัญต่อความมั่นคงและความก้าวหน้าด้านโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคมของแต่ละประเทศเป็นอย่างมาก ซึ่งความก้าวหน้าของเทคโนโลยีก็ทำให้ธุรกิจดาวเทียมเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วและเกิดเป็นโอกาสทางอุตสาหกรรมใหม่ ๆ เช่นกัน ในอดีตการให้บริการดาวเทียมจะเน้นไปที่เทคโนโลยีดาวเทียมวงโคจรประจำ หรือ Geostationary Satellite Orbit (GSO) แต่แนวโน้มในปัจจุบันได้เปลี่ยนไปสู่การลงทุนในธุรกิจบริการที่เกิดจากดาวเทียมแบบวงโคจรไม่ประจำที่ หรือ Non-Geostationary Satellite Orbit (NGSO) เช่น ดาวเทียมวงโคจรต่ำ (Low Earth Orbit) และดาวเทียมวงโคจรระยะปานกลาง (Medium Earth Orbit) ที่เป็นดาวเทียมขนาดเล็กซึ่งต้นทุนที่ลดต่ำลงก็ส่งผลให้สามารถส่งดาวเทียมขึ้นไปบนท้องฟ้าได้ปริมาณครั้งละหลายพันดวง ทำให้เทคโนโลยีดาวเทียมถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมดิจิทัลใหม่ต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย อาทิเช่น การใช้ดาวเทียมวงโคจรต่ำ/ปานกลางสำหรับการส่งสัญญาณอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงหรือการส่งผ่านข้อมูลปริมาณมากหรือการส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้วยเทคโนโลยีภาพ รวมถึงการสำรวจ การนำทาง และการถ่ายภาพที่มีความชัดเจนในระดับสูง เป็นต้น

LEO หรือ Low Earth Orbit ซึ่งเป็นดาวเทียมที่โคจรอยู่บนความสูงจากพื้นโลกระหว่าง 350-2,000 กิโลเมตรจึงกลายเป็นดาวเทียมแห่งยุค Digital Disruption ที่แท้จริง โดยบริษัทชั้นนำทางเทคโนโลยีระดับโลกต่างก็เร่งแข่งกันปล่อยดาวเทียม LEO ขึ้นสู่อวกาศ อาทิ SpaceX กับโครงการ “Starlink” ที่มีเป้าหมายการให้บริการอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงทั่วโลกด้วยแผนการส่ง LEO จำนวน 12,000 ดวงภายในปี ค.ศ. 2027 หรือ โครงการ “Project Kuiper” ของ Amazon ที่มุ่งสร้างเครือข่ายของ LEO ที่ความสูง 3 ระดับรวม 3,236 ดวง เพื่อให้บริการอินเตอร์เน็ตในพื้นที่ห่างไกลของทวีปอเมริกาใต้ หรือ Facebook, Google และ Apple ที่ต่างก็มีแผนการพัฒนาธุรกิจดาวเทียมสื่อสารเป็นของตนเอง

ดาวเทียม LEO จึงนับได้ว่าเป็น Exponential Technology สำคัญของยุคศตวรรษที่ 21 ที่จะมีส่วนพลิกโฉมการใช้งานอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงในยุคของ 5G ที่จะต้องรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IoTs จำนวนมหาศาลทั้ง Smart Home, Smart City, Drone รวมไปถึงการประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมที่ต้องการความแม่นยำสูง เช่น การผ่าตัดทางไกล การควบคุมเครื่องจักรในโรงงาน หรือการควบคุมรถยนต์ไร้คนขับ เป็นต้น ซึ่งการขยายตัวของ 5G ก็จะส่งผลทำให้ความต้องการใช้งานอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงขยายตัวเพิ่มมากขึ้น

การเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 จึงไม่เหมือนกับศตวรรษที่ผ่าน ๆ มา Exponential Technology ต่าง ๆ นอกจากจะมีศักยภาพสูงในตัวเองแล้ว หากนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสมก็จะยิ่งทำให้ทรงพลังมากขึ้นไปอีกหลายเท่าตัวเลยทีเดียว (จรีพร จารุกรสกุล, 2563)

## ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่อภูมิภาคอาเซียน

รายงานผลการศึกษาที่ชื่อว่า 5G ในอาเซียน: จุดประกายการเติบโตในตลาดองค์กรและผู้บริโภค (5G in ASEAN: Reigniting Growth in Enterprise and Consumer Markets) ระบุว่าประเทศไทยจะเป็นหนึ่งในไม่กี่ประเทศที่จะเปิดตัวบริการ 5G ในปี พ.ศ. 2564 โดยคาดว่าการเติบโตในระยะแรกหลังจากที่ปรับใช้เทคโนโลยี 5G จะมาจากลูกค้าระดับสูงที่มีอุปกรณ์รองรับ และฐานลูกค้าจะค่อย ๆ ขยายตัวเมื่ออุปกรณ์ที่รองรับมีราคาลดลง

ด้วยเหตุนี้ จึงคาดการณ์ว่าสัดส่วนการใช้งาน 5G จะอยู่ที่ประมาณ 25 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ในประเทศหลัก ๆ ในภูมิภาคอาเซียนภายในปี พ.ศ. 2568 โดยในประเทศไทย สัดส่วนการใช้งาน 5G จะมีถึง 33 เปอร์เซ็นต์ และคาดว่าจำนวนลูกค้า 5G ทั้งหมดในภูมิภาคอาเซียนจะเกิน 200 ล้านรายในปี พ.ศ. 2568

นายนาวีน เมนอน ประธานประจำภูมิภาคอาเซียนของซิสโก้ กล่าวว่า “นับเป็นช่วงเวลาที่ดีในการเปิดตัวการให้บริการ 5G สำหรับผู้ให้บริการโทรคมนาคม เพราะปัจจุบันการรับส่งข้อมูลบนระบบเซลลูลาร์กำลังเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากผู้ใช้มีการใช้งานบริการและคอนเทนต์ต่าง ๆ บนอุปกรณ์ส่วนบุคคลเพิ่มมากขึ้นขณะเดียวกัน องค์กรต่าง ๆ ก็มองหาหนทางในการใช้ประโยชน์จากการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่สี่ (4IR-Fourth Industrial Revolution) ที่ขับเคลื่อนด้วย AI, IoT, ระบบการพิมพ์ 3 มิติ, ระบบหุ่นยนต์ขั้นสูง และอุปกรณ์สวมใส่ เพื่อผลักดันการเติบโตของธุรกิจ การปรับใช้เทคโนโลยีเหล่านี้จะสำเร็จได้จำเป็นต้องอาศัยการเชื่อมต่อที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งนับเป็นโอกาสที่ดีเยี่ยมสำหรับผู้ให้บริการโทรคมนาคมในการขยายฐานธุรกิจในตลาดองค์กร และสร้างการเติบโตที่ยั่งยืนในระยะยาว”

นายดาร์เมช มัลฮอตรา กรรมการผู้จัดการประจำภูมิภาคอาเซียน กลุ่มธุรกิจผู้ให้บริการโทรคมนาคมของซิสโก้ กล่าวว่า “การเปิดให้บริการ 5G จะต้องอาศัยการลงทุนจำนวนมากในด้านเทคโนโลยี เพื่อปรับปรุงเครือข่ายให้ทันสมัย สำหรับในภูมิภาคอาเซียน ผู้ให้บริการโทรคมนาคมมีแนวโน้มว่าจะลงทุนอย่างต่อเนื่องเพื่ออัพเกรดเครือข่าย 4G และสร้างขีดความสามารถด้าน 5G อย่างค่อยเป็นค่อยไป ซึ่งจะช่วยให้ระบบ 4G และ 5G ทำงานควบคู่กันไปอย่างราบรื่น ขณะที่ผู้ให้บริการจะสามารถบริหารจัดการค่าใช้จ่ายในส่วนทุนและ ROI ที่ยั่งยืน ซิสโก้ร่วมมือกับผู้ให้บริการเครือข่ายในการพัฒนาระบบ 5G และปัจจุบันมีลูกค้าหลายรายในอาเซียนที่กำลังดำเนินโครงการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบ 5G”

ปัญหาท้าทายที่สำคัญที่สุด ได้แก่ ย่านความถี่ที่เปิดให้ใช้งานช้าเกินไปสำหรับบริการ 5G ส่งผลให้เครือข่ายที่เปิดตัวใหม่ด้อยประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ระบบ 5G จะได้รับการติดตั้งใช้งานบนหลายย่านความถี่ โดยมี 3 ย่านความถี่หลักที่จะใช้งานทั่วโลกในระยะสั้น ได้แก่ ย่านความถี่ต่ำ (700 MHz), ย่านความถี่กลาง (3.5 ถึง 4.2 GHz) และย่านความถี่สูง บนสเปกตรัม mmWave (24 ถึง 28 GHz) ในภูมิภาคอาเซียน ย่านความถี่เหล่านี้กำลังถูกใช้งานสำหรับบริการอื่น ๆ เช่น ย่านความถี่ต่ำใช้สำหรับฟรีทีวี และย่านความถี่กลางใช้สำหรับบริการดาวเทียม แม้ว่าสเปกตรัม mmWave จะพร้อมใช้งาน แต่ในการติดตั้งระบบ จำเป็นที่จะต้องรวมย่านความถี่ต่ำเข้าไว้ด้วย เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการขยายพื้นที่บริการให้ครอบคลุมเขตชานเมืองและชนบท รวมถึงการเชื่อมต่อภายในอาคาร

นายนิโคไล ดอบเบอร์สไตน์, พาร์ทเนอร์ของบ. เอ.ที. เคียร์เน่ และหัวหน้าคณะผู้จัดทำรายงานฉบับดังกล่าว กล่าวว่า “การเปิดตัว 5G ในอาเซียนมีศักยภาพโดยรวมที่สูงมาก อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ได้รับประโยชน์อย่างเต็มศักยภาพ ภูมิภาคนี้จำเป็นที่จะต้องแก้ไขปัญหาท้าทายที่สำคัญ โดยอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง เช่น หน่วยงานกำกับดูแล ผู้ให้บริการโทรคมนาคม และองค์กรต่าง ๆ เนื่องจากความท้าทายด้านอีโคซิสเต็มส์และมูลค่าที่สูงมากเป็นเดิมพัน หน่วยงานกำกับดูแลจึงต้องเข้ามามีบทบาทหลัก และจะต้องเป็นผู้นำในการแก้ไขปัญหาสำคัญ ๆ เช่น การจัดสรรคลื่นความถี่ในระยะสั้น การสนับสนุนการใช้โครงสร้างพื้นฐานร่วมกัน และการส่งเสริมการพัฒนาระบบไซเบอร์ซีเคียวริตี้ระดับประเทศ โดยครอบคลุมทั่วภูมิภาค” (บริษัท เอ็ม วิชั่น จำกัด (มหาชน), 2562)

ในส่วน Startup ด้านอวกาศสัญชาติไทย “mu Space” จับมือ “Blue Origin” (ที่ก่อตั้งโดย Jeff Bezos CEO Amazon) ส่งดาวเทียมขึ้นวงโคจรปลายปี พ.ศ. 2563 ซึ่งได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ล่าสุด mu Space ประกาศการได้รับสิทธิ์ในการใช้คลื่นความถี่ดาวเทียม ณ ตำแหน่งวงโคจรดาวเทียม 50.5 องศาตะวันออก ครอบคลุม 6 ประเทศในอาเซียน ได้แก่ กัมพูชา, ลาว, มาเลเซีย, พม่า, เวียดนาม และไทย เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ได้ประกาศการได้รับสิทธิ์ในการใช้คลื่นความถี่ดาวเทียมครอบคลุม 6 ประเทศในอาเซียน มีความพร้อมและจะเริ่มเสนอให้บริการสัญญาณผ่านดาวเทียมให้แก่ภาครัฐ ผู้ประกอบการโทรคมนาคม รวมถึงภาคธุรกิจต่าง ๆ ครอบคลุมพื้นที่ภูมิภาคอาเซียนและประเทศไทยในเร็ว ๆ นี้ โดยมีวางแผนเช่าคลื่นความถี่ดาวเทียมที่วงตำแหน่งโคจรดังกล่าวเป็นระยะเวลา 15 ปี และจะต่อระยะเวลาการเช่าออกไปอีก 15 ปี ซึ่งในปัจจุบันอัตราการการเติบโตของฐานผู้บริโภคในธุรกิจการให้บริการผ่านอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงและสัญญาณมือถือในภูมิภาคอาเซียนเพิ่มสูงขึ้น (Techsauce, 2561)

## ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่อประเทศไทย

ในประเทศไทย ได้สร้างความแปลกใจอย่างไม่คาดคิดถึงความสัมพันธ์ระหว่าง 5G (ระบบสื่อสารภาคพื้นดิน) และดาวเทียม (ระบบสื่อสารบนท้องฟ้า) โดยเมื่อไม่นานนี้กลุ่มผู้ให้บริการดาวเทียมทั่วโลกประกาศร่วมเป็นพันธมิตร เพื่อการป้องกันการใช้งานแถบความถี่ 3.7-4.2 GHz ซึ่งหน่วยงานกำกับดูแลด้านโทรคมนาคมของประเทศสหรัฐอเมริกา ที่รู้จักกันในชื่อว่า FCC (Federal Communications Commission) ได้มีมติให้ศึกษาสำหรับบริการ 5G เป็นเหตุที่ทำให้ผู้ประกอบการดาวเทียม ซึ่งที่ผ่านมาทำธุรกิจกันอย่างเงียบสงบต้องออกโรงประท้วง และเกิดการรวมกลุ่มในชื่อ The C-Band Alliance หรือ CBA ซึ่งประกอบด้วยผู้ให้บริการดาวเทียมรายใหญ่ Intelsat, SES, Eutelsat และ Telesat เพราะปัจจุบันคลื่นความถี่ย่านดังกล่าว ตรงกับคลื่นความถี่สำหรับบริการดาวเทียมในย่านความถี่ C-Band สำหรับการส่งสัญญาณวิทยุกระจายเสียงและวิทยุโทรทัศน์ไปยังผู้ใช้บริการมากกว่า 100 ล้านรายทั่วประเทศสหรัฐอเมริกา และแม้แต่ในประเทศไทย ทุกวันนี้ผู้ชมทีวีดาวเทียมหลัก ๆ ก็ยังใช้จานรับสัญญาณขนาดใหญ่ เพื่อรับย่านความถี่นี้เช่นกัน

ทั้งนี้ สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) ก็ออกมายอมรับเช่นกันว่า ได้พิจารณาคลื่นความถี่ย่านที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ในเรื่องของ 5G เบื้องต้นได้เสนอคลื่นความถี่ในย่านหลัก 3 คลื่น ได้แก่

ย่านความถี่ 3.4-3.6 GHz, 26-28 GHz และ 7-9 GHz โดยจากนี้จะร่วมมือกันทดสอบคลื่นย่านต่าง ๆ ว่าส่งสัญญาณรบกวนกับบริการเดิมที่มีอยู่หรือไม่ เช่น สัญญาณดาวเทียมโดยเฉพาะในย่านความถี่ C-Band โดยกำหนดระยะเวลาไว้ราว 6-9 เดือน เพื่อให้ได้คลื่นความถี่ย่านที่เหมาะสมกับการใช้เทคโนโลยี 5G สำหรับประเทศไทย

กระทรวงดิจิทัลฯ เปิดเวทีเสวนากิจการดาวเทียมในยุค Disruption และธุรกิจรูปแบบใหม่ สอดรับนโยบายให้ดาวเทียมต่างชาติเข้าตลาดไทยได้ หวังกระตุ้นการลงทุน รองรับธุรกิจในอนาคต ด้านบริษัทผู้ให้บริการประกันภัยดาวเทียมระดับโลก มั่นใจนโยบายนี้ช่วยหนุนจีดีพีประเทศขยายตัว จากการเพิ่มโอกาสคนในชนบทเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ทั่วถึง

นอกจากสถานการณ์ความตึงเครียดระหว่างเทคโนโลยี 5G และฟากดาวเทียมกำลังเด่นชัดขึ้น ในส่วนของผู้ให้บริการดาวเทียมทั่วโลก ก็กำลังเตรียมใจกับการแข่งขันบนอวกาศที่คาดว่าจะทวีความรุนแรงขึ้นในอนาคตอันใกล้ จากตัวเลขคาดการณ์จำนวนดาวเทียมใหม่ ๆ ที่จะจ่อยิงสู่ท้องฟ้าภายใน 10 ปีข้างหน้า เดิมคาดไว้แล้ว 3,300 ดวง แต่ล่าสุด FCC เพิ่งอนุมัติเพิ่มไปอีก 8,000 ดวง เป็นการเร่งอัตราความเร็วของจำนวนดาวเทียมที่จะออกมาให้บริการใหม่ ซึ่งสาเหตุที่ความสามารถสร้างดาวเทียมทำได้ง่ายและเร็วขึ้นกว่าอดีต ก็เป็นจากแรงกระทบของ Disruptive Technology นั่นเอง โดยในประเทศไทยเองก็เกาะติดเทรนด์นี้อย่างใกล้ชิด และเริ่มปรับกฎเกณฑ์ที่จะชิงความได้เปรียบและประโยชน์จากเทรนด์ใหม่นี้

นางวรรณพร เทพหัสดิน ณ อยุธยา รองปลัดกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม กล่าวว่า ปัจจุบันเทคโนโลยีสมัยใหม่ทำให้กิจการดาวเทียมยุคปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว และสร้างบริการและโอกาสธุรกิจใหม่ ๆ จากเดิมที่บริการส่วนใหญ่มาจากดาวเทียมที่มีวงโคจรประจำ (Geostationary Satellite Orbit: GSO) ในปัจจุบัน แนวโน้มของโลกมุ่งไปสู่การลงทุนในบริการที่เกิดจากดาวเทียมแบบวงโคจรไม่ประจำที่ (Non-Geostationary Satellite Orbit: NGSO) เช่น ดาวเทียมวงโคจรต่ำ (Low Earth Orbit: LEO) และดาวเทียมวงโคจรระยะปานกลาง (Medium Earth Orbit: MEO) ที่มีขนาดเล็กและสามารถส่งขึ้นไปบนฟ้าได้ครั้งละหลายพันดวง ดาวเทียมเหล่านี้สามารถให้บริการได้หลากหลาย เช่น การส่งสัญญาณอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง การส่งผ่านข้อมูลความเร็วสูง การส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้วยเทคโนโลยีภาพที่คมชัดมากขึ้น รวมถึงการสำรวจ การนำทาง และการถ่ายภาพที่มีความชัดเจนในระดับสูงมาก และด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ ทำให้ดาวเทียม NGSO สามารถให้บริการส่งสัญญาณอินเทอร์เน็ตและข้อมูลแบบความเร็วสูง (Low Latency) ซึ่งทำให้ภาคพื้นดินสามารถรับสัญญาณได้ในเวลาต่ำกว่าเสี้ยววินาที การรับส่งข้อมูลที่รวดเร็วในระดับที่ไม่มีดาวเทียมสมัยก่อนทำได้ ดาวเทียม NGSO จึงเป็นเครื่องมือทำให้เกิดธุรกิจใหม่ ๆ ที่ต้องใช้การรับส่งสัญญาณอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงเพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาด อาทิ ยานยนต์ไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) การส่งอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงในที่ทุรกันดารเพื่อให้คนที่อยู่นอกเมืองเข้าถึงอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง และโดรนสำรวจในพื้นที่ที่เข้าถึงยาก เป็นต้น

ในส่วนของประเทศไทย รัฐบาลเตรียมพร้อมรับแนวโน้มใหม่นี้ และล่าสุดคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้ผ่านความเห็นชอบ (ร่าง) แนวทางการดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกิจการดาวเทียมวงโคจรประจำที่ (Geostationary-Satellite Orbit : GSO) ตามที่คณะกรรมการนโยบายอวกาศแห่งชาติ ได้มีมติเห็นชอบ เพื่อมุ่งเน้นให้ประเทศไทยมีนโยบายที่กำหนด

แนวทางในการรักษาตำแหน่งวงโคจรและข่ายงานดาวเทียมของประเทศที่ชัดเจน เป็นไปตามรัฐธรรมนูญฯ มาตรา 60 ที่กำหนดให้รัฐต้องรักษาไว้ซึ่งคลื่นความถี่และสิทธิในการเข้าใช้วงโคจรดาวเทียมอันเป็นสมบัติของชาติ เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ประเทศชาติและประชาชน และเห็นชอบ (ร่าง) นโยบายการพิจารณาอนุญาตให้ดาวเทียมต่างชาติให้บริการในประเทศ (Landing Right) เนื่องจากที่ผ่านมา ประเทศไทยยังไม่มีนโยบายอนุญาตให้ใช้งานดาวเทียมต่างชาติในเชิงพาณิชย์ ในขณะที่ผู้ประกอบการและผู้ใช้งานดาวเทียมสื่อสารมีความต้องการใช้งานดาวเทียมต่างชาติเพิ่มมากขึ้น ซึ่งขั้นตอนต่อจากนี้คือ รอนำเสนอเข้า ครม. และรับมติมาดำเนินการต่อโดยออกเป็นประกาศหรือเป็นนโยบาย

รองศาสตราจารย์สุธรรม อยู่ในธรรม กรรมการกำกับกิจการพลังงาน คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน กล่าวว่า ประเทศไทยควรเตรียมพร้อมเพื่อรับมือกับประเด็นเรื่องนโยบายความถี่ (Spectrum) ที่ประเทศใหญ่ ๆ ของโลกอย่างเช่น สหรัฐอเมริกา และยุโรป เริ่มมีการกำหนดนโยบายเพื่อรองรับอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง 5G ที่จะเป็นตัวขับดันเศรษฐกิจของโลกในอนาคตอันใกล้

ด้านนาย Jan Schmidt หัวหน้ากลุ่มธุรกิจอวกาศ บริษัท Swiss Re Corporate Solutions จำกัด กล่าวว่า จากผลการศึกษาพบว่าปัจจุบันยังมีคนอีก 3.5 พันล้านคนทั่วโลก ที่ยังไม่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ ขณะที่มีการประมาณการณ์ว่า ถ้าประเทศใดสามารถทำให้ประชากรเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้มากขึ้น 10% จะสร้างการเติบโตให้กับจีดีพีของประเทศอีก 1.5% โดยกล่าวว่า “นโยบายเปิดเสรีตลาดดาวเทียมของประเทศไทยมีความสำคัญกับประเทศ เพราะโครงสร้างพื้นฐานด้านดาวเทียม เป็นสิ่งที่จะช่วยให้คนทั่วทุกส่วนของประเทศที่สายไฟเบอร์ออฟติกเข้าไม่ถึง สามารถเชื่อมต่อกับทั้งโลกด้วยอินเทอร์เน็ต เข้าถึงการศึกษา การเกษตรเชิงพยากรณ์ บริการสาธารณสุข และโอกาสทางธุรกิจ เป็นต้น อีกทั้งกฎหมายที่เปิดกว้าง จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถด้านการแข่งขันของไทย และเร่งความเร็วในการบรรลุนโยบายไทยแลนด์ 4.0” (คมชัดลึก, 2561)

ในส่วนแนวโน้มการใช้งานระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมของภาครัฐในอนาคต จากการสำรวจและประมาณการของกรมเทคโนโลยีสารสนเทศและอวกาศกลาโหม ประกอบด้วย ย่านความถี่ C-Band จำนวน 11.30 Transponder (368.586 MHz), ย่านความถี่ KU-Band แบ่งออกเป็นจำนวน 6.30 Transponder (226.95 MHz) และ 120 Mbps, ย่านความถี่ L-Band 45.958 MHz, ย่านความถี่ X-Band จำนวน 258.46 MHz และย่านความถี่ UHF จำนวน 0.75 MHz จากข้อมูลข้างต้น พบว่า หน่วยงานภาครัฐมีแนวโน้มความต้องการใช้งานระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมมีปริมาณเพิ่มขึ้นในทุกย่านความถี่ และพบว่า หน่วยงานด้านความมั่นคงยังมีความต้องการใช้งานด้านความถี่ย่านใหม่ที่ไม่เคยมีการใช้งานมาก่อน คือ ย่านความถี่ X-Band และ UHF-Band อย่างไรก็ตาม แนวโน้มการใช้งานระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมในอนาคตนั้นเป็นการประมาณการในขั้นต้นเท่านั้น จะเห็นได้ว่า ดาวเทียมของไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดาวเทียมสื่อสารแบบวงโคจรประจำที่ (GSO) เป็นเรื่องที่มีความสลับซับซ้อนและขาดความชัดเจน เนื่องจากแต่เดิมการดำเนินการเกี่ยวกับดาวเทียมสื่อสารเป็นอำนาจหน้าที่ของกระทรวงคมนาคม (กรมไปรษณีย์โทรเลข) โดยมีการลงนามในสัญญาสัมปทานระหว่างกระทรวงคมนาคมกับบริษัทชินวัตรคอมพิวเตอร์แอนด์คอมมิวนิเคชั่น จำกัด (มหาชน) และปัจจุบัน คือ บริษัท อินทัช จำกัด (มหาชน) ซึ่งได้จัดตั้ง บริษัท จำกัด (มหาชน) เข้ามาดำเนินงาน

การให้บริการวงจรดาวเทียม มีระยะเวลา 30 ปี (ซึ่งสัญญาสัมปทานจะหมดอายุลงใน 10 กันยายน พ.ศ. 2564) โดยคณะรัฐมนตรีอนุมัติให้เป็นโครงการของประเทศ (National Project) ในรูปแบบโครงการ BTO (Build Transfer and Operate) ภายใต้สัญญาฯ มีเงื่อนไขและข้อกำหนดที่สำคัญ คือ นับตั้งแต่ลงนามในสัญญาฯ บริษัทจะโอนกรรมสิทธิ์และส่งมอบดาวเทียมและอุปกรณ์สถานีควบคุมดาวเทียมให้ตกเป็นทรัพย์สินของกระทรวงฯ โดยกระทรวงฯ จะมอบทรัพย์สินให้บริษัทใช้ดำเนินการตามข้อกำหนดและเงื่อนไขของสัญญาฯ ทั้งนี้ จากการปฏิรูประบบราชการเมื่อ พ.ศ. 2545 การดำเนินกิจการดาวเทียมได้เปลี่ยนจากกระทรวงคมนาคมเป็นกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเดิม) รวมทั้งได้มีการแปรสภาพกรมไปรษณีย์โทรเลขและมีการจัดตั้งคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติกับมีการตรา พระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. 2553 ขึ้นด้วย โดยตาม พรบ. ดังกล่าวมีการกำหนดให้กิจการดาวเทียมสื่อสารเป็นกิจการโทรคมนาคม ทำให้เกิดมีหน่วยรับผิดชอบ 2 หน่วยงาน คือ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ในฐานะหน่วยงานอำนวยการ (Administrator) และ กสทช. ในฐานะหน่วยงานกำกับ (Regulator) แต่ก็ยังมีความไม่ชัดเจนนัก โดยการดำเนินการเกี่ยวกับเอกสารข่ายงานดาวเทียมยังอยู่ในการกำกับดูแลของกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม

ต่อมา เมื่อปี พ.ศ. 2560 ได้มีการแก้ไขอำนาจหน้าที่เกี่ยวกับเอกสารข่ายงานดาวเทียม โดยในปัจจุบันอยู่ในความดูแลของ กสทช. นอกจากนั้น เนื่องจากเทคโนโลยีได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว การใช้งานดาวเทียมจึงมิใช่ เพื่อการสื่อสารอย่างเดียว และมิใช่จำกัดขอบเขตเฉพาะดาวเทียมวงโคจรประจำที่ (GSO) เท่านั้น ขอบเขตของการสื่อสารและเทคโนโลยี จึงจำเป็นต้องพิจารณาองค์ประกอบในภาพรวมด้วย ซึ่งการดำเนินการดังกล่าว เรียกว่า “กิจการอวกาศ” โดยเป็นการรวมกิจการทุกอย่างที่เกี่ยวกับอวกาศเพื่อดำเนินการ แต่โดยที่ประเทศไทยเพิ่งจะเริ่มต้นดำเนินการในเรื่องกิจการอวกาศ จึงทำให้ขาดองค์ความรู้ รวมทั้งขาดการส่งเสริมธุรกิจเกี่ยวกับกิจการอวกาศ ซึ่งมีอยู่หลายแขนงและไม่มีนโยบายและแผนโดยชัดเจน รวมทั้งไม่มีกฎหมายที่ควบคุมการดำเนินการเรื่องนี้โดยเฉพาะ

ปัจจุบันการดำเนินการกิจการอวกาศของประเทศไทยอยู่ในการกำกับดูแลของคณะกรรมการนโยบายอวกาศแห่งชาติ แต่งตั้งโดยระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ซึ่งเป็นฝ่ายบริหาร มิใช่เป็นคณะกรรมการ ที่ตั้งโดยพระราชบัญญัติ ด้วยเหตุนี้ในบางครั้งมีข้อสงสัยว่าคณะกรรมการชุดนี้จะสามารถดำเนินการในภาพรวมของกิจการอวกาศได้แค่ไหนหรือไม่เพียงใดรวมทั้งมีขอบเขตอำนาจแค่ไหน อย่างไรนอกจากนั้นการดำเนินการเกี่ยวกับกิจการสื่อสารโทรคมนาคมของไทย มีกฎหมายหลายฉบับ คือ พระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498 พระราชบัญญัติประกอบกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. 2544 พระราชบัญญัติประกอบกิจการกระจายเสียงและโทรทัศน์ พ.ศ. 2551 และพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. 2553 ซึ่งกฎหมายบางฉบับได้มีผลบังคับใช้มานานแล้ว และหลายฉบับมีความขัดแย้งกันเองจึงทำให้เกิดความสับสนในการปฏิบัติเป็นอย่างยิ่ง สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นเรื่องที่หมักหมมซึ่งหากไม่เร่งดำเนินการแก้ไขแล้วอาจจะเป็นระเบิดที่รอเวลา และทำให้กิจการสื่อสารของประเทศรวมทั้งกิจการอวกาศขาดทิศทางในการดำเนินการที่ชัดเจนและประสบผลเสียหายอย่างมากได้ (ทวีวุฒิ พงศ์พิพัฒน์, 2560)

## ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่ออุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของประเทศไทย

ในศตวรรษที่ 21 จะได้เห็นเช่นกันว่า เทคโนโลยี 5G กำลังจะสร้างการเปลี่ยนแปลงในระดับโลก ที่จะทำให้เศรษฐกิจ สังคม และการเมือง ของทุกประเทศทั่วโลกพัฒนาไปสู่อีกภูมิทัศน์หนึ่งที่ยากแก่การจินตนาการและความเชื่อของคนทั่วไป ทั้งนี้ เนื่องจากมาตรฐานสากลของเทคโนโลยี 5G ที่ในทางวิศวกรรมโทรคมนาคม เรียกว่า “5G New Radio” มีรูปแบบการติดต่อสื่อสารและการเชื่อมต่อเครือข่ายที่ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่โทรศัพท์เคลื่อนที่เท่านั้น แต่จะขยายไปสู่การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น อุปกรณ์ที่สวมใส่ (Wearable Device) เซ็นเซอร์ หุ่นยนต์ รถยนต์ แขนกล และจะก้าวไปสู่ยุคของเทคโนโลยี ที่ทำให้คนแต่ละคนสามารถเชื่อมต่อกันได้ (People-to-People) และการเชื่อมต่อระหว่างคนกับข้อมูล (People-to-Information) เกิดการผสานการเชื่อมต่อแบบครบวงจร ที่สามารถเชื่อมโยงผู้คนเข้ากับทุกสิ่งทุกอย่างในโลกได้ จนจะทำให้เกิดระบบอัตโนมัติที่มีความชาญฉลาดยิ่ง

เทคโนโลยี 5G จะเป็นตัวเร่งในการผลักดันเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ในปัจจุบัน โดยการใช้งาน 5G จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตและระบบเศรษฐกิจในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งมีการประเมินว่า ห่วงโซ่คุณค่า 5G (5G Value Chain) จะก่อให้เกิดการสร้างและขยายแพลตฟอร์มเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ในปัจจุบันอย่างต่อเนื่อง ซึ่ง 5G จะส่งผลบวกต่อเศรษฐกิจ ทำให้เศรษฐกิจเติบโตอย่างยั่งยืนทั่วโลก โดย GSMA ระบุว่า ภายในปี ค.ศ. 2025 จะมีการใช้งาน 5G เฉพาะในเอเชียแปซิฟิกมากถึง 675 ล้านการเชื่อมต่อ และมีการเชื่อมต่อ IoT มากกว่า 1,100 ล้านการเชื่อมต่อ ซึ่งคิดเป็น 60% ของผู้ใช้งาน 5G ทั่วโลก ซึ่งมีการคาดการณ์ว่า ภายในปี ค.ศ. 2025 ทั่วโลกจะมีเครือข่าย 5G ครอบคลุม 1 ใน 3 ของประชากรโลก โดยจะสามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกได้มากถึง 1.8 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปี ค.ศ. 2025 และสามารถสร้างตำแหน่งงานได้มากกว่า 17.3 ล้านตำแหน่งงาน

จากการศึกษาของ IHS Markit พบว่า ยิ่งเริ่มมีการใช้งาน 5G เชิงพาณิชย์เร็วขึ้นเท่าไร ก็จะสามารถสร้างผลดีต่อเศรษฐกิจมากขึ้นเท่านั้น โดย IHS Markit ประมาณการว่า 5G จะสามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจโลกได้มากถึง 12.3 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ หรือประมาณ 4.6% ของผลผลิตทั่วโลกทั้งหมด ในปี ค.ศ. 2035 โดยการใช้งาน 5G จะส่งผลกระทบต่อทุกภาคอุตสาหกรรมอย่างแท้จริง การนำ 5G มาใช้งานและการบูรณาการในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย จะทำให้ 5G กลายมาเป็นเทคโนโลยีที่ใช้งานโดยทั่วไป (General Purpose Technologies: GPTs) เหมือนอย่างเช่น ระบบไฟฟ้า โทรศัพท์หรืออินเทอร์เน็ต เป็นต้น นอกจากนี้ จากการศึกษาของ IHS Markit ยังพบว่า ภาคส่วนอุตสาหกรรมการผลิตจะเป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่มีการใช้งาน 5G ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงที่สุด ซึ่งสูงเกือบ 3.4 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ หรือ 28% ของการขายทั่วโลก (12.3 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ) เนื่องจาก 5G จะทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระบบหุ่นยนต์ในโรงงานอุตสาหกรรมรองลงมา คือ ในภาคเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจประมาณ 1.4 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยมีการประเมินไว้ว่า ภายในปี ค.ศ. 2035 ห่วงโซ่คุณค่าของ 5G จะมีมูลค่ามากถึง 3.5 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ และสามารถสร้างงานได้มากถึง 22 ล้านตำแหน่ง เนื่องจาก

5G จึงทำให้เกิดการลงทุนในภาคส่วนต่าง ๆ ตามมา โดย IDC คาดการณ์ว่า อุตสาหกรรมโครงสร้างพื้นฐานเครือข่าย 5G และอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นจากประมาณ 528 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปี ค.ศ. 2018 เป็น 26,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปี ค.ศ. 2022 ส่วน Whitepaper ของ Sierra Wireless เรื่อง “Preparing for the 5G Future” ระบุว่า นักวิเคราะห์อุตสาหกรรมจาก ABI Research คาดการณ์ว่า ผู้ให้บริการบรอดแบนด์ไร้สายจะสามารถสร้างรายได้ในเครือข่าย 5G ได้มากถึง 247,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ภายในปี ค.ศ. 2025

สำหรับประเทศไทย การศึกษา Ericsson และ Arthur D Little Industry คาดการณ์ว่า ในปี ค.ศ. 2026 การนำเทคโนโลยี 5G, IoT และเทคโนโลยีด้านดิจิทัลไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ จะสามารถสร้างเม็ดเงินให้แก่เศรษฐกิจของประเทศไทยได้มากถึง 2,600 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมโทรคมนาคมแบบดั้งเดิม ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจเพียง 1,736 ล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยอุตสาหกรรมการผลิตจะมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงมาก อยู่ที่ประมาณ 500 ล้านเหรียญสหรัฐฯ รองลงมา คือ อุตสาหกรรมพลังงานและระบบสาธารณูปโภคจะมีมูลค่าทางเศรษฐกิจประมาณ 400 ล้านเหรียญสหรัฐฯ

จากการศึกษา Ericsson คาดว่า ประเทศไทยจะมีจำนวนการลงทะเบียนใช้งาน LTE/5G เพิ่มขึ้น 2 เท่า ในช่วงปี ค.ศ. 2017-2023 โดยมีส่วนแบ่งตลาดกว่า 60% ในปี ค.ศ. 2023 ซึ่งประมาณการว่า มูลค่าทางเศรษฐกิจของประเทศไทย จะมีอัตราเพิ่มขึ้น 22% ดังนั้น ผู้ประกอบการในประเทศไทยและรัฐบาลควรมีการเตรียมพร้อมในการรับมือกับ 5G เพื่อผลประโยชน์ของประเทศในทุกมิติ ในช่วงเวลาจากนี้ไป เทคโนโลยี 5G จะถูกประยุกต์ใช้ในทุกอุตสาหกรรม เช่น การควบคุมหุ่นยนต์และเครื่องจักรที่ชาญฉลาด (Machine Intelligence), เครือข่ายเว็ปเคลื่อนที่ (Ubiquitous Web), โมบายบรอดแบนด์ (Mobile Broadband) และยานพาหนะไร้คนขับ (Unmanned Vehicles) ไปจนถึงซอฟต์แวร์ที่สามารถแปลภาษาได้ทุกภาษาด้วย AI บนสมาร์ทโฟน 5G ซึ่งเทคโนโลยี 5G จะทำลายอุปสรรคที่มนุษย์จะเข้าถึงการศึกษา การบริการสาธารณสุข อีกทั้งการปฏิวัติด้านดิจิทัลจะทำให้เกิดการสร้างงานอย่างมหาศาล และในทางกลับกันก็จะทำลายตำแหน่งงานรูปแบบเดิมออกไปจนสิ้น เป็นที่ชัดเจนแล้วว่า ภายในทศวรรษที่จะถึงระบบเศรษฐกิจโลกจะเปลี่ยนผ่านสู่การมีโครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัล 5G ใหม่ ที่จะทำให้ระบบเศรษฐกิจโลกวิ่งสู่ภูมิทัศน์ใหม่ในยุค “The 5G Economy” อย่างน่าตื่นเต้น และไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ (เศรษฐพงค์ มะลิสุวรรณ, 2561)

ในเรื่องดาวเทียมนั้น ระบบกฎหมายไทยปัจจุบัน องค์กรของรัฐที่มีอำนาจหน้าที่จัดสรรคลื่นความถี่ที่ใช้ดาวเทียมสื่อสารจัดสรรตำแหน่งวงโคจรดาวเทียม และกำกับกิจการโทรคมนาคมที่ให้บริการผ่านดาวเทียมสื่อสารจำเป็นต้องพิจารณาถึงลักษณะอันแบ่งแยกไม่ได้ของคลื่นความถี่ที่ใช้กับดาวเทียมสื่อสารกับตำแหน่งวงโคจรค้างฟ้าดังที่กล่าวมาแล้ว ในกรณีที่รัฐธรรมนูญฯ กฎหมายของ กสทช. และของกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม มิได้ถูกบัญญัติโดยคำนึงถึงลักษณะอันสำคัญนี้ ผู้เกี่ยวข้อง คือ กสทช. รัฐบาลและกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ก็จะต้องใช้และตีความบทบัญญัติต่าง ๆ โดยสอดคล้องกับลักษณะสำคัญดังกล่าว

ประเด็นเกี่ยวกับองค์กรที่มีอำนาจในการจัดสรรคลื่นความถี่ที่ใช้กับดาวเทียมสื่อสารและกำกับกิจการดาวเทียมสื่อสารนั้น มีบัญญัติอยู่ในรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550 มาตรา 47 วรรคสอง ว่าให้เป็นของ “องค์กรของรัฐที่เป็นองค์กรอิสระองค์กรหนึ่ง” ทั้งนี้ ตามที่

กฎหมายบัญญัติ ต่อมารัฐสภาได้ตราพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. 2553 จัดตั้งคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ หรือ กสทช. ทำหน้าที่จัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมของประเทศไทย ซึ่งหากพิจารณาถึงรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560 มาตรา 60 วรรคสาม ก็กำหนดให้องค์กรที่มีอำนาจในการจัดสรรคลื่นความถี่ ที่ใช้กับดาวเทียมสื่อสารและกำกับกิจการดาวเทียมสื่อสารต้องเป็นองค์กรของรัฐที่เป็นองค์กรอิสระองค์กรหนึ่งเช่นกัน

การที่รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550 มาตรา 47 วรรคสอง รวมถึงรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560 มาตรา 60 วรรคสาม ประกอบกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องกำหนดให้ กสทช. เป็นผู้มีหน้าที่จัดสรรคลื่นความถี่ทุกประเภทโดยมิได้กล่าวถึงการจัดสรรตำแหน่งวงโคจรดาวเทียมไว้ด้วย จึงต้องใช้และตีความกฎหมายบนพื้นฐานของลักษณะอันแบ่งแยกไม่ได้ของสิ่งทั้งสอง กล่าวคือ กสทช. เป็นองค์กรของรัฐที่มีอำนาจหน้าที่จัดสรรคลื่นความถี่ที่ใช้กับดาวเทียมสื่อสาร และโดยเหตุนั้น กสทช. จึงมีอำนาจหน้าที่โดยปริยายในการจัดการตำแหน่งวงโคจรที่เป็นที่ตั้งของดาวเทียมสื่อสารดวงนั้น ซึ่งประเทศไทยได้รับสิทธิมาแล้ว ตลอดจนมีอำนาจหน้าที่กำกับกิจการโทรคมนาคมที่ให้บริการผ่านดาวเทียมสื่อสารด้วย การตีความให้องค์กรหนึ่งทำหน้าที่จัดสรรคลื่นความถี่และกำกับกิจการโทรคมนาคมที่ให้บริการผ่านดาวเทียมสื่อสาร และให้อีกองค์กรหนึ่ง (เช่น กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม) ทำหน้าที่จัดสรรตำแหน่งวงโคจรดาวเทียม จะทำให้ระบบการกำกับกิจการโทรคมนาคมของไทยไม่เป็นเอกภาพ เกิดความขัดแย้งของการใช้อำนาจระหว่างองค์กร และอาจเกิดผลที่ไม่พึงปรารถนาได้อย่างไรก็ตาม ข้อกำหนดของ ITU ผู้มีอำนาจหน้าที่ในการดำเนินการเพื่อให้ได้มาและดำรงรักษาไว้ซึ่งสิทธิในคลื่นความถี่ที่ใช้กับดาวเทียมและวงโคจรดาวเทียมต้องเป็นรัฐ และสิทธิที่ประเทศไทยได้รับมาตามกฎหมายระหว่างประเทศถือเป็นทรัพย์สินของรัฐอย่างหนึ่ง ดังนั้น หากรัฐบาลต้องการให้มีการใช้ประโยชน์ตำแหน่งวงโคจรตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งเพื่อกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์หรือกิจการโทรคมนาคม ก็ต้องโอนสิทธิในคลื่นความถี่ที่ใช้กับดาวเทียมและวงโคจรดาวเทียมชุดนั้นให้แก่ กสทช. เพื่อนำไปจัดสรรเพื่อการดังกล่าว โดยให้ กสทช. มีหน้าที่จัดสรรสิทธิในตำแหน่งวงโคจรค้างฟ้าพร้อมกับสิทธิในคลื่นความถี่สำหรับตำแหน่งดังกล่าวเป็นชุดคราวเดียวกันไป ทั้งนี้ตามพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. 2553 มาตรา 27 มอบอำนาจให้ กสทช. มีอำนาจหน้าที่ประสานงานเกี่ยวกับการบริหารคลื่นความถี่ทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ รวมทั้งให้ข้อมูลและร่วมดำเนินการในการเจรจาหรือทำความตกลงระหว่างรัฐบาลแห่งราชอาณาจักรไทยกับรัฐบาลต่างประเทศหรือองค์การระหว่างประเทศ ในเรื่องที่เกี่ยวกับการบริหารคลื่นความถี่ กิจการกระจายเสียงกิจการโทรทัศน์ กิจการโทรคมนาคม หรือกิจการอื่นที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น เพื่อความเป็นเอกภาพและประสิทธิภาพในการดำเนินการเพื่อให้ได้มาและบริหารจัดการคลื่นความถี่ที่ใช้กับดาวเทียมและตำแหน่งวงโคจรดาวเทียมของประเทศไทยในอนาคต รัฐบาลไทยควรมอบอำนาจให้ กสทช. เป็นผู้ดำเนินการ และรัฐบาลไทยเป็นผู้กำหนดกรอบนโยบายของกิจการดาวเทียมสื่อสาร (สภาขับเคลื่อนการปฏิรูปประเทศ, 2560)

**ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ**

ปัจจุบัน ตลาดของการให้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงภายในประเทศไทย ทั้งทางสายผ่านระบบ Fixed Line Broadband หรือ ผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ มีมูลค่ารวมกันทั้งสิ้นกว่า 300,000 ล้านบาทต่อปี จากข้อมูล กสทช. ปี 2562 ตามรูปที่ 9 หากระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำเข้าถึงตลาดอินเทอร์เน็ตบรอดแบนด์ในประเทศไทยได้ จะทำให้รายได้ของผู้ให้บริการภาคพื้นดินในประเทศไทยลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4 – 1 ตลาดบริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ปี 2562

| (ล้านบาท) | 4Q2561 | 1Q2562 | 2Q2562 | 3Q2562 | 4Q2562 |
|---|---|---|---|---|---|
| รายได้ของบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ | 70,278 | 70,160 | 72,026 | 73,426 | 72,930 |
| รายได้ของบริการค้าปลีกบริการอินเทอร์เน็ตประจำที่ | 16,900 | 16,900 | 17,000 | 17,700 | 18,100 |

ที่มา : กสทช, 2562.

จากข้อมูลโครงการดาวเทียมวงโคจรต่ำ Starlink ที่เปิดเผยออกมาเบื้องต้น พบว่าจะอนุญาตให้ลูกค้าทั่วไปเชื่อมต่อผ่านระบบในรูปแบบ Wifi ฟรี เพื่อให้ได้ลูกค้าไปเป็นของตนเองในปริมาณมาก จากนั้นจึงดำเนินการหารายได้ผ่านฐานข้อมูลลูกค้า คล้ายคลึงกับผู้ให้บริการ Over The Top (OTT) ที่ผ่านมา ได้แก่ Google, Facebook, Line ซึ่งเมื่อมีฐานลูกค้าปริมาณมหาศาลทั่วโลกจึงเริ่มทำธุรกิจขายโฆษณา หรือ คิดค่าบริการเมื่อมีองค์กรธุรกิจมาเชื่อมต่อบริการ เช่น Google ไม่คิดค่าบริการ Google map กับลูกค้าประชาชนทั่วไป แต่หากมีแอพพลิเคชั่นของบริษัทมาเชื่อมต่อเพื่อไปใช้ในเชิงพาณิชย์ก็จะมีการคิดค่าบริการ เป็นต้น

ทั้งนี้ หากระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำสามารถให้บริการในประเทศไทยได้อย่างเสรี จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้ให้บริการด้านโทรคมนาคมทุกราย ทั้งในด้านรายได้ที่จะต้องลดลงเนื่องจากคู่แข่งให้บริการฟรี การประมาณการทางการเงินจะผิดพลาดอย่างมาก สินทรัพย์ที่ได้ทำการลงทุนไปแล้วไม่สามารถสร้างผลตอบแทนให้คุ้มค่าต่อการลงทุน ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจน ได้แก่ ต้นทุนการประมูลคลื่นความถี่เพื่อให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่บางรายประมูลไปด้วยราคาที่สูงมาก เช่น คลื่น 900 MHz ที่ราคากว่า 70,000 ล้านบาท จะเห็นว่า เพียงแค่ต้นทุนค่าคลื่นความถี่ที่ไม่รวมการลงทุนอุปกรณ์และบุคลากรที่ต้องใช้เพื่อให้บริการ ผู้ให้บริการแต่ละรายจำเป็นต้องมีรายได้จำนวนมากเพื่อหล่อเลี้ยงค่าใช้จ่ายปริมาณสูงข้างต้น ทั้งนี้ ภาระค่าใช้จ่ายเฉพาะค่าคลื่นความถี่แสดงในแผนภาพที่ 4 – 1

แผนภาพที่ 4 – 1 ค่าใช้จ่ายในส่วนของคลื่นความถี่ของผู้ให้บริการแต่ละราย

| งวด | ปี | TRUE | | ADVANC (AIS) | | DTAC | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | แบบเดิม | แบบใหม่ | แบบเดิม | แบบใหม่ | แบบเดิม | แบบใหม่ |
| 1 | 2559 | 8,603 | 8,603 | 8,603 | 8,603 | - | - |
| 2 | 2560 | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 2561 | 4,301 | 4,301 | 4,301 | 4,301 | 4,301 | 4,301 |
| 4 | 2562 | 4,301 | 4,301 | 4,301 | 4,301 | - | - |
| 5 | 2563 | 64,434 | 23,614 | 63,744 | 23,269 | 2,151 | 7,917 |
| 6 | 2564 | - | 8,164 | - | 8,095 | 2,151 | 4,073 |
| 7 | 2565 | - | 8,164 | - | 8,095 | 32,126 | 4,073 |
| 8 | 2566 | - | 8,164 | - | 8,095 | - | 4,073 |
| 9 | 2567 | - | 8,164 | - | 8,095 | - | 4,073 |
| 10 | 2568 | - | 8,164 | - | 8,095 | - | 4,073 |
| 11 | 2569 | - | - | - | - | - | 4,073 |
| 12 | 2570 | - | - | - | - | - | 4,073 |
| รวม | | 81,639 | 81,639 | 80,949 | 80,949 | 40,729 | 40,729 |

ที่มา : กสทช, 2559.

หากมีคู่แข่งรายใหม่ที่เสนอบริการที่สามารถทดแทนบริการของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จะทำให้ผู้ให้บริการโทรคมนาคมของไทยตกอยู่ในสถานการณ์ที่ยากลำบากยิ่ง ดังนั้น รัฐจึงควรมีการออกมาตรการด้านกฎหมายหรือกฎระเบียบ กสทช. เพื่อให้เกิดการแข่งขันอย่างเป็นธรรม เนื่องจากเงินทุนของผู้ให้บริการดาวเทียมวงโคจรต่ำ เช่น Starlink ที่มีเจ้าของที่มีเงินทุนจำนวนมหาศาล ทำให้เกิดความได้เปรียบที่สามารถทุ่มตลาดได้ นอกจากผลกระทบต่อผู้ให้บริการโทรคมนาคมแล้วยังอาจมีผลกระทบต่อธุรกิจอื่นอีก เช่น ธุรกิจโฆษณา เหมือนที่เคยเกิดขึ้นกับผู้ให้บริการ OTT ที่เข้ามาดึงส่วนแบ่งรายได้บริษัทรับโฆษณาของประเทศไทยไปเป็นจำนวนมาก และ รัฐเองก็มีข้อจำกัดในการจัดเก็บภาษีกับบริษัทที่ให้บริการ OTT เนื่องจากสำนักงานไม่ได้ตั้งอยู่ในราชอาณาจักรไทย

ถึงแม้ว่า บริการดาวเทียมวงโคจรต่ำมีข้อได้เปรียบในแง่ความครอบคลุมพื้นที่การให้บริการ สามารถให้บริการในพื้นที่ห่างไกล แต่หากเป็นพื้นที่มีประชากรหนาแน่นขนาดเล็กและต้องการความเร็วในการส่งข้อมูลสูง บริการดาวเทียมวงโคจรต่ำจะไม่สามารถตอบสนองได้ดีเทียบกับบริการภาคพื้นดินเนื่องจากขนาด Foot Print ของดาวเทียมมีขนาดคงที่และไวต่อสภาพแวดล้อมของบรรยากาศ เช่น ฝน และเมฆ มากกว่า ดังนั้น การให้บริการดาวเทียมวงโคจรต่ำจึงเหมาะสำหรับการให้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงได้ในพื้นที่ที่การลงทุนทางสาย Fiber Optic ไม่คุ้มค่า ประมาณ 10 ล้านครัวเรือน หรือ ในตลาดความต้องการใหม่ที่มีกำลังซื้อมากแต่ยังไม่มีเทคโนโลยีใดในปัจจุบันสามารถตอบสนองได้ เช่น ผู้โดยสารเครื่องบิน เรือประมง เรือท่องเที่ยว และรถไฟ เป็นต้น (รายละเอียดจำนวนผู้โดยสารปี 2562 ตามแผนภาพที่ 4 - 2) ซึ่งยังมีความต้องการอีกจำนวนมาก ซึ่งหากประเมินเบื้องต้นจะสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจทั้งทางตรงและทางอ้อมอีกหลายหมื่นล้านบาท

เห็นได้ว่า ระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำ LEO จะสร้างผลกระทบทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาล ซึ่งเป็นทั้งโอกาสและภัยคุกคามกับผู้ให้บริการปัจจุบันในเวลาเดียวกัน การวางแผนเพื่อรับการเกิดขึ้นของระบบดาวเทียม วงโคจรต่ำ LEO จึงควรกระทำอย่างรอบคอบ

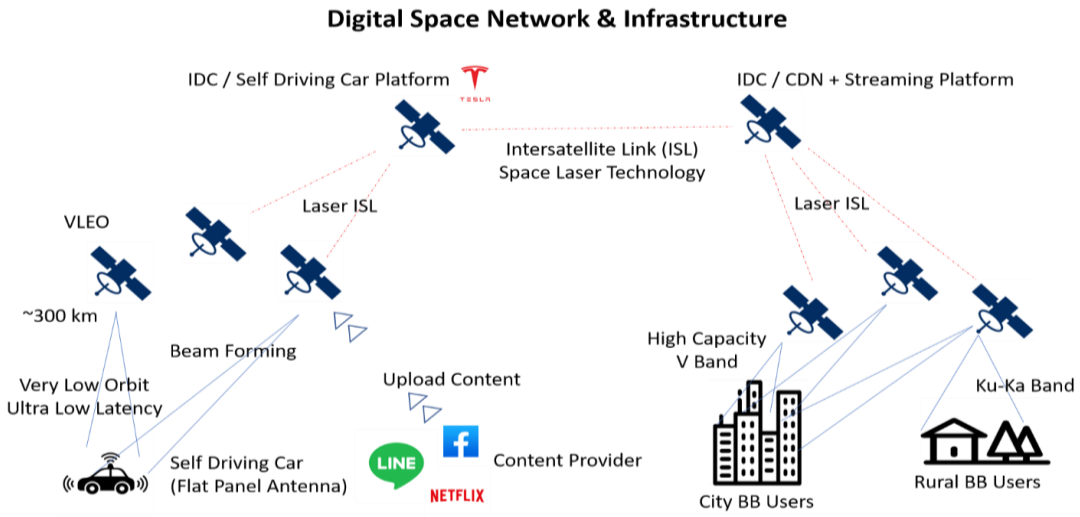
แผนภาพที่ 4 – 2 จำนวนผู้โดยสารเครื่องบิน เรือ รถไฟ ภายในประเทศ ปี 2562

ที่มา : กรมเจ้าท่า, 2562.

**ผลกระทบด้านความมั่นคง**

มีความเป็นได้สูงที่จะเกิดผู้ให้บริการบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียมในระดับ Global Player มีพื้นที่การให้บริการครอบคลุมทั่วทุกหนทุกแห่งในโลกในอีก 2 – 3 ปีข้างหน้า ด้วยเทคโนโลยีการส่งจรวดแบบ Reusable (SpaceX – Falcon 9, Blue Origin – New Shepard) ที่สามารถปล่อยดาวเทียมวงโคจรต่ำ LEO เข้าสู่วงโคจรได้ทีละหลายร้อยดวงพร้อม ๆ กันในการส่งจรวดหนึ่งครั้ง ทำให้สามารถขยายโครงข่าย LEO Constellation ได้อย่างรวดเร็ว เป็นไปตามเป้าหมายหรือเร็วกว่า ประกอบกับมีการพัฒนาด้านนวัตกรรมที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยสิ้นเชิง (Disruption) ต่าง ๆ ดังรายละเอียดในบทที่ผ่านมา ไม่ว่าจะเป็น สายอากาศแบบราบ (Flat Panel Antenna) Adaptive Beam Forming ที่สามารถรวมสัญญาณไปตามจุดที่ให้บริการต่าง ๆ ในระดับความเร็ว Gbps ได้สอดคล้องไปกับการเคลื่อนที่ของดาวเทียม โดยใช้ย่านความถี่ที่มีความกว้างมาก เช่น ย่าน V-Band 40-75 GHz รวมถึงการรับส่งข้อมูลในระดับ Tbps ระหว่างดาวเทียมด้วยกันเอง (Intersatellite Link) โดยใช้เทคโนโลยี Space Laser เทียบเท่ากับระบบเคเบิ้ลใต้น้ำระหว่างประเทศ จึงมีความเป็นได้ที่ในอนาคตอันใกล้โครงข่ายดาวเทียม LEO จะมาทดแทนโครงข่ายโทรคมนาคมภาคพื้นดินบางส่วนหรือทั้งหมดได้ดังแผนภาพที่ 4 – 3

แผนภาพที่ 4 – 3 รูปแบบการเชื่อมโยงโครงข่ายและโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล




ที่มา : www.idc.com

ในอนาคต Digital Platform ต่าง ๆ ที่ต้องการการควบคุมอุปกรณ์ภาคพื้นดินในลักษณะ Near Real-Time อาจจะถูกส่งขึ้นไปเป็นส่วนหนึ่งของโครงข่ายดาวเทียม LEO เพื่อรองรับบริการที่ต้องการความหน่วงน้อยมาก ๆ (URLLC) เช่น Self-Driving Car หรือ Remote Operation รวมถึงบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ต และ Over The Top (OTT) เช่น เครือข่าย Social Network และ Streaming Provider ต่าง ๆ อาจจะอัพโหลดข้อมูลบางส่วนหรือทั้งหมดไปอยู่บนดาวเทียม LEO ทำหน้าที่เป็น Internet Data Center หรือ Content Delivery Network เพื่อเพิ่มโอกาสในการเข้าถึง ลดความเสี่ยงในการกีดกันทางการค้าและนโยบาย ลดการพึ่งพาผู้ประกอบการโครงข่ายภาคพื้นดิน เพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการบำรุงรักษา ซึ่งหากเกิดขึ้นจริงจะส่งผลกระทบต่อความมั่นคงของประเทศดังนี้

**ความมั่นคงด้านการรักษาความปลอดภัยด้านไซเบอร์**

นอกเหนือจากความเป็นได้ที่ผู้ให้บริการโครงข่ายโทรคมนาคมและบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ตในประเทศจะถูกบังคับให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยสิ้นเชิง (Disrupt) ทางธุรกิจ (เนื่องจากการแข่งขันที่รุนแรงมากยิ่งขึ้นจากผู้ให้บริการบรอดแบนด์ดาวเทียมที่มีต้นทุนในการบำรุงรักษาที่ต่ำกว่า ในขณะที่ผู้ให้บริการในประเทศมีต้นทุนที่สูงขึ้นจากค่าคลื่น และความต้องการ Bandwidth ที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่ไม่สามารถเพิ่มราคาขายได้) รัฐอาจสูญเสียอธิปไตยในการบังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการรักษาความปลอดภัยด้านไซเบอร์ที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น พรบ.คอมพิวเตอร์ พรบ.คุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล ฯลฯ เนื่องจากการใช้งานอินเทอร์เน็ตผ่านดาวโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำในแผนภาพที่ 4 – 3 ที่ประกอบไปด้วย Space IDC/Platform เชื่อมโยงกันด้วยเทคโนโลยี Laser Intersatellite Link (Laser ISL) หากโครงข่ายดังกล่าวเป็นของต่างชาติ ซึ่งการรับส่งข้อมูลทุกขั้นตอนระหว่างอุปกรณ์ปลายทางและ Server จะผ่านโครงข่ายดาวเทียม LEO ทั้งหมด โดยไม่ต้องพึ่งโครงข่ายภาคพื้นดินเลย รัฐหรือหน่วยงานกำกับดูแลเช่น กสทช. จะไม่สามารถเข้าไปตรวจสอบ (Investigate) ติดตาม (Tracking)

หรือ ยับยั้ง (Intercept) ธุรกรรมที่เป็นภัยต่อความมั่นคงได้ เช่น การเผยแพร่ข้อมูลเท็จผ่าน Social Media ช่องทางต่าง ๆ (Fake News) การยุยงปลุกปั่นให้เกิดความกระด้างกระเดื่องและไม่สงบของประชาชน หรือ ธุรกรรมการฟอกเงิน รวมถึงการละเมิดสิทธิส่วนบุคคลในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความมั่นคงของประเทศทั้งทางด้านสังคมและเศรษฐกิจไม่มากก็น้อย อย่างไรก็ดี ในปัจจุบันโครงข่ายดาวเทียม LEO ยังถูกออกแบบให้รับส่งข้อมูลกับ Gateway ภาคพื้นดิน ซึ่งจะเชื่อมต่อไปยังโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ต่าง ๆ ทั่วโลก ซึ่งหาก Gateway ดังกล่าวตั้งอยู่ในประเทศและรัฐมีส่วนร่วมในการควบคุมโดยการบังคับใช้กฎหมายหรือการเป็นผู้ให้บริการ LEO Gateway เอง จะสามารถชะลอหรือบรรเทาผลกระทบดังกล่าวได้ จนกว่าเทคโนโลยี Space IDC/Platform และ Laser ISL จะพร้อมให้บริการในเชิงพาณิชย์

**การควบคุมยานพาหนะและอุปกรณ์ IoT ต่าง ๆ**

ยานพาหนะไร้คนขับไม่ว่าจะเป็น รถขับเคลื่อนอัตโนมัติ (Self Driving Car) อากาศยานไร้คนขับ (Drone) รวมถึงอุปกรณ์ IoT (Internet Of Thing) ต่าง ๆ หากสามารถถูกควบคุมจาก LEO Platform ได้แบบ Real Time จะเป็นภัยคุกคามกับความมั่นคงของประเทศอย่างมาก หากเกิดสถานการณ์ความไม่สงบหรือการสู้รบเกิดขึ้น ผู้ที่เป็นเจ้าของหรือสามารถควบคุมสั่งการ Platform ดังกล่าวได้จะมีความได้เปรียบในการรับมือกับสถานการณ์นั้น ๆ อย่างยิ่ง การป้องกันทางเทคนิคในปัจจุบันโดยอาศัยคลื่นสัญญาณรบกวนอาจจะมีประสิทธิภาพน้อยเนื่องจากย่านความถี่ที่ใช้งานในการรับส่งมีความกว้างมาก ทำให้สามารถหลบเลี่ยงการรบกวนได้ง่ายโดยใช้การเข้ารหัสและเทคนิคการทำ Frequency Hopping

## สรุป

ผลกระทบและการรับมือเทคโนโลยี Internet 5G และดาวเทียม LEO สามารถสรุปประเด็นต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของโลก พบว่า การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี 5G ภาคอุตสาหกรรมโทรคมนาคมจะต้องเตรียมพร้อมเผชิญกับความท้าทาย 3 ประการ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภค การแข่งขันด้านเทคโนโลยีที่มีแนวโน้มรุนแรงขึ้น และกฎระเบียบที่เข้มงวด ในอนาคตเทคโนโลยี 5G จะทำให้โลกมีการเชื่อมโยงถึงกันเป็นเครือข่าย ดังนั้น ภาคอุตสาหกรรมจำเป็นต้องพัฒนากลยุทธ์ให้เอื้อต่อการใช้บริการเทคโนโลยี 5G และเตรียมพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสู่ยุคดิจิทัล ซึ่งรวมถึงพฤติกรรมของผู้บริโภคที่คาดหวังความสะดวกสบายและการเข้าถึงข้อมูลมากขึ้น ขณะที่แรงกดดันจากคู่แข่งทางธุรกิจรวมถึง Supplier ใน Value Chain จะกระตุ้นให้เกิดการลงทุนด้านเทคโนโลยีรวมถึงการพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาด นอกจากนี้กฎระเบียบและข้อบังคับด้าน Data Security และ Data Privacy จะมีผลต่อการดำเนินธุรกิจอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ส่วนดาวเทียม LEO จึงนับได้ว่าเป็น Exponential Technology สำคัญของยุคศตวรรษที่ 21 ที่จะมีส่วนพลิกโฉมการใช้งานอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงในยุคของ 5G ที่จะต้องรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IoTs จำนวนมหาศาลทั้ง Smart Home, Smart City, Drone รวมไปถึงการประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมที่ต้องการ

ความแม่นยำสูง เช่น การผ่าตัดทางไกล การควบคุมเครื่องจักรในโรงงาน หรือการควบคุมรถยนต์ไร้คนขับ เป็นต้น ซึ่งการขยายตัวของ 5G ก็จะส่งผลทำให้ความต้องการใช้งานอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งหากนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสมก็จะยิ่งทำให้ทรงพลังมากขึ้นไปอีกหลายเท่าตัวเลยทีเดียว

2. ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่อภูมิภาคอาเซียน พบว่า การเปิดตัว 5G ในอาเซียนมีศักยภาพโดยรวมที่สูงมาก อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ได้รับประโยชน์อย่างเต็มศักยภาพ ภูมิภาคนี้จำเป็นที่จะต้องแก้ไขปัญหาท้าทายที่สำคัญ โดยอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง เช่น หน่วยงานกำกับดูแล ผู้ให้บริการโทรคมนาคม และองค์กรต่าง ๆ เนื่องจากความท้าทายด้านอีโคซิสเต็มส์และมูลค่าที่สูงมากเป็นเดิมพัน หน่วยงานกำกับดูแลจึงต้องเข้ามามีบทบาทหลัก และจะต้องเป็นผู้นำในการแก้ไขปัญหาสำคัญ ๆ เช่น การจัดสรรคลื่นความถี่ในระยะสั้น การสนับสนุนการใช้โครงสร้างพื้นฐานร่วมกัน และการส่งเสริมการพัฒนาระบบไซเบอร์ซีเคียวริตี้ระดับประเทศ โดยครอบคลุมทั่วภูมิภาค ในส่วน Startup ด้านอวกาศสัญชาติไทย “mu Space” จับมือ “Blue Origin” (ที่ก่อตั้งโดย Jeff Bezos CEO Amazon) ส่งดาวเทียมขึ้นวงโคจรปลายปี พ.ศ. 2563 ประกาศการได้รับสิทธิ์ในการใช้คลื่นความถี่ดาวเทียม ครอบคลุม 6 ประเทศในอาเซียน ได้แก่ กัมพูชา, ลาว, มาเลเซีย, พม่า, เวียดนาม และไทย เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ได้ประกาศการได้รับสิทธิ์ในการใช้คลื่นความถี่ดาวเทียมครอบคลุม 6 ประเทศในอาเซียน มีความพร้อมในการให้บริการสัญญาณผ่านดาวเทียมให้แก่ภาครัฐ ผู้ประกอบการโทรคมนาคม รวมถึงภาคธุรกิจต่าง ๆ ครอบคลุมพื้นที่ภูมิภาคอาเซียนและประเทศไทยในเร็ว ๆ นี้ โดยมีวางแผนเช่าคลื่นความถี่ดาวเทียมที่วงตำแหน่งโคจรดังกล่าวเป็นระยะเวลา 15 ปี และจะต่อระยะเวลาการเช่าออกไปอีก 15 ปี ซึ่งในปัจจุบันอัตราการการเติบโตของฐานผู้บริโภคในธุรกิจการให้บริการผ่านอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงและสัญญาณมือถือในภูมิภาคอาเซียนเพิ่มสูงขึ้น

3. ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่อประเทศไทย พบว่า ปัจจุบันเทคโนโลยีสมัยใหม่ทำให้กิจการดาวเทียมยุคปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว และสร้างบริการและโอกาสธุรกิจใหม่ ๆ จากเดิมที่บริการส่วนใหญ่มาจากดาวเทียมที่มีวงโคจรประจำ (Geostationary Satellite Orbit: GSO) ในปัจจุบัน แนวโน้มของโลกมุ่งไปสู่การลงทุนในบริการที่เกิดจากดาวเทียมแบบวงโคจรไม่ประจำที่ (Non-Geostationary Satellite Orbit: NGSO) เช่น ดาวเทียมวงโคจรต่ำ (Low Earth Orbit: LEO) และดาวเทียมวงโคจรระยะปานกลาง (Medium Earth Orbit: MEO) ที่มีขนาดเล็กและสามารถส่งขึ้นไปบนฟ้าได้ครั้งละหลายพันดวง ดาวเทียมเหล่านี้สามารถให้บริการได้หลากหลาย เช่น การส่งสัญญาณอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง การส่งผ่านข้อมูลความเร็วสูง การส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้วยเทคโนโลยีภาพที่คมชัดมากขึ้น รวมถึงการสำรวจ การนำทาง และการถ่ายภาพที่มีความชัดเจนในระดับสูงมาก รัฐบาลไทยเตรียมพร้อมรับมือ โดยคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้ผ่านความเห็นชอบ (ร่าง) แนวทางการดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกิจการดาวเทียมวงโคจรประจำที่ (Geostationary-Satellite Orbit : GSO) ตามที่คณะกรรมการนโยบายอวกาศแห่งชาติได้มีมติเห็นชอบ เพื่อมุ่งเน้นให้ประเทศไทยมีนโยบายที่กำหนดแนวทางในการรักษาตำแหน่งวงโคจรและข่ายงานดาวเทียมของประเทศที่ชัดเจน เป็นไปตามรัฐธรรมนูญฯ มาตรา 60 ที่กำหนดให้รัฐต้องรักษาไว้ซึ่งคลื่นความถี่และสิทธิในการเข้าใช้วงโคจรดาวเทียมอันเป็นสมบัติของชาติ เพื่อให้เกิด

ประโยชน์แก่ประเทศชาติและประชาชน และเห็นชอบ (ร่าง) นโยบายการพิจารณาอนุญาตให้ดาวเทียมต่างชาติให้บริการในประเทศ (Landing Right) ขอบเขตของการสื่อสารและเทคโนโลยีนั้นรวมถึงการดำเนินการเกี่ยวกับ “กิจการอวกาศ” โดยเป็นการรวมกิจการทุกอย่างที่เกี่ยวกับอวกาศแต่ประเทศยังขาดองค์ความรู้ รวมทั้งขาดการส่งเสริมธุรกิจเกี่ยวกับกิจการอวกาศ ซึ่งมีอยู่หลายแขนง และไม่มีนโยบายและแผนโดยชัดเจน รวมทั้งไม่มีกฎหมายที่ควบคุมการดำเนินการเรื่องนี้โดยเฉพาะ

4. ผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่ออุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของประเทศไทย พบว่า ในปี ค.ศ. 2026 ได้คาดการณ์การนำเทคโนโลยี 5G, IoT และเทคโนโลยีด้านดิจิทัลไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ จะสามารถสร้างเม็ดเงินให้แก่เศรษฐกิจของประเทศไทยได้มากถึง 2,600 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมโทรคมนาคมแบบดั้งเดิม ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจเพียง 1,736 ล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยอุตสาหกรรมการผลิตจะมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงมาก อยู่ที่ประมาณ 500 ล้านเหรียญสหรัฐฯ รองลงมา คือ อุตสาหกรรมพลังงานและระบบสาธารณูปโภคจะมีมูลค่าทางเศรษฐกิจประมาณ 400 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ประเทศไทยจะมีจำนวนการลงทะเบียนใช้งาน LTE/ 5G เพิ่มขึ้น 2 เท่า ในช่วงปี ค.ศ. 2017-2023 โดยมีส่วนแบ่งตลาดกว่า 60% ในปี ค.ศ. 2023 ซึ่งประมาณการว่า มูลค่าทางเศรษฐกิจของประเทศไทย จะมีอัตราเพิ่มขึ้น 22% ดังนั้น ผู้ประกอบการในประเทศไทยและรัฐบาลควรมีการเตรียมพร้อมในการรับมือกับ 5G เพื่อผลประโยชน์ของประเทศในทุกมิติ เทคโนโลยี 5G จะถูกประยุกต์ใช้ในทุกอุตสาหกรรม เช่น การควบคุมหุ่นยนต์และเครื่องจักรที่ชาญฉลาด (Machine Intelligence), เครือข่ายเว็บเคลื่อนที่ (Ubiquitous Web), โมบายบรอดแบนด์ (Mobile Broadband) และยานพาหนะไร้คนขับ (Unmanned Vehicles) ไปจนถึงซอฟต์แวร์ที่สามารถแปลภาษาได้ทุกภาษาด้วย AI บนสมาร์ทโฟน 5G ซึ่งเทคโนโลยี 5G จะทำลายอุปสรรคที่มนุษย์จะเข้าถึงการศึกษา การบริการสาธารณสุข และก็จะทำลายตำแหน่งงานรูปแบบเดิมออกไปจนสิ้น ภายในทศวรรษใหม่นี้ระบบเศรษฐกิจโลกจะเปลี่ยนผ่านสู่การมีโครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัล 5G ใหม่ ที่จะทำให้ระบบเศรษฐกิจโลกวิ่งสู่ภูมิทัศน์ใหม่ในยุค “The 5G Economy” สำหรับรัฐบาลไทยได้อาศัยตามรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550 มาตรา 47 วรรคสอง รวมถึง รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560 มาตรา 60 วรรคสาม ประกอบกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องกำหนดให้ กสทช. มีหน้าที่จัดสรรสิทธิในตำแหน่งวงโคจรค้างฟ้าพร้อมกับสิทธิในคลื่นความถี่สำหรับตำแหน่งดังกล่าวเป็นชุดคราวเดียวกันไป มีอำนาจหน้าที่ประสานงานเกี่ยวกับการบริหารคลื่นความถี่ทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ รวมทั้งให้ข้อมูลและร่วมดำเนินการในการเจรจาหรือทำความตกลงระหว่างรัฐบาลแห่งราชอาณาจักรไทยกับรัฐบาลต่างประเทศหรือองค์การระหว่างประเทศ ในเรื่องที่เกี่ยวกับการบริหารคลื่นความถี่ กิจการกระจายเสียงกิจการโทรทัศน์ กิจการโทรคมนาคม หรือกิจการอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยมีรัฐบาลไทยเป็นผู้กำหนดกรอบนโยบายของกิจการดาวเทียมสื่อสาร

# บทที่ 5
# สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่อง ผลกระทบของเทคโนโลยี Internet 5G ภาคพื้นดิน และดาวเทียม LEO (Low Earth Orbit) ที่มีต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคโนโลยี 5G และการพัฒนาบริการ 5G ของต่างประเทศ และของประเทศไทย และเทคโนโลยีการให้บริการ Internet ผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ (Low Earth Orbit) จากผู้ให้บริการรายใหญ่ ของประเทศสหรัฐอเมริกา และเพื่อเปรียบเทียบเทคโนโลยี 5G และ LEO รวมไปถึงเพื่อศึกษาผลกระทบต่อประเทศไทย ทั้งด้านอุตสาหกรรมโทรคมนาคม เศรษฐกิจมหภาค และความมั่นคง รวมถึงโอกาสที่จะเข้าไปมีส่วนร่วมในเทคโนโลยีต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## สรุป

ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

ตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 1 เพื่อศึกษาเทคโนโลยี 5G การพัฒนาบริการ 5G และ LEO ของไทย สรุปได้ว่า

1. สถานการณ์ในปัจจุบันเทคโนโลยี 5G เป็นเทคโนโลยีที่พูดถึงกันมาก ทั้งในระดับประเทศและระดับสากล สำหรับในกรณีของประเทศไทยนั้น เทคโนโลยี 5G มีแนวโน้มที่จะเริ่มให้บริการในเชิงพาณิชย์ในอีก 2-3 ปีข้างหน้า ทั้งนี้ การเข้ามาของเทคโนโลยี 5G จำเป็นที่จะต้องใช้คลื่นความถี่ใหม่ (New Radio) และเครือข่ายใหม่ (New Network) ซึ่งจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมหาศาลทั้งทางภาครัฐและภาคเอกชน ดังนั้น การเปลี่ยนถ่ายไปสู่การใช้เทคโนโลยี 5G จำเป็นที่จะต้องทำคู่ขนานกับระบบ LTE ที่ใช้ในปัจจุบัน

2. ประเทศสหรัฐอเมริกา ผลักดันการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G โดยการวางแผนที่จะจัดประมูลคลื่นความถี่ย่าน 28 GHz (27.5-28.3 GHz) แบ่งเป็น 2 บล็อก ในแต่ละ County หรือให้สิทธิในการใช้คลื่นความถี่ในการให้บริการแบบแบ่งตามพื้นที่ (Geographic Area) โดยจะใช้วิธีการดำเนินการประมูลแบบหลายรอบ (Simultaneous Multiple Round) และในแต่ละรอบราคาจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ (Ascending Bid) สำหรับผู้ให้บริการในเขตชนบท การส่งเสริมให้มีการใช้โครงสร้างพื้นฐานร่วมกันเพื่อให้การเปิดให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G เชิงพาณิชย์มีเสถียรภาพในการให้บริการมากที่สุด

3. ประเทศจีนได้ทดลองทดสอบการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G สร้างสถานีฐานประมาณ 20 สถานีในหลายเมืองใหญ่เพื่อให้สามารถเปิดให้บริการในเชิงพาณิชย์ได้ในปี พ.ศ. 2562 ดังนั้น ความพร้อมของสหรัฐอเมริกา และจีน ซึ่งเป็นประเทศมหาอำนาจต่างพยายามเข้าไปมีส่วนร่วมในการกำหนดมาตรฐาน 5G เพราะต้องการรักษาความเป็นผู้นำทางเทคโนโลยีของประเทศ ดังเช่นจีนได้การวางเป้าหมายใช้งาน SA-5G เร็วกว่าสหรัฐอเมริกา ถึง 5 ปี โดยมองความได้เปรียบของการ

เรียนรู้และทำตลาดก่อนใน 2 ประเด็น ดังต่อไปนี้ 1. การวางระบบ 5G ผ่านภูมิประเทศที่กว้างใหญ่จะทำให้ประเทศอื่น ๆ ที่รอความชัดเจนของมาตรฐาน 5G เห็นว่าการใช้คลื่นความถี่ต่ำ (ต่างจากสหรัฐอเมริกา ที่มองคลื่นความถี่สูง) สำหรับการสื่อสารทั่วไปในแกน eMBB มีประสิทธิภาพเพียงพอและทำให้เกิดการยอมรับในมาตรฐานของจีน และ 2. จีนสามารถทดสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งาน 5G ในแกน mMTC และ URLLC โดยจะทำให้พัฒนาการของเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น IoT Big Data Smart City และ Artificial Intelligence เป็นไปอย่างก้าวกระโดดและสร้างความได้เปรียบทางนวัตกรรม

ตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 2 เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการให้บริการ Internet ผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ (Low Earth Orbit) จากผู้ให้บริการรายใหญ่ ของประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศจีน สรุปได้ว่า

1. ผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตจะมีทางเลือกใหม่ในการเข้าใช้งานระบบผ่านโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำ (Low Earth Orbit) ในราคาที่ไม่สูงกว่าการใช้งานผ่านเครือข่ายการสื่อสารภาคพื้นดิน โดยกลุ่มผู้ใช้งานหลัก ๆ คือ

1.1 ผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ตที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกลหรือยากต่อการเข้าถึง

1.2 กลุ่มผู้ประกอบการหรือหน่วยงานขนาดเล็ก หรือขนาดกลาง รวมถึงหน่วยงานท้องถิ่น ที่ต้องการสร้างเครือข่ายการติดต่อสื่อสารระหว่างกันผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

1.3 กลุ่มผู้ใช้งานที่ต้องการเข้าถึงเครือข่ายอินเตอร์เน็ตขณะเคลื่อนที่ ต้องการเข้าถึงและเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตแทบตลอดเวลา

1.4 กลุ่มผู้ใช้งานที่อยู่ในพื้นที่ที่ไม่สามารถพัฒนาหรือสร้างเครือข่ายภาคพื้นดิน เช่น ในพื้นที่ป่าลึก พื้นที่รกร้าง รวมไปถึงพื้นที่ส่วนใหญ่ในทะเล

2. ประเทศสหรัฐอเมริกา มีการแข่งขันด้านอุตสาหกรรมการสื่อสารในอวกาศเพิ่มมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น AMAZON ยักษ์ใหญ่ค้าปลีกทางออนไลน์ ทำโครงการ Project Kuiper ซึ่งนำดาวเทียมจำนวน 3,236 ดวงขึ้นสู่วงโคจร เพื่อให้บริการอินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียม, บริษัทวันเว็บ (OneWeb) มีแผนจะสร้างดาวเทียม 2 ดวง ในรัฐฟลอริดา สำหรับโครงข่ายดาวเทียมกว่า 600 ดวง ที่คาดว่าจะเปิดให้บริการได้ภายในปี พ.ศ.2564, SpaceX และ COO Gwynne Shotwell ได้ยืนยันข้อมูลในการให้บริการ เตรียมให้บริการ Starlink ซึ่งเป็นบริการอินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียมในปี พ.ศ. 2563 ทำการปล่อยดาวเทียมขึ้นสู่อวกาศแล้วเป็นจำนวน 12,000 ดวง และนอกเหนือจากนั้นจะปล่อยอีกจำนวน 30,000 ดวง โดยเตรียมขออนุมัติจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องก่อน ซึ่งได้รับใบอนุญาตในปี ค.ศ. 2024 หรือ พ.ศ. 2567 เน้นการให้บริการอินเทอร์เน็ตในเมืองและพื้นที่ชนบท ซึ่งรองรับการให้บริการ 5G การให้บริการความเร็วอินเทอร์เน็ตสูงถึง 1 Gbps-โดยดาวเทียม Starlink มีน้ำหนัก 227 กิโลกรัม ที่ลอยบนชั้นบรรยากาศที่ความสูงอยู่ที่ 550 กิโลเมตร ความจุโครงข่ายในการถ่ายโอนอินเทอร์เน็ต 125 Gbps ซึ่งถือเป็นวงโคจรต่ำ โดยใช้แสงอาทิตย์เป็นพลังงาน โดยอายุการใช้งานอยู่ที่ 5 ปี หลังจากนั้นก็จะถูกทำลายด้วยชั้นบรรยากาศ และพบว่าราคาการให้บริการกับผู้บริโภคในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียมเป็นจำนวน 80 เหรียญดอลลาร์สหรัฐ แม้ว่าอยู่ในช่วงทดสอบการให้บริการก็ตาม ที่น่าสนใจคือ ดาวเทียมอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงอย่าง Project Kuiper เน้นการให้บริการอุปกรณ์ Internet of Things ตั้งแต่ Smart Lights จนถึง Dog Collars ซึ่งผู้ให้บริการดาวเทียม

อินเทอร์เน็ตบรอดแบนด์มักใช้วงโคจรดาวเทียม LEO ในช่วงคลื่นความถี่ Ka-band 24-40 GHz และ Ku-Band (12-18GHz) ซึ่งการส่งสัญญาณในช่วงนี้จะทำให้สามารถให้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงภาคพื้นดินกับประชาชนที่พักอาศัยบนโลก โดยมีผู้ให้บริการอย่าง SpaceX , OneWeb และ Amazon

3. ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน จากการที่กองทัพอากาศสหรัฐฯ เป็นภารกิจหลักได้ทุ่มงบประมาณจำนวนมาก เพื่อความเหนือกว่าในห้วงอวกาศ (Space Superiority) เห็นได้จากปัจจุบันอาวุธเกือบทุกอย่างของ ทอ.สหรัฐฯ สามารถที่จะเข้าสู่เป้าหมายได้อย่างแม่นยำด้วยดาวเทียมทหาร GPS (Weapons Guided by GPS) รวมทั้งดาวเทียมสื่อสารของทหาร (Communication Satellite) ซึ่งเป็นแรงผลักดันให้จีนที่มีเทคโนโลยีด้านอวกาศมาเป็นชาติที่สามของโลก และได้มุ่งมั่นพัฒนาเทคโนโลยีด้านอวกาศของตัวเองอย่างต่อเนื่อง ให้ทันสมัยและเทียบเท่าสหรัฐฯ ความสามารถในด้านเทคโนโลยีอวกาศของจีนเริ่มแสดงแสนยานุภาพอันเป็นภัยคุกคามต่อดาวเทียมทหารของสหรัฐฯ และดาวเทียมสื่อสารของเอกชนที่โคจรรอบโลกจากการทดลองยิงอาวุธขึ้นไปทำลายดาวเทียมตรวจอากาศของตัวเองที่หมดอายุ

ตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 3 สรุปได้ว่า เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบการพัฒนาและการให้บริการของเทคโนโลยี 5G และ LEO พบว่า เทคโนโลยี 5G มีข้อดี คือ มีความละเอียดสูงและการสร้างแบนด์วิดธ์ขนาดใหญ่ และเป็นเทคโนโลยีที่จะรวบรวมทุกเครือข่ายบนแพลตฟอร์มมีประสิทธิภาพมากขึ้นและความเร็วเพิ่มขึ้น และสามารถเผยแพร่ข้อมูลขนาดใหญ่ ได้อย่างรวดเร็ว ส่วนข้อด้อย คือ มีเทคโนโลยียังอยู่ภายใต้กระบวนการผลิตและพัฒนา แต่อุปกรณ์เก่าจะไม่สามารถใช้งาน 5G ได้ อีกทั้งการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานมีค่าใช้จ่ายสูง ส่วนเทคโนโลยี LEO มีข้อดี คือ ดาวเทียมสามารถกระจายสัญญาณจากจุดหนึ่งไปยังหลาย ๆ สถานที่พร้อม ๆ กันได้ ทำให้สามารถให้พื้นที่ในการครอบคลุมในการสื่อสารได้ดีกว่า และเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการให้บริการกระจายเสียงและโทรทัศน์ และการสื่อสารข้อมูลแบบดาวเทียมไม่จำเป็นต้องใช้ต้นทุนจำนวนมากในการสร้างโครงข่ายภาคพื้นดิน ทำให้เทคโนโลยีนี้มีความเหมาะสมในการให้บริการในพื้นที่ห่างไกลที่ยากต่อการเข้าถึงการใช้โครงข่ายสื่อสัญญาณดาวเทียมเป็นโครงข่ายเชื่อมต่อ เป็นการลดต้นทุนการสร้างโครงข่ายเชื่อมต่อและทำให้สามารถขยายโครงข่ายได้อย่างรวดเร็ว ส่วนข้อจำกัด คือ เนื่องจากดาวเทียมอยู่บนชั้นวงโคจรบนอวกาศ ทำให้สัญญาณข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารมีค่าความหน่วงเวลาที่สูง จึงไม่เหมาะสำหรับบริการสื่อสารข้อมูลแบบโต้ตอบทันที่ หรือแบบ Real Time เช่น การสื่อสารทางเสียง อีกทั้งค่าความจุและแบนด์วิดท์ใช้งานนั้นจะค่อนข้างต่ำกว่าเทคโนโลยีทางเลือกอื่น และยังมีข้อจำกัดในการส่งสัญญาณข้อมูลเมื่อมีสภาพอากาศแปรปรวน

ตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 4 สรุปได้ว่า เพื่อศึกษาผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของโลก ภูมิภาคอาเซียน และประเทศไทย ทั้งด้านอุตสาหกรรมโทรคมนาคม เศรษฐกิจมหภาค และความมั่นคง รวมถึงโอกาสที่จะเข้าไปมีส่วนร่วมในเทคโนโลยีต่าง ๆ พบว่า ในปี ค.ศ. 2026 ได้คาดการณ์การนำเทคโนโลยี 5G, IoT และเทคโนโลยีด้านดิจิทัลไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ จะสามารถสร้างเม็ดเงินให้แก่เศรษฐกิจของประเทศไทยได้มากถึง 2,600 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมโทรคมนาคมแบบดั้งเดิม ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจเพียง 1,736 ล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยอุตสาหกรรมการผลิตจะมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงมาก

อยู่ที่ประมาณ 500 ล้านเหรียญสหรัฐฯ รองลงมา คือ อุตสาหกรรมพลังงานและระบบสาธารณูปโภค จะมีมูลค่าทางเศรษฐกิจประมาณ 400 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ประเทศไทยจะมีจำนวนการลงทะเบียนใช้งาน LTE/5G เพิ่มขึ้น 2 เท่า ในช่วงปี ค.ศ. 2017-2023 โดยมีส่วนแบ่งตลาดกว่า 60% ในปี ค.ศ. 2023 ซึ่งประมาณการว่า มูลค่าทางเศรษฐกิจของประเทศไทย จะมีอัตราเพิ่มขึ้น 22% ดังนั้น ผู้ประกอบการในประเทศไทยและรัฐบาลควรมีการเตรียมพร้อมในการรับมือกับ 5G เพื่อผลประโยชน์ของประเทศในทุกมิติ เทคโนโลยี 5G จะถูกประยุกต์ใช้ในทุกอุตสาหกรรม เช่น การควบคุมหุ่นยนต์และเครื่องจักรที่ชาญฉลาด (Machine Intelligence), เครือข่ายเว็ปเคลื่อนที่ (Ubiquitous Web), โมบายบรอดแบนด์ (Mobile Broadband) และยานพาหนะไร้คนขับ (Unmanned Vehicles) ไปจนถึงซอฟต์แวร์ที่สามารถแปลภาษาได้ทุกภาษาด้วย AI บนสมาร์ทโฟน 5G ซึ่งเทคโนโลยี 5G จะทำลายอุปสรรคที่มนุษย์จะเข้าถึงการศึกษา การบริการสาธารณสุข และก็จะทำลายตำแหน่งงานรูปแบบเดิมออกไปจนสิ้น ภายในทศวรรษใหม่นี้ระบบเศรษฐกิจโลกจะเปลี่ยนผ่านสู่การมีโครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัล 5G ใหม่ ที่จะทำให้ระบบเศรษฐกิจโลกวิ่งสู่ภูมิทัศน์ใหม่ในยุค “The 5G Economy” สำหรับรัฐบาลไทยได้อาศัยตามรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550 มาตรา 47 วรรคสอง รวมถึง รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560 มาตรา 60 วรรคสาม ประกอบกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องกำหนดให้ กสทช. มีหน้าที่จัดสรรสิทธิในตำแหน่งวงโคจรค้างฟ้าพร้อมกับสิทธิในคลื่นความถี่สำหรับตำแหน่งดังกล่าวเป็นชุดคราวเดียวกันไป มีอำนาจหน้าที่ประสานงานเกี่ยวกับการบริหารคลื่นความถี่ทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ รวมทั้งให้ข้อมูลและร่วมดำเนินการในการเจรจาหรือทำความตกลงระหว่างรัฐบาลแห่งราชอาณาจักรไทยกับรัฐบาลต่างประเทศหรือองค์การระหว่างประเทศในเรื่องที่เกี่ยวกับการบริหารคลื่นความถี่ กิจการกระจายเสียงกิจการโทรทัศน์ กิจการโทรคมนาคม หรือกิจการอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยมีรัฐบาลไทยเป็นผู้กำหนดกรอบนโยบายของกิจการดาวเทียมสื่อสาร

**ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ**

ปัจจุบัน ตลาดของการให้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงภายในประเทศไทย ทั้งทางสายผ่านระบบ Fixed Line Broadband หรือ ผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ มีมูลค่ารวมกันทั้งสิ้นกว่า 300,000 ล้านบาทต่อปี จากข้อมูล กสทช. ปี 2562 ตารางที่ 5 – 1 หากระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำเข้าถึงตลาดอินเทอร์เน็ตบรอดแบรนด์ในประเทศไทยได้ จะทำให้รายได้ของผู้ให้บริการภาคพื้นดินในประเทศไทยลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 5 – 1 ตลาดบริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ปี 2562

| (ล้านบาท) | 4Q2561 | 1Q2562 | 2Q2562 | 3Q2562 | 4Q2562 |
|---|---|---|---|---|---|
| รายได้ของบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ | 70,278 | 70,160 | 72,026 | 73,426 | 72,930 |
| รายได้ของบริการค้าปลีกบริการอินเทอร์เน็ตประจำที่ | 16,900 | 16,900 | 17,000 | 17,700 | 18,100 |

ที่มา : กสทช, 2562.

จากข้อมูลโครงการดาวเทียมวงโคจรต่ำ Starlink ที่เปิดเผยออกมาเบื้องต้น พบว่าจะอนุญาตให้ลูกค้าทั่วไปเชื่อมต่อผ่านระบบในรูปแบบ Wifi ฟรี เพื่อให้ได้ลูกค้าไปเป็นของตนเองในปริมาณมาก จากนั้นจึงดำเนินการหารายได้ผ่านฐานข้อมูลลูกค้า คล้ายคลึงกับผู้ให้บริการ Over The Top (OTT) ที่ผ่านมา ได้แก่ Google, Facebook, Line ซึ่งเมื่อมีฐานลูกค้าปริมาณมหาศาลทั่วโลก จึงเริ่มทำธุรกิจขายโฆษณา หรือ คิดค่าบริการเมื่อมีองค์กรธุรกิจมาเชื่อมต่อบริการ เช่น Google ไม่คิดค่าบริการ Google map กับลูกค้าประชาชนทั่วไป แต่หากมีแอพพลิเคชั่นของบริษัทมาเชื่อมต่อเพื่อไปใช้ในเชิงพาณิชย์ก็จะมีการคิดค่าบริการ เป็นต้น

ทั้งนี้ หากระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำสามารถให้บริการในประเทศไทยได้อย่างเสรี จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้ให้บริการด้านโทรคมนาคมทุกราย ทั้งในด้านรายได้ที่จะต้องลดลง เนื่องจากคู่แข่งให้บริการฟรี การประมาณการทางการเงินจะผิดพลาดอย่างมาก สินทรัพย์ที่ได้ทำการลงทุนไปแล้วไม่สามารถสร้างผลตอบแทนให้คุ้มค่าต่อการลงทุน ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจน ได้แก่ ต้นทุนการประมูลคลื่นความถี่เพื่อให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่บางรายประมูลไปด้วยราคาที่สูงมาก เช่น คลื่น 900 MHz ที่ราคากว่า 70,000 ล้านบาท จะเห็นว่า เพียงแค่ต้นทุนค่าคลื่นความถี่ที่ไม่รวมการลงทุนอุปกรณ์และบุคลากรที่ต้องใช้เพื่อให้บริการ ผู้ให้บริการแต่ละรายจำเป็นต้องมีรายได้จำนวนมากเพื่อหล่อเลี้ยงค่าใช้จ่ายปริมาณสูงข้างต้น ทั้งนี้ ภาระค่าใช้จ่ายเฉพาะค่าคลื่นความถี่แสดงในแผนภาพที่ 5 – 1

แผนภาพที่ 5 – 1 ค่าใช้จ่ายในส่วนของคลื่นความถี่ของผู้ให้บริการแต่ละราย

| งวด | ปี | TRUE | | ADVANC (AIS) | | DTAC | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | แบบเดิม | แบบใหม่ | แบบเดิม | แบบใหม่ | แบบเดิม | แบบใหม่ |
| 1 | 2559 | 8,603 | 8,603 | 8,603 | 8,603 | - | - |
| 2 | 2560 | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 2561 | 4,301 | 4,301 | 4,301 | 4,301 | 4,301 | 4,301 |
| 4 | 2562 | 4,301 | 4,301 | 4,301 | 4,301 | - | - |
| 5 | 2563 | 64,434 | 23,614 | 63,744 | 23,269 | 2,151 | 7,917 |
| 6 | 2564 | - | 8,164 | - | 8,095 | 2,151 | 4,073 |
| 7 | 2565 | - | 8,164 | - | 8,095 | 32,126 | 4,073 |
| 8 | 2566 | - | 8,164 | - | 8,095 | - | 4,073 |
| 9 | 2567 | - | 8,164 | - | 8,095 | - | 4,073 |
| 10 | 2568 | - | 8,164 | - | 8,095 | - | 4,073 |
| 11 | 2569 | - | - | - | - | - | 4,073 |
| 12 | 2570 | - | - | - | - | - | 4,073 |
| รวม | | 81,639 | 81,639 | 80,949 | 80,949 | 40,729 | 40,729 |

ที่มา : กสทช, 2559.

หากมีคู่แข่งรายใหม่ที่เสนอบริการที่สามารถทดแทนบริการของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ จะทำให้ผู้ให้บริการโทรคมนาคมของไทยตกอยู่ในสถานการณ์ที่ยากลำบากยิ่ง ดังนั้น รัฐจึงควรมีการออกมาตรการด้านกฎหมายหรือกฎระเบียบ กสทช. เพื่อให้เกิดการแข่งขันอย่างเป็นธรรม เนื่องจากเงินทุนของผู้ให้บริการดาวเทียมวงโคจรต่ำ เช่น Starlink ที่มีเจ้าของที่มีเงินทุนจำนวนมหาศาล ทำให้เกิดความได้เปรียบที่สามารถทุ่มตลาดได้ นอกจากผลกระทบต่อผู้ให้บริการโทรคมนาคมแล้วยังอาจมีผลกระทบต่อธุรกิจอื่นอีก เช่น ธุรกิจโฆษณา เหมือนที่เคยเกิดขึ้นกับผู้ให้บริการ OTT ที่เข้ามาดึงส่วนแบ่งรายได้บริษัทรับโฆษณาของประเทศไทยไปเป็นจำนวนมาก และ รัฐเองก็มีข้อจำกัดในการจัดเก็บภาษีกับบริษัทที่ให้บริการ OTT เนื่องจากสำนักงานไม่ได้ตั้งอยู่ในราชอาณาจักรไทย

ถึงแม้ว่า บริการดาวเทียมวงโคจรต่ำมีข้อได้เปรียบในแง่ความครอบคลุมพื้นที่การให้บริการ สามารถให้บริการในพื้นที่ห่างไกล แต่หากเป็นพื้นที่มีประชากรหนาแน่นขนาดเล็กและต้องการความเร็วในการส่งข้อมูลสูง บริการดาวเทียมวงโคจรต่ำจะไม่สามารถตอบสนองได้ดีเทียบกับบริการภาคพื้นดินเนื่องจากขนาด Foot Print ของดาวเทียมมีขนาดคงที่และไวต่อสภาพแวดล้อมของบรรยากาศ เช่น ฝน และเมฆ มากกว่า ดังนั้น การให้บริการดาวเทียมวงโคจรต่ำจึงเหมาะสำหรับการให้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงได้ในพื้นที่ที่การลงทุนทางสาย Fiber Optic ไม่คุ้มค่า ประมาณ 10 ล้านครัวเรือน หรือ ในตลาดความต้องการใหม่ที่มีกำลังซื้อมากแต่ยังไม่มีเทคโนโลยีใดในปัจจุบันสามารถตอบสนองได้ เช่น ผู้โดยสารเครื่องบิน เรือประมง เรือท่องเที่ยว และรถไฟ เป็นต้น (รายละเอียดจำนวนผู้โดยสารปี 2562 ตามแผนภาพที่ 4 - 2) ซึ่งยังมีความต้องการอีกจำนวนมาก ซึ่งหากประเมินเบื้องต้นจะสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจทั้งทางตรงและทางอ้อมอีกหลายหมื่นล้านบาท

เห็นได้ว่า ระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำ LEO จะสร้างผลกระทบทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาล ซึ่งเป็นทั้งโอกาสและภัยคุกคามกับผู้ให้บริการปัจจุบันในเวลาเดียวกัน การวางแผนเพื่อรับการเกิดขึ้นของระบบดาวเทียม วงโคจรต่ำ LEO จึงควรกระทำอย่างรอบคอบ

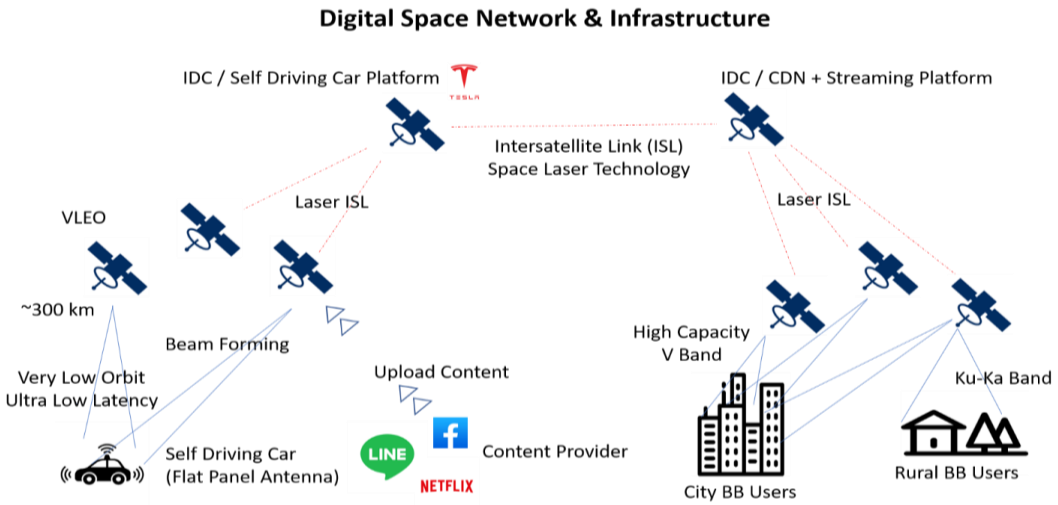
แผนภาพที่ 5 – 2 จำนวนผู้โดยสารเครื่องบิน เรือ รถไฟ ภายในประเทศ ปี 2562

ที่มา : กรมเจ้าท่า, 2562.

**ผลกระทบด้านความมั่นคง**

มีความเป็นได้สูงที่จะเกิดผู้ให้บริการบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียมในระดับ Global Player มีพื้นที่การให้บริการครอบคลุมทั่วทุกหนทุกแห่งในโลกในอีก 2 – 3 ปีข้างหน้า ด้วยเทคโนโลยีการส่งจรวดแบบ Reusable (SpaceX – Falcon 9, Blue Origin – New Shepard) ที่สามารถปล่อยดาวเทียมวงโคจรต่ำ LEO เข้าสู่วงโคจรได้ทีละหลายร้อยดวงพร้อม ๆ กันในการส่งจรวดหนึ่งครั้ง ทำให้สามารถขยายโครงข่าย LEO Constellation ได้อย่างรวดเร็ว เป็นไปตามเป้าหมายหรือเร็วกว่า ประกอบกับมีการพัฒนาด้านนวัตกรรมที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยสิ้นเชิง (Disruption) ต่าง ๆ ดังรายละเอียดในบทที่ผ่านมา ไม่ว่าจะเป็น สายอากาศแบบราบ (Flat Panel Antenna) Adaptive Beam Forming ที่สามารถรวมสัญญาณไปตามจุดที่ให้บริการต่าง ๆ ในระดับความเร็ว Gbps ได้สอดคล้องไปกับการเคลื่อนที่ของดาวเทียม โดยใช้ย่านความถี่ที่มีความกว้างมาก เช่น ย่าน V-Band 40-75 GHz รวมถึงการรับส่งข้อมูลในระดับ Tbps ระหว่างดาวเทียมด้วยกันเอง (Intersatellite Link) โดยใช้เทคโนโลยี Space Laser เทียบเท่ากับระบบเคเบิ้ลใต้น้ำระหว่างประเทศ จึงมีความเป็นได้ที่ในอนาคตอันใกล้โครงข่ายดาวเทียม LEO จะมาทดแทนโครงข่ายโทรคมนาคมภาคพื้นดินบางส่วนหรือทั้งหมดได้ดังแผนภาพที่ 5 – 3

แผนภาพที่ 5 – 3 รูปแบบการเชื่อมโยงโครงข่ายและโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล




ที่มา : www.idc.com

ในอนาคต Digital Platform ต่าง ๆ ที่ต้องการการควบคุมอุปกรณ์ภาคพื้นดินในลักษณะ Near Real-Time อาจจะถูกส่งขึ้นไปเป็นส่วนหนึ่งของโครงข่ายดาวเทียม LEO เพื่อรองรับบริการที่ต้องการความหน่วงน้อยมาก ๆ (URLLC) เช่น Self-Driving Car หรือ Remote Operation รวมถึงบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ต และ Over The Top (OTT) เช่น เครือข่าย Social Network และ Streaming Provider ต่าง ๆ อาจจะอัพโหลดข้อมูลบางส่วนหรือทั้งหมดไปอยู่บนดาวเทียม LEO ทำหน้าที่เป็น Internet Data Center หรือ Content Delivery Network เพื่อเพิ่มโอกาสในการเข้าถึง ลดความเสี่ยง

ในการกีดกันทางการค้าและนโยบาย ลดการพึ่งพาผู้ประกอบการโครงข่ายภาคพื้นดิน เพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการบำรุงรักษา ซึ่งหากเกิดขึ้นจริงจะส่งผลกระทบต่อความมั่นคงของประเทศดังนี้

**ความมั่นคงด้านการรักษาความปลอดภัยด้านไซเบอร์**

นอกเหนือจากความเป็นได้ที่ผู้ให้บริการโครงข่ายโทรคมนาคมและบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ตในประเทศจะถูกบังคับให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยสิ้นเชิง (Disrupt) ทางธุรกิจ (เนื่องจากการแข่งขันที่รุนแรงมากยิ่งขึ้นจากผู้ให้บริการบรอดแบนด์ดาวเทียมที่มีต้นทุนในการบำรุงรักษาที่ต่ำกว่า ในขณะที่ผู้ให้บริการในประเทศมีต้นทุนที่สูงขึ้นจากค่าคลื่น และความต้องการ Bandwidth ที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่ไม่สามารถเพิ่มราคาขายได้) รัฐอาจสูญเสียอธิปไตยในการบังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการรักษาความปลอดภัยด้านไซเบอร์ที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น พรบ.คอมพิวเตอร์ พรบ.คุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล ฯลฯ เนื่องจากการใช้งานอินเทอร์เน็ตผ่านดาวโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำในแผนภาพที่ 4 – 3 ที่ประกอบไปด้วย Space IDC/Platform เชื่อมโยงกันด้วยเทคโนโลยี Laser Intersatellite Link (Laser ISL) หากโครงข่ายดังกล่าวเป็นของต่างชาติ ซึ่งการรับส่งข้อมูลทุกขั้นตอนระหว่างอุปกรณ์ปลายทางและ Server จะผ่านโครงข่ายดาวเทียม LEO ทั้งหมด โดยไม่ต้องพึ่งโครงข่ายภาคพื้นดินเลย รัฐหรือหน่วยงานกำกับดูแลเช่น กสทช. จะไม่สามารถเข้าไปตรวจสอบ (Investigate) ติดตาม (Tracking) หรือ ยับยั้ง (Intercept) ธุรกรรมที่เป็นภัยต่อความมั่นคงได้ เช่น การเผยแพร่ข้อมูลเท็จผ่าน Social Media ช่องทางต่าง ๆ (Fake News) การยุยงปลุกปั่นให้เกิดความกระด้างกระเดื่องและไม่สงบของประชาชน หรือ ธุรกรรมการฟอกเงิน รวมถึงการละเมิดสิทธิส่วนบุคคลในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความมั่นคงของประเทศทั้งทางด้านสังคมและเศรษฐกิจไม่มากก็น้อย อย่างไรก็ดี ในปัจจุบันโครงข่ายดาวเทียม LEO ยังถูกออกแบบให้รับส่งข้อมูลกับ Gateway ภาคพื้นดิน ซึ่งจะเชื่อมต่อไปยังโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ต่าง ๆ ทั่วโลก ซึ่งหาก Gateway ดังกล่าวตั้งอยู่ในประเทศและรัฐมีส่วนร่วมในการควบคุมโดยการบังคับใช้กฎหมายหรือการเป็นผู้ให้บริการ LEO Gateway เอง จะสามารถชะลอหรือบรรเทาผลกระทบดังกล่าวได้ จนกว่าเทคโนโลยี Space IDC/Platform และ Laser ISL จะพร้อมให้บริการในเชิงพาณิชย์

**การควบคุมยานพาหนะและอุปกรณ์ IoT ต่าง ๆ**

ยานพาหนะไร้คนขับไม่ว่าจะเป็น รถขับเคลื่อนอัตโนมัติ (Self Driving Car) อากาศยานไร้คนขับ (Drone) รวมถึงอุปกรณ์ IoT (Internet Of Thing) ต่าง ๆ หากสามารถถูกควบคุมจาก LEO Platform ได้แบบ Real Time จะเป็นภัยคุกคามกับความมั่นคงของประเทศอย่างมาก หากเกิดสถานการณ์ความไม่สงบหรือการสู้รบเกิดขึ้น ผู้ที่เป็นเจ้าของหรือสามารถควบคุมสั่งการ Platform ดังกล่าวได้จะมีความได้เปรียบในการรับมือกับสถานการณ์นั้น ๆ อย่างยิ่ง การป้องกันทางเทคนิคในปัจจุบันโดยอาศัยคลื่นสัญญาณรบกวนอาจจะมีประสิทธิภาพน้อยเนื่องจากย่านความถี่ที่ใช้งานในการรับส่งมีความกว้างมาก ทำให้สามารถหลบเลี่ยงการรบกวนได้ง่ายโดยใช้การเข้ารหัสและเทคนิคการทำ Frequency Hopping

# ข้อเสนอแนะ

## ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. ควรจัดตั้งคณะทำงานเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับเทคโนโลยี 5G เพื่อศึกษาและจัดทำข้อเสนอแนะในการใช้คลื่นความถี่และมาตรฐานทางเทคนิคเพื่อรองรับเทคโนโลยี 5G รวมทั้งจัดให้มีการทดลอง ทดสอบ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้คลื่นความถี่ร่วมกัน (Sharing and Compatibility Study) ระหว่างเทคโนโลยี 5G และกิจการวิทยุคมนาคมอื่น ๆ ในประเทศไทย

2. ควรมีการดำเนินการเกี่ยวกับกฎหมายและการจัดองค์กร เพื่อให้กิจการอวกาศของประเทศมีการพัฒนาอย่างเป็นรูปธรรม ควรเร่งรัดในการกำหนดแผนแม่บทว่าด้วยอวกาศแห่งชาติ ระยะ 20 ปี เพื่อรองรับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปีโดยเร็ว รวมทั้งจัดให้มีกฎหมายที่เกี่ยวกับกิจการอวกาศแห่งชาติ เพื่อเป็นเครื่องมือในการกำหนดนโยบาย กำกับดูแล และดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรมต่อไป สำหรับกฎหมายในเรื่องสื่อสารที่มีหลายฉบับ ล้าสมัย และมีความซ้ำซ้อนกันนั้น ก็ควรที่จะมีการปรับปรุงหรือรวมกฎหมายที่เกี่ยวข้องทุกฉบับเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดการประสานสอดคล้องกันต่อไป

3. ควรมีการกำหนดนโยบายเกี่ยวกับการเปิดน่านฟ้าเสรี (Open Sky Policy) และหลักการพิจารณาให้ดาวเทียมต่างชาติให้บริการในประเทศไทย (Landing Right) เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้ดาวเทียมอย่างกว้างขวาง ซึ่งมีทั้งดาวเทียม GSO และ NGSO และเป็นทั้งดาวเทียมของไทยและดาวเทียมต่างชาติ ซึ่งมีข้อโต้แย้งว่าควรจะให้ดาวเทียมต่างชาติมาให้บริการในประเทศไทยได้หรือไม่ อย่างไร และในรูปแบบใดบ้าง ดังนั้น ควรจะต้องมีความชัดเจนและต้องพิจารณาอย่างรอบด้านถึงผลดีและผลเสีย อย่างเป็นรูปธรรมและเป็นระบบ อันจะส่งผลในการกำกับดูแลดาวเทียมต่างชาติเป็นไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ

## ข้อเสนอแนะระดับปฏิบัติการ

1. ควรมีการศึกษาและจัดทำข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ แนวทางการอนุญาตประกอบกิจการโทรคมนาคม แนวทางในการจัดการเลขหมายโทรคมนาคม และแนวทางการเตรียมความพร้อมด้านการเชื่อมต่อและความมั่นคงด้านโครงข่าย เพื่อรองรับเทคโนโลยี 5G และ LEO ของไทย

2. ควรมีการพัฒนาบุคลากร และการส่งเสริมอุตสาหกรรมอวกาศ โดยรัฐบาลควรจะต้องมีนโยบายในการส่งเสริมอุตสาหกรรมอวกาศ และบุคลากรเกี่ยวกับกิจการอวกาศ รวมทั้งต้องมี Roadmap ในการพัฒนาอย่างชัดเจน และเป็นรูปธรรม

แนวทางและข้อเสนอแนะในการรับมือกับผลกระทบทั้งในด้านเศรษฐกิจและความมั่นคงสามารถที่ทำได้ทั้งเชิงรับและเชิงรุกซึ่งมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันตามตารางที่ 5 – 2 ดังนี้

ตารางที่ 5 – 2 ข้อดีและข้อเสียของแนวทางและข้อเสนอแนะในการรับมือกับผลกระทบทั้งในด้านเศรษฐกิจและความมั่นคงที่สามารถทำได้ทั้งเชิงรับและเชิงรุก

| แนวทางการรับมือ | ข้อดี | ข้อเสีย/อุปสรรค |
|---|---|---|
| **เชิงรับ** | | |
| 1. บูรณาการกฎหมายที่เกี่ยวข้อง รวมถึงเพิ่มเนื้อหาและมาตราต่าง ๆ ในร่าง พ.ร.บ. กิจการอวกาศ พ.ศ.... เพื่อเตรียมรับและป้องกันผลกระทบทั้งทางด้านเศรษฐกิจและความมั่นคง | 1. มีกฎระเบียบชัดเจนและหากมีเนื้อหาที่เอื้อจะบูรณาการให้เกิดความร่วมมือจากทุกภาคส่วนและส่งเสริมให้เกิดการกำกับกิจการที่ดีซึ่งจะเป็นปัจจัยหนุนให้เกิดการลงทุนด้านกิจการอวกาศจากทั้งในและนอกประเทศ จะสามารถเปลี่ยนคู่แข่งให้เป็นคู่ค้าได้ เปลี่ยนภัยคุกคามเป็นโอกาสทางการค้า | 1. ใช้เวลาในการร่างกฎหมายและรับฟังความคิดเห็น หากกฎหมายเข้มงวดไปอาจส่งผลกระทบกับนโยบายต่างประเทศและเชิงเทคนิคอาจไม่สามารถป้องกันได้ |
| 2. เร่งพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้และความสามารถด้านเทคโนโลยีอวกาศ | 2. เป็นรากฐานในการพัฒนาระยะยาว มี Work force เพื่อมารองรับการเติบโตของกิจการอวกาศในประเทศ | 2. ใช้เวลานาน ยังขาดองค์ความรู้อีกมาก บุคลากรที่มีศักยภาพมีไม่เพียงพอ |
| 3. ส่งเสริมการวิจัยด้านอวกาศในประเทศ สามารถพัฒนาโครงข่ายดาวเทียม LEO เองได้ | 3. เป็นรากฐานในการพัฒนาระยะยาว มีองค์ความรู้และนวัตกรรมเป็นของตัวเอง ไม่ต้องพึ่งพาต่างชาติ | 3. ใช้เวลานานและงบประมาณสูง และอาจไม่สำเร็จตามเป้าหมาย |
| **เชิงรุก** | | |
| 1. ภาครัฐร่วมลงทุนในการขยายโครงข่ายดาวเทียม LEO กับบริษัทที่ได้ดำเนินการปล่อยดาวเทียม LEO ไปแล้ว (ซึ่งยังต้องการเงินลงทุนอีกจำนวนมากเพื่อขยายให้ครอบคลุมทั่วโลก) ทั้งนี้เพื่อเป็นโครงสร้างพื้นฐานด้านกิจการอวกาศให้กับประเทศ | 1. เปลี่ยนจากผู้ตามเป็นผู้นำด้านเทคโนโลยีอวกาศ ทำให้ประเทศก้าวกระโดดเข้าสู่กิจการด้านอวกาศ สามารถต่อรองเงื่อนไขด้านความมั่นคงได้มากกว่าเป็นเพียงผู้ใช้บริการหรือการใช้เครื่องมือด้านกฎหมายอื่น ๆ ประเทศจะมีโครงสร้างพื้นฐานด้านอวกาศที่ทันสมัย ครอบคลุม ซึ่งเมื่อผนวกกับโครงสร้างพื้นฐาน 5G และ ทางสายอื่นๆ จะเร่งพัฒนาประเทศไปสู่เศรษฐกิจดิจิทัลได้อย่างเต็มตัว | 1. อาจติดขัดกฎระเบียบและข้อกฎหมายที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น พรบ.กสทช. พรบ.PPP ฯลฯ บริษัทที่ต้องการร่วมลงทุนด้วยอาจไม่สนใจ รวมถึงอาจไม่สามารถบรรลุเงื่อนไขทางธุรกิจและความมั่นคงที่ประเทศไทยต้องการได้ |

ตารางที่ 5 – 2 ข้อดีและข้อเสียของแนวทางและข้อเสนอแนะในการรับมือกับผลกระทบทั้งในด้านเศรษฐกิจและความมั่นคงที่สามารถทำได้ทั้งเชิงรับและเชิงรุก (ต่อ)

| แนวทางการรับมือ | ข้อดี | ข้อเสีย/อุปสรรค |
|---|---|---|
| **เชิงรุก (ต่อ)**<br>2. เร่งดำเนินการขยายสถานีรับส่งภาคพื้นดิน (Gateway) เพื่อเตรียมความพร้อมรอรับการให้บริการบรอดแบนด์ความเร็วสูงและอื่น ๆ ผ่านโครงข่ายดาวเทียม LEO | 2. เป็นการรับมือเบื้องต้น หากเจรจาเงื่อนไขทางพาณิชย์สำเร็จ จะสามารถควบคุมการเข้าออกของข้อมูลที่ผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำได้ | 2. เป็นเพียงผู้ใช้งาน ไม่สามารถกำหนดทิศทางการพัฒนาและควบคุมผลกระทบด้านความมั่นคงได้เท่ากับการเป็นผู้ลงทุน |

ที่มา : ประมวลผลโดยผู้วิจัย, 2563.

## ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. จากทบทวนการพัฒนาเทคโนโลยี Internet ในอดีต ปัจจุบัน และอนาคตในประเด็นต่าง ๆ และทบทวนกรณีศึกษาต่าง ๆ ที่ผ่านมาจากงานวิจัย บทความ ข่าวสาร จากทั้งในและต่างประเทศเพื่อนำมาเป็นข้อมูลที่สำคัญได้ส่วนหนึ่ง แต่การได้รับข้อมูลสารสนเทศจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านก็เป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งเช่นกัน ดังนั้น ควรทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอคำแนะนำ ข้อสังเกต แนวทางการพัฒนาที่ถูกต้อง หรือมีความเสี่ยงน้อยที่สุด จากผู้เชี่ยวชาญทั้งในและต่างประเทศ

2. จากการศึกษาในครั้งนี้ ได้ศึกษาการให้บริการและผลกระทบจากประเทศมหาอำนาจอย่างจีนและสหรัฐอเมริกา ซึ่งในครั้งต่อไปควรศึกษาผลกระทบจากเทคโนโลยี 5G และ LEO จากประเทศในแถบอาเซียนที่มีบริบทด้านขนาดพื้นที่ จำนวนประชากร พฤติกรรมการใช้งานใกล้เคียงกัน เพื่อจะได้ศึกษากรณีตัวอย่างได้ใกล้เคียงมากที่สุด และนำมาวิเคราะห์หาวิธีการจัดการกับปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น

# บรรณานุกรม

## ภาษาไทย

### วิทยานิพนธ์

ดนัย ชุดทอง. “ระบบให้บริการเครือข่ายไร้สายร่วมกันระหว่างองค์กร”. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.

อดินันท์ ตรงมะตัง. “การออกแบบระบบเครือข่ายไร้สาย”. สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยหาดใหญ่, 2553.

### ฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

กมลมาลย์ แจ้งล้อม. “เตรียมความพร้อมภาคอุตสาหกรรมไทยสู่เทคโนโลยี 5G”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.scbeic.com/th/detail/product/6201, 2562.

กฤษณ์ จันทโนทก. “ภูมิศาสตร์การเมืองโลกกับเทคโนโลยี 5G”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.finnomena.com/kris-chantanotoke/5g/, 2562.

ขับเคลื่อนการปฏิรูปประเทศ, สภา. “การปฏิรูปการกำกับดูแลกิจการอวกาศและการให้บริการดาวเทียมสื่อสารของประเทศไทย”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/parliament_parcy/download/usergroup_disaster/9-10.pdf, 2560.

คณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงาน. “โครงการเพิ่มประสิทธิภาพบริการอินเทอร์เน็ตไร้สายเพื่อประโยชน์สาธารณะ”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.onde.go.th/view/1/FreeWiFi/TH-TH, 2560.

คมชัดลึก. “คลอดบริการ 5จี สะเทือนถึงดาวเทียม”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.komchadluek.net/news/lifestyle/353604, 2561.

จรีพร จารุกรสกุล. “Satellite Technology”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.wha-logistics.com/thovyawlfg.html/news-media/company-news/582/satellite-technology, 2563.

ดีรณา อุทธา. “เจาะลึกสงครามอินเทอร์เน็ตจากอวกาศ ดาวเทียมวงโคจรต่ำที่จะกระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ตทั่วโลก”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.cattelecom.com/cat/siteContent/3602/275/เจาะลึกสงครามอินเทอร์เน็ตจากอวกาศ++++ดาวเทียมวงโคจรต่ำที่จะกระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ตทั่วโลก, 2562.

ทวีวุฒิ พงศ์พิพัฒน์. “ดาวเทียมนั้นสำคัญไฉน”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.senate.go.th/assets/portals/4/fileups/190/files/ดาวเทียมนั้นสำคัญไฉน%20ไม่มีตาราง%2021-9-61.pdf, 2560.

โทรคมนาคมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, สมาคม. “รายงานบทวิเคราะห์เชิงวิชาการ ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ ประเด็น 5G & Disruptive Technology Supporting Thailand 4.0 : Challenges and Opportunities”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.tct.or.th/images/document/25620705/ExSum_Report_5G_Thai_final_v20_final_submit.pdf, 2561.

เศรษฐพงค์ มะลิสุวรรณ. “ระบบเศรษฐกิจ 5G (The 5G Economy) นำประเทศไทยสู่ขีดความสามารถใหม่”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.thansettakij.com/content/352663, 2561.

สรรสิริ สิริสันตคุปต์. “CIO World & Business January 2020”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : http://www.cioworldmagazine.com/wp-content/uploads/2020/01/Columnist-Corner-sansiri-sirisantakupt-January.pdf, 2563.

อธิคม ฤกษบุตร. “เส้นใยแก้วและการประยุกต์ใช้งานเบื้องต้น”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://talk.mthai.com/technology /430404.html, 2558.

เอ็ม วิชั่น จำกัด (มหาชน), บริษัท. “5G ในอาเซียน จุดประกายการเติบโตในตลาดองค์กรและผู้บริโภค”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://www.whatphone.net/news/cisco-approach-to-5g-in-asean/, 2562.

Techsauce. “mu Space ได้สิทธิ์ใช้คลื่นความถี่ดาวเทียมครอบคลุม 6 ประเทศใน ASEAN”. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : https://techsauce.co/news/mu-space-secures-satellite-spectrum-rights-over-6-asean-countries, 2561.

## ภาษาต่างประเทศ

### Journals and Newspapers

Hosseini, A., Kabiri, S. and Flaviis, F. D. “V-band High-gain Printed Quasi-parabolic Reflector Antenna with Beam-steering”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation. No.4 (65), April 2017. p. 1589-1598.

Toh, W. K., Qing, X. and Chen, Z. N. “A planar Dualband Antenna Array”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation. (59), December 2010. p. 833-838.

Tolker-Nielsen. T.; Oppenhauser, G. “In-orbit Test Result of An Operational Optical Intersatellite Link Between ARTEMIS and SPOT4, SILEX”, Proceedings of the SPIE. (4635), 26 April 2002.

William J Malik (CISA). “Attack Vectors in Orbit: The Need for IOT and Satellite Security”. the RSA Security Conference (San Francisco). March 4-8th 2019.

## Research, Report and Thesis

Inigo del Portilloa, Bruce G. Cameronb, Edward F. Crawleyc. "A Technical Comparison of Three Low Earth Orbit Satellite Constellation Systems to Provide Global Broadband". Department of Aeronautics and Astronautics, Massachusetts Institute of Technology. October 2018.

## Electronic Data Base

Bernardo Schneiderman. "The Next Wave: Low Earth Orbit Constellation". (Online). Available : http://satellitemarkets.com/news-analysis/next-wave-low-earth-orbit-constellations#:~:text=The%20proposed%20Telesat%20system%2C%20as, approximate%20altitude%20of%201%2C000%20kilometers, 2019.

Brotsis, Janelle Eve. "The impacts of the Intranet on work and the individual: A case study analysis (communication technology, interaction)" . ( Online) . Available : http://www.lib.umi.com/dissertation/fullcit/9929403, 1999.

Cengage. "Lasers in Space". (Online). Available : https://www.encyclopedia.com/science/news-wires-white-papers-and-books/lasers-space, 2020.

Electronic Communication Committee. "Satellite Solutions for 5G". (Online). Available : https://docdb.cept.org/download/e1f5f839-ba17/ECCRep280.pdf, 2018.

Federal Communications Commission. "Application for Authority to Launch and Operate a Non-geostationary Satellite Orbit System in Ka-Band Frequencies". (Online). Avilable : https://licensing.fcc.gov/myibfs/download.do?attachment_key=1773656, 2019.

Federal Communications Commission. "Kuiper Systems, LLC Application for Authority to Deploy and Operate a Ka-band Non-Geostationary Satellite Orbit System". (Online). Available : https://www.fcc.gov/document/fcc-authorizes-kuiper-satellite-constellation, 2020.

Francis Knott. "Cyber Concerns for the Satellite Sector". (Online). Available : https://www.attilasec.com/blog/satellite-cybersecurity, 2018.

iDirect. "The 5G Future and the Role of Satellite". (Online). Available : https://www.idirect.net/wp-content/uploads/2019/01/The-5G-Future-and-the-Role-of-Satellite-White-Paper-2019.pdf, 2019.

J. Pendry. "Metamaterials and Negative Refraction". (Online). Available : http://www.cleoconference.org/library/images/cleo/PDF/2007/07-Pendry.pdf, 2006.

Jeff Hecht. “Laser Links Will Link Small Satellites to Earth and Each Other” (Online). Available : https://www.laserfocusworld.com/lasers-sources/article/14104017/laser-links-will-link-small-satellites-to-earth-and-each-other, 2020.

Massachusetts Institute of Technology. “A Technical Comparison of Three Low Earth Orbit Satellite Constellation Systems to Provide Global Broadband”. (Online). Available : http://www.mit.edu/~portillo/files/Comparison-LEO-IAC-2018-slides.pdf, 2018.

Nguyen Thanh Huong. “Beamforming Phased Array Antenna Toward Indoor Positioning Applications”. (Online). Available : https://www.intechopen.com/books/advanced-radio-frequency-antennas-for-modern-communication-and-medical-systems/beamforming-phased-array-antenna-toward-indoor-positioning-applications, 2020.

Oneweb. “Oneweb Non-geostationary Satellite System (LEO)”. (Online). Available : https:// fcc.report/IBFS/SAT-MPL-20200526-00062/2379706.pdf, 2020.

Patrick Tucker. “The NSA is Studying Satellite Hacking”. (Online). Available : https://www.defenseone.com/technology/2019/09/nsa-studying-satellite-hacking/160009/, 2019.

Secgate. “Cyber Security for Satellite System”. (Online). Available : https://observatoire-fic.com/en/cyber-security-for-satellite-systems-by-secgate/, 2017.

SmallSat Symposium Silicon Valley 2020. “Market Brief: Satellite-based LEO”. (Online). Available : https://2020.smallsatshow.com/wp-content/uploads/sites/9/2020/02/6.1-2020-02-05-SmallSat-Brief-Kuiper-Telesat-LEO-vF.pdf, 2020.

Sophia Chen. “How to Build a Space Communication System Out of Lasers”. (Online). Available : https://www.wired.com/story/how-to-build-a-space-communication-system-out-of-lasers/, 2018.

Spaceflight Now. "SpaceX modifies Starlink network design". (Online). Available : https://spaceflightnow.com/2020/04/21/spacex-modifies-starlink-network-design-as-another-60-satellites-gear-up-for-launch/, 2020.

Tracy Staedter. “Future Satellites and Spaceships Will Communicate with Lasers”. (Online). Available : https://now.northropgrumman.com/future-satellites-and-spaceships-will-communicate-with-lasers/, 2020.

# ประวัติย่อผู้วิจัย

**ชื่อ** นายมรกต เธียรมนตรี

**วัน เดือน ปีเกิด** 27 ธันวาคม 2508

**การศึกษา** ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (ไฟฟ้า)
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปี พ.ศ. 2531
ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (ไฟฟ้า)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์ ปี พ.ศ. 2544

**ประวัติการทำงานโดยย่อ**
ผู้จัดการฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์ระหว่างประเทศ ปี พ.ศ. 2551
ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ ปี พ.ศ. 2553
รองกรรมการผู้จัดการสายงานการตลาดและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ปี พ.ศ. 2554

**ตำแหน่งปัจจุบัน** รองกรรมการผู้จัดการใหญ่ สายงานพัฒนาองค์กร บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

# สรุปย่อ

**ลักษณะวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

**เรื่อง ผลกระทบจากเทคโนโลยี Internet 5G ภาคพื้นดิน และดาวเทียม LEO (Low Earth Orbit) ที่มีต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของไทย**

**ผู้วิจัย นายมรกต เธียรมนตรี หลักสูตร วปอ. รุ่นที่ 62**

**ตำแหน่ง รองกรรมการผู้จัดการใหญ่ สายงานพัฒนาองค์กร บมจ. ทีโอที**

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากแนวโน้มที่ผ่านมานั้น ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ได้มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) มากำหนดเป็นส่วนหนึ่งในยุทธศาสตร์ที่สำคัญสำหรับการพัฒนาประเทศ ท่ามกลางกระแสโลกาภิวัฒน์จะแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของรัฐบาลในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์และทิศทางการพัฒนาประเทศ โดยอาศัยความสามารถของนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) มาเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการขับเคลื่อนความเติบโตทางเศรษฐกิจ สังคม การเมือง และการดำเนินชีวิตของประชาชน และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) ยังเป็นส่วนหนึ่งในการเสริมสร้างให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ดังนั้น เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ รวมไปถึงการพัฒนาศักยภาพของประชากรให้สามารถแข่งขันกับนานาประเทศได้ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจึงเป็นอีกหนึ่งกุญแจสำคัญในการผลักดันความเจริญก้าวหน้าให้เกิดขึ้น นอกจากการขวนขวายใฝ่หาความรู้โดยปัจเจกบุคคลเองแล้ว รัฐย่อมเป็นอีกหนึ่งกลไกสำคัญในการผลักดันให้ประชาชนได้เข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างเท่าเทียม หน่วยงานราชการที่สำคัญในการทำหน้าที่ผลักดันประชาชนไทยให้เข้าถึงเทคโนโลยีด้านไอที

ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2512 (ค.ศ. 1969) ที่เทคโนโลยีด้าน Internet ได้อุบัติขึ้นในโลก โดยโครงการวิจัยชั้นสูงของกระทรวงกลาโหม ประเทศสหรัฐอเมริกา จากนั้นมามันได้เปลี่ยนแปลงโลกใบนี้อย่างมากมายมหาศาลด้วยอัตราเร่งที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง มันได้ส่งผลกระทบต่อทุกองค์กรทุกผู้คน ทั้งในด้านบวกและด้านลบ การเกิด Digital Disruption ในปัจจุบันได้สร้างโอกาสให้กับหลายองค์กรและบุคคลได้เติบโตแบบก้าวกระโดด และในเวลาเดียวกันก็ได้ทำลายองค์ที่มีความมั่นคงที่มีอายุเป็นร้อยที่ไม่สามารถปรับตัวได้ทันให้สูญหายไปอย่างไม่น่าเชื่อ

อินเทอร์เน็ตในประเทศไทยเริ่มขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2530 โดยการเชื่อมต่อมินิคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ไปยังมหาวิทยาลัยเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย แต่ในครั้งนั้นยังเป็นการ เชื่อมต่อโดยผ่านสายโทรศัพท์ ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้ช้าและไม่เป็นการถาวร จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2535 ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ได้เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับมหาวิทยาลัย 6 แห่ง ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT), มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ศูนย์เทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เข้าด้วยกันเรียกว่า “เครือข่ายไทยสาร”

การให้บริการอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ได้เริ่มต้นขึ้นเป็นครั้งแรก เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2538 โดยความร่วมมือของรัฐวิสาหกิจ 3 แห่ง คือ การสื่อสารแห่งประเทศไทย องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย และสำนักงานส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) โดยให้บริการในนาม บริษัทอินเทอร์เน็ตประเทศไทย (Internet Thailand) เป็นผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตเชิงพาณิชย์รายแรกของประเทศไทย โดยในช่วงแรกนี้ใช้เทคโนโลยีที่มีการต่อยอดมาจากเทคโนโลยีโครงข่ายโทรศัพท์แบบประจำที่ (Fixed Line Telephone Network) ซึ่งมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลเพียง 128 กิโลบิตต่อวินาที ซึ่งในขณะนั้นโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Network) ยังไม่สามารถให้บริการในรูปแบบ Internet ได้ เพราะยังรับส่งข้อมูลด้วยความเร็วที่ต่ำมาก (น้อยกว่า 10 กิโลบิตต่อวินาที) เพียงเวลาไม่นานหลังจากการพัฒนาเทคโนโลยีใยแก้วนำแสง (Optical Fiber) และระบบคอมพิวเตอร์ไปพร้อม ๆ กันกับระบบการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย ทำให้เทคโนโลยี Internet ทั้งแบบประจำที่ (Fixed) และแบบเคลื่อนที่ (Mobility) ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว โดยความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงขึ้นเป็นพันเท่า สำหรับความครอบคลุมในพื้นที่ที่ให้บริการนั้นในช่วงแรกจะมีเพียงพื้นที่ในเขตเมือง โดยต่อมาผู้ให้บริการ Internet ได้แข่งขันกันขยายความครอบคลุมพื้นที่บริการเหลือเพียงพื้นที่ที่มีการอยู่อาศัยเบาบางในบางพื้นที่เท่านั้น ซึ่งรัฐบาลโดยกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมได้จัดทำโครงการ “เน็ตประชารัฐ” ทำให้บริการ Internet ความเร็งสูงมีความครอบคลุมไปได้กว่า 95% ของทั้งประเทศ

ปัจจุบันประเทศไทยถือเป็นประเทศที่มีอัตราผู้ใช้งาน Internet สูงในระดับต้น ๆ ของโลก จากการสำรวจของ Internet World Stats เมื่อวันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ. 2562 พบว่า ประเทศไทยมีจำนวนผู้ใช้งาน Internet อยู่ในลำดับ 18 ของโลก ทั้งที่จำนวนประชากรของไทยอยู่ในลำดับที่ 21 ของโลก ซึ่งการพัฒนาบริการ 5G ให้มีความครอบคลุมทั้งประเทศนั้นจำเป็นต้องใช้งบประมาณสูงมาก ทั้งค่าคลื่นความถี่ จำนวน 3 ย่านความถี่ (ความถี่ต่ำ ความถี่กลาง และความถี่สูง) รวมไปถึงค่าอุปกรณ์ เครื่องมือ ผู้เชี่ยวชาญ การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ด้านต่าง ๆ หากเมื่อผู้ให้บริการด้านโทรคมนาคม (Telecom Operator) ได้ลงทุนไปแล้ว แต่ปรากฏว่าเทคโนโลยีอื่นเช่น LEO สามารถทดแทน และแข่งขันได้ด้วยคุณภาพเท่าเทียมกันหรือสูงกว่าแต่มีต้นทุนที่ต่ำกว่ามาก จะทำให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของไทย และกระทบไปถึงเศรษฐกิจมหภาค รวมถึงความมั่นคงของประเทศอีกด้วย ซึ่งในปัจจุบันบริษัทชั้นนำสัญชาติอเมริกันอย่าง Star Link, Blue Origin หรือแม้แต่ Oneweb ได้ทุ่มทุนในการวิจัยและออกแบบระบบดาวเทียม LEO กันอย่างจริงจัง ทั้งด้านความสามารถของระบบไปจนกระทั่งต้นทุนที่ต่ำเมื่อเทียบกับระบบ 5G ภาคพื้นดิน

การส่งดาวเทียม LEO กว่า 60 ดวง ด้วยการยิงจรวดขนส่งเพียงครั้งเดียว และยังสามารถควบคุมให้จรวดขนส่งกลับมาจอดบนพื้นโลก เพื่อนำกลับมาใช้ขนส่งดาวเทียมได้อีก โดยการนำดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจรในระดับความสูงจากพื้นโลกประมาณ 500 กิโลเมตร ถึง 1,000 กิโลเมตร นั้นจะใช้เวลาเพียงไม่กี่นาทีเท่านั้น

ดังนั้น การศึกษาผลกระทบของเทคโนโลยี Internet 5G ภาคพื้นดิน และดาวเทียม LEO (Low Earth Orbit) ที่มีต่อภาคอุตสาหกรรมโทรคมนาคมของไทย เพื่อนำมาเปรียบกันในหลายมุมมอง ทั้งด้านเทคนิค ด้านต้นทุน การคานอำนาจถ่วงดุล ตลอดจนโอกาสของการเข้าไปมีส่วนร่วมนั้นจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเทคโนโลยี 5G การพัฒนาบริการ 5G และ LEO ของไทย
2. เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการให้บริการ Internet ผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ (Low Earth Orbit) จากผู้ให้บริการรายใหญ่ ของประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศจีน
3. เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบการพัฒนาและการให้บริการของเทคโนโลยี 5G และ LEO
4. เพื่อศึกษาผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของโลก ภูมิภาคอาเซียน และประเทศไทย ทั้งด้านอุตสาหกรรมโทรคมนาคม เศรษฐกิจมหภาค และความมั่นคง รวมถึงโอกาสที่จะเข้าไปมีส่วนร่วมในเทคโนโลยีต่าง ๆ

## ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา ศึกษาเฉพาะผลกระทบจากเทคโนโลยี Internet 5G ภาคพื้นดิน และดาวเทียม LEO (Low Earth Orbit) ที่มีต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของไทยเท่านั้น
2. ขอบเขตด้านเวลา การศึกษาดำเนินการโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 1 ปี

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยมีการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านเอกสาร (Review Data) ทบทวนวรรณกรรม (Literature Review) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา เก็บรวบรวม ตรวจสอบ ข้อมูลด้านวิชาการจากแหล่งข้อมูล และวรรณกรรมต่าง ๆ เช่น เอกสารทางวิชาการ วารสาร หนังสือพิมพ์ บทความ ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต อีกทั้งงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. ทบทวนกรณีศึกษาต่าง ๆ เพื่อนำมาประกอบการพิจารณาในการจัดทำข้อเสนอแนะ

## ผลการวิจัย

ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

ตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 1 เพื่อศึกษาเทคโนโลยี 5G การพัฒนาบริการ 5G และ LEO ของไทย สรุปได้ว่า

1. สถานการณ์ในปัจจุบันเทคโนโลยี 5G เป็นเทคโนโลยีที่พูดถึงกันมาก ทั้งในระดับประเทศและระดับสากล สำหรับในกรณีของประเทศไทยนั้น เทคโนโลยี 5G มีแนวโน้มที่จะเริ่มให้บริการในเชิงพาณิชย์ในอีก 2-3 ปีข้างหน้า ทั้งนี้ การเข้ามาของเทคโนโลยี 5G จำเป็นที่จะต้องใช้คลื่นความถี่ใหม่ (New Radio) และเครือข่ายใหม่ (New Network) ซึ่งจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมหาศาล ทั้งทางภาครัฐและภาคเอกชน ดังนั้น การเปลี่ยนถ่ายไปสู่การใช้เทคโนโลยี 5G จำเป็นที่จะต้องทำคู่ขนานกับระบบ LTE ที่ใช้ในปัจจุบัน

2. ประเทศสหรัฐอเมริกา ผลักดันการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G โดยการวางแผนที่จะจัดประมูลคลื่นความถี่ย่าน 28 GHz (27.5-28.3 GHz) แบ่งเป็น 2 บล็อก ในแต่ละ County หรือให้สิทธิในการใช้คลื่นความถี่ในการให้บริการแบบแบ่งตามพื้นที่ (Geographic Area) โดยจะใช้วิธีการดำเนินการประมูลแบบหลายรอบ (Simultaneous Multiple Round) และในแต่ละรอบราคาจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ (Ascending Bid) สำหรับผู้ให้บริการในเขตชนบท การส่งเสริมให้มีการใช้โครงสร้างพื้นฐานร่วมกันเพื่อให้การเปิดให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G เชิงพาณิชย์มีเสถียรภาพในการให้บริการมากที่สุด

3. ประเทศจีนได้ทดลองทดสอบการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G สร้างสถานีฐานประมาณ 20 สถานีในหลายเมืองใหญ่เพื่อให้สามารถเปิดให้บริการในเชิงพาณิชย์ได้ในปี พ.ศ. 2562 ดังนั้น ความพร้อมของสหรัฐอเมริกา และจีน ซึ่งเป็นประเทศมหาอำนาจต่างพยายามเข้าไปมีส่วนร่วมในการกำหนดมาตรฐาน 5G เพราะต้องการรักษาความเป็นผู้นำทางเทคโนโลยีของประเทศ ดังเช่น จีนได้การวางเป้าหมายใช้งาน SA-5G เร็วกว่าสหรัฐอเมริกา ถึง 5 ปี โดยมองความได้เปรียบของการเรียนรู้และทำตลาดก่อนใน 2 ประเด็น ดังต่อไปนี้ 1. การวางระบบ 5G ผ่านภูมิประเทศที่กว้างใหญ่จะทำให้ประเทศอื่น ๆ ที่รอความชัดเจนของมาตรฐาน 5G เห็นว่าการใช้คลื่นความถี่ต่ำ (ต่างจากสหรัฐอเมริกา ที่มองคลื่นความถี่สูง) สำหรับการสื่อสารทั่วไปในแกน eMBB มีประสิทธิภาพเพียงพอและทำให้เกิดการยอมรับในมาตรฐานของจีน และ 2. จีนสามารถทดสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งาน 5G ในแกน mMTC และ URLLC โดยจะทำให้พัฒนาการของเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น IoT Big Data Smart City และ Artificial Intelligence เป็นไปอย่างก้าวกระโดดและสร้างความได้เปรียบทางนวัตกรรม

ตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 2 เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการให้บริการ Internet ผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ (Low Earth Orbit) จากผู้ให้บริการรายใหญ่ ของประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศจีน สรุปได้ว่า

1. ผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตจะมีทางเลือกใหม่ในการเข้าใช้งานระบบผ่านโครงข่ายดาวเทียมวงโคจรต่ำ (Low Earth Orbit) ในราคาที่ไม่สูงกว่าการใช้งานผ่านเครือข่ายการสื่อสารภาคพื้นดิน โดยกลุ่มผู้ใช้งานหลัก ๆ คือ

1.1 ผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ตที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกลหรือยากต่อการเข้าถึง

1.2 กลุ่มผู้ประกอบการหรือหน่วยงานขนาดเล็ก หรือขนาดกลาง รวมถึงหน่วยงานท้องถิ่น ที่ต้องการสร้างเครือข่ายการติดต่อสื่อสารระหว่างกันผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

1.3 กลุ่มผู้ใช้งานที่ต้องการเข้าถึงเครือข่ายอินเตอร์เน็ตขณะเคลื่อนที่ ต้องการเข้าถึงและเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตแทบตลอดเวลา

1.4 กลุ่มผู้ใช้งานที่อยู่ในพื้นที่ที่ไม่สามารถพัฒนาหรือสร้างเครือข่ายภาคพื้นดิน เช่น ในพื้นที่ป่าลึก พื้นที่รกร้าง รวมไปถึงพื้นที่ส่วนใหญ่ในทะเล

2. ประเทศสหรัฐอเมริกา มีการแข่งขันด้านอุตสาหกรรมการสื่อสารในอวกาศเพิ่มมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น AMAZON ยักษ์ใหญ่ค้าปลีกทางออนไลน์ ทำโครงการ Project Kuiper ซึ่งนำดาวเทียมจำนวน 3,236 ดวงขึ้นสู่วงโคจร เพื่อให้บริการอินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียม, บริษัทวันเว็บ (OneWeb) มีแผนจะสร้างดาวเทียม 2 ดวง ในรัฐฟลอริดา สำหรับโครงข่ายดาวเทียมกว่า 600 ดวง

ที่คาดว่าจะเปิดให้บริการได้ภายในปี พ.ศ.2564, SpaceX และ COO Gwynne Shotwell ได้ยืนยันข้อมูลในการให้บริการ เตรียมให้บริการ Starlink ซึ่งเป็นบริการอินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียมในปี พ.ศ. 2563 ทำการปล่อยดาวเทียมขึ้นสู่อวกาศแล้วเป็นจำนวน 12,000 ดวง และนอกเหนือจากนั้นจะปล่อยอีกจำนวน 30,000 ดวง โดยเตรียมขออนุมัติจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องก่อน ซึ่งได้รับใบอนุญาตในปี ค.ศ. 2024 หรือ พ.ศ. 2567 เน้นการให้บริการอินเทอร์เน็ตในเมืองและพื้นที่ชนบท ซึ่งรองรับการให้บริการ 5G การให้บริการความเร็วอินเทอร์เน็ตสูงถึง 1 Gbps-โดยดาวเทียม Starlink มีน้ำหนัก 227 กิโลกรัม ที่ลอยบนชั้นบรรยากาศที่ความสูงอยู่ที่ 550 กิโลเมตร ความจุโครงข่ายในการถ่ายโอนอินเทอร์เน็ต 125 Gbps ซึ่งถือเป็นวงโคจรต่ำ โดยใช้แสงอาทิตย์เป็นพลังงาน โดยอายุการใช้งานอยู่ที่ 5 ปี หลังจากนั้นก็จะถูกทำลายด้วยชั้นบรรยากาศ และพบว่าราคาการให้บริการกับผู้บริโภคในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียมเป็นจำนวน 80 เหรียญดอลลาร์สหรัฐ แม้ว่าอยู่ในช่วงทดสอบการให้บริการก็ตาม ที่น่าสนใจคือ ดาวเทียมอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงอย่าง Project Kuiper เน้นการให้บริการอุปกรณ์ Internet of Things ตั้งแต่ Smart Lights จนถึง Dog Collars ซึ่งผู้ให้บริการดาวเทียมอินเทอร์เน็ตบรอดแบนด์มักใช้วงโคจรดาวเทียม LEO ในช่วงคลื่นความถี่ Ka-band 24-40 GHz และ Ku-Band (12-18GHz) ซึ่งการส่งสัญญาณในช่วงนี้จะทำให้สามารถให้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงภาคพื้นดินกับประชาชนที่พักอาศัยบนโลก โดยมีผู้ให้บริการอย่าง SpaceX , OneWeb และ Amazon

3. ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน จากการที่กองทัพอากาศสหรัฐฯ เป็นภารกิจหลักได้ทุ่มงบประมาณจำนวนมาก เพื่อความเหนือกว่าในห้วงอวกาศ (Space Superiority) เห็นได้จากปัจจุบันอาวุธเกือบทุกอย่างของ ทอ.สหรัฐฯ สามารถที่จะเข้าสู่เป้าหมายได้อย่างแม่นยำด้วยดาวเทียมทหาร GPS (Weapons Guided by GPS) รวมทั้งดาวเทียมสื่อสารของทหาร (Communication Satellite) ซึ่งเป็นแรงผลักดันให้จีนที่มีเทคโนโลยีด้านอวกาศมาเป็นชาติที่สามของโลก และได้มุ่งมั่นพัฒนาเทคโนโลยีด้านอวกาศของตัวเองอย่างต่อเนื่อง ให้ทันสมัยและเทียบเท่าสหรัฐฯ ความสามารถในด้านเทคโนโลยีอวกาศของจีนเริ่มแสดงแสนยานุภาพอันเป็นภัยคุกคามต่อดาวเทียมทหารของสหรัฐฯ และดาวเทียมสื่อสารของเอกชนที่โคจรรอบโลกจากการทดลองยิงอาวุธขึ้นไปทำลายดาวเทียมตรวจอากาศของตัวเองที่หมดอายุ

ตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 3 สรุปได้ว่า เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบการพัฒนาและการให้บริการของเทคโนโลยี 5G และ LEO พบว่า เทคโนโลยี 5G มีข้อดี คือ มีความละเอียดสูงและการสร้างแบนด์วิดธ์ขนาดใหญ่ และเป็นเทคโนโลยีที่จะรวบรวมทุกเครือข่ายบนแพลตฟอร์มมีประสิทธิภาพมากขึ้นและความเร็วเพิ่มขึ้น และสามารถเผยแพร่ข้อมูลขนาดใหญ่ ได้อย่างรวดเร็ว ส่วนข้อด้อย คือ มีเทคโนโลยียังอยู่ภายใต้กระบวนการผลิตและพัฒนา แต่อุปกรณ์เก่าจะไม่สามารถใช้งาน 5G ได้ อีกทั้งการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานมีค่าใช้จ่ายสูง ส่วนเทคโนโลยี LEO มีข้อดี คือ ดาวเทียมสามารถกระจายสัญญาณจากจุดหนึ่งไปยังหลาย ๆ สถานที่พร้อม ๆ กันได้ ทำให้สามารถให้พื้นที่ในการครอบคลุมในการสื่อสารได้ดีกว่า และเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการให้บริการกระจายเสียงและโทรทัศน์ และการสื่อสารข้อมูลแบบดาวเทียมไม่จำเป็นต้องใช้ต้นทุนจำนวนมากในการสร้างโครงข่ายภาคพื้นดิน ทำให้เทคโนโลยีนี้มีความเหมาะสมในการให้บริการในพื้นที่ห่างไกลที่ยากต่อการเข้าถึงการใช้โครงข่ายสื่อสัญญาณดาวเทียมเป็นโครงข่ายเชื่อมต่อ เป็นการลดต้นทุนการสร้างโครงข่าย

เชื่อมต่อและทำให้สามารถขยายโครงข่ายได้อย่างรวดเร็ว ส่วนข้อจำกัด คือ เนื่องจากดาวเทียมอยู่บนชั้นวงโคจรบนอวกาศ ทำให้สัญญาณข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารมีค่าความหน่วงเวลาที่สูง จึงไม่เหมาะสำหรับบริการสื่อสารข้อมูลแบบโต้ตอบทันที่ หรือแบบ Real Time เช่น การสื่อสารทางเสียง อีกทั้งค่าความจุและแบนด์วิดท์ใช้งานนั้นจะค่อนข้างต่ำกว่าเทคโนโลยีทางเลือกอื่น และยังมีข้อจำกัดในการส่งสัญญาณข้อมูลเมื่อมีสภาพอากาศแปรปรวน

ตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 4 สรุปได้ว่า เพื่อศึกษาผลกระทบและการรับมือ 5G และ LEO ต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของโลก ภูมิภาคอาเซียน และประเทศไทย ทั้งด้านอุตสาหกรรมโทรคมนาคม เศรษฐกิจมหภาค และความมั่นคง รวมถึงโอกาสที่จะเข้าไปมีส่วนร่วมในเทคโนโลยีต่าง ๆ พบว่า ในปี ค.ศ. 2026 ได้คาดการณ์การนำเทคโนโลยี 5G, IoT และเทคโนโลยีด้านดิจิทัลไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ จะสามารถสร้างเม็ดเงินให้แก่เศรษฐกิจของประเทศไทยได้มากถึง 2,600 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมโทรคมนาคมแบบดั้งเดิม ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจเพียง 1,736 ล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยอุตสาหกรรมการผลิตจะมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงมากอยู่ที่ประมาณ 500 ล้านเหรียญสหรัฐฯ รองลงมา คือ อุตสาหกรรมพลังงานและระบบสาธารณูปโภคจะมีมูลค่าทางเศรษฐกิจประมาณ 400 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ประเทศไทยจะมีจำนวนการลงทะเบียนใช้งาน LTE/5G เพิ่มขึ้น 2 เท่า ในช่วงปี ค.ศ. 2017-2023 โดยมีส่วนแบ่งตลาดกว่า 60% ในปี ค.ศ. 2023 ซึ่งประมาณการว่า มูลค่าทางเศรษฐกิจของประเทศไทย จะมีอัตราเพิ่มขึ้น 22% ดังนั้นผู้ประกอบการในประเทศไทยและรัฐบาลควรมีการเตรียมพร้อมในการรับมือกับ 5G เพื่อผลประโยชน์ของประเทศในทุกมิติ เทคโนโลยี 5G จะถูกประยุกต์ใช้ในทุกอุตสาหกรรม เช่น การควบคุมหุ่นยนต์และเครื่องจักรที่ชาญฉลาด (Machine Intelligence), เครือข่ายเว็ปเคลื่อนที่ (Ubiquitous Web), โมบายบรอดแบนด์ (Mobile Broadband) และยานพาหนะไร้คนขับ (Unmanned Vehicles) ไปจนถึงซอฟต์แวร์ที่สามารถแปลภาษาได้ทุกภาษาด้วย AI บนสมาร์ทโฟน 5G ซึ่งเทคโนโลยี 5G จะทำลายอุปสรรคที่มนุษย์จะเข้าถึงการศึกษา การบริการสาธารณสุข และก็จะทำลายตำแหน่งงานรูปแบบเดิมออกไปจนสิ้น ภายในทศวรรษใหม่นี้ระบบเศรษฐกิจโลกจะเปลี่ยนผ่านสู่การมีโครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัล 5G ใหม่ ที่จะทำให้ระบบเศรษฐกิจโลกวิ่งสู่ภูมิทัศน์ใหม่ในยุค “The 5G Economy” สำหรับรัฐบาลไทยได้อาศัยตามรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550 มาตรา 47 วรรคสอง รวมถึง รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2560 มาตรา 60 วรรคสาม ประกอบกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องกำหนดให้ กสทช. มีหน้าที่จัดสรรสิทธิในตำแหน่งวงโคจรค้างฟ้าพร้อมกับสิทธิในคลื่นความถี่สำหรับตำแหน่งดังกล่าวเป็นชุดคราวเดียวกันไป มีอำนาจหน้าที่ประสานงานเกี่ยวกับการบริหารคลื่นความถี่ทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ รวมทั้งให้ข้อมูลและร่วมดำเนินการในการเจรจาหรือทำความตกลงระหว่างรัฐบาลแห่งราชอาณาจักรไทยกับรัฐบาลต่างประเทศหรือองค์การระหว่างประเทศในเรื่องที่เกี่ยวกับการบริหารคลื่นความถี่ กิจการกระจายเสียงกิจการโทรทัศน์ กิจการโทรคมนาคมหรือกิจการอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยมีรัฐบาลไทยเป็นผู้กำหนดกรอบนโยบายของกิจการดาวเทียมสื่อสาร

# ข้อเสนอแนะ

## ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. ควรจัดตั้งคณะทำงานเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับเทคโนโลยี 5G เพื่อศึกษาและจัดทำข้อเสนอแนะในการใช้คลื่นความถี่และมาตรฐานทางเทคนิคเพื่อรองรับเทคโนโลยี 5G รวมทั้งจัดให้มีการทดลอง ทดสอบ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้คลื่นความถี่ร่วมกัน (Sharing and Compatibility Study) ระหว่างเทคโนโลยี 5G และกิจการวิทยุคมนาคมอื่น ๆ ในประเทศไทย

2. ควรมีการดำเนินการเกี่ยวกับกฎหมายและการจัดองค์กร เพื่อให้กิจการอวกาศของประเทศมีการพัฒนาอย่างเป็นรูปธรรม ควรเร่งรัดในการกำหนดแผนแม่บทว่าด้วยอวกาศแห่งชาติ ระยะ 20 ปี เพื่อรองรับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปีโดยเร็ว รวมทั้งจัดให้มีกฎหมายที่เกี่ยวกับกิจการอวกาศแห่งชาติ เพื่อเป็นเครื่องมือในการกำหนดนโยบาย กำกับดูแล และดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรมต่อไป สำหรับกฎหมายในเรื่องสื่อสารที่มีหลายฉบับ ล้าสมัย และมีความซ้ำซ้อนกันนั้น ก็ควรที่จะมีการปรับปรุงหรือรวมกฎหมายที่เกี่ยวข้องทุกฉบับเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดการประสานสอดคล้องกันต่อไป

3. ควรมีการกำหนดนโยบายเกี่ยวกับการเปิดน่านฟ้าเสรี (Open Sky Policy) และหลักการพิจารณาให้ดาวเทียมต่างชาติให้บริการในประเทศไทย (Landing Right) เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้ดาวเทียมอย่างกว้างขวาง ซึ่งมีทั้งดาวเทียม GSO และ NGSO และเป็นทั้งดาวเทียมของไทยและดาวเทียมต่างชาติ ซึ่งมีข้อโต้แย้งว่าควรจะให้ดาวเทียมต่างชาติมาให้บริการในประเทศไทยได้หรือไม่ อย่างไร และในรูปแบบใดบ้าง ดังนั้น ควรจะต้องมีความชัดเจนและต้องพิจารณาอย่างรอบด้านถึงผลดีและผลเสีย อย่างเป็นรูปธรรมและเป็นระบบ อันจะส่งผลในการกำกับดูแลดาวเทียมต่างชาติเป็นไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ

## ข้อเสนอแนะระดับปฏิบัติการ

1. ควรมีการศึกษาและจัดทำข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ แนวทางการอนุญาตประกอบกิจการโทรคมนาคม แนวทางในการจัดการเลขหมายโทรคมนาคม และแนวทางการเตรียมความพร้อมด้านการเชื่อมต่อและความมั่นคงด้านโครงข่าย เพื่อรองรับเทคโนโลยี 5G และ LEO ของไทย

2. ควรมีการพัฒนาบุคลากร และการส่งเสริมอุตสาหกรรมอวกาศ โดยรัฐบาลควรจะต้องมีนโยบายในการส่งเสริมอุตสาหกรรมอวกาศ และบุคลากรเกี่ยวกับกิจการอวกาศ รวมทั้งต้องมี Roadmap ในการพัฒนาอย่างชัดเจน และเป็นรูปธรรม

## ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. จากทบทวนการพัฒนาเทคโนโลยี Internet ในอดีต ปัจจุบัน และอนาคตในประเด็นต่าง ๆ และทบทวนกรณีศึกษาต่าง ๆ ที่ผ่านมาจากงานวิจัย บทความ ข่าวสาร จากทั้งในและต่างประเทศเพื่อนำมาเป็นข้อมูลที่สำคัญได้ส่วนหนึ่ง แต่การได้รับข้อมูลสารสนเทศจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านก็เป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งเช่นกัน ดังนั้น ควรทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอคำแนะนำ ข้อสังเกต แนวทางการพัฒนาที่ถูกต้อง หรือมีความเสี่ยงน้อยที่สุด จากผู้เชี่ยวชาญทั้งในและต่างประเทศ

2. จากการศึกษาในครั้งนี้ ได้ศึกษาการให้บริการและผลกระทบจากประเทศมหาอำนาจอย่างจีนและสหรัฐอเมริกา ซึ่งในครั้งต่อไปควรศึกษาผลกระทบจากเทคโนโลยี 5G และ LEO จากประเทศในแถบอาเซียนที่มีบริบทด้านขนาดพื้นที่ จำนวนประชากร พฤติกรรมการใช้งานใกล้เคียงกัน เพื่อจะได้ศึกษากรณีตัวอย่างได้ใกล้เคียงมากที่สุด และนำมาวิเคราะห์หาวิธีการจัดการกับปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น