รายงานผลการศึกษา

เรื่อง แนวทางการจัดทำหลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz

1 พฤศจิกายน 2564

สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

| spectrum@nbtc.go.th |

สารบัญ

เรื่อง		หน้า
บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)		**1**
บทที่ 1	**บทนำ**	**2**
1.1	ความเป็นมา	2
1.2	วัตถุประสงค์	2
1.3	ขอบเขตการศึกษา	2
1.4	วิธีการศึกษา	3
1.5	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2	**สถานะการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ของประเทศไทยในปัจจุบัน**	**4**
2.1	ตารางกำหนดคลื่นความถี่แห่งชาติ	4
2.2	ประกาศ กสทช. ที่เกี่ยวข้องกับแผนความถี่ และกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง	5
2.3	ประเภทการใช้งานและผู้ใช้งานหลักในปัจจุบัน	6
บทที่ 3	**เทคโนโลยีใหม่ที่เกี่ยวข้องกับคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz**	**9**
3.1	Wi-Fi 6E	9
3.2	5G/IMT	12
บทที่ 4	**การสำรวจแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในต่างประเทศ**	**15**
4.1	สหรัฐอเมริกา	17
4.2	แคนาดา	18
4.3	สหราชอาณาจักร	19
4.4	กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป	19
4.5	เกาหลีใต้	21
4.6	ญี่ปุ่น	22
4.7	จีน	23
4.8	ออสเตรเลียและนิวซีแลนด์	23
4.9	มาเลเซีย	23
บทที่ 5	**การวิเคราะห์เพื่อจัดเตรียมแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับเทคโนโลยีใหม่ในประเทศไทย**	**25**
5.1	ความเข้ากันได้ระหว่างระบบที่ใช้เทคโนโลยีใหม่และระบบที่ใช้งานอยู่เดิม	26
5.2	ความเท่าเทียมในการเข้าถึงคลื่นความถี่	29
5.3	ความสมดุลในการกำหนดคลื่นความถี่เพื่อรองรับเทคโนโลยี	30
5.4	ทิศทางและแนวโน้มในการเลือกใช้เทคโนโลยีในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในต่างประเทศ	32
5.5	ต้นทุนและความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานการเชื่อมต่อโครงข่าย	33
5.6	ทางเลือกนโยบาย (Policy options) สำหรับการกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz	34

บทที่ 6 ความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย **41**
6.1 ข้อคิดเห็นในประเด็นความต้องการใช้คลื่นความถี่ 41
6.2 ข้อคิดเห็นในประเด็นความสมดุลในการจัดสรรคลื่นความถี่ 43
6.3 ข้อคิดเห็นในประเด็นการอยู่ร่วมกันและการรบกวน 43
6.4 ข้อคิดเห็นในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการประชุม WRC 44
6.5 ข้อคิดเห็นต่อแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz สำหรับประเทศไทย 45
บทที่ 7 ข้อเสนอแนะของ สำนักงาน กสทช. **46**
7.1 ข้อเสนอแนะของสำนักงาน กสทช. 46
7.2 เหตุผลสนับสนุนการจัดทำข้อเสนอแนะ 46
7.3 แนวทางการดำเนินการต่อไป 50
รายการอ้างอิง **52**

บทสรุปผู้บริหาร

(Executive Summary)

ด้วยการเติบโตอย่างต่อเนื่องของอุตสาหกรรมทางดิจิทัลได้สร้างความต้องการใช้คลื่นความถี่ในปริมาณที่สูงขึ้นเพื่อรองรับการเชื่อมต่อและรับส่งข้อมูลที่มีลักษณะการใช้งานที่หลากหลาย และมีอัตราการส่งข้อมูลที่สูงขึ้น โดยในปัจจุบันได้มีผู้พัฒนาและผลิตอุปกรณ์สื่อสารโทรคมนาคมในระดับนานาชาติได้ให้ความสนใจกำหนดและพัฒนาอุปกรณ์สื่อสารประเภทใหม่ ให้ใช้คลื่นความถี่ย่าน ๖ กิกะเฮิรตซ์ (๕.๙๒๕ - ๗.๑๒๕ กิกะเฮิรตซ์) เนื่องจากมีคุณสมบัติทางเทคนิคที่เหมาะสม มีปริมาณคลื่นความถี่ที่ต่อเนื่องและกว้างพอที่จะรองรับเทคโนโลยีใหม่ที่มีความจุการรับส่งข้อมูลที่สูง โดยสามารถแบ่งกลุ่มเทคโนโลยีออกได้เป็นสองกลุ่มหลัก ได้แก่ เทคโนโลยีที่มีการใช้คลื่นความถี่ทั้งในลักษณะอนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไปหรือไม่ต้องได้รับการอนุญาต (Unlicensed) เช่น Wi-Fi 6E/Wi-Fi 7 และ 5G NR-U และเทคโนโลยีที่ใช้คลื่นความถี่ในลักษณะที่ต้องได้รับการอนุญาต (Licensed) เช่น ระบบ 5G หรือ 6G ในอนาคต

อย่างไรก็ตาม คลื่นความถี่ดังกล่าว ไม่ได้เป็นคลื่นความถี่ที่ว่างหรือไม่มีผู้ใช้งาน แต่มีการใช้งานเดิมในสองลักษณะ ได้แก่ การใช้งานในกิจการประจำที่ (Fixed Service) และการใช้งานในกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม (Fixed Satellite Service) แบบโลกสู่อวกาศ ซึ่งหากจะมีการนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ต้องมีการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย และผลกระทบที่เกี่ยวข้องหากต้องมีการโยกย้ายผู้ใช้งานเดิมออก ในกรณีที่ต้องการนำคลื่นความถี่ดังกล่าวไปจัดสรรให้ผู้รับอนุญาตรายใหม่โดยได้รับสิทธิเฉพาะ (exclusivity) หรือ แนวทางการใช้คลื่นความถี่ของเทคโนโลยีใหม่โดยไม่ต้องรับใบอนุญาตในลักษณะร่วมใช้คลื่นความถี่และไม่รบกวนต่อการใช้งานเดิมที่มีอยู่ได้ สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (สำนักงาน กสทช.) จึงดำเนินการศึกษาแนวทางการจัดทำหลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ซึ่งประกอบด้วย การศึกษาโดยสำรวจเทคโนโลยีใหม่ที่มีความต้องการใช้คลื่นความถี่ในย่านดังกล่าว ความพร้อมทางด้านกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องของประเทศไทยในปัจจุบัน การสำรวจและเปรียบเทียบแนวทางการกำกับดูแลและการใช้งานคลื่นความถี่ดังกล่าวในต่างประเทศ โดยเฉพาะกลุ่มประเทศผู้ผลิตเทคโนโลยี ตลอดจนศึกษาเงื่อนไขทางเทคนิคที่จำเป็นในการอยู่ร่วมกันระหว่างเทคโนโลยีใหม่และการใช้งานเดิม

สำนักงาน กสทช. ได้จัดการประชุมในรูปแบบออนไลน์ เมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม 2564 เพื่อนำเสนอผลการศึกษาเบื้องต้น และเสนอทางเลือกนโยบาย (Policy options) พร้อมทั้งข้อดี-ข้อเสียของแต่ละแนวทางเพื่อประกอบการรับฟังความเห็นจากหน่วยงานผู้มีส่วนได้เสียที่เกี่ยวข้อง โดยได้รวบรวมความเห็นในประเด็นที่เกี่ยวข้องมาประกอบการวิเคราะห์ในการศึกษานี้ด้วย ทั้งนี้ ได้จัดทำข้อเสนอทางนโยบาย (Recommendations) สำหรับแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ดังนี้

1. เห็นควรกำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ 5.925-6.425 กิกะเฮิรตซ์ ในลักษณะอนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไปหรือไม่ต้องได้รับการอนุญาต (Unlicensed) และมีการใช้คลื่นความถี่แบบร่วมกันใช้คลื่นความถี่ เนื่องจากมีความสอดคล้องกับแนวทางการกำกับดูแลที่ถูกประกาศกำหนดแล้วโดยกลุ่มประเทศผู้ผลิตเทคโนโลยีส่วนใหญ่และมีการประกาศหลักเกณฑ์ทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องรองรับในระดับนานาชาติแล้ว

2. เห็นควรให้ชะลอการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับคลื่นความถี่ 6.425-7.025 GHz และ 7.025-7.125 GHz จนกว่าการประชุมใหญ่ระดับโลกว่าด้วยวิทยุคมนาคม ค.ศ. 2023 (WRC-23) จะเสร็จสิ้น ซึ่งกำหนดจัดขึ้นในไตรมาสสุดท้ายของปี ค.ศ. 2023 เพื่อให้ทราบความชัดเจนของการกำหนดแนวทางการกำกับดูแลคลื่นความถี่ดังกล่าวร่วมกันในระดับสากล ถึงความเหมาะสม และแนวทางการกำหนดคลื่นความถี่สำหรับกิจการ IMT ในคลื่นความถี่ 6.425-7.025 GHz และ 7.025-7.125 GHz ซึ่งเป็นผลลัพธ์การประชุม WRC-23 ระเบียบวาระที่ 1.2 โดยจะช่วยให้การกำหนดนโยบายที่เกี่ยวข้องของประเทศไทยให้มีความสอดคล้องกันกับทิศทางการกำกับดูแลในระดับสากล

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในปัจจุบันคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz เป็นคลื่นความถี่ที่มีการใช้งานอยู่แล้วทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ด้วยความก้าวหน้าของการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารในยุคใหม่ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ปัจจุบันมีเทคโนโลยีใหม่ที่สามารถอำนวยความสะดวกแก่ภารกิจต่าง ๆ มากขึ้น และตอบสนองความต้องการของมนุษย์ที่เพิ่มมากขึ้นและมีความหลากหลาย ซึ่งใช้งานบนคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz นี้ จึงเป็นผลสืบเนื่องให้เกิดความต้องการใช้ทรัพยากรคลื่นความถี่ย่านดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้นเพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ที่กล่าวถึงนี้ เป็นคลื่นความถี่ที่มีคุณสมบัติทางเทคนิคที่เหมาะสมและสามารถรองรับเทคโนโลยีใหม่ที่เพิ่งถูกพัฒนาขึ้นไม่เพียงแค่เทคโนโลยีเดียวเท่านั้น แต่ปัจจุบันมีความต้องการใช้คลื่นความถี่ย่านดังกล่าวโดยสองเทคโนโลยีหลักด้วยกัน ประเทศต่าง ๆ จึงเริ่มให้ความสนใจ และมีการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการนำคลื่นความถี่ย่านดังกล่าวมารองรับเทคโนโลยีใหม่เพื่อยกระดับการสื่อสารให้มีความก้าวหน้าและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สำนักงาน กสทช. ในฐานะที่เป็นหน่วยงานกำกับดูแลการใช้ทรัพยากรคลื่นความถี่ของประเทศไทย จึงได้ดำเนินการศึกษาแนวทางการจัดทำหลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz โดยรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและพิจารณาความเป็นไปได้ รวมถึงความเหมาะสมของแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่านดังกล่าวต่อบริบทของประเทศไทย เพื่อจัดทำข้อเสนอซึ่งใช้ประกอบการตัดสินใจทางนโยบายที่เกี่ยวข้อง อันจะส่งผลให้การใช้คลื่นความถี่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเท่าทันความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสื่อสารในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

รายงานการศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลสถานะการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ของประเทศไทยในปัจจุบัน

2) ศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในต่างประเทศ และเทคโนโลยีใหม่ที่เกี่ยวข้อง

3) จัดทำข้อเสนอเพื่อประกอบการจัดทำกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับหลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz เพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่และให้การใช้คลื่นความถี่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

รายงานนี้ ศึกษาแนวทางการปรับปรุงการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz โดยมีขอบเขตการศึกษาดังต่อไปนี้

1) การศึกษาแนวทางการใช้คลื่นความถี่ 5.925-7.125 GHz หรือที่เรียกว่า คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz เพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ในอนาคต

2) การศึกษาแนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ในระดับสากล ที่กำหนดให้มีการใช้งานในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz

3) การศึกษาว่า ประเทศไทยควรมีการปรับปรุงหรือกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ในลักษณะใด เพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ และในคลื่นความถี่ช่วงใดของย่าน 6 GHz

4) การศึกษาว่า ประเทศไทยควรมีการกำหนดแนวทางการกำกับดูแลและเงื่อนไขทางเทคนิคสำหรับการใช้คลื่นความถี่ที่มีการปรับปรุงแนวทางอย่างไร จึงสามารถใช้เทคโนโลยีใหม่ร่วมกับการใช้งานที่มีอยู่ในปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่เกิดการรบกวนระหว่างระบบหรือระหว่างกิจการในระดับที่ไม่สามารถใช้งานได้

1.4 วิธีการศึกษา

1) รวบรวมข้อมูลการใช้คลื่นความถี่ กฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง และกรณีศึกษาในต่างประเทศ

2) วิเคราะห์ข้อมูลทางวิชาการเพื่อกำหนดทางเลือกและข้อกำหนดทางเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการจัดทำหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) ข้อมูลสถานะการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในประเทศไทยและต่างประเทศ

2) ข้อมูลแนวโน้มการเลือกใช้เทคโนโลยีบนคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในระดับสากล

3) แนวทางการจัดทำหลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz พร้อมทั้งเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องเพื่อรองรับการใช้งานในอนาคต

บทที่ 2
สถานะการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ของประเทศไทยในปัจจุบัน

การใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz หรือคลื่นความถี่ 5.925-7.125 GHz ของประเทศไทยในปัจจุบัน ถูกกำกับดูแลและต้องสอดคล้องกับกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการบริหารคลื่นความถี่ ได้แก่ พระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม พระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม รวมไปถึง กฎระเบียบ ตารางกำหนดคลื่นความถี่แห่งชาติ และประกาศ กสทช. ที่เกี่ยวข้องกับแผนความถี่วิทยุในย่านความถี่ดังกล่าว

2.1 ตารางกำหนดคลื่นความถี่แห่งชาติ

ประเทศไทยได้ประกาศกำหนดให้มีการใช้คลื่นความถี่ในย่านต่าง ๆ สำหรับกิจการวิทยุคมนาคมในตารางกำหนดคลื่นความถี่แห่งชาติ ซึ่งมีความสอดคล้องกับข้อบังคับวิทยุ (Radio Regulations) ของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (The International Telecommunication Union: ITU) โดยประเทศไทยถูกจัดอยู่ในเขตภูมิภาคที่ 3 และมีรายละเอียดการกำหนดคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz (5.925-7.125 GHz) สำหรับกิจการในแต่ละเขตภูมิภาคและในประเทศไทยตามตารางที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 ตารางกำหนดคลื่นความถี่แห่งชาติ คลื่นความถี่ 5570-7250 MHz ในแต่ละเขตภูมิภาค [1]

การกำหนดให้กับกิจการ		
เขตภูมิภาคที่ 1	**เขตภูมิภาคที่ 2**	**เขตภูมิภาคที่ 3**
5 925-6 700	กิจการประจำที่ 5.457 กิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม (โลกสู่อวกาศ) 5.457A 5.457B กิจการเคลื่อนที่ 5.457C 5.149 5.440 5.458	
6 700-7 075	กิจการประจำที่ กิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม (โลกสู่อวกาศ) (อวกาศสู่โลก) 5.441 กิจการเคลื่อนที่ 5.458 5.458A 5.458B	
7 075-7 145	กิจการประจำที่ กิจการเคลื่อนที่ 5.458 5.459	

ตารางที่ 2.2 ตารางกำหนดคลื่นความถี่แห่งชาติ คลื่นความถี่ 5570-7250 MHz สำหรับประเทศไทย [1]

การกำหนดให้กับกิจการ		
ประเทศไทย		**เชิงอรรถประเทศไทย**
5 925-6 700	กิจการประจำที่ กิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม (โลกสู่อวกาศ) 5.457A กิจการเคลื่อนที่ 5.149 5.440 5.458	T-Fixed Wireless System T-General use
6 700-7 075	กิจการประจำที่ กิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม (โลกสู่อวกาศ) (อวกาศสู่โลก) 5.441 กิจการเคลื่อนที่ 5.458 5.458A 5.458B	T-Fixed Wireless System T-FSS Planned Band T-General use
7 075-7 145	กิจการประจำที่ กิจการเคลื่อนที่ 5.458	T-Fixed Wireless System T-General use

ทั้งนี้ ตารางกำหนดคลื่นความถี่แห่งชาติ กำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ 5.925-7.025 GHz สำหรับกิจการประจำที่ (Fixed Service) กิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม (Fixed Sattelite Service) และกิจการเคลื่อนที่ (Mobile Service) เป็นกิจการหลัก ซึ่งได้รับการคุ้มครองการรบกวน ในขณะที่กำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ 7.025-7.125 GHz สำหรับกิจการประจำที่และกิจการเคลื่อนที่เป็นกิจการหลัก

2.2 ประกาศ กสทช. ที่เกี่ยวข้องกับแผนความถี่ และกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง

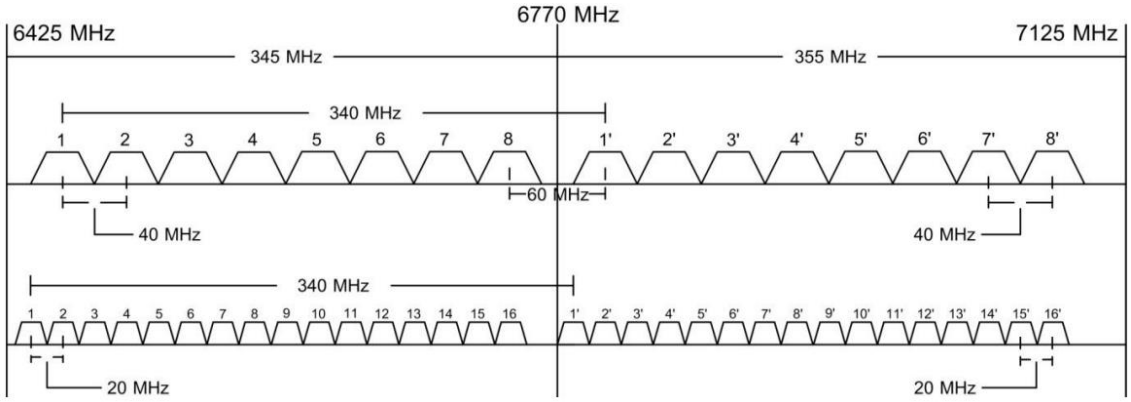
ในการศึกษาการจัดทำหลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz มีความจำเป็นต้องศึกษาลักษณะการใช้งานปัจจุบันที่มีอยู่ในประเทศไทย ซึ่งนอกจากต้องมีการใช้งานเป็นไปตามประเภทกิจการที่ถูกกำหนดไว้ในตารางกำหนดคลื่นความถี่แห่งชาติที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.1 ยังต้องจัดสรรให้สอดคล้องกับแผนความถี่วิทยุที่เกี่ยวข้อง คือ ประกาศ กสทช. เรื่อง แผนความถี่วิทยุ กิจการประจำที่ ย่านความถี่ 6.7 กิกะเฮิรตซ์ [2] ประกาศ ณ วันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ซึ่งเป็นการกำหนดลักษณะการใช้งานในกิจการประจำที่ที่ใช้งานในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz มีรายละเอียดที่สำคัญ ดังนี้

1) กำหนดการใช้คลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz สำหรับกิจการประจำที่

2) กำหนดกำลังส่งออกอากาศสมมูลแบบไอโซทรอปิก (Equivalent Isotropically Radiated Power: EIRP) ไม่เกิน 55 dBW ทั้งนี้ ในกรณีที่เกิน 35 dBW ลำคลื่นหลัก (Main beam) ต้องมีระยะห่างเชิงมุม (Separation angle) เทียบกับตำแหน่งวงโคจร ดาวเทียมประจำที่ (Geostationary-satellite) ไม่น้อยกว่า 2 องศา ตามข้อบังคับวิทยุ มาตรา 21 หรือประกาศ กสทช. เรื่อง หลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่ร่วมกันระหว่าง กิจการประจำที่ผ่านดาวเทียมกับกิจการประจำที่ และ กิจการประจำที่ผ่านดาวเทียมกับกิจการเคลื่อนที่

3) ผู้ได้รับใบอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการอนุญาตหรือการจัดสรรคลื่นความถี่ที่ กสทช. ประกาศกำหนด และที่จะประกาศกำหนดเพิ่มเติมด้วย

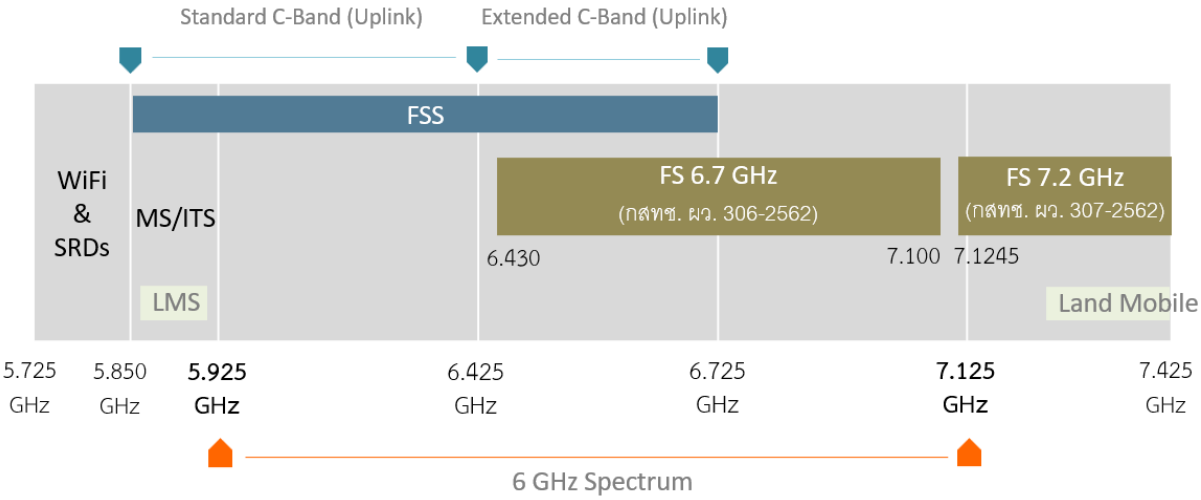
ทั้งนี้ แผนภูมิคลื่นความถี่ย่าน 6.7 GHz ปรากฏในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนภูมิคลื่นความถี่ย่าน 6.7 GHz

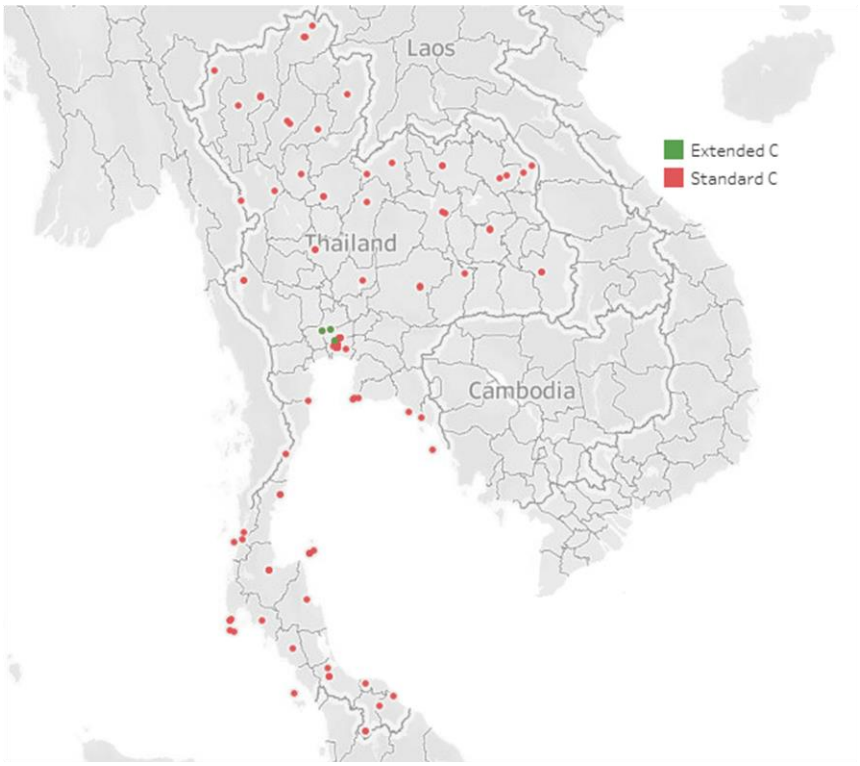
สำหรับคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ในปัจจุบัน ไม่มีการกำหนดแผนความถี่วิทยุ การจัดสรรคลื่นความถี่จะใช้วิธีการจัดสรรให้สอดคล้องตามตารางกำหนดคลื่นความถี่แห่งชาติ โดยให้คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) พิจารณาความเหมาะสมในการขอรับการจัดสรรคลื่นความถี่เป็นรายกรณี

2.3 ประเภทการใช้งานและผู้ใช้งานหลักในปัจจุบัน



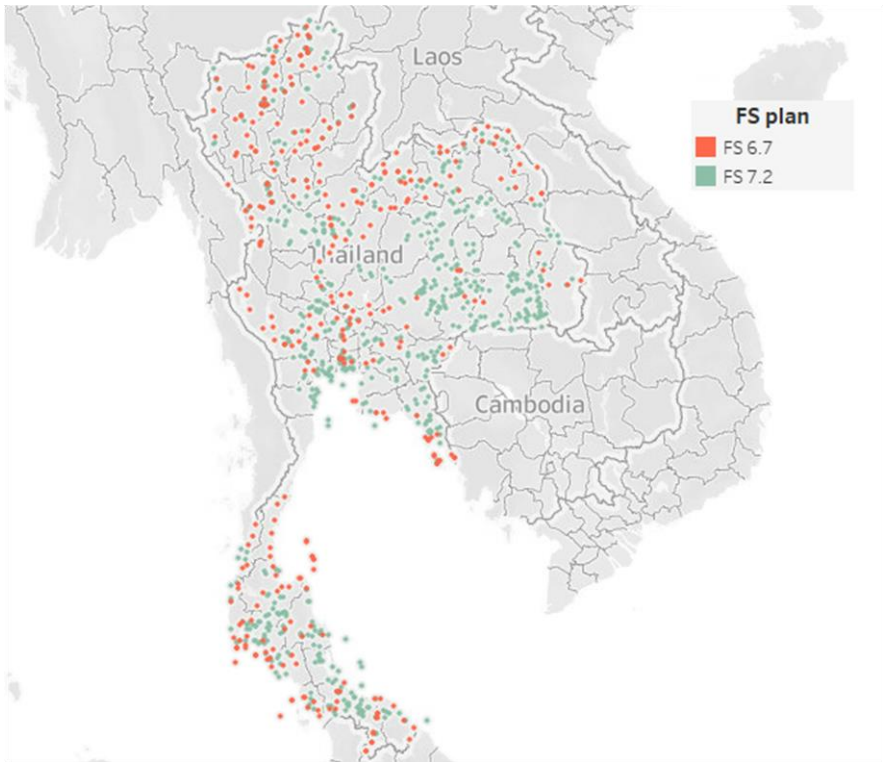
รูปที่ 2.2 การใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ของประเทศไทยในปัจจุบัน

การใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ของประเทศไทยในปัจจุบันสามารถอธิบายโดยสรุปได้ดังรูปที่ 2.2 จากรูปดังกล่าว การใช้งานในคลื่นความถี่ 5.850-6.725 GHz เป็นการใช้งานในกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม (โลกสู่อวกาศ) (Fixed-Satellite Service: FSS) หรือ Uplink เป็นหลัก ซึ่งใช้สำหรับการเชื่อมโยงสัญญาณ โดยข้อมูลการจัดสรรคลื่นความถี่ของสำนักงาน กสทช. ณ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2564 พบว่ามีการใช้งาน FSS ในคลื่นความถี่ 5.925-6.725 GHz เป็นจำนวนประมาณ 251 สถานี โดยมีพื้นที่การติดตั้งใช้งานแสดงดังรูปที่ 2.3



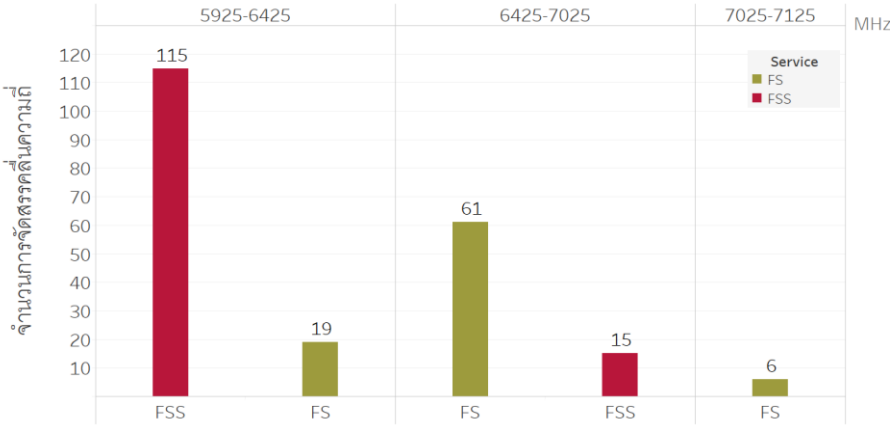
รูปที่ 2.3 พื้นที่การติดตั้งใช้งาน FSS ในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz

การใช้งานในคลื่นความถี่ 6.425-7.425 GHz มีการใช้งานในกิจการประจำที่เป็นหลัก (Fixed Service: FS) หรือเรียกว่าการใช้งาน Microwave link ซึ่งใช้งานตามแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการประจำที่ย่าน 6.7 GHz ในคลื่นความถี่ 6.430-7.100 GHz เป็นจำนวนประมาณ 760 คู่ และใช้งานตามแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการประจำที่ย่าน 7.2 GHz ในคลื่นความถี่ 7.125-7.425 GHz เป็นจำนวนประมาณ 453 คู่ โดยมีพื้นที่การติดตั้งใช้งาน FS แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 พื้นที่การติดตั้งใช้งาน FS ในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz

นอกจากนี้ รายงานนี้ได้ประมวลผลข้อมูลสถิติการจัดสรรคลื่นความถี่ตามจำนวนการจัดสรรคลื่นความถี่ที่ได้รับการอนุมัติ (Number of assignments) สำหรับคลื่นความถี่ 5925-6425 MHz 6425-7025 MHz และ 7025-7125 MHz ตามลำดับ (ณ เดือนมีนาคม พ.ศ. 2564) รายละเอียดปรากฏในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 สถิติการจัดสรรคลื่นความถี่ 5.925-7.125 GHz ตามจำนวนการจัดสรรคลื่นความถี่ที่ได้รับการอนุมัติ (Number of assignments) สำหรับคลื่นความถี่ 5925-6425 MHz 6425-7025 MHz และ 7025-7125 MHz ตามลำดับ (ณ เดือนมีนาคม พ.ศ. 2564)

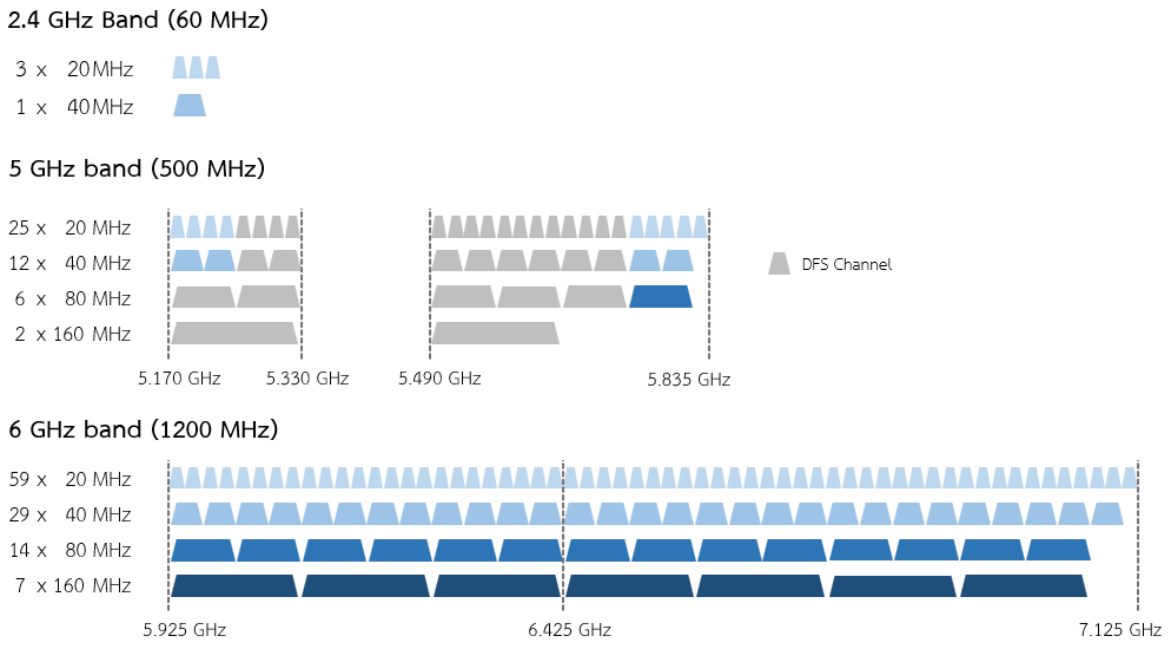
จากผลการสำรวจการใช้งานคลื่นความถี่ 5.925-7.125 GHz ของประเทศไทยในปัจจุบัน พบว่า คลื่นความถี่ดังกล่าวไม่ได้เป็นคลื่นความถี่ที่ว่าง แต่มีการใช้งานคลื่นความถี่ของระบบที่มีอยู่เดิมที่สอดคล้องกับกิจการในตารางกำหนดคลื่นความถี่แห่งชาติและแผนความถี่ที่เกี่ยวข้องในระดับที่มีนัยสำคัญและกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ประเทศไทย การนำเทคโนโลยีใหม่เข้ามาใช้งานในคลื่นความถี่ดังกล่าวจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงโอกาสเกิดการรบกวนระหว่างการใช้งานที่มีอยู่เดิมและการใช้งานโดยเทคโนโลยีใหม่ด้วย โดยอาจต้องกำหนดมาตรการที่เพียงพอสำหรับป้องกันการรบกวน และทำให้ระบบที่มีใช้งานอยู่เดิมและระบบใหม่สามารถทำงานร่วมกันในคลื่นความถี่เดียวกันได้ อย่างไรก็ตาม หากเลือกเทคโนโลยีที่ไม่สามารถทำงานร่วมกับระบบที่มีใช้งานเดิมได้ อาจต้องคำนึงถึงขนาดของผลกระทบของการโยกย้ายผู้ใช้งานเดิมไปยังคลื่นความถี่อื่น รวมถึงระยะเวลาในการดำเนินการที่เกี่ยวข้องด้วย ซึ่งส่งผลต่อความคุ้มค่าต่อการดำเนินงานและการใช้ทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

บทที่ 3
เทคโนโลยีใหม่ที่เกี่ยวข้องกับคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz

บทนี้กล่าวถึงการสำรวจเทคโนโลยีใหม่ที่เกี่ยวข้องกับคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz และได้รับการพัฒนาให้ใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ซึ่งในปัจจุบันค่ายเทคโนโลยีในระดับนานาชาติ ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีที่แตกต่างกันออกเป็นสองแนวทางหลัก ได้แก่ เทคโนโลยีที่ใช้คลื่นความถี่แบบอนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไป หรือ ยกเว้นใบอนุญาต (Unlicensed) อาทิ Wi-Fi 6E/ Wi-Fi 7 และเทคโนโลยีที่ต้องได้รับการอนุญาต (Licensed) และได้รับสิทธิการจัดสรรคลื่นความถี่เป็นการเฉพาะ ได้แก่ เทคโนโลยี 5G/NR โดยมีผลการสำรวจดังนี้

3.1 Wi-Fi 6E

เทคโนโลยี Wi-Fi 6 และ Wi-Fi 6E มีชื่อตามมาตรฐานคือ IEEE 802.11ax เป็นเทคโนโลยี Broadband Wireless Access ที่ใช้งานในลักษณะ Radio Local Area Network (RLAN) ซึ่งหมายถึงการเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายระดับท้องถิ่นในรูปแบบไร้สาย เช่น การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ภายในที่อยู่อาศัยผ่านอุปกรณ์กระจายสัญญาณ (Access point) แบบไร้สายและเกิดเป็นเครือข่ายระดับท้องถิ่น รวมถึงการเชื่อมต่อจากอุปกรณ์ภายในสำนักงานหรืออาคารต่าง ๆ ผ่านอุปกรณ์กระจายสัญญาณ หรืออุปกรณ์ทวนสัญญาณ (Repeater) เพื่อไปยัง Router และออกสู่อินเทอร์เน็ตภายนอก เป็นต้น โดยพัฒนาต่อยอดมาจาก Wi-Fi 5 หรือ Wi-Fi Generation 5 (IEEE 802.11ac) ที่ใช้งานบนคลื่นความถี่ย่าน 2.4 และ 5 GHz ในประเทศไทยปัจจุบัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน Wi-Fi ให้ดียิ่งขึ้น โดย Wi-Fi 6 จะใช้งานบนคลื่นความถี่ย่านเดิมคือ 2.4 และ 5 GHz ส่วน Wi-Fi 6E (Extended) เป็นการขยายขีดความสามารถการใช้เทคโนโลยี Wi-Fi ด้วยการขยายการใช้งานไปยังคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz (5.925-7.125 GHz) ซึ่งเป็นคลื่นความถี่ใหม่สำหรับ Wi-Fi ซึ่งปัจจุบันมีการกำหนดให้สามารถใช้งาน Wi-Fi 6E อย่างเป็นทางการแล้วในบางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษและกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป เกาหลีใต้ ชิลี กัวเตมาลา และสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ เป็นต้น แผนช่องสัญญาณสำหรับเทคโนโลยี Wi-Fi ในระดับสากลบนคลื่นความถี่ย่านต่าง ๆ แสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนช่องสัญญาณของเทคโนโลยี Wi-Fi บนคลื่นความถี่ย่าน 2.4 5 และ 6 GHz [3]

นอกจากนี้ ยังมีกลุ่มผู้ให้การสนับสนุนและผลักดันให้เกิดการใช้เทคโนโลยี Wi-Fi 6E อย่างกว้างขวางในระดับสากล ได้แก่ Intel, Qualcomm, Broadcom, Facebook, Cisco, CommScope, Dynamic Spectrum Alliance เป็นต้น และมีการศึกษาโดย Wi-Fi Alliance ซึ่งให้การคาดการณ์ว่า Wi-Fi จะสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจทั่วโลกได้อย่างมีนัยสำคัญถึง 3.3 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี 2021 และจะเติบโตเป็น 4.9 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี ค.ศ. 2025 [4] จากการใช้งานที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทุกระดับ ไม่ว่าจะเป็นบุคคล ครัวเรือน สถาบันการศึกษา สถานพยาบาล อุตสาหกรรม โรงงาน หน่วยงานเอกชน หน่วยงานของรัฐ ไปจนถึงองค์กรระดับนานาชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปริมาณการใช้งานที่ปรับตัวเพิ่มขึ้นในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ซึ่งได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบพฤติกรรมการทำงานและการดำเนินชีวิตของประชากรจำนวนมาก รวมถึงประสิทธิภาพการใช้งาน Wi-Fi ที่เพิ่มมากขึ้นจากการใช้คลื่นความถี่ย่านใหม่ ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้เกิดนวัตกรรมใหม่ที่สามารถตอบสนองภารกิจต่าง ๆ ให้มีความล้ำสมัยและสามารถอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานได้มากยิ่งขึ้น

3.1.1 คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญ

เมื่อกล่าวถึงเทคโนโลยีรุ่นใหม่ เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าความสามารถหรือประสิทธิภาพการใช้งานเทคโนโลยีจะต้องถูกพัฒนาให้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับรุ่นปัจจุบันหรือรุ่นเก่า ตารางที่ 3.1 แสดงการสรุปคุณสมบัติทางเทคนิคในแต่ละด้านของ Wi-Fi 6 และ Wi-Fi 6E เปรียบเทียบกับ Wi-Fi 5 พร้อมคำอธิบายประกอบในคุณลักษณะทางเทคนิคที่สำคัญโดยสังเขปของ Wi-Fi 6 และ Wi-Fi 6E ซึ่งมีชื่อตามมาตรฐาน IEEE 802.11 ax ดังนี้

ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเทคนิคเบื้องต้นของ Wi-Fi 5 Wi-Fi 6 และ Wi-Fi 6E [5]

Parameter/Feature	802.11 ac	802.11 ax	
	Wi-Fi 5	Wi-Fi 6	Wi-Fi 6E
Operating bands	5 GHz	2.4, 5 GHz	6 GHz
Modulation scheme	OFDM	OFDMA	
Channel width	20, 40, 80, 160 MHz	20, 40, 80, 160 MHz	
Highest modulation	256-QAM	1024-QAM	
Symbol duration	3.2 μs	12.8 μs	
FFT sizes	64, 128, 256, 512	256, 512, 1024, 2048	
Subcarrier spacing	312.5 kHz	78.125 kHz	
Cyclic prefix (Guard interval)	0.4, 0.8 μs	0.8, 1.6, 3.2 μs	
MIMO streams	Up to 8x8	Up to 8x8	
MU-MIMO	Downlink	Downlink & Uplink	

Parameter/Feature	802.11 ac	802.11 ax	
	Wi-Fi 5	Wi-Fi 6	Wi-Fi 6E
Target Wake Time (TWT)	No	Yes	
BSS Coloring	No	Yes	
Extended range improvements	No	Yes	
Maximum data rate	433 Mbps (80 MHz, 1 SS) 6933 Mbps (160 MHz, 8 SS)	600.4 Mbps (80 MHz, 1 SS) 9607.8 Mbps (160 MHz, 8 SS)	

1) ใช้การรับส่งข้อมูลแบบ OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) ซึ่งช่วยให้การใช้คลื่นความถี่มีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถรับส่งข้อมูลได้รวดเร็วขึ้นและรองรับปริมาณการใช้งานได้มากขึ้น

2) เพิ่มอัตราการมอดูเลตสัญญาณจาก 256-QAM (Wi-Fi 5: IEEE 802.11ac) เป็น 1024-QAM ซึ่งเป็นการเพิ่มอัตราการส่งข้อมูลขึ้น 25%

3) รองรับการใช้งาน MU-MIMO (Multi-User Multiple Input and Multiple Output) ทั้งการใช้งาน Uplink และ Downlink ซึ่งช่วยให้เครื่องลูกข่ายสามารถรับและส่งข้อมูลพร้อมกันได้ โดยพัฒนาจาก Wi-Fi 5 ที่รองรับ MU-MIMO เฉพาะ Downlink เท่านั้น

4) เพิ่มเวลาในการส่งสัญลักษณ์ข้อมูล (Symbol Time) จาก 3.2 ไมโครวินาที เป็น 12.8 ไมโครวินาที ซึ่งช่วยลดการสูญเสียของข้อมูลและให้เครื่องลูกข่ายสามารถรับข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น

5) ลดการใช้พลังงานในการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องลูกข่ายและอุปกรณ์ส่งสัญญาณ Wi-Fi ด้วยเทคนิค Target Wake Time เสมือนการกำหนดเวลาทำงานหรือช่วงเวลาหยุดทำงานเพื่อลดการใช้พลังงานโดยไม่จำเป็น ซึ่งเหมาะแก่การใช้งานอุปกรณ์ประเภท IoT ที่อาศัยพลังงานต่ำ

6) ลดการรบกวนสัญญาณนอกข่ายตนเองด้วยเทคนิค BSS Coloring (Basic Service Set Coloring) ซึ่งเป็นการระบุสีหรือเอกลักษณ์ของสัญญาณเพื่อแยกแยะการเชื่อมต่อที่มาจากอุปกรณ์ส่งสัญญาณ Wi-Fi อื่นในบริเวณที่มีสัญญาณทับซ้อนกัน

3.1.2 ลักษณะการประยุกต์ใช้งานและโอกาสเชิงพาณิชย์

นอกจากการใช้งานเทคโนโลยี Wi-Fi ในลักษณะที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งสามารถเห็นได้ทั่วไปแล้ว Wi-Fi 6 และ Wi-Fi 6E ยังมีคุณสมบัติรองรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแห่งอนาคตมากยิ่งขึ้นสำหรับยุคที่เกิด Digital Transformation เพิ่มมากขึ้นและเกิด Automation ขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำกิจกรรมต่าง ๆ อีกมากมาย โดยมีลักษณะการใช้งานที่โดดเด่น ดังนี้

1) การใช้งานที่อาศัยอัตราการรับส่งข้อมูลสูง (High Throughput) เช่น AR (Augmented Reality) VR (Virtual Reality) MR (Mixed Reality) การแพทย์ทางไกล (Telemedicine) การถ่ายทอดวิดีโอความละเอียดสูง การรับส่งข้อมูลเพื่อประมวลผลด้วย Cloud Computing หรือ Intelligent edge เป็นต้น

2) การใช้งานที่อาศัยการเชื่อมต่อเป็นจำนวนมาก (High Capacity) เช่น การใช้งาน IoT ต่าง ๆ ภายในที่อยู่อาศัย อาคาร สถานพยาบาล โกดังเก็บสินค้า โรงงาน และสาธารณูปโภค เป็นต้น

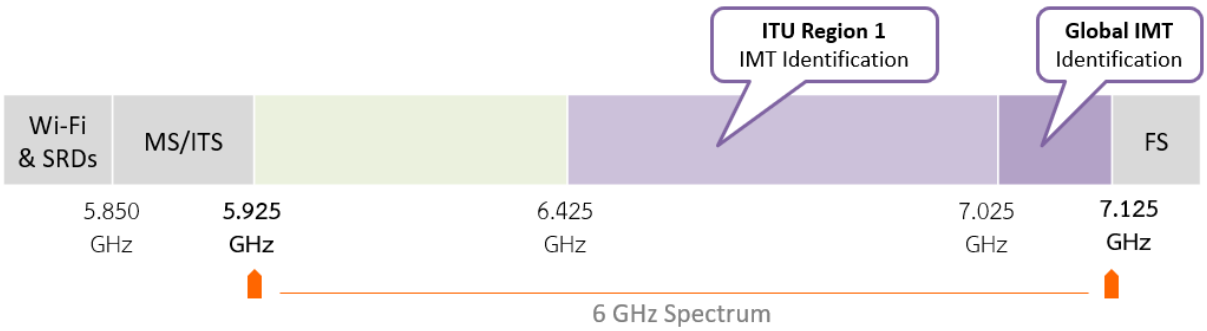
3) การใช้งานแบบเรียลไทม์ (Real-time) เช่น การสนทนา การประชุมออนไลน์ เกมออนไลน์ และการถ่ายทอดสดวิดีโอความละเอียดสูง เป็นต้น

3.1.3 ความคืบหน้าในการพัฒนาเทคโนโลยี

มาตรฐาน IEEE 802.11ax ได้รับการอนุมัติให้เป็นมาตรฐานอย่างเป็นทางการโดยคณะกรรมการของสมาคมมาตรฐาน IEEE (IEEE SA Standards Board) เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2564 และมีการผลิตอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6 และ 6E) ในย่านความถี่ 6 GHz ทั้ง 1200 MHz สำหรับใช้งานในทวีปอเมริกาเหนือ และเฉพาะส่วนล่างของย่านดังกล่าว 500 MHz สำหรับใช้งานในแถบทวีปยุโรป ในปัจจุบันจึงมีการใช้งานอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี Wi-Fi 6E ทั้งในลักษณะตัวกระจายสัญญาณ (Access Point) และอุปกรณ์ลูกข่ายในรูปแบบต่าง ๆ แพร่หลายมากขึ้นในทั้งสองทวีปดังกล่าว นอกจากนี้ กลุ่มสมาคมมาตรฐานที่เกี่ยวข้องในปัจจุบันอยู่ระหว่างการพัฒนาและจัดทำมาตรฐานเทคโนโลยี Wi-Fi ให้มีความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น นั่นคือ Wi-Fi 7 (Wi-Fi- Generation 7) หรือ 802.11be [6] ซึ่งคาดว่าจะใช้งานบนคลื่นความถี่ย่าน 5 GHz และ 6 GHz เพื่อรองรับความต้องการใช้งานเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องในอนาคต

3.2 5G/IMT

เทคโนโลยี 5G (5th Generation) หรือที่มีชื่อตามมาตรฐานคือ IMT for 2020 and beyond [7] เป็นเทคโนโลยีสื่อสารผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคใหม่ ซึ่งในด้านการกำกับดูแลจะมีชื่อเรียกโดยทั่วไปว่า กิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล (International Mobile Telecommunications: IMT) หรือ IMT [8] โดยในปัจจุบันมีการพิจารณาระบุกิจการ IMT ในคลื่นความถี่ 6.425-7.025 GHz (เขตภูมิภาคที่ 1) และ 7.025-7.125 GHz (ทุกเขตภูมิภาค) ตามที่ระบุไว้ใน Resolution 245 (WRC-19) อันเป็นส่วนหนึ่งของระเบียบวาระ (Agenda Item) ที่ 1.2 ของการประชุมใหญ่ระดับโลกว่าด้วยวิทยุคมนาคม ค.ศ. 2023 (WRC-23) โดยมีประเทศที่ให้การสนับสนุนหลักในการศึกษาดังกล่าว ได้แก่ จีน กัมพูชา ลาว เนปาล อัฟกานิสถาน มองโกเลีย และปาปัวนิวกินี เป็นต้น [9] และมีผู้ผลักดันในกลุ่มอุตสาหกรรม เช่น China Ministry of Industry and Information Technology (MIIT), European Telecommunications Network Operators' Association (ETNO), The Global System for Mobile Communications Association (GSMA), Huawei และ Ericsson เป็นต้น การพิจารณาระบุ IMT นี้มีการพิจารณาเฉพาะในส่วนครึ่งบน (Upper band) ของคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz (6.425-7.125 GHz) ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การพิจารณาระบุกิจการ IMT ในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ใน WRC-23

3.2.1 คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญ

เทคโนโลยี 5G ที่ใช้ในกิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล (IMT) บนคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz มีคุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญ ดังนี้

1) มีความสมดุลระหว่างพื้นที่ครอบคลุม (Coverage) และ ปริมาณการเชื่อมต่อ (Capacity)

2) มีความกว้างแถบความถี่เพียงพอสำหรับความกว้างแถบความถี่ช่องสัญญาณสูงสุดที่อยู่ติดกันในย่านความถี่กลาง (Mid-band) เมื่อเทียบกับย่านความถี่กลางย่านอื่น เป็นผลให้ผู้ให้บริการสามารถลดจำนวนการติดตั้งสถานีฐานสำหรับการรองรับปริมาณการเชื่อมต่อลงได้

3) มีความเหมาะสมสำหรับการเพิ่มพื้นที่ครอบคลุมสำหรับการใช้งานภายในอาคาร ซึ่งให้อัตราการรับและส่งข้อมูลสูง

4) มีอัตรารับส่งข้อมูลซึ่งอ้างอิงตามมาตรฐาน IMT-2020 ขั้นต่ำสำหรับผู้ใช้งาน Downlink เท่ากับ 100 Mbps / Uplink เท่ากับ 50 Mbps และอัตรารับส่งข้อมูลสูงสุด Downlink เท่ากับ 20 Gbps / Uplink เท่ากับ 10 Gbps

3.2.2 ลักษณะการประยุกต์ใช้งานและโอกาสเชิงพาณิชย์

ลักษณะการใช้งานที่โดดเด่นของเทคโนโลยี 5G บนคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz นั้นจะมีลักษณะเดียวกับการใช้งาน 5G บนคลื่นความถี่กลางในย่านอื่น ๆ และมีความคล้ายคลึงกับลักษณะการใช้งานเทคโนโลยี Wi-Fi 6E รวมถึงตัวอย่างการใช้งานเช่นเดียวกัน ดังนี้

1) การใช้งานที่อาศัยอัตราการรับส่งข้อมูลสูง (High Throughput) - Enhanced Mobile Broadband (eMBB)

2) การใช้งานที่อาศัยการเชื่อมต่อเป็นจำนวนมาก (High Capacity) - Massive Machine Type Communications (mMTC)

3) การใช้งานแบบเรียลไทม์ (Real-time) หรือความล่าช้าต่ำ - Ultra-Reliable and Low Latency Communications (uRLLC)

นอกจากนี้ เทคโนโลยี 5G ยังมีคุณสมบัติเด่นที่ทำให้ลักษณะการใช้งานแตกต่างจากเทคโนโลยีอื่น นั่นคือ ความสามารถในการรองรับการเคลื่อนที่ของลูกข่าย (Mobility) ซึ่งมาพร้อมกับพื้นที่ครอบคลุม (Coverage) ของเครือข่ายสื่อสารที่เป็นวงกว้าง อย่างไรก็ตาม พื้นที่ครอบคลุมเครือข่ายสื่อสารวงกว้างดังกล่าว จำเป็นต้องอาศัยกำลังส่งของสถานีฐานที่สูงขึ้นและการพิจารณาเกี่ยวกับสิทธิในการคุ้มครองการรบกวนจากการใช้คลื่นความถี่ดังกล่าว ทำให้ลักษณะการใช้คลื่นความถี่นี้แตกต่างออกไปจากการใช้งานในลักษณะ RLAN ที่ใช้คลื่นความถี่ร่วมกันเป็นการทั่วไป (Unlicensed use)

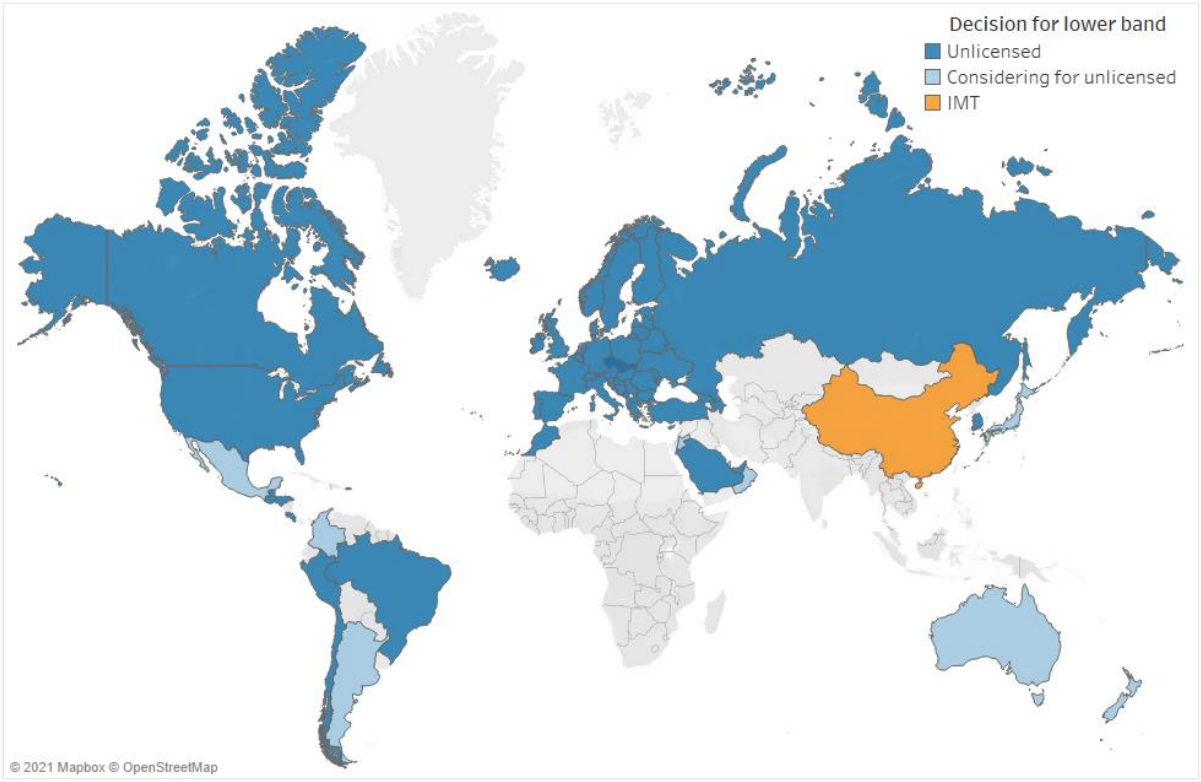
การใช้เทคโนโลยี 5G นี้ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องทำการสมัครสมาชิกหรือบอกรับเพื่อเป็นสมาชิก (Subscribe) ในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่และชำระค่าบริการ สำหรับทุก ๆ อุปกรณ์ที่จะใช้งานโดยผ่าน SIM card (Subscriber Identity/Identification Module card) และมีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับระดับคุณภาพแพ็กเกจ (Promotion package) ของเครือข่าย ที่ผู้ใช้งานสมัคร ดังนั้นผู้เลือกใช้เทคโนโลยีจึงต้องพิจารณาเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายและความเหมาะสมของเทคโนโลยีกับลักษณะการใช้งานที่ต้องการด้วย

3.2.3 ความคืบหน้าในการพัฒนาเทคโนโลยี

แม้ว่าในปัจจุบันการนำเทคโนโลยี 5G มาใช้ในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ยังอยู่ระหว่างการศึกษาความเหมาะสมและความเข้ากันได้ของการใช้งานระหว่างเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในระดับสากล และยังไม่มีการกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz สำหรับ 5G/IMT อย่างแพร่หลายในต่างประเทศเท่าไรนัก แต่ในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตเทคโนโลยีรายใหญ่ได้พัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบสถานีฐาน และอุปกรณ์ลูกข่ายเทคโนโลยี 5G ที่ใช้งานในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz และทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานและระยะครอบคลุมของระบบดังกล่าวในประเทศจีน โดยกลุ่มผู้ทดลองได้นำเสนอว่าได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับประสิทธิภาพการใช้งานและระยะครอบคลุมของการใช้งาน 5G ในคลื่นความถี่ย่าน C-band (3500 MHz) [10] โดยวางแผนที่จะขยายการทดสอบระบบดังกล่าวไปยังต่างประเทศ เช่น ในประเทศรัสเซีย ทั้งนี้ กลุ่มผู้ผลิตเทคโนโลยีในประเทศจีนยังมีมุมมองว่า คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz จะกลายเป็นคลื่นความถี่ที่สำคัญของระบบ IMT ในอนาคตที่สามารถใช้งานเพื่อรองรับการครอบคลุมทั่วประเทศ (Nationwide) พร้อมด้วยระบบนิเวศทางธุรกิจ (Ecosystem) ที่กำลังจะเกิดขึ้นในลักษณะที่ใกล้เคียงกับคลื่นความถี่ย่าน 2600 MHz ในประเทศจีน ในขณะเดียวกัน เทคโนโลยี IMT ยังอยู่ระหว่างการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยกลุ่มผู้พัฒนาและจัดทำมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงเริ่มมีบางกลุ่มประเทศที่มีความก้าวหน้าด้าน 5G อย่างรวดเร็ว ได้เริ่มให้ความสนใจใน 5G advanced และ 6G ที่กำลังจะเกิดขึ้นต่อไป

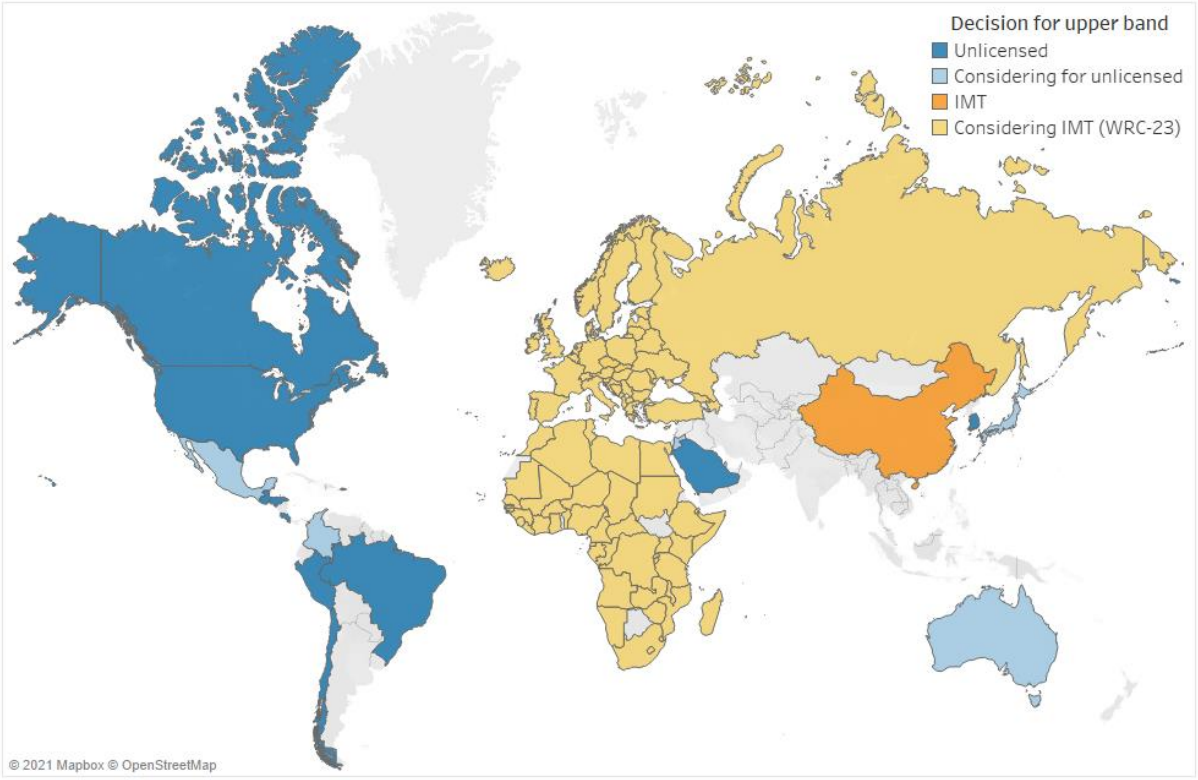
บทที่ 4
การสำรวจแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในต่างประเทศ

ปัจจุบันมีการศึกษาความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการปรับปรุงแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการเทคโนโลยีใหม่ในหลายประเทศทั่วโลก ซึ่งหลายประเทศส่วนใหญ่กำลังอยู่ระหว่างการศึกษารวมถึงพิจารณาแนวทางเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว การศึกษานี้ ได้สำรวจแนวทางการกำหนดกฎหมายเพื่อการกำกับดูแลหรือแนวโน้มการปรับปรุงการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz เพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ในต่างประเทศ เพื่อนำข้อมูลซึ่งเป็นทิศทางและแนวโน้มการเลือกใช้เทคโนโลยีในอนาคตในระดับสากลมาประกอบการวิเคราะห์และจัดเตรียมความพร้อมเกี่ยวกับแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่านดังกล่าวในประเทศไทย โดยสามารถสรุปผลการสำรวจแนวทางของแต่ละประเทศได้ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ซึ่งเป็นการแสดงทิศทางการเลือกใช้เทคโนโลยีในแต่ละประเทศโดยจำแนกออกเป็นคลื่นความถี่ส่วนบน (Upper band, 5.925-6.425 GHz) และคลื่นความถี่ส่วนล่าง (Lower band, 6.425-7.125 GHz) ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 แนวทางการใช้คลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz เพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ในต่างประเทศ [11-17]

ผลการสำรวจแนวทางการใช้คลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ในต่างประเทศตามรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นแนวโน้มที่ชัดเจนถึงการใช้คลื่นความถี่ในย่านดังกล่าว โดยกลุ่มประเทศส่วนใหญ่ในทวีปอเมริกา กลุ่มประเทศยุโรป และประเทศเกาหลีใต้ ได้ประกาศกำหนดแนวทางการกำกับดูแลให้ใช้คลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ในลักษณะ Unlicensed แล้ว ในขณะที่บางกลุ่มประเทศในภูมิภาคที่ 3 เช่น ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และญี่ปุ่น อยู่ระหว่างการพิจารณาความเหมาะสมในการดำเนินการดังกล่าว หรือกำลังอยู่ในขั้นตอนประชาพิจารณ์กฎหมายที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ มีเพียงประเทศจีนเท่านั้น ที่ได้ตัดสินใจกำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ดังกล่าวสำหรับ IMT



รูปที่ 4.2 แนวทางการใช้คลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz เพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ในต่างประเทศ [11-19]

รูปที่ 4.2 แสดงผลการสำรวจแนวทางการใช้คลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz ในต่างประเทศ โดยแนวทางการตัดสินใจมีความแตกต่างกับคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz โดยมีเพียงประเทศในภูมิภาคที่ 2 (ทวีปอเมริกา) ซาอุดิอาระเบีย และประเทศเกาหลีใต้เท่านั้น ที่ได้กำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ดังกล่าวในลักษณะ Unlicensed แล้ว ในขณะที่กลุ่มประเทศอื่นในภูมิภาคที่ 1 เช่น ทวีปยุโรป แอฟริกา และกลุ่มประเทศอาหรับ อยู่ระหว่างการพิจารณาความเป็นไปได้และความเหมาะสมของการใช้คลื่นความถี่ดังกล่าวเพื่อรองรับ IMT ซึ่งอยู่ในระหว่างการศึกษาของ ITU-R และจะยังไม่ได้ข้อยุติจนกว่าเสร็จสิ้นการประชุม WRC-23 ในไตรมาสสุดท้ายของ ค.ศ. 2023 รวมถึงกลุ่มประเทศในภูมิภาคเอเชียยังไม่แสดงท่าทีชัดเจนต่อประเด็นดังกล่าว ทั้งนี้ มีเพียงประเทศจีนที่ได้ตัดสินใจ กำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ดังกล่าวสำหรับ IMT

ในรายงานนี้ ได้สำรวจและรวบรวมข้อมูลกฎระเบียบสำหรับการกำกับดูแลคลื่นความถี่ดังกล่าวในรายละเอียด สำหรับประเทศที่ได้ประกาศกำหนดแนวทางการกำกับดูแลชัดเจนแล้ว ซึ่งแต่ละประเทศได้มีการกำหนดข้อจำกัดทางเทคนิคของอุปกรณ์และการใช้งานที่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสม เช่น การกำหนดค่ากำลังส่งออกอากาศสมมูลแบบไอโซทรอปิก (Equivalent Isotropically Radiated Power: EIRP) สูงสุด หรือค่ากำลังส่งออกอากาศสมมูล (Equivalent Isotropically Radiated Power: ERP) สูงสุด การกำหนดค่าความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง (Power Spectral Density: PSD) สูงสุด การกำหนดระเบียบการติดตั้งอุปกรณ์ และเงื่อนไขอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น รวมถึงสถานะของการตัดสินใจต่อการปรับปรุงแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่านดังกล่าวในบางประเทศยังอยู่ระหว่างการศึกษาและการพิจารณา โดยมีตัวอย่างรายละเอียดที่ได้จากการสำรวจ ดังต่อไปนี้

4.1 สหรัฐอเมริกา

คณะกรรมการกลางกำกับดูแลกิจการสื่อสารของสหรัฐอเมริกา (Federal Communications Commission: FCC) ได้กำหนดคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ให้ใช้ร่วมกันเป็นการทั่วไป (Unlicensed use) แบบเต็มทั้งย่าน (5.925-7.125 GHz) ด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด อาทิ การใช้งานเทคโนโลยี Wi-Fi โดยมีการแบ่งคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ออกเป็นคลื่นความถี่ย่อย (Sub-band) ตั้งแต่ U-NII-5 ไปจนถึง U-NII-8 ซึ่งถูกกำหนดให้ใช้สำหรับกิจการต่าง ๆ ตามตารางที่ 4.1 และกำหนดเงื่อนไขทางเทคนิคสำหรับการใช้คลื่นความถี่ย่านดังกล่าวร่วมกันเป็นการทั่วไปตามตารางที่ 4.2 [11] โดยแบ่งประเภทอุปกรณ์ออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่ ประเภท Standard-Power ซึ่งใช้งานควบคู่กับระบบควบคุมคลื่นความถี่อัตโนมัติ (Automatic Frequency Control: AFC) เนื่องจากมีกำลังส่งค่อนข้างสูง และ ประเภท Low-Power ทั้งนี้สามารถแสดงข้อกำหนดค่ากำลังส่ง (EIRP) สูงสุดที่สามารถใช้งานได้ในแต่ละคลื่นความถี่ย่อยได้ดังรูปที่ 4.3

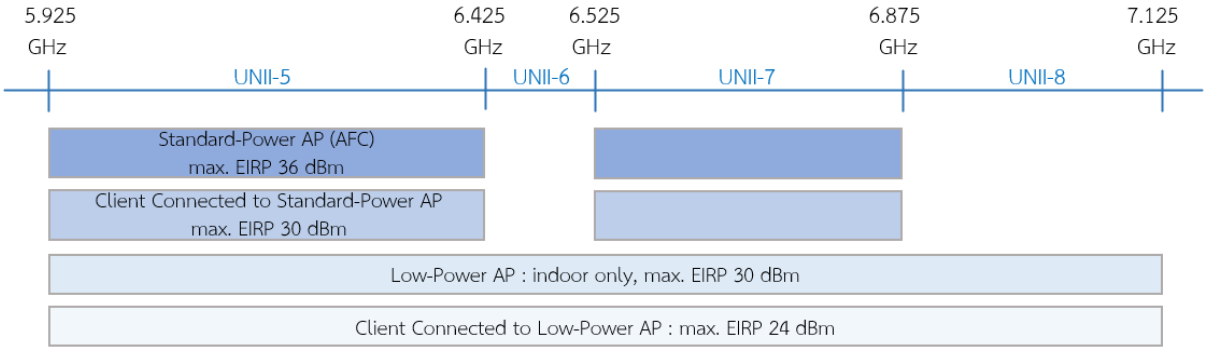
ตารางที่ 4.1 ตารางกำหนดคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ของสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ U-NII-5 ถึง U-NII-8

Sub-band	Frequency Range (GHz)	Primary Allocation	Predominant Licensed Services
U-NII-5	5.925-6.425	Fixed FSS	Fixed Microwave FSS (uplinks)
U-NII-6	6.425-6.525	Mobile FSS	Broadcast Auxiliary Service Cable Television Relay Service FSS (uplinks)
U-NII-7	6.525-6.875	Fixed FSS	Fixed Microwave FSS (uplinks/downlinks)
U-NII-8	6.875-7.125	Fixed Mobile FSS	Broadcast Auxiliary Service Fixed Microwave Broadcast Auxiliary Service Cable Television Relay Service FSS (uplinks/downlinks) (6.875-7.075 GHz only)

ตารางที่ 4.2 เงื่อนไขทางเทคนิคสำหรับการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz แบบ unlicensed ที่ FCC กำหนด

Device Class	Operating Bands	Maximum EIRP (dBm)	Maximum EIRP Power Spectral Density (dBm/MHz)
Standard-Power Access Point (AFC Controlled)	U-NII-5 (5.925-6.425 GHz) U-NII-7 (6.525-6.875 GHz)	36	23
Client Connected to Standard-Power Access Point		30	17

Device Class	Operating Bands	Maximum EIRP (dBm)	Maximum EIRP Power Spectral Density (dBm/MHz)
Low-Power Access Point (indoor only)	U-NII-5 (5.925-6.425 GHz) U-NII-6 (6.425-6.525 GHz)	30	5
Client Connected to Low-Power Access Point	U-NII-7 (6.525-6.875 GHz) U-NII-8 (6.875-7.125 GHz)	24	-1



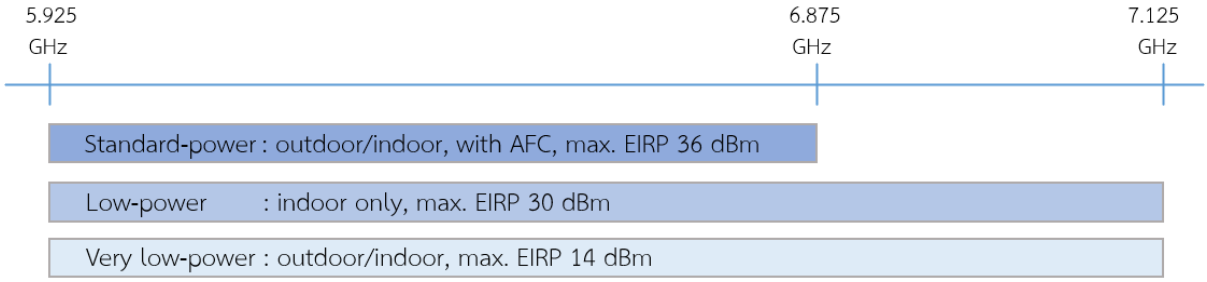
รูปที่ 4.3 ค่ากำลังส่ง (EIRP) สูงสุดในแต่ละคลื่นความถี่ย่อย สำหรับการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz แบบ Unlicensed ที่ FCC กำหนด

4.2 แคนาดา

ประเทศแคนาดามีการเสนอให้ใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz สำหรับเทคโนโลยี Broadband Wireless Access ในลักษณะ Radio Local Area Network (RLAN) แบบเต็มทั้งย่าน (5.925-7.125 GHz) [12] โดยมีข้อกำหนดทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องดังตารางที่ 4.3 และสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.4 [20]

ตารางที่ 4.3 ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับการใช้ RLAN บนคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในประเทศแคนาดา

Frequency (GHz)	Maximum EIRP (dBm)	Maximum PSD (dBm/MHz)	Condition	Technique
5.925-7.125	14	-8	Indoor/outdoor	Contention-based protocol
5.925-7.125	30	5	Indoor	Contention-based protocol
5.925-6.875	36	23	Indoor/outdoor	Under control of an Automated Frequency Coordination (AFC) system

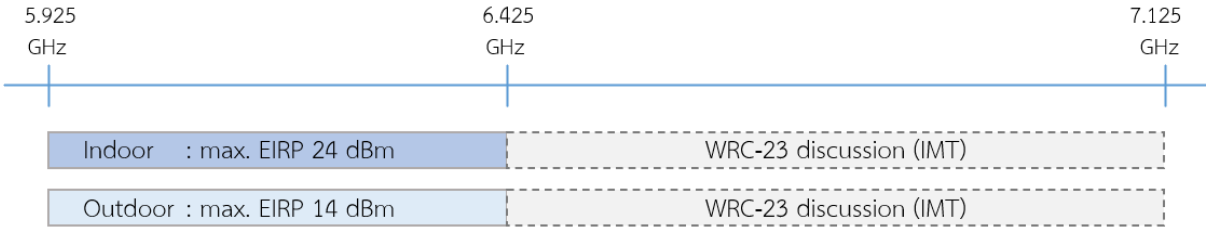


รูปที่ 4.4 ค่ากำลังส่ง (EIRP) สูงสุดสำหรับการใช้ RLAN บนคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในประเทศแคนาดา

4.3 สหราชอาณาจักร

หน่วยงานกำกับดูแลการสื่อสารของสหราชอาณาจักร หรือ Ofcom (Office of Communications) ได้มีการสำรวจและรับฟังความคิดเห็นสาธารณะต่อปริมาณความต้องการใช้เทคโนโลยีใหม่ที่เพิ่มมากขึ้นในอนาคต ทั้งในกลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป (Residential uses) และในกลุ่มอุตสาหกรรม (Industrial uses) รวมถึงเพื่อเปิดโอกาสให้เกิดนวัตกรรมใหม่ในอนาคต จึงกำหนดให้คลื่นความถี่ส่วนล่างของย่าน 6 GHz (5.925-6.425 GHz) สามารถใช้เทคโนโลยี Broadband Wireless Access ในลักษณะ Radio Local Area Network (RLAN) ร่วมกันเป็นการทั่วไป (Unlicensed use) ได้ โดยกำหนดให้อุปกรณ์ที่ใช้งาน RLAN ในคลื่นความถี่ดังกล่าวมีกำลังส่ง (EIRP) ไม่เกิน 250 mW หรือ 24 dBm สำหรับการใช้งานภายในอาคาร (Indoor) และไม่เกิน 25 mW หรือ 14 dBm สำหรับการใช้งานภายนอกอาคาร (Outdoor) [13] ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4.5

สำหรับคลื่นความถี่ส่วนบนของย่าน 6 GHz (6.425-7.125 GHz) จะมีการพิจารณาความเหมาะสมในการกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องต่อไป



รูปที่ 4.5 ค่ากำลังส่ง (EIRP) สูงสุดสำหรับการใช้ RLAN บนคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในสหราชอาณาจักร

4.4 กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป

คณะกรรมการกำกับดูแลการสื่อสารของสหภาพยุโรป (Electronic Communications Committee: ECC) ได้มีการกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ส่วนล่างของย่าน 6 GHz (5.925-6.425 GHz) ให้สามารถใช้เทคโนโลยี Broadband Wireless Access ในลักษณะ Radio Local Area Network (RLAN) ร่วมกันเป็นการทั่วไป (Unlicensed use) ได้ [14] เช่นเดียวกันกับสหราชอาณาจักร โดยมีรายละเอียดข้อจำกัดทางเทคนิคสำหรับการใช้งานอุปกรณ์ที่มีกำลังส่งต่ำที่ใช้งานภายในอาคาร (Low Power Indoor: LPI) ตามตารางที่ 4.4 และสำหรับอุปกรณ์ที่มีกำลังส่งต่ำมาก (Very Low Power: VLP) ตามตารางที่ 4.5 [21] และสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.4 ข้อจำกัดทางเทคนิคสำหรับอุปกรณ์ประเภท Low Power Indoor (LPI) WAS/RLAN ในทวีปยุโรป

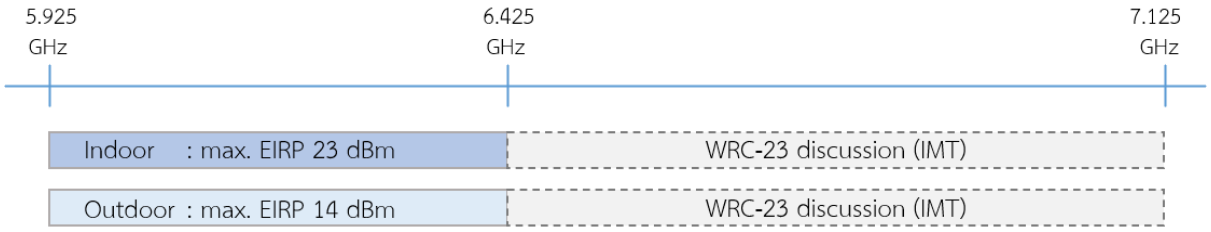
Parameters	Technical conditions
Permissible operation	Restricted to indoor use only (including trains where metal coated windows (note 1) are fitted and aircraft). Outdoor use (including in road vehicles) is not permitted.
Category of device	An LPI access point or bridge that is supplied power from a wired connection, has an integrated antenna and is not battery powered.

Parameters	Technical conditions
	An LPI client device is a device that is connected to an LPI access point or another LPI client device and may or may not be battery powered.
Frequency band	5945-6425 MHz
Channel access and occupation rules	An adequate spectrum sharing mechanism shall be implemented.
Maximum mean e.i.r.p. for in-band emissions (note 2)	23 dBm
Maximum mean e.i.r.p. density for in-band emissions (note 2)	10 dBm/MHz
Maximum mean e.i.r.p. density for out-of-band emissions below 5935 MHz (note 2)	-22 dBm/MHz
Note 1: Or similar structures made of material with comparable attenuation characteristics. Note 2: The "mean e.i.r.p." refers to the e.i.r.p. during the transmission burst, which corresponds to the highest power, if power control is implemented.	

ตารางที่ 4.5 ข้อจำกัดทางเทคนิคสำหรับอุปกรณ์ประเภท Very Low Power (VLP) WAS/RLAN ในทวีปยุโรป

Parameters	Technical conditions
Permissible operation	Indoors and outdoors Use on drones is prohibited
Category of device	The VLP device is a portable device
Frequency band	5945-6425 MHz
Channel access and occupation rules	An adequate spectrum sharing mechanism shall be implemented.
Maximum mean e.i.r.p. for in-band emissions (note 1)	14 dBm
Maximum mean e.i.r.p. density for in-band emissions (note 1)	1 dBm/MHz
Narrowband usage maximum mean e.i.r.p. density for in-band emissions (note 1) (note 2)	10 dBm/MHz

Parameters	Technical conditions
Maximum mean e.i.r.p. density for out-of-band emissions below 5935 MHz (note 1)	-45 dBm/MHz (note 3)
Note 1: The "mean e.i.r.p." refers to the e.i.r.p. during the transmission burst, which corresponds to the highest power, if power control is implemented. Note 2: Narrowband (NB) devices are devices that operate in channels bandwidths below 20 MHz. Narrowband devices also require a frequency hopping mechanism based on at least 15 hop channels to operate at a PSD value above 1 dBm/MHz. Note 3: ECC will study the appropriateness of this level of OOBE by 31/12/2024. In absence of the justified evidence, a value of -37 dBm/MHz will be adopted from 1 January 2025.	

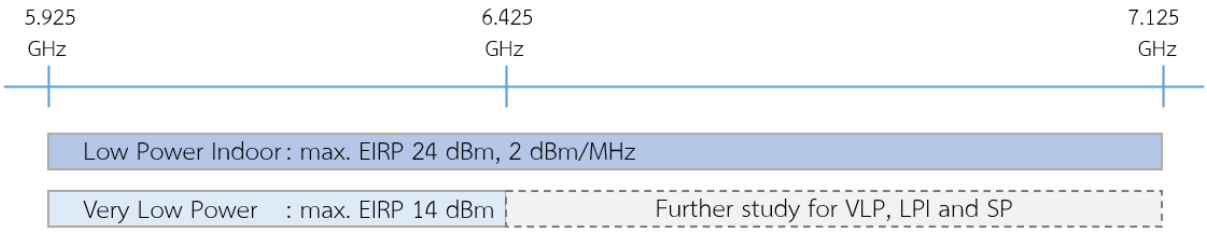


รูปที่ 4.6 ค่ากำลังส่ง (EIRP) สูงสุดสำหรับการใช้งานในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในทวีปยุโรป

สำหรับคลื่นความถี่ส่วนบนของย่าน 6 GHz (6.425-7.125 GHz) ปัจจุบันกำลังอยู่ระหว่างการศึกษาเกี่ยวกับการพิจารณาการระบุย่านความถี่ดังกล่าวสำหรับกิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล (IMT) ตามที่ระบุไว้ใน Resolution 245 (WRC-19) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระเบียบวาระ (Agenda Item) ที่ 1.2 ของการประชุมใหญ่ระดับโลกว่าด้วยวิทยุคมนาคม ค.ศ. 2023 (WRC-23)

4.5 เกาหลีใต้

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศของประเทศเกาหลีใต้ (Ministry of Science and ICT: MSIT) ได้กำหนดให้สามารถใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ร่วมกันเป็นการทั่วไป (Unlicensed use) แบบเต็มทั้งย่าน (5.925-7.125 GHz) สำหรับ RLAN โดยกำหนดข้อจำกัดทางเทคนิคสำหรับอุปกรณ์ประเภท Low Power Indoor (LPI) และ Very Low Power (VLP) ที่ใช้งานบนคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในลักษณะ Unlicensed [22] ตามตารางที่ 4.6 นอกจากนี้ ประเทศเกาหลีใต้ยังอยู่ระหว่างการศึกษาเกี่ยวกับความเหมาะสมและข้อจำกัดทางเทคนิคสำหรับอุปกรณ์ประเภท Standard Power (SP) ที่ใช้งานในคลื่นความถี่ส่วนบนของย่าน 6 GHz ซึ่งสามารถแสดงข้อจำกัดกำลังส่งสำหรับอุปกรณ์แต่ละประเภทในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ได้ดังรูปที่ 4.7



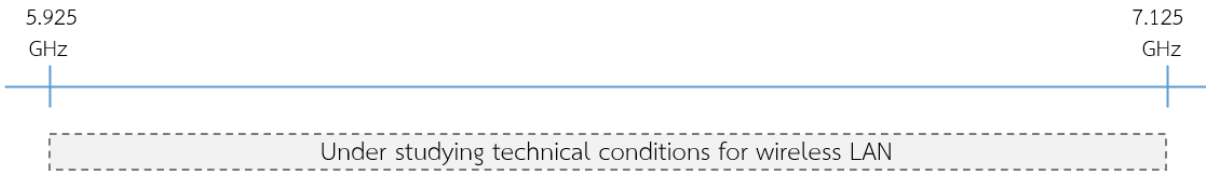
รูปที่ 4.7 ค่ากำลังส่ง (EIRP) สูงสุดสำหรับการใช้งานในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในประเทศเกาหลีใต้

ตารางที่ 4.6 เงื่อนไขทางเทคนิคสำหรับการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในลักษณะ Unlicensed ในเกาหลีใต้

Frequency Band (GHz)	Occupied bandwidth	Radiated power including absolute antenna gain	Remarks
5.925-6.425	160 MHz or less	14 dBm or less (Power density limited to 1 dBm/MHz or less)	- Power density including absolute antenna gain should be average. - Use for drones is prohibited. - Built-in devices within automobiles use 6085-6425 MHz band.
5.925-7.125	160 MHz or less	24 dBm or less (Power density limited to 2 dBm/MHz or less)	- Power density including absolute antenna gain should be average. - The conditions are limited to devices that are installed and operated by being connected to the building power supply, or devices that communicate with this device. - The conditions are not for use in moving objects such as automobiles, aircraft, railways, ships and drones.

4.6 ญี่ปุ่น

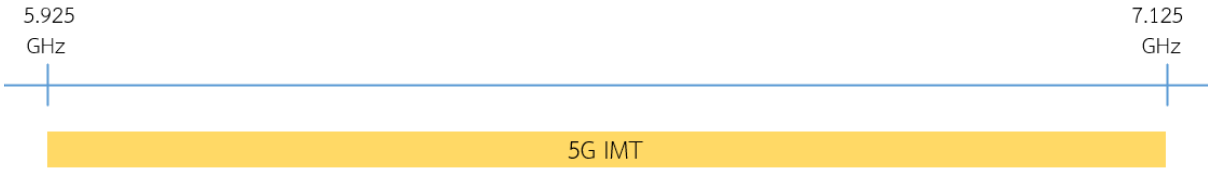
ปัจจุบันประเทศญี่ปุ่นอยู่ระหว่างการศึกษาเงื่อนไขและข้อจำกัดทางเทคนิคสำหรับการใช้คลื่นความถี่ร่วมกันระหว่าง wireless LAN และระบบสื่อสารไร้สายอื่น เพื่อขยายคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz (5.925-7.125 GHz) สำหรับ wireless LAN [15] ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ของประเทศญี่ปุ่นในอนาคต

4.7 จีน

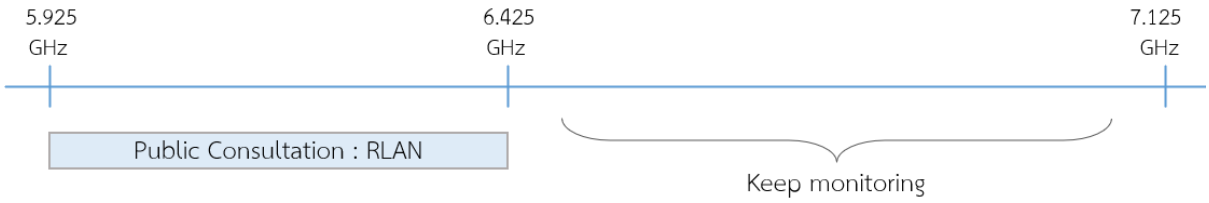
ประเทศจีนมีแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz แบบเต็มทั้งย่าน (5.925-7.125 GHz) สำหรับกิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล (IMT) [23] ดังแสดงในรูปที่ 4.9 และประเทศจีนได้มีการผลักดันให้มีการศึกษาการกำหนดคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz สำหรับ IMT ในการประชุมระดับนานาชาติ [24] นอกจากนี้ยังมีประเทศที่มีแนวโน้มในการกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz สำหรับ IMT ในลักษณะคล้ายกับประเทศจีน ได้แก่ กัมพูชา ลาว เนปาล มองโกเลีย ปากีสถาน ปาปัวนิวกินี และอัฟกานิสถาน โดยเข้าร่วมจัดทำข้อเสนอซึ่งสนับสนุนให้มีการศึกษาการกำหนดคลื่นความถี่บางส่วนของย่าน 6 GHz สำหรับ IMT ของการประชุมใหญ่ระดับโลกว่าด้วยวิทยุคมนาคม ค.ศ. 2023 (WRC-23) อีกด้วย [25]



รูปที่ 4.9 แนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ของประเทศจีน

4.8 ออสเตรเลียและนิวซีแลนด์

ประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์อยู่ระหว่างกระบวนการรับฟังความคิดเห็นสาธารณะ (Public Consultation) ต่อแนวทางการปรับปรุงการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz โดยมีข้อเสนอซึ่งเป็นท่าทีเบื้องต้นของหน่วยงานกำกับดูแลของประเทศ ให้คลื่นความถี่ส่วนล่างของย่าน 6 GHz (5.925-6.425 GHz) สามารถใช้เทคโนโลยี Broadband Wireless Access ในลักษณะ Radio Local Area Network (RLAN) ซึ่งเป็นการใช้งานแบบ Unlicensed และในส่วนคลื่นความถี่ครึ่งบนที่เหลือ (6.425-7.125 GHz) จะดำเนินการพิจารณาความต้องการใช้คลื่นความถี่จากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องต่อไป [26] [27] ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.10



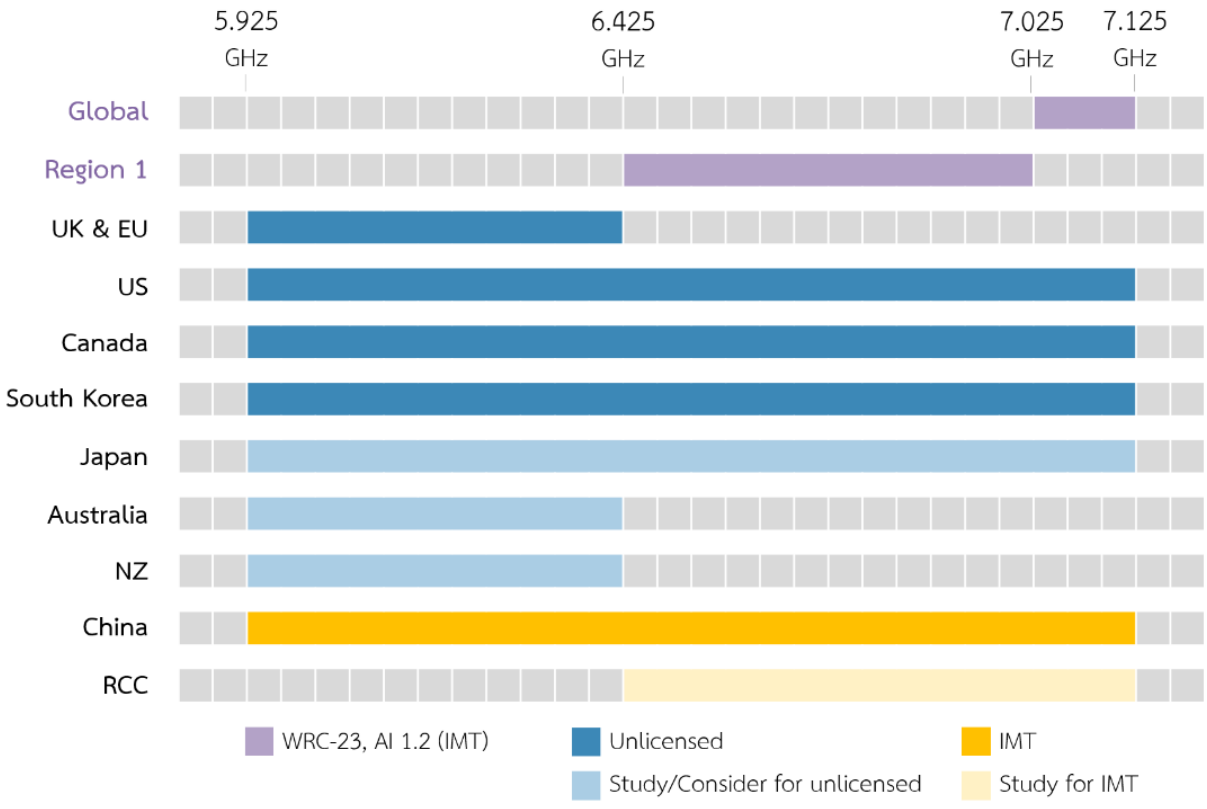
รูปที่ 4.10 แนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ของประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์

4.9 มาเลเซีย

ปัจจุบันหน่วยงานกำกับดูแลด้านการสื่อสารของประเทศมาเลเซีย หรือ Malaysian Communications And Multimedia Commission (MCMC) กำหนดให้สามารถใช้อุปกรณ์สื่อสารระยะสั้นประเภท Ultra wide-band ในคลื่นความถี่ 3.800-6.000 GHz ด้วยกำลังส่ง (EIRP) ไม่เกิน -30.00 dBm และคลื่นความถี่ 6.000-8.500 GHz ด้วยกำลังส่ง (EIRP) ไม่เกิน 0.00 dBm ในลักษณะร่วมกันเป็นการทั่วไป (Unlicensed use) ในพื้นที่จำกัด [28] สำหรับแนวทางการกำหนดคลื่นความถี่ 5.925-7.125 GHz สำหรับเทคโนโลยีใหม่นั้นที่ผ่านมาประเทศมาเลเซียได้พิจารณาความเหมาะสมในการใช้งานเทคโนโลยี Wi-Fi 6E และการใช้งาน 5G (IMT) ในระเบียบวาระการประชุมของ WRC-23 โดยในระหว่างการศึกษาของรายงานฉบับนี้ ประเทศมาเลเซียได้เข้าสู่กระบวนการรับฟังความคิดเห็นสาธารณะ (Public Consultation) ต่อแนวทางการปรับปรุงการใช้

คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz โดยมีประเด็นสำคัญคือ ความเหมาะสมในการกำหนดคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ให้สามารถใช้เทคโนโลยี Wi-Fi แบบเต็มทั้งย่าน (5.925-7.125 GHz) หรือเฉพาะส่วนล่างของย่าน 6 GHz (5.925-6.425 GHz) ในเบื้องต้น [29]

จากตัวอย่างผลการสำรวจแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz สำหรับเทคโนโลยีใหม่ในแต่ละประเทศข้างต้น โดยสรุปแล้วมีประเทศที่กำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่านดังกล่าวสำหรับเทคโนโลยีประเภท RLAN แบบเต็มทั้งย่าน ได้แก่ สหรัฐอเมริกา แคนาดา เกาหลีใต้ ประเทศที่กำหนดให้ใช้สำหรับ RLAN ในเบื้องต้นเฉพาะคลื่นความถี่ส่วนล่าง ได้แก่ สหราชอาณาจักร และกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และประเทศที่อยู่ระหว่างการศึกษาและการพิจารณา รวมถึงอยู่ในกระบวนการรับฟังความคิดเห็นสาธารณะในเรื่องดังกล่าว ได้แก่ ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และมาเลเซีย โดยมีแนวโน้มที่จะกำหนดให้ใช้เทคโนโลยี RLAN แบบเต็มทั้งย่านหรือเฉพาะส่วนล่างของย่าน 6 GHz ซึ่งการใช้คลื่นความถี่ดังกล่าวเป็นการใช้ในลักษณะร่วมกันเป็นการทั่วไป (Unlicensed use) โดยมีข้อกำหนดหรือเงื่อนไขทางเทคนิคแตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสมของการใช้งานในแต่ละประเทศ สำหรับประเทศที่กำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่านดังกล่าวสำหรับ IMT ในปัจจุบันมีเพียง จีน ประเทศเดียว อย่างไรก็ตาม ยังมีบางประเทศที่ร่วมผลักดันให้มีการศึกษาการใช้ IMT ในคลื่นความถี่ย่านดังกล่าวในการประชุม WRC-23 เช่น รัสเซีย กัมพูชา ลาว เนปาล และปากีสถาน เป็นต้น ทั้งนี้ สามารถสรุปแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz จากประเทศตัวอย่างได้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz จากการสำรวจในต่างประเทศ [11-19]

บทที่ 5
การวิเคราะห์เพื่อจัดเตรียมแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับเทคโนโลยีใหม่ในประเทศไทย

จากการศึกษาเทคโนโลยีใหม่ที่เกี่ยวข้องกับคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในบทที่ 3 และการสำรวจแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในต่างประเทศ ในบทที่ 4 จะเห็นว่าเทคโนโลยีใหม่ที่เกี่ยวข้องมีการใช้งานที่แตกต่างกัน 2 ลักษณะ ได้แก่ เทคโนโลยีที่ใช้งานในลักษณะ RLAN/Unlicensed และเทคโนโลยีที่ใช้งานในลักษณะ IMT/Licensed ซึ่งในการเตรียมความพร้อมและจัดเตรียมแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่านดังกล่าวสำหรับเทคโนโลยีใหม่ในประเทศไทยนั้น จะต้องอาศัยการพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่สำคัญเพื่อวิเคราะห์และประกอบการพิจารณากำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ที่เหมาะสม ซึ่งในการศึกษานี้ได้พิจารณาถึงความเข้ากันได้ระหว่างการใช้งานระบบที่ใช้เทคโนโลยีใหม่และระบบที่ใช้งานอยู่เดิม (Compatibility with existing systems) ความเท่าเทียมในการเข้าถึงคลื่นความถี่ (Equitable access) ความสมดุลในการรองรับเทคโนโลยี (Balance in technology) และทิศทางและแนวโน้มในการเลือกใช้เทคโนโลยีในต่างประเทศ (Direction and trend) โดยสามารถนำมาสรุปและเปรียบเทียบคุณลักษณะของการใช้งานทั้ง 2 ลักษณะ ตามหลักในการพิจารณาดังกล่าวในเบื้องต้นได้ตามตารางที่ 5.1 และสรุปการเปรียบเทียบเทคโนโลยี Wi-Fi 6E และ 5G ได้ตามตารางที่ 5.2 ซึ่งเป็นข้อเท็จจริงและข้อวิเคราะห์ระหว่างทั้ง 2 ลักษณะการใช้งาน โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ในแต่ละประเด็นดังปรากฏในหัวข้อย่อยของบทนี้ ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดตัวเลือกที่เป็นไปได้และการจัดเตรียมแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz สำหรับประเทศไทย เพื่อให้การใช้คลื่นความถี่ย่านดังกล่าวเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และมีความเหมาะสมเท่าทันเทคโนโลยีใหม่

ตารางที่ 5.1 คุณลักษณะของการใช้งานในลักษณะ Unlicensed และ Licensed IMT ตามหลักในการพิจารณา

ลักษณะการใช้งาน / หลักการพิจารณา	Unlicensed	Licensed IMT
ความสามารถในการอยู่ร่วมกับการใช้งานเดิม (FSS and FS)	อยู่ร่วมกันได้ภายใต้เงื่อนไขทางเทคนิค	อยู่ระหว่างการศึกษาของ ITU-R
ความเท่าเทียมในการเข้าใช้คลื่นความถี่ (Equitable access)	- ไม่ต้องได้รับอนุญาตหรือจัดสรร - ไม่จำกัดเทคโนโลยี - อุปกรณ์ที่รองรับย่าน 6 GHz	- เฉพาะผู้สมัครบริการเครือข่าย IMT - เฉพาะเทคโนโลยี IMT - อุปกรณ์ IMT ที่รองรับย่าน 6 GHz
โอกาสเกิดนวัตกรรมใหม่	- เปิดโอกาสให้เกิดนวัตกรรมและการใช้งานใหม่อย่างกว้างขวาง - เปิดโอกาสให้เทคโนโลยีรุ่นถัดไปสามารถใช้งานได้	- เปิดโอกาสให้เกิดการใช้งานหรือโมเดลธุรกิจใหม่ - เปิดโอกาสให้เทคโนโลยี IMT รุ่นถัดไปสามารถใช้งานได้
แนวโน้ม / ทิศทางของประเทศระดับแนวหน้า	- สหรัฐอเมริกา - เกาหลีใต้ - กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป (ส่วนล่างของคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz)	- จีน

ลักษณะการใช้งาน / หลักการพิจารณา	Unlicensed	Licensed IMT
ประสิทธิภาพการใช้งาน	- ความเชื่อถือได้น้อยกว่า - อัตราการรับส่งข้อมูลในแง่ของลักษณะการใช้งานต่ำกว่า - ความล่าช้าสูงกว่า - อัตราการรับส่งข้อมูลในแง่ของผู้ใช้อาจสูงหรือต่ำกว่า ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่เลือกใช้ หรือระดับของบริการเชื่อมต่อที่เลือกใช้ - รองรับการเคลื่อนที่น้อยกว่า	- ความเชื่อถือได้สูงกว่า - อัตราการรับส่งข้อมูลในแง่ของลักษณะการใช้งานสูงกว่า - ความล่าช้าต่ำกว่า - อัตราการรับส่งข้อมูลในแง่ของผู้ใช้อาจสูงหรือต่ำกว่า ขึ้นอยู่กับระดับของบริการที่เลือกใช้ - รองรับการเคลื่อนที่มากกว่า
ต้นทุนในการเข้าถึงคลื่นความถี่	ต่ำกว่า หรือไม่มีค่าใช้จ่าย	สูงกว่า

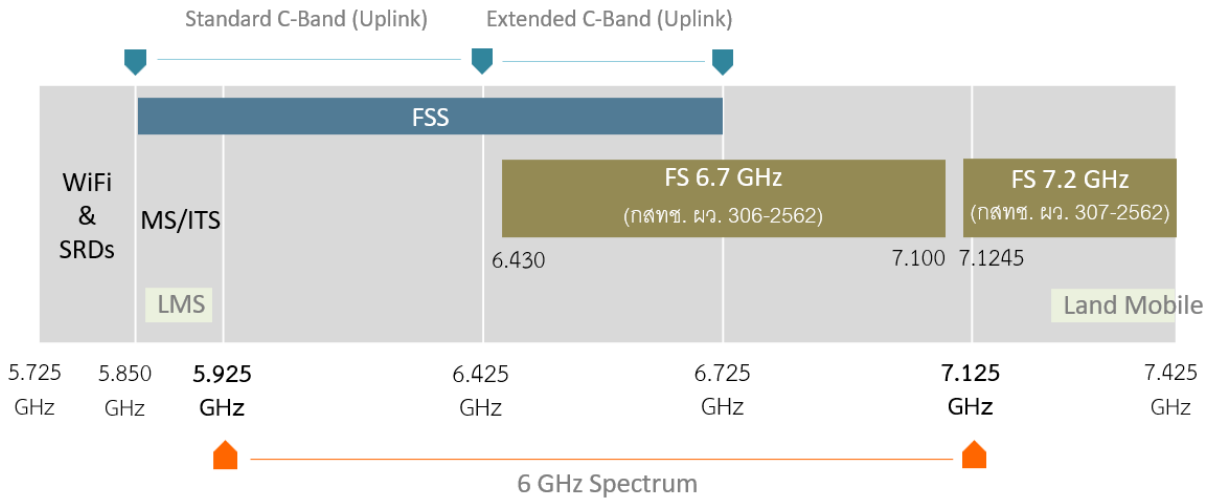
ตารางที่ 5.2 ข้อเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี Wi-Fi 6E และ 5G [30]

เทคโนโลยี / คุณสมบัติ	Wi-Fi 6E	5G
อัตราส่งข้อมูลสูงสุด	9.6 Gbps	20 Gbps
ระยะครอบคลุม	<50 เมตร ภายในอาคาร <300 เมตร ภายนอกอาคาร	100–300 เมตร สำหรับเซลล์ขนาดเล็ก < 100 กิโลเมตร สำหรับเซลล์ขนาดใหญ่
การรบกวนระหว่างเซลล์	ควบคุมได้ยาก	อยู่ในความควบคุม
โมเดลธุรกิจ	- บริการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต - ฟรีกรณีไม่มีการเชื่อมต่อออกสู่ภายนอก (Pure WLAN)	- บริการแพคเกจรายเดือน - บริการแพคเกจเติมเงิน
ราคาเครื่องลูกข่าย (UE)	ต่ำ	สูง
ต้นทุนอุปกรณ์ Chip/modem	ต่ำ	สูง
ต้นทุนการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต	มีค่าบริการรายเดือน	มีค่าบริการรายเดือน ต่อจำนวนอุปกรณ์
ต้นทุนการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ในเครือข่ายท้องถิ่น	ฟรี	มีค่าบริการรายเดือน ต่อจำนวนอุปกรณ์ (สำหรับ Direct 5G)

5.1 ความเข้ากันได้ระหว่างระบบที่ใช้เทคโนโลยีใหม่และระบบที่ใช้งานอยู่เดิม

ในปัจจุบันมีการศึกษาความเหมาะสมของเทคโนโลยีใหม่ในการอยู่ร่วมกับการใช้งานเดิมในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ซึ่งประกอบด้วยการใช้งานหลัก 2 กิจการ คือ กิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม (Fixed-Satellite Service: FSS) และกิจการประจำที่ (Fixed Service: FS) ดังแสดงในรูปที่ 5.1 โดยการศึกษาที่ได้ผลลัพธ์และนำไปสู่การกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับเทคโนโลยีใหม่ ได้แก่ การศึกษาการใช้คลื่นความถี่ในลักษณะ Unlicensed ของอุปกรณ์ประเภท Wireless Access Systems รวมถึง Radio Local Area Networks systems (WAS/RLAN) ในคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz โดยหน่วยงาน Electronic Communications Committee (ECC) ของทวีปยุโรป และการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในลักษณะ

Unlicensed โดยหน่วยงาน Federal Communications Commission (FCC) ของสหรัฐอเมริกา นอกจากนี้ยังมีการศึกษาและพิจารณาความเหมาะสมของเทคโนโลยี 5G/IMT ที่ใช้ในลักษณะ Licensed ในคลื่นความถี่ 6.425-7.025 GHz สำหรับเขตภูมิภาคที่ 1 และ 7.025-7.125 GHz สำหรับทุกเขตภูมิภาค ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระเบียบวาระ (Agenda Item) ที่ 1.2 ของการประชุมใหญ่ระดับโลกว่าด้วยวิทยุคมนาคม ค.ศ. 2023 (WRC-23) ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 หัวข้อ 3.2 ของรายงานฉบับนี้



รูปที่ 5.1 การใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ของประเทศไทยในปัจจุบัน

5.1.1 ECC Report 302

รายงานผลการศึกษาเรื่อง “Sharing and compatibility studies related to Wireless Access Systems including Radio Local Area Networks (WAS/RLAN) in the frequency band 5925-6425 MHz” หรือ ECC Report 302 [31] มีการศึกษาการใช้คลื่นความถี่ร่วมกันและความเข้ากันได้ (Sharing and Compatibility Studies) ระหว่าง Wireless Access Systems รวมถึง Radio Local Area Networks systems (WAS/RLAN) และระบบที่ใช้งานอยู่เดิม (Existing incumbent systems) ในคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้ากันได้และเงื่อนไขทางเทคนิคสำหรับการเปิดให้ใช้งาน WAS/RLAN ร่วมกับการใช้งานในระบบอื่นที่มีอยู่เดิม อาทิ กิจการประจำที่ (Fixed Service: FS) และกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม (Fixed-Satellite Service: FSS) โดยไม่ก่อให้เกิดข้อจำกัดต่อการใช้งานเดิมในคลื่นความถี่ย่านดังกล่าว รวมถึงการใช้งานในคลื่นความถี่ย่านข้างเคียง (Adjacent band) ในประเทศสมาชิกของ European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT) ซึ่งนำไปสู่การกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ของอุปกรณ์ประเภทดังกล่าวในลักษณะ Unlicensed ในคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ของทวีปยุโรป [21] ซึ่งมีรายละเอียดข้อกำหนดทางเทคนิคปรากฏในบทที่ 4 หัวข้อ 4.4 ของรายงานฉบับนี้ ผลการศึกษาการอยู่ร่วมกันระหว่างระบบ WAS/RLAN และระบบ FS/FSS สามารถสรุปโดยสังเขปได้ดังนี้

<u>การศึกษาระหว่างระบบ WAS/RLAN และกิจการประจำที่ (Fixed Service: FS)</u>

ศึกษาโดยการจำลอง (Simulation) สถานการณ์การใช้งาน WAS/RLAN และ FS ร่วมกัน โดยอาศัยหลักการ Minimum Coupling Loss (MCL) และ Monte Carlo analysis ซึ่งพบว่า การใช้งาน WAS/RLAN ภายนอกอาคารด้วยกำลังส่ง (EIRP) 1 W สามารถก่อให้เกิดการรบกวนจากพื้นที่โดยรอบ FS link

ได้ (ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ) การใช้งานภายในอาคารด้วยกำลังส่ง (EIRP) 250 mW จะสามารถลดพื้นที่ของการรบกวนได้เป็นอย่างมาก แต่ยังสามารถก่อให้เกิดการรบกวนเกินค่า short term protection threshold ที่ยอมรับได้ เมื่อมีการใช้งาน WAS/RLAN ใกล้ตัวรับสัญญาณของระบบ FS ด้วยค่า RF activity factor ที่ 2% และการติดตั้งใช้งาน WAS/RLAN ภายในอาคารด้วยกำลังส่ง (EIRP) สูงสุดไม่เกิน 200 mW มีความเป็นไปได้สำหรับการใช้งานร่วมกัน โดยมีค่า Fractional Degradation in Performance (FDP) ในระดับที่ยอมรับได้

<u>การศึกษาระหว่างระบบ WAS/RLAN และกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม (Fixed-Satellite service: FSS)</u>

ศึกษาโดยใช้หลักการ Monte Carlo และการวิเคราะห์เชิงสถิติ โดยตั้งสมมติฐานให้การใช้งาน FSS มีพื้นที่ครอบคลุมทั่วทวีปยุโรปและใช้รูปแบบการติดตั้ง WAS/RLAN (Deployment) ในทวีปยุโรป ในปี ค.ศ. 2025 และประเมินการรบกวนที่เกิดขึ้นจาก WAS/RLAN ต่อตัวรับสัญญาณของระบบ FSS ในอวกาศ ซึ่งพบว่า การจำลอง (Simulation) ติดตั้งใช้งาน WAS/RLAN ไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานของ FSS (uplink) ในคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ในทวีปยุโรป โดยเฉพาะการใช้งานภายในอาคารด้วยกำลังส่งที่จำกัด อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ระบบ FSS มีความไว (Sensitive) สูง ในบางสถานการณ์จำลองพบว่าการรบกวนมีค่าใกล้เคียงขีดจำกัดที่สามารถยอมรับได้ (FSS protection criteria) ที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งเป็นความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ทั้งนี้ สามารถแก้ไขได้โดยการควบคุมการใช้งานกรณี WAS/RLAN ภายนอกอาคารที่มีกำลังส่งสูง

5.1.2 FCC-20-51

รายงาน “Unlicensed Use of the 6 GHz Band; Expanding Flexible Use in Mid-Band Spectrum Between 3.7 and 24 GHz” หรือ FCC-20-51 [11] มีการระบุเงื่อนไขทางเทคนิคสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในลักษณะ Unlicensed ในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ซึ่งประยุกต์ใช้แนวทางจากเงื่อนไขทางเทคนิคที่ใช้งานในลักษณะเดียวกันในคลื่นความถี่ย่าน 5 GHz และมีความสอดคล้องกัน โดยกำหนดให้สามารถใช้งานอุปกรณ์ประเภท Standard-Power ในคลื่นความถี่ U-NII-5 (5.925-6.425 GHz) และ U-NII-7 (6.525-6.875 GHz) และอุปกรณ์ประเภท Low-Power ในคลื่นความถี่ U-NII-5 (5.925-6.425 GHz) U-NII-6 (6.425-6.525 GHz) U-NII-7 (6.525-6.875 GHz) และ U-NII-8 (6.875-7.125 GHz) ซึ่งสามารถสรุปแนวทางการใช้งานอุปกรณ์ดังที่กล่าวมาร่วมกับการใช้งาน FS และ FSS ที่มีอยู่เดิมได้ดังนี้

<u>การอยู่ร่วมกันระหว่างการใช้งานในลักษณะ Unlicensed และกิจการประจำที่ (Fixed Service: FS)</u>

FCC กำหนดให้สามารถใช้งานอุปกรณ์ประเภท Standard-Power ในคลื่นความถี่ U-NII-5 และ U-NII-7 ด้วยกำลังส่ง (EIRP) สูงสุดไม่เกิน 36 dBm (4 W) และความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง (Power spectral density: PSD) 23 dBm/MHz (EIRP) สำหรับ Access point และกำหนดให้สามารถใช้งานด้วยกำลังส่ง (EIRP) สูงสุดไม่เกิน 30 dBm (1 W) และ PSD ไม่เกิน 17 dBm/MHz สำหรับ Client device ทั้งนี้จะต้องใช้งานภายใต้การควบคุมของระบบ Automated Frequency Coordination (AFC) ซึ่งจะมีการระบุพื้นที่และคลื่นความถี่ที่อุปกรณ์ Unlicensed ไม่สามารถใช้งานได้ เพื่อป้องกันการรบกวนต่อการใช้งาน FS

ในส่วนของอุปกรณ์ประเภท Low-Power นั้น FCC กำหนดให้สามารถใช้งานในคลื่นความถี่ตั้งแต่ U-NII-6 ไปจนถึง U-NII-8 โดยให้ใช้งานภายในอาคารเท่านั้น ด้วยกำลังส่ง (EIRP) สูงสุดไม่เกิน 30 dBm (1 W) และ PSD ไม่เกิน 11 dBm/MHz สำหรับ Access point และด้วยกำลังส่ง (EIRP) สูงสุดไม่เกิน

24 dBm (250 mW) สำหรับ Client device โดยสามารถป้องกันไม่ให้เกิดการรบกวนต่อการใช้งานเดิมในคลื่นความถี่ย่านดังกล่าว เนื่องจากสัญญาณจะถูกลดทอนเมื่อต้องผ่านกำแพงอาคารอย่างมีนัยสำคัญ (Median signal loss value for traditional construction 17 dB) นอกจากนี้ ในการศึกษาและกำหนดเงื่อนไขทางเทคนิคเพื่อป้องกันการรบกวน มีการกำหนดให้อุปกรณ์ประเภทนี้ใช้ Contention-based protocol ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้คลื่นความถี่ร่วมกันจากหลากหลายผู้ใช้งาน เพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าการใช้งาน FS เดิมจะไม่ถูกรบกวนโดยอุปกรณ์ดังกล่าว รวมถึงสามารถหลีกเลี่ยงการรบกวนกันเองจากการใช้งานอุปกรณ์ประเภทนี้

<u>การอยู่ร่วมกันระหว่างการใช้งานในลักษณะ Unlicensed และกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม (Fixed-Satellite service: FSS)</u>

ด้วยเงื่อนไขทางเทคนิคในส่วนของการอยู่ร่วมกันระหว่างการใช้งานในลักษณะ Unlicensed และกิจการประจำที่ (Fixed Service: FS) ข้างต้น สามารถป้องกันการรบกวนต่อการใช้งานใน FSS ในคลื่นความถี่ U-NII-5 และ U-NII-7 ได้ โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยระบบ AFC ในการป้องกันการรบกวนของตัวรับในระบบ FSS เนื่องจากกำลังส่งของอุปกรณ์ Standard-Power นั้นมีเพียงเล็กน้อยหรืออยู่ในระดับต่ำมากเมื่อพิจารณาที่ระดับตัวรับของระบบ FSS ในอวกาศ นอกจากนี้ การใช้งาน Standard-Power access points โดยปกติจะใช้สายอากาศที่กระจายสัญญาณทั่วทุกทิศทาง (Omnidirectional antenna) หรือ สายอากาศที่กระจายสัญญาณเป็นมุมกว้าง (Wide-beamwidth antenna) เช่น 60 - 120 องศา และมีความมีทิศทาง (Directivity) น้อย อย่างไรก็ตาม FCC กำหนดขีดจำกัดกำลังส่ง (EIRP) ที่ระดับมุมเงยเหนือ 30 องศาขึ้นไปให้ไม่เกิน 21 dBm (125 mW) เพื่อป้องกันโอกาสที่เกิดรบกวนการใช้ FSS จากการรวมตัว (Aggregation) ของสัญญาณที่มีการใช้งานเป็นจำนวนมาก และให้มีความสอดคล้องกับแนวทางปฏิบัติเดิมของการใช้งานในคลื่นความถี่ U-NII-1 (5.150–5.250 GHz) ในปัจจุบัน

จะเห็นว่าในปัจจุบันนี้ มีการเผยแพร่ผลการศึกษาเกี่ยวกับการใช้งานคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในลักษณะ RLAN/Unlicensed ซึ่งสามารถอยู่ร่วมกับการใช้งานเดิมได้ ภายใต้เงื่อนไขหรือข้อกำหนดทางเทคนิคที่เหมาะสม แต่สำหรับเทคโนโลยี 5G/IMT ที่ใช้ในลักษณะ Licensed นั้นยังอยู่ระหว่างการศึกษาและการประชุมในระดับนานาชาติ ซึ่งอาจต้องรอผลการประชุม WRC-23 หรือการศึกษาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในอนาคต เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในประเด็นการอยู่ร่วมกันระหว่างการใช้งานเทคโนโลยีใหม่และการใช้งานเดิมในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ต่อไป

5.2 ความเท่าเทียมในการเข้าถึงคลื่นความถี่

ความเท่าเทียมในการเข้าถึงคลื่นความถี่ (Equitable access) ในกรณีที่มีการกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz เพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ พิจารณาได้จากความสามารถและต้นทุนในการเข้าใช้คลื่นความถี่โดยผู้ใช้ โดยสามารถพิจารณาได้ดังนี้

<u>กรณีการใช้ในลักษณะ Unlicensed</u>

สิทธิการเข้าใช้คลื่นความถี่เป็นไปตามแนวทางและหลักการของคลื่นความถี่ที่อนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไป (Unlicensed spectrum) โดยทุกคนสามารถเข้าใช้ได้ภายใต้กฎระเบียบที่ กสทช. กำหนด อาทิ ประกาศ กสทช. เรื่อง หลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่และเครื่องวิทยุคมนาคมที่อนุญาตให้มีการใช้งานเป็นการทั่วไป ซึ่งอาจมีการกำหนดหรือไม่กำหนดการใช้เทคโนโลยี (Neutral technologies) ที่อนุญาตให้ใช้งานในคลื่นความถี่นั้น ๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและความเหมาะสมต่อการใช้คลื่นความถี่ร่วมกัน

กรณีการใช้ในลักษณะ Licensed IMT

ตามหลักการของคลื่นความถี่ที่ต้องได้รับการอนุญาตหรือการจัดสรรคลื่นความถี่ (Licensed spectrum) สิทธิการเข้าใช้คลื่นความถี่จะเป็นของผู้ได้รับการจัดสรรคลื่นความถี่ในย่านนั้น ๆ ซึ่งโดยปกติแล้วการขอรับจัดสรรคลื่นความถี่จะต้องเสียค่าตอบแทนการใช้คลื่นความถี่ ผู้ขอรับการจัดสรรคลื่นความถี่จึงเป็นผู้ประกอบการที่สามารถหารายได้จากการประกอบธุรกิจ ไม่ว่าจะเป็นธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการสื่อสารหรือธุรกิจอื่น ๆ สำหรับการจัดสรรคลื่นความถี่ในกิจการ IMT ของประเทศไทยนั้นอาศัยวิธีการประมูล (Auction) เพื่อกระตุ้นให้เกิดการแข่งขันในอุตสาหกรรม ซึ่งนับเป็นต้นทุนในการประกอบกิจการของผู้รับการจัดสรรหรือผู้ให้บริการ IMT ที่จะนำไปใช้สำหรับให้บริการแก่ผู้ใช้บริการหรือผู้บริโภคต่อไป ดังนั้น ผู้ที่สามารถเข้าถึงคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในลักษณะ Licensed IMT ได้นั้น จะต้องเป็นผู้รับบริการของผู้ให้บริการที่ได้รับการจัดสรรและนำคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ไปเปิดให้ใช้บริการ ทั้งนี้ อุปกรณ์ของผู้รับบริการจะต้องสามารถรองรับมาตรฐานสำหรับการใช้ IMT ในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ด้วย

5.3 ความสมดุลในการกำหนดคลื่นความถี่เพื่อรองรับเทคโนโลยี

ในปัจจุบันประเทศไทยมีคลื่นความถี่ที่ถูกกำหนดให้ใช้ในลักษณะ Licensed spectrum สำหรับ IMT และ Unlicensed spectrum ตามตารางที่ 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ ซึ่งในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะคลื่นความถี่ต่ำไปจนถึงคลื่นความถี่กลาง เพื่อแสดงให้เห็นว่าปัจจุบัน ประเทศไทยมีการกำหนดคลื่นความถี่ทั้ง 2 ลักษณะอยู่ในปริมาณเท่าใด โดยคลื่นความถี่ Unlicensed spectrum จะหยิบยกขึ้นมาพิจารณาเฉพาะคลื่นความถี่ที่สามารถใช้งานในลักษณะ “ทั่วไป” และ RLAN เพื่อให้ลักษณะการใช้งานที่ได้รับอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับลักษณะการใช้งานของเทคโนโลยีใหม่ที่กำลังกล่าวถึง

ตารางที่ 5.3 คลื่นความถี่สำหรับกิจการ IMT ของประเทศไทยในปัจจุบัน [32]

คลื่นความถี่สำหรับกิจการ IMT ในประเทศไทย (MHz)	ความกว้างแถบความถี่ (Bandwidth, MHz)
703 – 748	45
758 – 803	45
824 – 844	15
869 – 884	15
890 – 915	25
935 – 960	25
1427 – 1518*	91
1710 – 1785	75
1805 – 1880	75
1920 – 1980	60
2110 – 2170	60
2300 – 2370	70
2500 – 2690	190
3400 – 3700**	300
รวม	**1091**

คลื่นความถี่ 1427–1518 MHz หรือ L-band และย่าน 3500 MHz หรือ C-band ปัจจุบันอยู่ระหว่างการศึกษาเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการจัดสรรคลื่นความถี่สำหรับกิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล (IMT) ตามเชิงอรรถประเทศไทยในแผนแม่บทการบริหารคลื่นความถี่ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2564) [1] ดังนี้

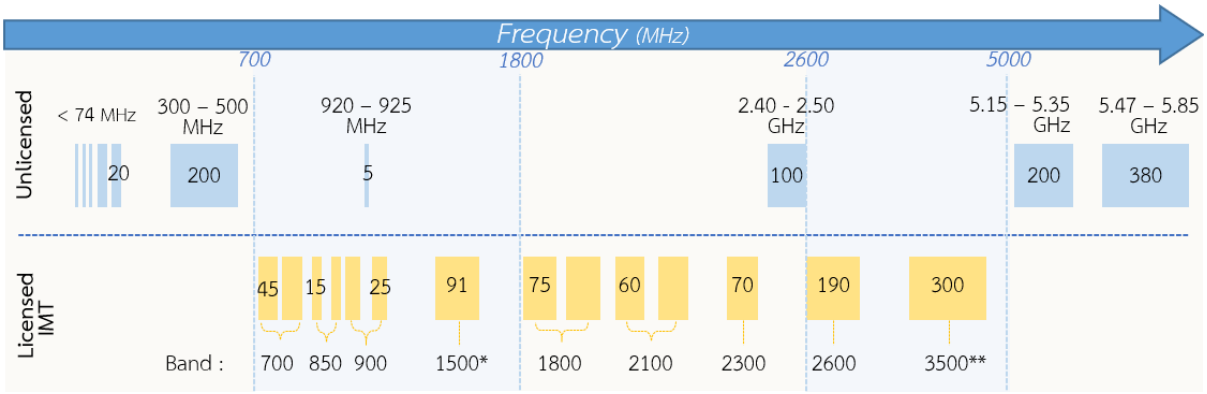
* T-P6 กสทช. จะจัดทำหลักเกณฑ์การอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่และแผนความถี่วิทยุเพื่อรองรับการใช้คลื่นความถี่ 1427-1518 MHz 37-43.5 GHz และ 66-71 GHz เพื่อใช้งานสำหรับกิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล (IMT) โดยจะดำเนินการให้แล้วเสร็จภายในปี พ.ศ. 2568

** T-P11 กสทช. จะจัดทำหลักเกณฑ์การอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่และแผนความถี่วิทยุ สำหรับกิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล คลื่นความถี่ 3.4-3.7 GHz ทั้งนี้ ยังไม่อนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ดังกล่าวสำหรับกิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากลจนกว่าผลการศึกษาการใช้งานร่วมกันระหว่างกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียมกับกิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากลจะแล้วเสร็จ

ตารางที่ 5.4 คลื่นความถี่ที่อนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไปของประเทศไทยในปัจจุบัน [33]

คลื่นความถี่ที่อนุญาตให้ใช้ เป็นการทั่วไป (MHz)	ความกว้างแถบความถี่ (Bandwidth, MHz)
น้อยกว่า 0.315	0.315
13.553 - 13.567	0.014
26.965 - 27.405	0.44
30 – 50	20
54 – 74	20
300 - 500	200
920 – 925	5
2400 - 2500	100
5150 - 5350	200
5470 - 5850	380
รวม	**925.769**

การกำหนดคลื่นความถี่ทั้ง 2 ลักษณะข้างต้นแสดงได้ดังรูปที่ 5.2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการกำหนดคลื่นความถี่สำหรับ Licensed IMT โดยมากจะอยู่ในคลื่นความถี่ตั้งแต่ย่าน 700 MHz ไปจนถึง 3500 MHz ตามลักษณะการใช้งานและมาตรฐานสากลของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ส่วนคลื่นความถี่สำหรับ Unlicensed จะค่อนข้างกระจายตัว และเป็นไปตามลักษณะการใช้งานและมาตรฐานสากลของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องเช่นเดียวกัน โดยความกว้างแถบความถี่ (Bandwidth) รวมของคลื่นความถี่ที่กำหนดให้ใช้ในทั้ง 2 ลักษณะมีความใกล้เคียงกันหากพิจารณาคลื่นความถี่ย่าน L-band และ C-band สำหรับกิจการ IMT ร่วมด้วย ดังนั้น การพิจารณาแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz เพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ซึ่งใช้งานในลักษณะที่แตกต่างกันนี้ อาจต้องให้ความสำคัญกับความต้องการและความจำเป็นในการใช้คลื่นความถี่เพื่อรองรับการใช้งานในลักษณะนั้น ๆ ซึ่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่จะได้รับจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีใหม่ในคลื่นความถี่ย่านนี้



รูปที่ 5.2 คลื่นความถี่สำหรับ Unlicensed และ Licensed IMT ของประเทศไทย

5.4 ทิศทางและแนวโน้มในการเลือกใช้เทคโนโลยีในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในต่างประเทศ

จากการสำรวจแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz เพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ในต่างประเทศในบทที่ 4 ของรายงานฉบับนี้ แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่ชัดเจนว่ากลุ่มประเทศผู้ผลิตประเทศส่วนใหญ่ อาทิ สหรัฐอเมริกา แคนาดา สหราชอาณาจักร เกาหลีใต้ และประเทศในทวีปยุโรป ได้ประกาศกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ส่วนล่างของย่าน 6 GHz แล้ว ให้ใช้สำหรับเทคโนโลยีประเภท RLAN ในลักษณะอนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไป หรือ Unlicensed แต่สำหรับแนวทางการใช้คลื่นความถี่ส่วนบนของย่าน 6 GHz ในปัจจุบันยังมีเพียงกลุ่มประเทศในทวีปอเมริกา หรือ กลุ่มประเทศในภูมิภาคที่ 2 ของ ITU (ITU Region 2) และประเทศเกาหลีใต้ ที่ได้กำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ในลักษณะดังกล่าว ในขณะที่ประเทศในกลุ่มอื่นๆ ยังอยู่ระหว่างการศึกษาพิจารณาความเหมาะสมและรับฟังความคิดเห็นสาธารณะต่อการกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ทั้งส่วนบนและส่วนล่างของย่าน 6 GHz ซึ่งการพิจารณาดังกล่าว มีความเกี่ยวข้องกับการศึกษาของ ITU-R เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของการกำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ส่วนบน 6425-7025 MHz ในภูมิภาคที่ 1 และ 7025-7125 MHz ทั่วโลก สำหรับกิจการ IMT ตามระเบียบวาระที่ 1.2 ของการประชุม WRC-23 ซึ่งจะมีความชัดเจนหลังจากเสร็จสิ้นการประชุมดังกล่าวในไตรมาสสุดท้ายของปี ค.ศ. 2023 [11-19]

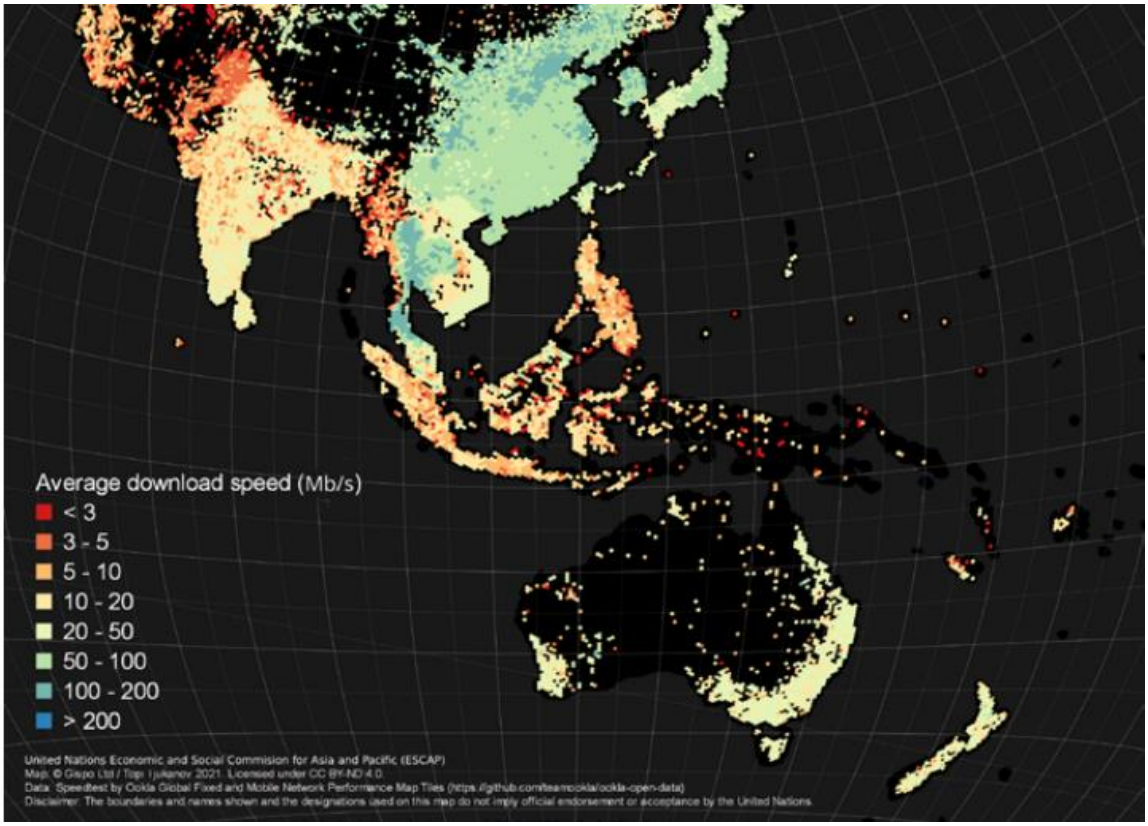
นอกจากนี้ ในรายงานการศึกษาของ Windsor Place Consulting [34] ได้นำเสนอว่า ปัจจัยต่าง ๆ ของภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก นั้นมีความแตกต่างกับภูมิภาคอื่นๆของโลก และอาจยกแนวทางของกลุ่มประเทศในภูมิภาคอื่นมาใช้โดยละเลยบริบทอื่นไม่ได้ การพิจารณาเพื่อกำหนดคลื่นความถี่ 6 GHz จึงต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ประกอบด้วย ตัวอย่างเช่น การขาดแคลนคลื่นความถี่สำหรับ 5G ในย่านความถี่กลาง (Mid Band) เนื่องจากหลายประเทศในกลุ่มเอเชียแปซิฟิกตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น และมีฝนตกชุก จึงได้รับผลกระทบจากการลดทอนของสัญญาณจากฝน (rain attenuation) ในคลื่นความถี่ย่านสูง องค์การกำกับดูแลในบางประเทศอาจพิจารณาถึงความจำเป็นในการใช้งาน C-Band ให้รองรับการใช้งานในกิจการดาวเทียมสื่อสารในทิศทางอวกาศสู่โลก (Downlink) ในย่านดังกล่าวอยู่ ทำให้อาจไม่สามารถโยกย้ายการใช้งานเพื่อเปิดให้มีการใช้คลื่นความถี่ดังกล่าวสำหรับ 5G ได้ในปริมาณสูงใกล้เคียงกับกลุ่มประเทศในเขตอบอุ่น ประเทศในภูมิภาคนี้ จึงอาจจำเป็นต้องพิจารณากำหนดคลื่นความถี่อื่นเพิ่มเติม เช่น บางส่วนของ 6 GHz (6425-7125 MHz) ให้สำหรับกิจการ IMT ด้วย โดยในรายงานดังกล่าวยังได้เสนอให้พิจารณาความสมดุลและบทบาทที่สนับสนุนกันของการใช้งาน Wi-Fi และ 5G ประกอบกันด้วย

ดังนั้น การศึกษานี้จึงเห็นควรเสนอให้นำข้อมูลปัจจัยด้านทิศทางและแนวโน้มการเลือกใช้เทคโนโลยีในต่างประเทศ เฉพาะคลื่นความถี่ส่วนล่างที่มีความชัดเจนแล้วในปัจจุบันมาประกอบการพิจารณากำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ในประเทศไทย และเห็นควรชะลอการพิจารณาแนวทางการใช้คลื่นความถี่ส่วนบนเพื่อให้ได้รับข้อมูลการศึกษาเพิ่มเติมในปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และได้รับความชัดเจนจากผลการประชุม WRC-23 หากประเทศไทยพิจารณากำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ส่วนล่างของย่าน 6 GHz หรือคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz สอดคล้องกับทิศทางการเลือกใช้เทคโนโลยีของกลุ่มประเทศส่วนใหญ่ ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งได้ประกาศกำหนดแล้ว ให้ใช้ในลักษณะ Unlicensed ประเทศไทยจะได้รับประโยชน์โดยผู้บริโภคจะมีทางเลือกใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายและผลิตจากหลายประเทศ ส่งเสริมการแข่งขัน และมีแนวโน้มจะได้ใช้สินค้าที่ราคาถูกลงจากการประหยัดต่อขนาด (Economies of Scale) เช่น ต้นทุนในการผลิตอุปกรณ์ ต้นทุนในการนำเข้าอุปกรณ์ ทางเลือกใช้งานอุปกรณ์ ความเข้ากันได้ระหว่างอุปกรณ์และเทคโนโลยีในต่างประเทศ เป็นต้น ซึ่งจะเป็นผลดีต่อทั้งผู้ใช้งานทั่วไปรวมถึงผู้ใช้งานในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ

5.5 ต้นทุนและความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานการเชื่อมต่อโครงข่าย

ประสิทธิภาพ คุณลักษณะทางเทคนิค และค่าใช้จ่ายรายเดือน ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้เทคโนโลยีของผู้บริโภค โดยในการศึกษาของ E. J. Oughton et al. [30] ชี้ว่า ความแตกต่างทางด้านราคาและต้นทุนค่าบริการรายเดือน จะทำให้เทคโนโลยีที่ใช้งานในลักษณะ Unlicensed ยังคงมีความสำคัญในการใช้งานเพื่อรองรับเครือข่ายท้องถิ่น และการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ที่ใช้งานภายในบ้าน (Home use) ในอัตราการส่งข้อมูลที่ยอมรับได้ และมีความเป็นไปได้น้อยที่จะถูกแทนที่ด้วยการใช้งานในลักษณะที่อุปกรณ์ภายในบ้านมีการต่อตรงออกไปสู่เครือข่ายภายนอกผ่านระบบ 5G (Direct 5G) เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่า

อย่างไรก็ตาม คุณลักษณะทางเทคนิค เช่น อัตราเร็วการส่งข้อมูล ที่ถูกเปรียบเทียบในตารางที่ 5.2 เป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติในการเชื่อมต่อผ่านระบบไร้สายเท่านั้น ในขณะที่ความเร็วของการเชื่อมต่อในระหว่างต้นทางและปลายทางจะเป็นผลลัพธ์ของหลายองค์ประกอบ การศึกษาของ Coleago Consulting [35] ได้ชี้ว่าประเทศที่มีโครงสร้างพื้นฐานทางการเชื่อมต่อโทรคมนาคม เช่น โครงข่ายใยแก้วนำแสง (Fiber Optics) ที่ได้รับการพัฒนาน้อย จะได้รับประโยชน์น้อยจากการกำหนดคลื่นความถี่ให้ใช้ในลักษณะ Unlicensed เนื่องจากคอขวดของการส่งข้อมูลจะอยู่ที่โครงข่ายการเชื่อมต่อ ซึ่งจะทำให้สามารถรับส่งข้อมูลระหว่างต้นทางและปลายทางได้ในอัตราที่ต่ำถึงแม้จะใช้การเชื่อมต่อ Wi-Fi ที่รองรับการเชื่อมต่อความเร็วสูง เมื่อนำข้อเสนอแนะดังกล่าว มาใช้วิเคราะห์สถานการณ์ในประเทศไทย จากรายงานการประมวลผลข้อมูลของ ESCAP ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งขององค์การสหประชาชาติ พบว่า ประเทศไทยถูกจัดอยู่ใน 1 ใน 5 ของกลุ่มประเทศที่มีความเร็วเฉลี่ยของการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตบรอดแบนด์แบบประจำที่ (Fixed Broadband) รวดเร็วที่สุดในกลุ่มประเทศเอเชียแปซิฟิก [36] และมีการกระจายค่อนข้างทั่วถึง รายละเอียดปรากฏในรูปที่ 5.3 ซึ่งอาจวิเคราะห์ได้ว่าประเทศไทยจะอยู่ในกลุ่มประเทศที่ได้ใช้ประโยชน์คลื่นความถี่อย่างคุ้มค่ากว่าเมื่อเทียบกับประเทศอื่นในภูมิภาค หากมีการกำหนดคลื่นความถี่เพิ่มเติมให้ใช้งานในรูปแบบ Unlicensed



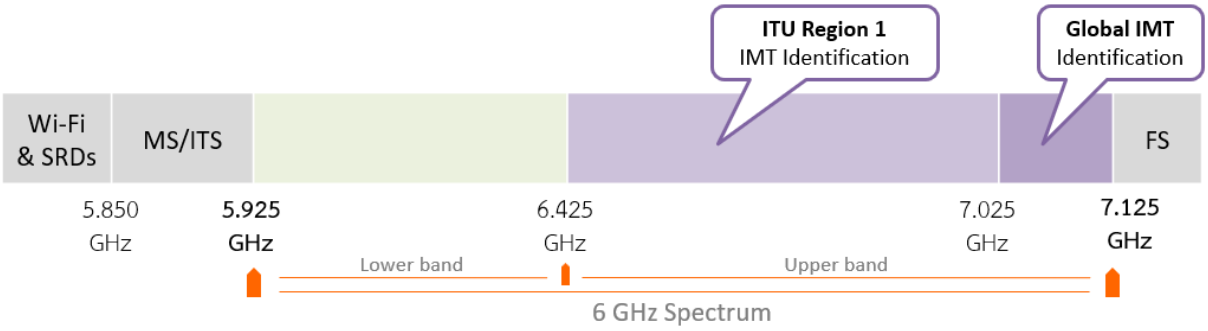
รูปที่ 5.3 ความเร็วเฉลี่ยของการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตบรอดแบนด์แบบประจำที่ (Fixed Broadband) ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกโดยประเทศไทยมีความเร็วเฉลี่ยอยู่ในกลุ่ม 50-200 Mb/s

5.6 ทางเลือกนโยบาย (Policy options) สำหรับการกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz

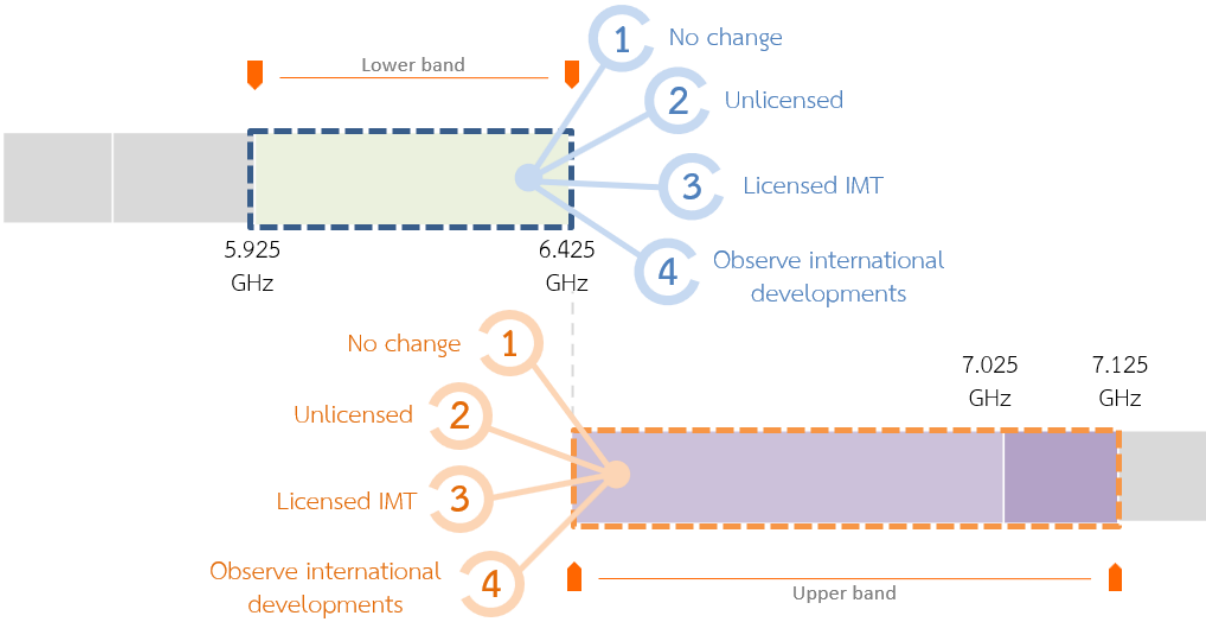
จากสถานะการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ของประเทศไทยในปัจจุบัน ซึ่งมีผู้ใช้งานเดิมอยู่ (Existing users) ประกอบกับทางเลือกในการใช้เทคโนโลยีใหม่ในคลื่นความถี่ย่านดังกล่าว ทำให้สามารถพิจารณาตัวเลือกสำหรับแนวทางกำหนดการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ได้ 4 ตัวเลือกหลัก ได้แก่

1) ไม่เปลี่ยนแปลงแนวทางการใช้คลื่นความถี่
2) กำหนดให้ใช้ในลักษณะ Unlicensed
3) กำหนดให้ใช้ในลักษณะ Licensed IMT
4) ติดตามผลการประชุม WRC-23 และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ก่อนพิจารณากำหนดแนวทาง

เมื่อพิจารณาการประชุม WRC-23 ที่มีการพิจารณาเกี่ยวกับการระบุกิจการ IMT ในคลื่นความถี่เพียงส่วน Upper band (6.425-7.125 GHz) ดังรูปที่ 5.4 รวมถึงการกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ก่อนเฉพาะส่วน Lower band (5.925-6.425 GHz) และรอติดตามผลการประชุมดังกล่าวสำหรับ Upper band ในบางประเทศ แล้วนั้น ทำให้สามารถพิจารณาเลือกตัวเลือกจาก 4 ตัวเลือก ข้างต้นได้กับคลื่นความถี่ในแต่ละช่วง ซึ่งแบ่งครึ่งที่คลื่นความถี่ 6.425 GHz เป็นหลัก โดยแตกต่างกันได้ทั้งส่วน Lower band และ Upper band ดังแสดงในรูปที่ 5.5 ตัวอย่าง เช่น ไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับ Lower band แต่กำหนดให้มีการใช้งานในลักษณะ Unlicensed หรือ Licensed IMT สำหรับ Upper band เป็นต้น



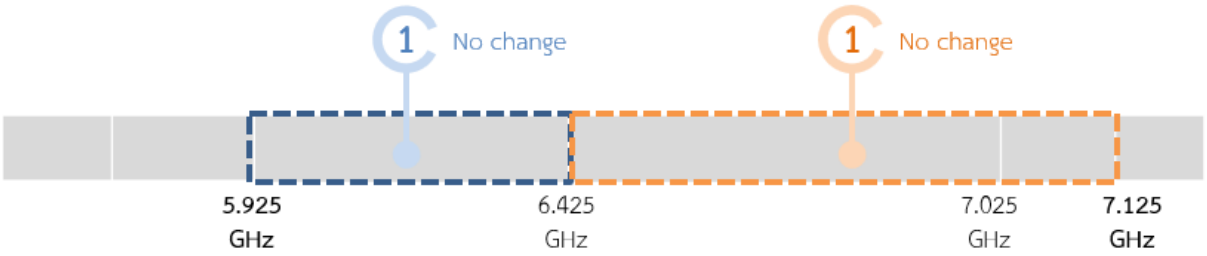
รูปที่ 5.4 การพิจารณาระบุกิจการ IMT ในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ใน WRC-23



รูปที่ 5.5 ตัวเลือกที่เป็นไปได้สำหรับแต่ละคลื่นความถี่ซึ่งสามารถกำหนดให้แตกต่างกันได้

จากสถานการณ์ตัวเลือกที่เป็นไปได้ข้างต้น เมื่อพิจารณาร่วมกับข้อวิเคราะห์ต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนั้น ทำให้ได้มาซึ่งแนวทางการใช้คลื่นความถี่ 3 แนวทางหลักสำหรับประเทศไทยพร้อมทั้งข้อดีและข้อเสีย โดยมีภาพประกอบการอธิบายในรูปที่ 5.6-5.10 ดังนี้

<u>แนวทางที่ 1</u> ไม่เปลี่ยนแปลงแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz



รูปที่ 5.6 แนวทางกำหนดการใช้คลื่นความถี่ที่ 1

ปัจจัยสนับสนุน

- ความกังวลจากผู้ใช้งานปัจจุบันที่เห็นว่าอาจได้รับผลกระทบการจากเปลี่ยนแปลง
- ความเห็นว่าการกำหนดคลื่นความถี่เพิ่มเติมเพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ยังไม่มีความจำเป็น

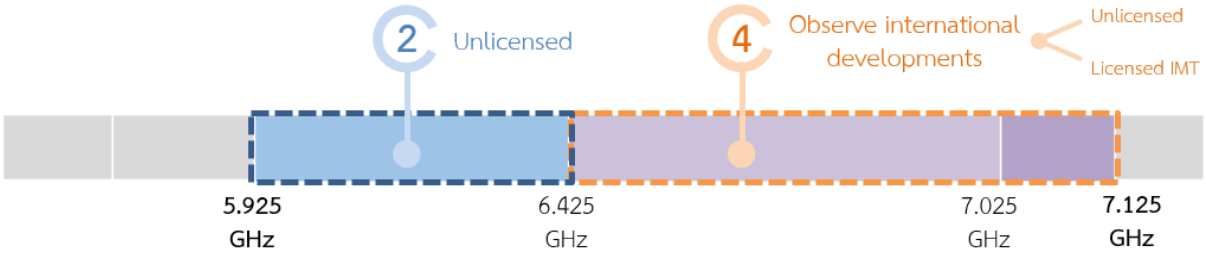
ข้อดี

- ไม่มีความยุ่งยากในการกำหนดแนวทางการใช้งานใหม่เพิ่มเติมสำหรับคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz
- ไม่มีความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบจากการใช้งานในลักษณะใหม่ต่อการใช้งานเดิม

ข้อเสีย

- อาจมีค่าเสียโอกาสจากการใช้ทรัพยากรคลื่นความถี่ไม่คุ้มค่า หากคลื่นความถี่ย่านดังกล่าวสามารถรองรับการใช้เทคโนโลยีใหม่ร่วมกับการใช้งานเดิมได้จริง
- อาจมีค่าเสียโอกาสจากการไม่ได้ใช้หรือพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ภายในประเทศ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสื่อสารที่อาจเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจอย่างมีนัยสำคัญ และเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเปลี่ยนผ่านทางดิจิทัล (Digital Transformation)
- ขาดโอกาสเปลี่ยนผ่านไปใช้เทคโนโลยีใหม่ที่มีแนวโน้มในการใช้ทรัพยากรคลื่นความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และอาจนำมาซึ่งอุปสรรคในการรองรับเทคโนโลยีที่อาจมีการพัฒนาต่อยอดให้มีความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้นในอนาคต ในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz

<u>แนวทางที่ 2</u> กำหนดคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ให้สามารถใช้ในลักษณะ Unlicensed ก่อนในระยะแรก และติดตามผลการประชุม WRC-23 ก่อนพิจารณากำหนดแนวทางที่เหมาะสมสำหรับคลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz ต่อไป



รูปที่ 5.7 แนวทางกำหนดการใช้คลื่นความถี่ที่ 2

ปัจจัยสนับสนุน

- ทิศทางและแนวโน้มการกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในต่างประเทศ
- ผลการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการอยู่ร่วมกับการใช้งานเดิม ของการใช้งานในลักษณะ Unlicensed
- มีการศึกษาเกี่ยวกับ IMT เฉพาะคลื่นความถี่ส่วนบน (6.425-7.125 GHz) เท่านั้น
- ความต้องการใช้เทคโนโลยีใหม่ในอุตสาหกรรมที่รองรับการใช้งานแตกต่างกันทั้ง 2 ลักษณะ

ข้อดี

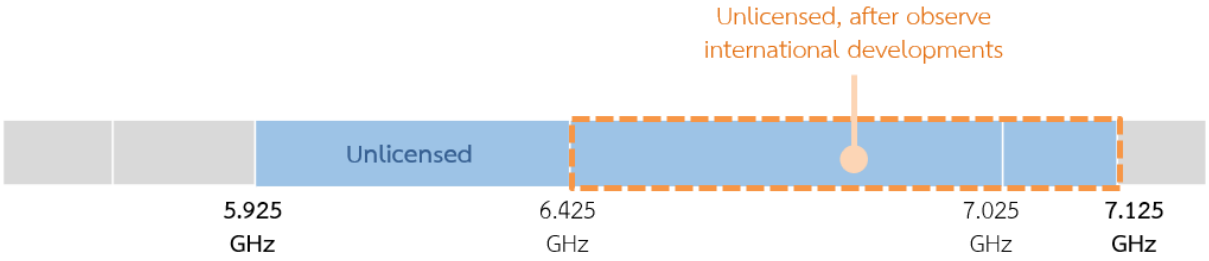
- ไม่เกิดการเสียโอกาสจากการไม่ได้ใช้คลื่นความถี่รองรับเทคโนโลยีในคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ซึ่งประเทศต่าง ๆ ได้ประกาศแนวทางการใช้คลื่นความถี่ดังกล่าวชัดเจนแล้ว

- มีความสอดคล้องกับแนวทางการกำกับดูแลในประเทศกลุ่มผู้ผลิตเทคโนโลยีส่วนมากที่ประกาศกำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ในลักษณะ Unlicensed จึงได้ประโยชน์จากการประหยัดต่อขนาด (Economies of Scale) ทำให้ต้นทุนการผลิตและต้นทุนนำเข้าอุปกรณ์ถูกและประชาชนมีทางเลือกใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์มาก
- ไม่มีค่าเสียโอกาสจากการกำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ผิดพลาดในขณะที่ยังมีความไม่แน่นอนในพัฒนาการของเทคโนโลยีในคลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz
- เปิดโอกาสให้ประชาชนสามารถเข้าใช้คลื่นความถี่ได้อย่างเท่าเทียมในคลื่นความถี่ส่วนล่าง (5.925-6.425 GHz) โดยไม่ผ่านตัวกลางซึ่งเป็นผู้รับการจัดสรร
- ผู้ใช้มีค่าใช้จ่าย (ต้นทุน) ในการเข้าใช้คลื่นความถี่ต่อจำนวนอุปกรณ์ต่ำมากในกรณีการใช้งานแบบ Unlicensed
- เพิ่มโอกาสเกิดนวัตกรรมและการประยุกต์ใช้งานใหม่ที่มีการเชื่อมต่อแบบ Unlicensed อย่างกว้างขวาง
- เพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานในลักษณะ RLAN ด้วยเทคโนโลยี Wi-Fi รุ่นใหม่
- เปิดโอกาสในการรองรับเทคโนโลยีที่ใช้ในลักษณะ Unlicensed ที่ถูกพัฒนาต่อยอดให้มีความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้นในอนาคต ในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz

ข้อเสีย

- อาจมีค่าเสียโอกาสจากการมีย่านความถี่กลาง (Mid-band) สำหรับ IMT ลดลง
- อาจมีค่าเสียโอกาสจากการรอติดตามผลการประชุม WRC-23 และไม่ได้นำคลื่นความถี่ส่วนบนมาปรับปรุงแนวทางในระหว่างนั้น
- อาจเพิ่มต้นทุนในการจำกัดคลื่นความถี่ใช้งานของอุปกรณ์ (Operating frequency) ซึ่งให้ใช้งานได้เฉพาะคลื่นความถี่ส่วนล่าง จากผู้ผลิตหรือนำเข้าอุปกรณ์บางราย

<u>แนวทางที่ 2.1</u> กำหนดให้ใช้ในลักษณะ Unlicensed เพิ่มเติมในส่วนที่เหลือ เมื่อพิจารณาความเหมาะสมหลังการประชุม WRC-23



รูปที่ 5.8 แนวทางกำหนดการใช้คลื่นความถี่ที่ 2.1

ปัจจัยสนับสนุน

- กรณีผลการศึกษาของ ITU และผลการประชุม WRC-23 ออกมาในทิศทางที่ประเทศส่วนใหญ่เห็นว่าไม่เหมาะสมที่จะทำ Harmonization คลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz สำหรับรองรับ IMT
- มีผลการศึกษาเพิ่มเติมไปในทิศทางเดียวกันว่าไม่คุ้มค่าที่จะกำหนดคลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz ให้ใช้งานสำหรับ IMT และมีความคุ้มค่ากว่าที่กำหนดคลื่นความถี่ดังกล่าวให้ใช้งานสำหรับ Unlicensed

- ไม่เกิด Ecosystem ที่ชัดเจนสำหรับการใช้งาน IMT ในคลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz หลังจากการประชุม WRC-23

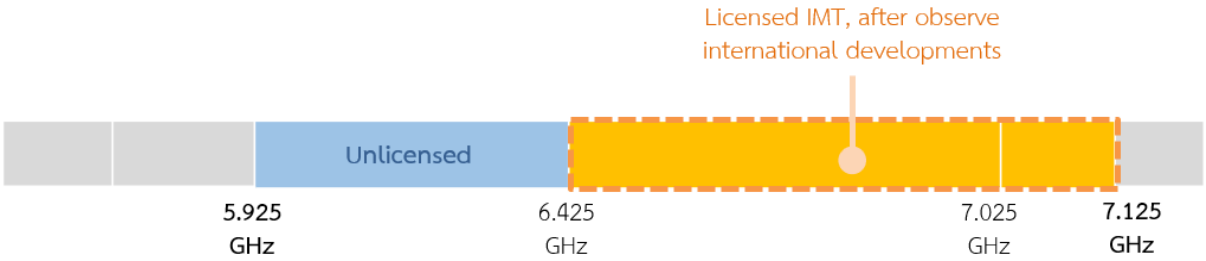
ข้อดี (เพิ่มเติม)

- มีคลื่นความถี่เพิ่มเติมให้กับการใช้งานแบบ Unlicensed ทำให้สามารถใช้งานในลักษณะที่มีช่องความถี่กว้าง เช่น 80-160 MHz ซึ่งรองรับการส่งข้อมูลความเร็วสูง
- มีความสอดคล้องกับการกำกับดูแลในกลุ่มประเทศที่ได้ประกาศกำหนดไปแล้วให้ใช้คลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz ในลักษณะ Unlicensed

ข้อเสีย (เพิ่มเติม)

- อาจมีค่าเสียโอกาสจากการมีย่านความถี่กลาง (Mid-band) สำหรับ IMT ลดลง โดยคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz อาจเป็นคลื่นความถี่สุดท้ายในย่านความถี่กลางที่จะสามารถกำหนดให้ใช้งานสำหรับ IMT ได้
- ไม่เกิดการปรับปรุงตารางกำหนดคลื่นความถี่แห่งชาติให้รองรับเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้น เนื่องจากการใช้งานในลักษณะ Unlicensed จะไม่มีการปรับปรุงหรือโยกย้ายผู้ใช้งานเดิมในคลื่นความถี่ดังกล่าว ซึ่งอาจจะใช้เทคโนโลยีเดิมที่มีการใช้คลื่นความถี่อย่างไม่มีประสิทธิภาพ

แนวทางที่ 2.2 กำหนดให้ใช้ในลักษณะ Licensed IMT เพิ่มเติมในส่วนที่เหลือ เมื่อพิจารณาความเหมาะสมหลังการประชุม WRC-23



รูปที่ 5.9 แนวทางกำหนดการใช้คลื่นความถี่ที่ 2.2

ปัจจัยสนับสนุน

- กรณีผลการศึกษาของ ITU และผลการประชุม WRC-23 ออกมาในทิศทางที่ประเทศส่วนใหญ่เห็นว่ามีความเหมาะสมที่จะทำ Harmonization คลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz เพื่อรองรับ IMT
- มีผลการศึกษาเพิ่มเติมไปในทิศทางเดียวกันว่ามีความคุ้มค่ากว่าที่จะกำหนดคลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz ให้ใช้งานสำหรับ IMT เมื่อเทียบกับการกำหนดคลื่นความถี่ดังกล่าวให้ใช้งานสำหรับ Unlicensed
- เกิด Ecosystem ที่ชัดเจนสำหรับการใช้งาน IMT ในคลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz หลังจากการประชุม WRC-23
- ประเทศไทยไม่สามารถจัดหาคลื่นความถี่เพิ่มเติมในย่านความถี่กลาง (Mid-Band) สำหรับรองรับการใช้งาน IMT เพิ่มเติมให้เพียงพอต่อการใช้งาน

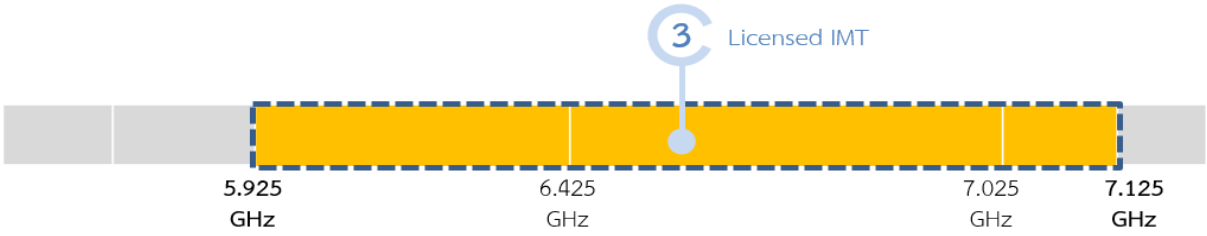
ข้อดี (เพิ่มเติม)

- เป็นการสร้างทางเลือกให้กับผู้ใช้งานในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพทางเทคนิคและต้นทุนการเชื่อมต่อที่แตกต่างกัน โดยกำหนดแบ่งทรัพยากรคลื่นความถี่ให้รองรับทั้งการใช้งานแบบ Licensed และ Unlicensed
- อาจมีความสอดคล้องกับการกำกับดูแลในกลุ่มประเทศที่ได้ประกาศกำหนดไปแล้วให้ใช้งานคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ในลักษณะ Unlicensed และ 6.425-7.125 GHz รองรับการใช้งาน IMT ในลักษณะ Licensed

ข้อเสีย (เพิ่มเติม)

- อาจมีค่าเสียโอกาสจากการไม่ได้ใช้คลื่นความถี่ย่านกว้างทั้งย่านถึง 1200 MHz โดยเทคโนโลยีเดียว ซึ่งจะรองรับอัตราการส่งข้อมูลความเร็วที่สูงมาก
- อาจมีต้นทุนในการโยกย้ายผู้ใช้งานเดิมในคลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz ไปใช้คลื่นความถี่อื่นในกรณีที่ไม่สามารถร่วมใช้คลื่นความถี่เดียวกันได้

<u>แนวทางที่ 3</u> กำหนดให้ใช้ในลักษณะ Licensed IMT เต็มทั้งย่าน (5.925-7.125 GHz) เมื่อพิจารณาความเหมาะสมหลังการประชุม WRC-23 ในปี ค.ศ. 2023



รูปที่ 5.10 แนวทางกำหนดการใช้คลื่นความถี่ที่ 2.2

ปัจจัยสนับสนุน

- กรณีไม่มีความต้องการหรือความจำเป็นในการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในลักษณะ Unlicensed
- กรณีมีความต้องการหรือความจำเป็นในการใช้ IMT ในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz
- กรณีผลการประชุมและศึกษาที่เกี่ยวข้อง ชี้ให้เห็นความเหมาะสมในการนำ Licensed IMT มาใช้ในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz เต็มทั้งย่าน ในระดับที่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในคลื่นความถี่นี้ยอมรับได้

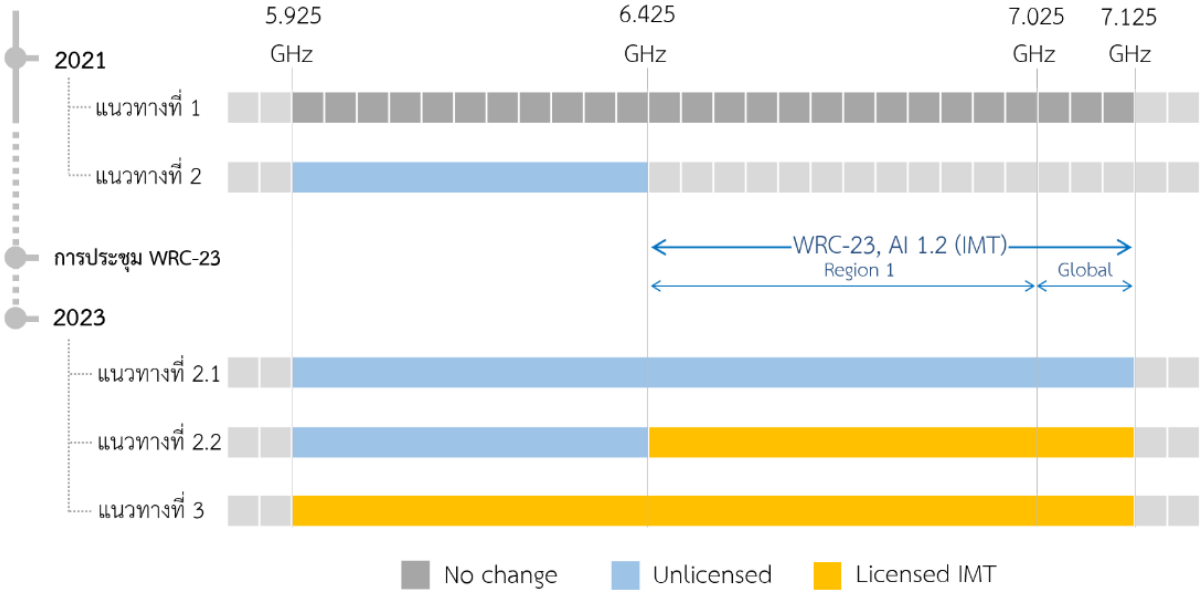
ข้อดี

- เพิ่มประสิทธิภาพการใช้เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ สำหรับโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ที่สามารถรองรับคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ได้
- เพิ่มโอกาสให้ผู้รับการจัดสรรคลื่นความถี่หรือผู้ให้บริการสร้างโมเดลธุรกิจใหม่สำหรับให้บริการลูกค้าระดับองค์กร
- เปิดโอกาสในการรองรับเทคโนโลยีในกิจการ IMT ที่อาจมีการพัฒนาต่อยอดให้มีความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้นในอนาคตในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz

ข้อเสีย

- อาจมีค่าเสียโอกาสจากการไม่กำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ในลักษณะ Unlicensed
- ประชาชนสามารถเข้าใช้คลื่นความถี่โดยจำเป็นต้องผ่านตัวกลาง ซึ่งเป็นผู้รับการจัดสรรคลื่นความถี่หรือผู้ให้บริการเท่านั้น
- เพิ่มต้นทุนในการประกอบกิจการและให้บริการเครือข่ายสื่อสารที่เกี่ยวข้อง
- ผู้ใช้มีค่าใช้จ่าย (ต้นทุน) ในการเข้าใช้คลื่นความถี่ต่อจำนวนอุปกรณ์สูง
- ต้องใช้เวลารอผลการประชุม WRC-23 ในปี ค.ศ. 2023 เพื่อประเมินความเป็นไปได้และความเหมาะสม
- ขาด Economies of Scale เนื่องจากในปัจจุบันมีเพียงประเทศจีนที่กำหนดการใช้งานในลักษณะ Licensed IMT ในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz อย่างเป็นทางการ ซึ่งอาจเป็นผลให้มีทางเลือกด้านอุปกรณ์น้อย และมีระดับการแข่งขันต่ำ
- อาจมีต้นทุนในการโยกย้ายผู้ใช้งานเดิมจำนวนมากไปใช้คลื่นความถี่อื่นในกรณีที่ไม่สามารถร่วมใช้คลื่นความถี่เดียวกันได้

แนวทางการใช้คลื่นความถี่ข้างต้นสามารถสรุปเป็นแผนภาพตามระยะเวลาตั้งแต่ปีปัจจุบันจนถึงปีที่สิ้นสุดการประชุม WRC-23 ได้ดังรูปที่ 5.11 ซึ่งเมื่อพิจารณาปัจจัยสนับสนุนและข้อดีข้อเสียในแต่ละแนวทางแล้ว จะเห็นว่าปัจจัยที่สำคัญในการพิจารณากำหนดแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz คือ ประโยชน์จากการเลือกใช้คลื่นความถี่ในแต่ลักษณะ รวมถึงความจำเป็นหรือความต้องการใช้คลื่นความถี่ในลักษณะต่าง ๆ หรือด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ ทั้งในภาคอุตสาหกรรมและการใช้งานทั่วไป



รูปที่ 5.11 สรุปแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ที่เป็นไปได้ในประเทศไทย

บทที่ 6
ความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

สำนักงาน กสทช. ได้มีการจัดประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) เรื่อง แนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz เมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม 2564 ในรูปแบบออนไลน์ โดยได้เชิญผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผู้ใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในปัจจุบัน ผู้ใช้คลื่นความถี่ย่านข้างเคียงที่ติดกับ 6 GHz ในปัจจุบัน และผู้ที่อาจมีส่วนได้ส่วนเสียจากการเปิดให้ใช้เทคโนโลยีใหม่ในอนาคต เข้าร่วมประชุมกลุ่มย่อยเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งสำนักงาน กสทช. ได้นำเสนอผลการสำรวจแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในต่างประเทศรวมถึงผลการศึกษาที่เกี่ยวข้อง โดยมีความคิดเห็นในการประชุมกลุ่มย่อยจากตัวแทนของหน่วยงาน/องค์กรต่าง ๆ ได้แก่ ผู้ใช้งานทั่วไป (End user) ผู้ให้บริการสื่อสาร (Operator) ผู้ผลิตและจัดจำหน่าย (Vendor) และผู้ผลิตอุปกรณ์ (Manufacturer) นอกจากนี้ สำนักงาน กสทช. ได้เปิดรับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาดังกล่าวภายหลังจากการประชุมกลุ่มย่อยทางไปรษณีย์และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำมาใช้ประกอบการศึกษาให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ซึ่งความเห็นที่ได้รับจากผู้มีส่วนได้เสียในการประชุมกลุ่มย่อยและในภายหลังจากการประชุมกลุ่มย่อยสามารถแบ่งออกเป็นประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- ความต้องการใช้คลื่นความถี่
- ความสมดุลในการจัดสรรคลื่นความถี่
- การอยู่ร่วมกันหรือการรบกวนระหว่างการใช้งานในกิจการใหม่และกิจการเดิม
- ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการประชุม WRC
- ความเห็นต่อแนวทางการใช้คลื่นความถี่สำหรับประเทศไทย

6.1 ข้อคิดเห็นในประเด็นความต้องการใช้คลื่นความถี่

- เห็นควรให้สำนักงาน กสทช. พิจารณาแนวทางโดยมองในภาพรวมที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมของประเทศไทย เนื่องจากการกำหนดหรือจัดสรรคลื่นความถี่มีผลกระทบไม่เพียงแค่ Consumer Market แต่มีผลกับ Business Market ด้วย ซึ่งคลื่นความถี่สำหรับเทคโนโลยี 5G ที่จะนำมาใช้ยกระดับอุตสาหกรรมหรือโรงงานต่าง ๆ เพื่อให้เข้าสู่ยุคดิจิทัล จะต้องเป็นคลื่นความถี่ที่มี Quality of Services (QoS) สามารถสนับสนุนด้านการเคลื่อนที่ (Mobility) ได้ และมีความน่าเชื่อถือ (Reliability) ดังนั้นคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz จึงเป็นย่านความถี่กลาง (Mid-band) ที่มีความสำคัญกับเทคโนโลยี 5G ถึงแม้ว่าประเทศไทยเพิ่งได้มีการจัดสรรคลื่นความถี่ย่าน 2600 MHz ไป แต่ผลปรากฏว่ามีการตอบสนองไม่ดีนัก เนื่องจากไม่ใช่ Core band จึงอยากให้พิจารณาแนวโน้มและบริบทของประเทศไทยว่าย่านความถี่กลางใหม่นี้มีความจำเป็นหรือไม่ และความถี่ที่จัดสรรไปแล้ว สามารถสนับสนุนความสามารถด้าน URLLC (Ultra-Reliable Low-Latency Communication) ของเทคโนโลยี 5G ได้หรือไม่ ก่อนดำเนินการตัดสินใจ

- เทคโนโลยี 5G เป็นปัจจัยสำคัญของการเปลี่ยนผ่านทางดิจิทัล (Digital Transformation) และมีผลกระทบต่อชุมชนและเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก และมีการคาดการณ์ว่าเทคโนโลยีและบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่จะสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นถึง 4.9% ของ GDP ในปี พ.ศ. 2567 หากมีคลื่นความถี่ที่เพียงพอสำหรับการพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ซึ่งคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz เป็น Mid-band ที่มีความสมดุลของคุณสมบัติทางเทคนิคระหว่างระยะครอบคลุม (Coverage) และการรองรับปริมาณการเชื่อมต่อ (Capacity) เหมาะสำหรับ

การเชื่อมต่อ 5G ในเมือง ช่องสัญญาณที่ต่อเนื่องกันบนคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz จะช่วยลดความหนาแน่นของปริมาณการใช้งานเครือข่ายในเมือง โดยย่านความถี่กลางที่ต้องการสำหรับเทคโนโลยี 5G จะอยู่ที่ประมาณ 2 GHz โดยเฉลี่ย จึงคาดหวังให้มีการกำหนดคลื่นความถี่ส่วน Upper band (6.425-7.125 GHz) ให้สำหรับ Licensed 5G (5G-NR) เป็นอย่างน้อย และสำหรับ Lower band (5.925-6.425 GHz) อาจกำหนดให้ใช้ในลักษณะ Unlicensed (ตัวเลือก 2.2) ตามหลักการของ Neutral technologies ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งานของประเทศไทย

- เห็นควรให้สำนักงาน กสทช. พิจารณาโดยคำนึงถึงเจตนารมณ์ของพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม ซึ่งมีหลักการสำคัญคือคลื่นความถี่เป็นไปเพื่อประโยชน์ของประชาชนเป็นสำคัญ แต่ในปัจจุบันมีการกำหนดคลื่นความถี่สำหรับประชาชนในลักษณะ Unlicensed อยู่เพียงไม่กี่ครั้ง โดยที่มีการกำหนดเพิ่มคือคลื่นความถี่ย่าน 5 GHz ซึ่งปัจจุบันมีการใช้งานใกล้เต็มแล้ว นำมาสู่คำถามที่สำคัญคือ ประชาชนทั่วไปจะมีสิทธิ์ใช้คลื่นความถี่ในลักษณะ Unlicensed ย่านใดได้บ้าง ในขณะที่มีการจัดสรรคลื่นความถี่บางย่านสำหรับกิจการ IMT ด้วยวิธีการประมูลไปแล้ว แต่ในปัจจุบันยังไม่มีการใช้งานเชิงพาณิชย์ ซึ่งอาจเป็นการไม่ตอบสนองวัตถุประสงค์ดังกล่าว รวมถึงเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายให้กับประชาชนอีกด้วย

- การใช้งานเทคโนโลยี Wi-Fi ในอนาคตมีแนวโน้มค่อนข้างสูง หากมีการกำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในลักษณะ Unlicensed เช่นเดียวกับการขยายคลื่นความถี่ย่าน 5 GHz ในลักษณะ Unlicensed ที่ผ่านมา และมีความเห็นว่าจะไม่เกิดสภาวะคอขวดในการใช้งาน Wi-Fi จากการเข้าถึงของไฟเบอร์ (Fiber to the Home: FTTH) ในกรณีที่กำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ในลักษณะ Unlicensed เนื่องจากในปี พ.ศ. 2555 ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาซึ่งพบว่า FTTH ในประเทศไทยมีการขยายตัว 3-4 แสน กิโลเมตร ซึ่งในปัจจุบันได้ผ่านมาแล้วเป็นระยะเวลาประมาณเกือบ 10 ปี ก็มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

- มีความต้องการด้านการผลิตอุปกรณ์สำหรับเทคโนโลยี Wi-Fi 6E จากกลุ่มผู้ผลิตตั้งแต่ช่วงปลายปี พ.ศ. 2563 เป็นต้นมา

- ความจำเป็นสำหรับการจัดสรรคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ทั้ง 1200 MHz ในลักษณะ Unlicensed คือ การรองรับความได้เปรียบของเทคโนโลยี Wi-Fi 6E ที่สามารถใช้ช่องสัญญาณกว้าง 160 MHz จำนวน 7 ช่องสัญญาณ ในปัจจุบันมีการใช้งาน Wi-Fi อย่างหนาแน่น ทำให้ในทางปฏิบัติสามารถใช้ความกว้างของช่องสัญญาณ Wi-Fi ได้เพียงไม่ถึง 80 MHz หากจัดสรรคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในลักษณะ Unlicensed เพียง 500 MHz จะสามารถใช้ช่องสัญญาณกว้าง 160 MHz ได้เพียงแค่ 2-3 ช่องสัญญาณ จากที่ควรรองรับการใช้งานได้ทั้งหมด 7 ช่องสัญญาณ ซึ่งอาจส่งผลให้ไม่สามารถรองรับการใช้งาน AR/VR Video-streaming 4K/8K และ Telemedicine ในอนาคต และการใช้งาน Wi-Fi 6E ที่ใช้คลื่นความถี่เพียง 500 MHz ดังกล่าวอาจไม่มีความแตกต่างจาก Wi-Fi 5 ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเท่าไรนัก นอกจากนี้ การศึกษาความเหมาะสมสำหรับ IMT ในส่วน Upper band ไม่ค่อยได้รับการสนับสนุนจากประเทศต่าง ๆ เท่าไรนัก จึงเห็นควรให้สำนักงาน กสทช. พิจารณาจัดสรรคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ให้ใช้ในลักษณะ Unlicensed แบบเต็มทั้งย่าน

- มีความคาดหวังว่า กสทช. จะช่วยผลักดันและส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีสื่อสารและ Automation ให้ประสิทธิภาพดีขึ้นและมีการเข้าถึงได้อย่างปลอดภัยมากขึ้น หากมีการขยาย Capacity ของ Digital platform ให้มีความรวดเร็วขึ้น ก็จะเป็นประโยชน์ด้านความมั่นคงและความปลอดภัยของประเทศ เช่น การเฝ้าระวัง และการตอบโต้สถานการณ์ได้ทันท่วงที เป็นต้น

6.2 ข้อคิดเห็นในประเด็นความสมดุลในการจัดสรรคลื่นความถี่

- เห็นควรให้สำนักงาน กสทช. พิจารณาคลื่นความถี่กลาง (Mid-band) ย่านอื่นนอกเหนือจากคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz สำหรับกิจการ IMT โดยให้พิจารณาถึงความเพียงพอของ Mid-band สำหรับกิจการ IMT ของประเทศไทย ซึ่งมีคลื่นความถี่ย่าน 2600 MHz และ 3500 MHz รวมถึง 4800-4990 MHz ซึ่งอยู่ในระเบียบวาระการประชุม WRC-23 และคลื่นความถี่ย่าน L-band (Supplementary Downlink) ซึ่งอยู่ระหว่างการศึกษาความเป็นไปได้สำหรับกิจการ IMT หากพิจารณาจาก Public Statements ไม่ว่าจะเป็นทางด้าน GSMA และ GSA จะมีข้อแนะนำสำหรับความกวางแถบความถี่ในย่าน Mid-band ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละผู้ให้บริการ IMT (Operator) อยู่ที่ประมาณ 80-100 MHz แต่ Mid-band ที่มีการจัดสรรให้ IMT (NR) ทั้งหมดในประเทศไทยมีอยู่มากกว่า 600 MHz โดยประมาณ ยังไม่รวมถึงคลื่นความถี่เดิมที่ใช้กับเทคโนโลยี 4G ในปัจจุบัน ซึ่งสามารถอัพเกรดเป็น 5G ได้ในอนาคต และในประเทศไทยมี Operator เพียงจำนวน 4 ราย ซึ่งมีความเพียงพอตามคำแนะนำข้างต้น นอกจากนี้ คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ไม่ใช่ Core band ของเทคโนโลยี 5G และปัจจุบันมีเพียงประเทศจีนประเทศเดียวที่จัดสรรคลื่นความถี่ 6 GHz ให้กับกิจการ IMT จึงมีข้อสังเกตว่าประเทศไทยจะได้ประโยชน์ในด้านการประหยัดต่อขนาด (Economies of Scale) อย่างไร และในทางกลับกันประเทศส่วนใหญ่มีแนวโน้มไปในทิศทางการใช้คลื่นความถี่ย่านดังกล่าวในลักษณะ Unlicensed

- เห็นควรให้สำนักงาน กสทช. พิจารณาเรื่องความสมดุลในการจัดสรรคลื่นความถี่ เนื่องจากสิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับประเทศไทยคือการสร้างสมดุลระหว่างการจัดสรรคลื่นความถี่ในลักษณะ Licensed และ Unlicensed ซึ่งไม่ควรมีการจัดสรรให้กิจการใดกิจการหนึ่งมากเกินไป เพราะจะทำให้ประเทศไทยมีค่าเสียโอกาสสูง

- เห็นควรให้สำนักงาน กสทช. คำนึงถึงความพอเพียงต่อการใช้งานในแต่ละกิจการและการนำคลื่นความถี่ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และมีข้อสังเกตว่า การนำคลื่นความถี่ไปประมูลหรือจัดสรรให้กิจการ IMT อย่างเดียว จะเป็นการจำกัดการเข้าถึงและการจำกัดการแข่งขันหรือไม่

- การกำหนดคลื่นความถี่ในลักษณะ Unlicensed สำหรับเทคโนโลยี Wi-Fi ไม่ได้มีการกำหนดเพิ่มเป็นระยะเวลาประมาณ 13-14 ปีแล้ว และเนื้อหาการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ (Content) มีแนวโน้มที่ต้องอาศัยปริมาณข้อมูลเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดสภาวะคอขวดที่การเชื่อมต่อ Wi-Fi หากไม่มีการกำหนดคลื่นความถี่เพิ่มเติมเพื่อรองรับเทคโนโลยีดังกล่าว โดยประชาชนไม่สามารถใช้อินเทอร์เน็ตได้ตามต้องการ และส่งผลกระทบต่อการก้าวไปสู่ Digital Economy ของประเทศไทยซึ่งจะต้องอาศัย Broadband Connectivity ที่เพียงพอและมีประสิทธิภาพ

6.3 ข้อคิดเห็นในประเด็นการอยู่ร่วมกันและการรบกวน

- ประเทศสหรัฐอเมริกาและสหภาพยุโรปมีการศึกษาการอยู่ร่วมกัน (Compatibility Study) ระหว่างเทคโนโลยีที่ใช้งานในลักษณะ Unlicensed และกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม และมีการยืนยันแล้วว่า การใช้งานในลักษณะ Unlicensed สามารถใช้งานร่วมกับกิจการเดิมได้ในคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz (5.925-7.125 GHz) ซึ่งจะเป็นที่คลายกังวลต่อผู้ใช้บริการและผู้ให้บริการในกิจการเดิม

- สนับสนุนหลักการอยู่ร่วมกันได้กับผู้ใช้งานเดิม (Compatibility with existing users) ที่สำนักงาน กสทช. ได้นำเสนอ ซึ่งหากกิจการที่เข้ามาใหม่มีเงื่อนไขทางเทคนิคให้สามารถอยู่ร่วมกันได้ และยังคงความคุ้มครองการใช้งานในกิจการเดิมและการพัฒนาระบบของกิจการเดิมที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต บริษัทยินดีร่วม

พิจารณาเงื่อนไขทางเทคนิคดังกล่าว และอาจมีการหารือในรายละเอียดเพิ่มเติมร่วมกันต่อไป ซึ่งสถานะข้อมูลที่เห็นได้ในปัจจุบันอาจมีความพร้อมในการพิจารณา/หารือเฉพาะเทคโนโลยี Wi-Fi ส่วนเทคโนโลยีในกิจการ IMT ณ ขณะนี้อาจยังขาดความพร้อมเนื่องจากต้องรอผลการศึกษาหรือการพิจารณาในการประชุม WRC-23 รวมถึงความพร้อมด้านอุปกรณ์

- ในการพิจารณากำหนดการใช้คลื่นความถี่ภายในย่าน 6 GHz สำหรับเทคโนโลยีที่มีการใช้งานในลักษณะ Unlicensed เช่น Wi-Fi 5G New Radio – Unlicensed (5G NR-U) Short Range Device (SRD) เป็นต้น เห็นควรให้สำนักงาน กสทช. ดำเนินการศึกษาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อการใช้คลื่นความถี่ของกิจการเดิม (Compatibility study) และพิจารณากำหนดลักษณะทางเทคนิคของอุปกรณ์ Unlicensed เช่น กำลังส่ง มุมเงยของจานสายอากาศ ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ เป็นต้น ในการประกอบการพิจารณาอนุญาตเพื่อคุ้มครองผู้ใช้คลื่นความถี่ในกิจการเดิม รวมถึงการขยายโครงข่ายของกิจการเดิมเพื่อรองรับการใช้งานเพิ่มเติมในอนาคต และในส่วนของการพิจารณากำหนดการใช้คลื่นความถี่ย่านดังกล่าวในลักษณะ Licensed เช่น กิจการ IMT ในระบบ 5G นั้น มีความเห็นว่า เรื่องดังกล่าวได้รับการพิจารณาอยู่ในวาระการประชุม WRC-23 ในคลื่นความถี่ 6.425-7.025 GHz เฉพาะเขตภูมิภาคที่ 1 และ 7.025-7.125 GHz ของทั้ง 3 เขตภูมิภาค ซึ่งจะเห็นว่า WRC-23 ไม่ได้กำหนดให้ศึกษาการใช้คลื่นความถี่ของกิจการ IMT ตลอดทั้งย่าน 6 GHz สำหรับเขตภูมิภาคที่ 3 ดังนั้น การพิจารณากำหนดคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz จึงควรรอผลการศึกษาในประเด็นที่เกี่ยวข้องก่อน เพื่อป้องกันมิให้เกิดปัญหาสัญญารบกวนหรือผลกระทบอื่น ๆ ต่อผู้ใช้คลื่นความถี่ได้

- สนับสนุนการคุ้มครองการใช้งานในกิจการเดิม (Protect existing users) เนื่องจากในปัจจุบันมีผู้ใช้คลื่นความถี่ในย่าน 6 GHz และย่านข้างเคียง ซึ่งเป็นหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนอยู่เป็นจำนวนมาก ทั้งในกิจการประจำที่และกิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม

- การใช้งานในกิจการดาวเทียมอาจส่งผลกระทบด้านการรบกวนต่อการใช้งาน Wi-Fi 6E และการใช้งานในกิจการ IMT บนคลื่นความถี่ย่านเดียวกัน จึงอยากทราบแนวทางการจัดสรรคลื่นความถี่ให้กิจการดาวเทียมของ กสทช. ในอนาคต

- เห็นควรให้สำนักงาน กสทช. พิจารณาดำเนินการศึกษาและทดสอบการรบกวนระหว่างกิจการทั้ง 3 กิจการ ได้แก่ กิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม กิจการ IMT และเทคโนโลยี Wi-Fi ที่ใช้ในลักษณะ Unlicensed เนื่องจากอาจมีการใช้งานทั้ง 3 กิจการดังกล่าวร่วมกันในอนาคต และเสนอผลการศึกษาต่อผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่านดังกล่าวต่อไป

6.4 ข้อคิดเห็นในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการประชุม WRC

- การประชุม WRC-23 มีการพิจารณาการระบุคลื่นความถี่สำหรับกิจการ IMT เฉพาะส่วนบนของคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz (6.425-7.025 GHz) และเฉพาะในเขตภูมิภาคที่ 1 ซึ่งเป็นทวีปยุโรป แอฟริกา และประเทศในตะวันออกกลางเท่านั้น จะไม่รวมถึงการศึกษา (Sharing Study) ในส่วนล่าง (5.925-6.425 GHz) ซึ่งยังไม่มีผลที่แสดงให้เห็นว่า IMT สามารถใช้งานร่วมกับกิจการเดิมได้ จึงเป็นสาเหตุว่าทำไมนอกจากประเทศจีนแล้ว ตามข้อมูลที่มีในปัจจุบัน ยังไม่ปรากฏประเทศอื่นที่ประกาศกำหนดคลื่นความถี่ย่านดังกล่าวให้กับกิจการ IMT เลย ด้วยเหตุนี้จึงอาจสามารถพิจารณาตัดตัวเลือกที่ 3 ออกได้

- ในการประชุม WRC-19 เขตภูมิภาคที่ 1 ไม่ได้สนับสนุนให้มีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้งานกิจการ IMT สำหรับคลื่นความถี่ 6.425-7.025 GHz อย่างไรก็ตามยังมีบางประเทศในทวีปแอฟริกายืนยันที่จะให้มี

การศึกษาในเรื่องดังกล่าว ในการประชุมเพื่อหาทางออกร่วมกันจึงมีการประนีประนอมโดยยินยอมให้เขตภูมิภาคที่ 1 ศึกษาเรื่องดังกล่าวสำหรับคลื่นความถี่ 6.425-7.025 GHz จึงเป็นสาเหตุที่มีบางประเทศในเขตภูมิภาคที่ 1 มีการกำหนดให้สามารถใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในลักษณะ Unlicensed แบบเต็มทั้งย่าน (1200 MHz) เช่น ประเทศซาอุดิอาระเบีย โดยพิจารณาในเรื่องของประโยชน์ที่เกิดขึ้นต่อทั้งภาคอุตสาหกรรมและประชาชน ซึ่งจะมีอิสระในการใช้คลื่นความถี่โดยไม่จำเป็นต้องผ่านผู้รับการจัดสรรคลื่นความถี่และก่อให้เกิดนวัตกรรมและการประยุกต์ใช้ใหม่ ๆ ในอนาคต

- อาจไม่มีความจำเป็นสำหรับการรอผลการประชุม WRC-23 เนื่องจากมีการประชุม APT ซึ่งมี 2 กลุ่มประเทศกำลังศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยี 5G บนคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz และคาดว่าจะมีผลการศึกษาในช่วงปลายปี พ.ศ. 2564 หรือช่วงต้นปี พ.ศ. 2565 จึงเห็นควรมิให้ตัดตัวเลือกใดออกจากการพิจารณา

6.5 ข้อคิดเห็นต่อแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz สำหรับประเทศไทย

จากข้อคิดเห็นที่ปรากฏในหัวข้อที่ 6.1 - 6.4 เป็นการแสดงเหตุผลและความสำคัญ ซึ่งเป็นปัจจัยสนับสนุนทางเลือกในการพิจารณาแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz เพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่สำหรับประเทศไทย จากหน่วยงานผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในคลื่นความถี่ดังกล่าว โดยสามารถแบ่งข้อสรุปเกี่ยวกับแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz สำหรับประเทศไทย ตามกลุ่มลักษณะของหน่วยงาน ดังนี้

<u>กลุ่มผู้ผลิตและจัดจำหน่ายในอุตสาหกรรมเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่</u>

- เห็นควรให้ชะลอการตัดสินใจสำหรับทั้งย่านความถี่ 6 GHz และยังไม่ควรตัดตัวเลือกใดออก เนื่องจากในอนาคตอาจมีความพร้อมด้านเทคโนโลยีมากยิ่งขึ้น
- อย่างน้อยที่สุดควรกำหนดคลื่นความถี่ส่วน Upper band (6.425-7.125 GHz) ให้กิจการ IMT

<u>ผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งเป็นหนึ่งในผู้ใช้งานปัจจุบัน</u>

- สนับสนุนให้กำหนดคลื่นความถี่ส่วน Lower band (5.925-6.425 GHz) ใช้ในลักษณะ Unlicensed (Wi-Fi/NR-U/SRD) และสนับสนุนให้รอผลพิจารณาจากการประชุม WRC-23 สำหรับการพิจารณาแนวทางการกำหนดคลื่นความถี่ส่วน Upper band (6.425-7.125 GHz) (ตัวเลือกที่ 2)

<u>กลุ่มผู้ผลิตและจัดจำหน่ายในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศ</u>

- เห็นควรให้กำหนดคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ให้ใช้ในลักษณะ Unlicensed แบบเต็มทั้งย่าน ซึ่งจะเป็นการเปิดโอกาสให้ประเทศไทยรองรับ Broadband connectivity และเปิดโอกาสเกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ
- เห็นควรให้พิจารณาตัดตัวเลือก 1 ออก เนื่องจากตัวเลือกดังกล่าวจะทำให้ประเทศไทยไม่สามารถใช้คลื่นความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร และเห็นควรให้กำหนดส่วน Lower band (5.925-6.425 GHz) ให้ใช้ในลักษณะ Unlicensed ก่อน และสำหรับ Upper band (6.425-7.125 GHz) อาจต้องรอดูความเหมาะสมที่จะนำไปใช้สำหรับเทคโนโลยี 5G ต่อไป
- เห็นควรให้พิจารณาตัดตัวเลือก 3 ออก เนื่องจากการประชุม WRC-23 ไม่มีการพิจารณาหรือการศึกษาการระบุกิจการ IMT ในส่วน Lower band (5.925-6.425 GHz) และปัจจุบันยังไม่มีผลการศึกษา (Sharing Study) ที่แสดงให้เห็นว่า IMT สามารถใช้งานร่วมกับกิจการเดิมใน Lower band ได้

<u>หน่วยงานของรัฐและรัฐวิสาหกิจ</u>

- มีความเห็นค่อนข้างไปในทิศทางสนับสนุนการใช้คลื่นความถี่ในลักษณะ Unlicensed ทั้งส่วน Upper band และ Lower band (ตัวเลือก 2.1)

บทที่ 7
ข้อเสนอแนะของ สำนักงาน กสทช.

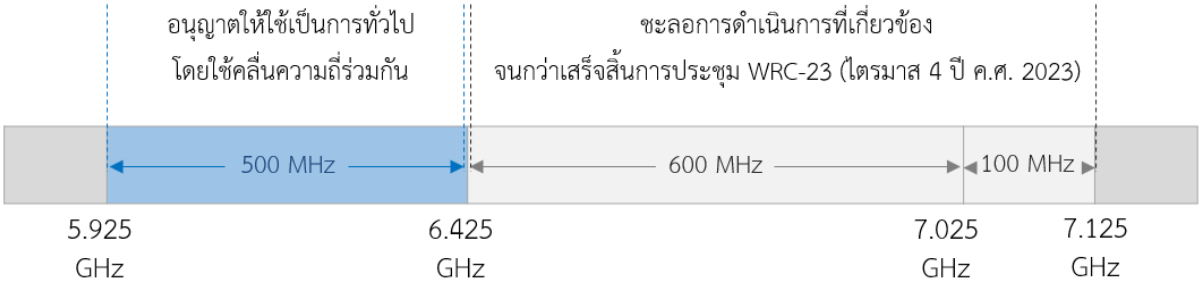
7.1 ข้อเสนอแนะของสำนักงาน กสทช.

จากการใช้ข้อมูลผลการศึกษา การรวบรวมข้อมูล และความเห็นที่ได้จากการประชุมกลุ่มย่อยที่ได้นำเสนอในบทที่ 2 ถึง บทที่ 6 เพื่อประกอบการพิจารณาจัดทำข้อเสนอแนะของ สำนักงาน กสทช. ต่อแนวทางการใช้คลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ในประเทศไทย สำนักงาน กสทช. เห็นควรให้มีข้อเสนอทางนโยบาย ดังนี้

1) เห็นควรกำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ในลักษณะอนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไป หรือไม่ต้องได้รับการอนุญาต (Unlicensed) และมีการใช้คลื่นความถี่แบบร่วมกันใช้คลื่นความถี่ (Shared access) โดยกำหนดหลักเกณฑ์ทางเทคนิคที่เป็นกลางทางเทคโนโลยี

2) เห็นควรชะลอการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับคลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz จนกว่าการประชุม WRC-23 จะเสร็จสิ้น ซึ่งกำหนดจัดขึ้นในไตรมาสสุดท้ายของปี ค.ศ. 2023 เพื่อให้ทราบความชัดเจนของการกำหนดแนวทางการกำกับดูแลคลื่นความถี่ดังกล่าวร่วมกันในระดับสากล และนำไปประกอบการพิจารณากำหนดแนวทางสำหรับประเทศไทยต่อไป

ทั้งนี้ สามารถสรุปแนวทางการดำเนินการตามข้อเสนอแนะดังกล่าว ดังปรากฏในรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 แนวทางการดำเนินการตามข้อเสนอแนะ แบ่งตามความถี่และเวลาดำเนินการ

7.2 เหตุผลสนับสนุนการจัดทำข้อเสนอแนะ

7.2.1 สมดุลและความหลากหลายของทางเลือกสำหรับผู้บริโภค

เพื่อรองรับการเติบโตของอุตสาหกรรมดิจิทัล จึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดหาและกำหนดคลื่นความถี่ให้สามารถรองรับการเชื่อมต่อที่หลากหลายรูปแบบ และมีความเหมาะสมตามลักษณะของการประยุกต์ใช้งานที่ต้องการขีดความสามารถทางเทคนิค คุณภาพการเชื่อมต่อ และราคาต้นทุนที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเป็นการเพิ่มทางเลือกที่หลากหลายให้กับผู้บริโภคและภาคธุรกิจ และส่งเสริมให้เกิดการแข่งขันและการพัฒนาให้เกิดรูปแบบการให้บริการที่หลากหลายจากการใช้คลื่นความถี่ในหลายลักษณะด้วย

การกำหนดคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ซึ่งเป็นส่วนล่างของคลื่นความถี่ย่าน 6 GHz ให้ใช้ในลักษณะอนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไป จะเป็นการเพิ่มปริมาณคลื่นความถี่สำหรับการใช้งานทั่วไปให้มีสัดส่วนใกล้เคียงกับคลื่นความถี่ที่ถูกจัดสรรให้ใช้เป็นการเฉพาะ (Dedicated assignment) สำหรับกิจการ

โทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล (IMT) ที่ได้กำหนดไว้ ตามรายละเอียดที่อภิปรายไว้ในหัวข้อที่ 5.3 ประกอบกับแนวโน้มของการกำหนดคลื่นความถี่ในย่านที่สูงขึ้นเพิ่มเติมในอนาคตอย่างต่อเนื่องสำหรับกิจการ IMT ในหลายย่านความถี่ที่มีความยาวคลื่นระดับมิลลิเมตร (mmWave) และคลื่นความถี่ 6.425-7.025 GHz และ 7.025-7.125 GHz ที่มีโอกาสได้รับการผลักดันให้กำหนดใช้งานสำหรับ IMT ผ่านการประชุม WRC-23 ระเบียบวาระที่ 1.2 ในขณะที่ยังไม่มีการกำหนดคลื่นความถี่อนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไป หรือ Unlicensed เพิ่มเติมสำหรับการใช้งานลักษณะ Broadband ในคลื่นความถี่ที่ต่ำกว่า 50 GHz นับตั้งแต่การกำหนดคลื่นความถี่ย่าน 5 GHz ให้ใช้เป็นการทั่วไป เมื่อปี พ.ศ. 2550 [37] ดังนั้น การกำหนดคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz โดยอนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไป จึงเป็นการสร้างความสมดุลในการกำหนดคลื่นความถี่ระหว่างคลื่นความถี่ซึ่งสามารถนำไปให้บริการโทรคมนาคมเชิงพาณิชย์ และคลื่นความถี่ที่อนุญาตให้ประชาชนใช้เป็นการทั่วไป และสร้างทางเลือกที่หลากหลายตามความเหมาะสมตามที่ได้กล่าวไว้

ทั้งนี้ ได้วิเคราะห์ความสำคัญของสมดุลและความหลากหลายของการเชื่อมต่อ โดยมีประเด็นสำคัญดังนี้

1) คุณภาพและต้นทุนของการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์

โดยทั่วไป การเชื่อมต่อที่รองรับโดยคลื่นความถี่ที่ถูกจัดสรรให้ใช้เป็นการเฉพาะ (Dedicated assignment) เช่น คลื่นความถี่สำหรับ IMT จะมีเสถียรภาพ (Reliability) และคุณภาพการเชื่อมต่อที่สูง และมีค่าใช้จ่ายรายเดือนจากค่าบริการเชื่อมต่อรายอุปกรณ์ ในขณะที่การเชื่อมต่อที่รองรับโดยคลื่นความถี่ที่อนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไป จะเป็นการใช้คลื่นความถี่ร่วม (Share access) และไม่คุ้มครองการรบกวน จึงมีแนวโน้มที่จะมีคุณภาพการเชื่อมต่อที่ต่ำกว่า แต่โดยทั่วไปจะไม่มีค่าใช้จ่ายจากค่าบริการเชื่อมต่อ จึงมีความจำเป็นที่ผู้ใช้งานและภาคธุรกิจจะต้องวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost-Benefit) ที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งาน เช่น การใช้งานที่จำเป็นใช้การเชื่อมต่อที่ต้องการเสถียรภาพสูง และความหน่วงต่ำ (Low latency) อาจพิจารณาใช้การเชื่อมต่อผ่านเทคโนโลยี 5G NR โดยมีค่าบริการเป็นส่วนหนึ่งของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (Operating Expenditure: OPEX) ของธุรกิจ ในขณะที่การใช้งานบางประเภท เช่น การอ่านสถานะเครื่องจักร และมิเตอร์ในอุตสาหกรรมบางประเภทซึ่งใช้งานภายใน Local Area Network อาจต้องการคุณภาพการเชื่อมต่อที่ไม่สูงเท่า 5G NR แต่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และไม่มีค่าบริการการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ เนื่องจากมีจำนวนอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อจำนวนมาก จึงอาจเลือกใช้เทคโนโลยี Wi-Fi 6E / Wi-Fi 7 หรือเทคโนโลยีการเชื่อมต่อแบบ Unlicensed อื่น ๆ เพื่อลดต้นทุนจากค่าบริการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ การเปรียบความเหมาะสมของการเลือกใช้เทคโนโลยีตามความสามารถทางเทคนิคและค่าใช้จ่าย ได้มีการอภิปรายไว้ในบทที่ 5 ตารางที่ 5.2

2) ความสามารถในการเคลื่อนที่ (Mobility) และการใช้งานในระดับท้องถิ่น

จุดเด่นสำคัญของระบบ IMT คือความสามารถในการเคลื่อนที่ (Mobility) หรือความสามารถในการนำอุปกรณ์ลูกข่ายไปใช้ในพื้นที่ใดก็ได้ที่อยู่ในพื้นที่บริการ การใช้งานในลักษณะที่มีการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ข้ามพื้นที่ในบริเวณกว้าง เช่น การติดตามตำแหน่งวัตถุในระบบขนส่ง (Logistic tracking) อากาศยานไร้คนขับ (UAV/UAS) ข้ามระยะทางไกล และระบบพาหนะไร้คนขับ (Autonomous Vehicles) ควรพิจารณาการใช้งานผ่านระบบ IMT

อย่างไรก็ตาม มีการใช้งานหลากหลายประเภทที่มีการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ในพื้นที่จำกัดหรือในเครือข่ายระดับท้องถิ่น (Local Area Network) และไม่มีการเคลื่อนที่ เช่น ระบบกล้องวงจรปิด

(CCTV) เครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม หรือ อุปกรณ์เครื่องใช้อัจฉริยะภายในบ้าน (Smart Home Devices) ฯลฯ ซึ่งโดยทั่วไปอุปกรณ์ดังกล่าวอาจมีการใช้งานโดยเชื่อมต่อกันเองภายในเครือข่ายท้องถิ่นเท่านั้น จึงไม่มีความจำเป็นในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ดังกล่าวโดยตรงออกไปโครงข่ายภายนอกของผู้ให้บริการ (Direct 4G/5G Connection) หรือระบบอินเทอร์เน็ต ก่อนจะเชื่อมต่อกลับมาในระดับท้องถิ่นอีกครั้ง ซึ่งโดยทั่วไป การใช้งานลักษณะดังกล่าวจะมีอุปกรณ์จำนวนมาก จะเป็นการก่อให้เกิดค่าบริการเป็นส่วนหนึ่งของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (OPEX) ของธุรกิจเพิ่มขึ้นตามจำนวนอุปกรณ์และการขยายขนาดเครือข่ายใช้งาน ดังนั้น การใช้งานในพื้นที่จำกัดหรือในเครือข่ายระดับท้องถิ่น (Local Area Network) และไม่มีการเคลื่อนที่ที่ให้ความสำคัญกับการควบคุมค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (OPEX) อาจพิจารณาใช้การเชื่อมต่อแบบอนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไป เช่น Wi-Fi 6E/Wi-Fi 7 หรือ 5G NR-U

นอกจากนี้ การเชื่อมต่อในเครือข่ายระดับท้องถิ่น ในพื้นที่ส่วนบุคคล เช่น โรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และบ้านพักอาศัยอาจสามารถควบคุมระดับการรบกวนได้ เนื่องจากคลื่นความถี่ดังกล่าวมีการแพร่ในระยะใกล้ และการใช้คลื่นความถี่จะเป็นการร่วมใช้ในพื้นที่ส่วนบุคคลเท่านั้น จึงสามารถควบคุมการรบกวนและกำหนดคุณภาพการเชื่อมต่อขั้นต่ำได้

3) ทางเลือกทดแทนในแต่ละพื้นที่

เพื่อสนับสนุนการแข่งขันและทางเลือกที่หลากหลายเพื่อรองรับการเชื่อมต่อในแต่ละพื้นที่ให้บริการ มีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาทางเลือกทดแทนของผู้ใช้งานแต่ละพื้นที่ที่มีความต้องการหลากหลาย เช่น การเติบโตของความต้องการในการเชื่อมต่อในเขตเมืองใหญ่ อาจพิจารณารองรับความต้องการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตบรอดแบนด์ไร้สายผ่านระบบ IMT ที่มีความสมดุลกับความทั่วถึงของโครงข่ายใยแก้วนำแสง (Fiber Optics) ซึ่งทำงานร่วมกับ Wi-Fi 6E/Wi-Fi 7 หรือ สนับสนุนโครงข่าย IMT ที่ใช้คลื่นความถี่ mmWave เช่น 24.25-27.5 GHz ที่ให้อัตราการส่งข้อมูลที่สูงมาก ประกอบกับเทคนิคการรวมคลื่นพาห์ (Carrier Aggregation) สำหรับการใช้งานดังกล่าว ในขณะที่เชื่อมต่อในพื้นที่ชนบทที่โครงข่ายใยแก้วนำแสงไปไม่ถึง หรือ มีแรงจูงใจทางเศรษฐศาสตร์น้อยที่จะตั้งสถานีโทรคมนาคม อาจพิจารณาการใช้ Internet Broadband ผ่านโครงข่ายดาวเทียมที่มีอัตราการรับ/ส่งข้อมูลสูง (High Throughput Satellite) และกระจายสัญญาณโดยใช้ Wi-Fi 6E/Wi-Fi 7 ได้

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้ศึกษาเห็นว่า การกำหนดคลื่นความถี่เพิ่มเติมให้ใช้งานเป็นการทั่วไปจะไม่ส่งผลทำลายกลไกการแข่งขันในตลาดการให้บริการทางโทรคมนาคมในระดับที่มีนัยสำคัญ เนื่องจากความต้องการใช้งานระบบ 5G และระบบที่ใช้คลื่นความถี่ในลักษณะอนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไป เช่น Wi-Fi 6E/Wi-Fi 7 มีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยการใช้งาน Wi-Fi 6E/Wi-Fi 7 ไม่ถือว่าเป็นบริการทดแทนของ 5G โดยสมบูรณ์ได้ เนื่องจากมีคุณภาพการเชื่อมต่อ และคุณลักษณะทางเทคนิคที่ต่ำกว่าจนไม่สามารถใช้งานในบางการประยุกต์ใช้งานที่รองรับโดย 5G ได้ และยังเหมาะสมสำหรับการใช้งานในลักษณะเครือข่ายท้องถิ่น (Local Area Network) เท่านั้น เช่น การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ภายในบ้าน สำนักงาน โรงงาน ซึ่งผู้ใช้งานคาดหวังว่าการใช้งานลักษณะดังกล่าวควรมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำโดยธรรมชาติ ในทางกลับกัน การกำหนดคลื่นความถี่เพิ่มเติมดังกล่าว จะเป็นส่วนเสริม (compliment) ในโครงข่ายที่ช่วยให้เกิดการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์และอาจเพิ่มโอกาสการใช้งานโครงข่าย 5G ที่มีการต่อเชื่อมต่อออกไปภายนอกได้

7.2.2 ความสอดคล้องกับแนวทางการกำกับดูแลในต่างประเทศ

เพื่อส่งเสริมการแข่งขัน และให้ผู้ใช้งานและผู้ประกอบการภายในประเทศมีทางเลือกใช้อุปกรณ์จากหลากหลายค่ายเทคโนโลยีที่ผลิตในต่างประเทศ รวมถึงการได้รับประโยชน์จากการประหยัดต่อขนาด (Economies of Scale) จึงมีความจำเป็นที่การกำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ต้องสอดคล้องกับแนวทางการกำกับดูแลในต่างประเทศ โดยจากผลการศึกษาในบทที่ 4 ทำให้ได้ข้อสรุป ดังนี้

1) คลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz

กลุ่มประเทศผู้ผลิตเทคโนโลยี เช่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา ประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป สหราชอาณาจักร เกาหลีใต้ รัสเซีย และกลุ่มประเทศในทวีปอเมริกาใต้ ได้กำหนดแนวทางการกำกับดูแลอย่างเป็นทางการสำหรับคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz โดยอนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไป ในขณะที่บางกลุ่มประเทศ เช่น ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ สิงคโปร์ และมาเลเซีย อยู่ในระหว่างการพิจารณาความเหมาะสมในการกำหนดในลักษณะดังกล่าว ทั้งนี้ มีเพียงประเทศจีนที่กำหนดแนวทางการกำกับดูแลให้ใช้คลื่นความถี่ย่านดังกล่าวสำหรับกิจการ IMT และบางประเทศในกลุ่มประเทศแอฟริกาอยู่ในระหว่างการพิจารณาใช้งานดังกล่าว แนวทางการกำกับดูแลในต่างประเทศสำหรับคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ได้ถูกสรุปไว้ในบทที่ 4 รูปที่ 4.1

ดังนั้น การกำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ในลักษณะอนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไปในประเทศไทยจึงมีความสอดคล้องกับแนวทางการกำกับดูแลในต่างประเทศ ประเทศไทยจะได้รับประโยชน์โดยผู้บริโภคจะมีทางเลือกใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายที่ผลิตจากหลายภูมิภาคในโลก เป็นการส่งเสริมการแข่งขัน และมีแนวโน้มจะได้ใช้สินค้าที่ราคาถูกลงจากการประหยัดต่อขนาด (Economies of Scale) ซึ่งจะเป็นผลดีต่อทั้งผู้ใช้งานทั่วไปรวมถึงผู้ใช้งานในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในขณะที่หากประเทศไทยไม่ได้กำหนดแนวทางที่สอดคล้องกับกลุ่มประเทศส่วนใหญ่ดังกล่าวที่ได้กำหนดทิศทางการใช้คลื่นความถี่ส่วนล่างชัดเจนแล้ว จะทำให้มีต้นทุนค่าเสียโอกาสจากปัจจัยที่ได้กล่าวมาแล้ว

2) คลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz

สหรัฐอเมริกา แคนาดา กลุ่มประเทศในทวีปอเมริกาใต้ ซาอุดิอาระเบีย และเกาหลีใต้ ได้กำหนดแนวทางการกำกับดูแลอย่างเป็นทางการสำหรับคลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz โดยอนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไป โดย ประเทศญี่ปุ่น ออสเตรเลีย และเม็กซิโก อยู่ในระหว่างการพิจารณาใช้งานดังกล่าว ในขณะที่ประเทศจีนได้กำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ดังกล่าวสำหรับกิจการ IMT

กลุ่มประเทศในภูมิภาคที่ 1 (Region 1) ของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ เช่น กลุ่มสหภาพยุโรป สหราชอาณาจักร รัสเซีย กลุ่มประเทศในอดีตสหภาพโซเวียต กลุ่มประเทศอาหรับ และกลุ่มประเทศแอฟริกา อยู่ในระหว่างการศึกษาความเหมาะสมในการกำหนดคลื่นความถี่ดังกล่าวสำหรับกิจการ IMT ตามกระบวนการในระเบียบวาระที่ 1.2 ของการประชุม WRC-23 และหลายประเทศในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก อยู่ในระหว่างการศึกษาความเหมาะสมดังกล่าว แนวทางการกำกับดูแลในต่างประเทศสำหรับคลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz ได้ถูกสรุปไว้ในบทที่ 4 รูปที่ 4.2

เนื่องจากแนวทางการกำกับดูแลในต่างประเทศสำหรับคลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz มีความแตกต่างและยังไม่สามาถหาความชัดเจนได้จนกว่าจะสิ้นสุดการประชุม WRC-23 จึงเสนอให้ชะลอการพิจารณาและติดตามความคืบหน้าของพัฒนาการดังกล่าว จนกว่าจะมีผลลัพธ์จากประชุม WRC-23 ในปี ค.ศ. 2023 จึงจะสามารถดำเนินการพิจารณากำหนดแนวทางการกำกับดูแลคลื่นความถี่ย่านดังกล่าวในประเทศไทยได้

7.2.3 ความเข้ากันได้กับกิจการเดิม

ความสามารถใช้คลื่นความถี่ร่วมและมีความเข้ากันได้ (Sharing and compatibility) กับกิจการที่มีการใช้งานอยู่เดิมในคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz และ 6.425-7.125 GHz ถือเป็นหนึ่งในข้อกังวลหลักของกลุ่มผู้ใช้งานเดิมในประเทศไทยที่ได้รับจากการประชุมย่อย (Focus Group) ซึ่งหากเทคโนโลยีใหม่ ไม่สามารถอยู่ร่วมกับกิจการเดิมได้ อาจก่อให้เกิดการรบกวนและส่งผลกระทบต่อการใช้งานที่มีอยู่แล้วเป็นวงกว้าง

จากการศึกษาการใช้งานเดิมในคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz และ 6.425-7.125 GHz พบว่ามีการใช้งานคลื่นความถี่ดังกล่าวสำหรับกิจการประจำที่ (Fixed Service) และ กิจการประจำที่ผ่านดาวเทียม (Fixed Satellite Service) โดยพบว่า หากกำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ในลักษณะอนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไปจะมีความสอดคล้องกับแนวทางการกำกับดูแลในประเทศในทวีปอเมริกา และทวีปยุโรป ซึ่งมีการใช้งานในกิจการเดิมสอดคล้องกับประเทศไทย ซึ่งประเทศไทยสามารถประยุกต์ใช้แนวทางที่กำหนดไว้ในแนวทางการกำกับดูแลของ FCC ในสหรัฐอเมริกา [11] และ ECC Report 302 [31] ในกลุ่มประเทศในสหภาพยุโรปได้

ทั้งนี้ ไม่มีแนวทางการกำกับดูแลด้านใช้คลื่นความถี่ร่วม และการเข้ากันได้ระห่างกิจการ IMT และกิจการเดิมในคลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz เนื่องจากสหรัฐอเมริกาและกลุ่มประเทศในสหภาพยุโรปได้กำหนดอย่างเป็นทางการให้ใช้คลื่นความถี่ดังกล่าวในลักษณะอนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไป และไม่ได้กำหนดให้ใช้งานสำหรับกิจการ IMT ในคลื่นความถี่ดังกล่าว สำหรับแนวทางการใช้คลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz สำหรับกิจการ IMT ร่วมกับกิจการเดิมได้ถูกศึกษาในระเบียบวาระที่ 1.2 ของการประชุม WRC-23

7.2.4 การสนับสนุนการเข้าถึงคลื่นความถี่โดยประชนทั่วไปและการพัฒนานวัตกรรมที่หลากหลาย

กำหนดให้ใช้คลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz ใช้ในลักษณะอนุญาตให้ใช้เป็นการทั่วไป โดยไม่ต้องขอรับการจัดสรรจะเป็นการสนับสนุนการเข้าถึงคลื่นความถี่โดยประชนทั่วไป ให้สามารถเชื่อมต่อและใช้งานอุปกรณ์ภายในบ้านได้โดยทันทีโดยไม่ต้องได้รับการอนุญาต และไม่เสียค่าใช้จ่ายรายเดือนสำหรับการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ จึงเป็นการลดระดับกำแพงข้อจำกัด (Barrier) ของการเข้าถึงทรัพยากรคลื่นความถี่และมีส่วนในการลดความเหลื่อมล้ำของการเข้าถึงเทคโนโลยี

นอกจากนี้ การอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่เป็นการทั่วไป เป็นการเปิดโอกาสอย่างกว้างขวางให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมที่หลากหลาย เช่นเดียวกับการเกิดขึ้นของหลายเทคโนโลยี เช่น Wi-Fi Bluetooth ZigBee ฯลฯ ในคลื่นความถี่ย่าน 2.4 GHz และ LoRaWAN SigFox ZigBee ในคลื่นความถี่ 920-925 MHz ซึ่งเป็นการสร้างทางเลือกประยุกต์ใช้งานที่แตกต่างและหลากหลายตามประเภทของการประยุกต์ใช้งาน

7.3 แนวทางการดำเนินการต่อไป

เพื่อให้เป็นไปตามแนวทางที่เสนอไว้ในหัวข้อ 7.1 เห็นควรเสนอแนวทางการดำเนินการดำเนินการที่เกี่ยวข้องต่อไปนี้

7.3.1 คลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz

1) จัดทำประกาศ กสทช. ที่เกี่ยวข้องกับหลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่ 5.925-6.425 GHz

2) ปรับปรุงประกาศ กสทช. เรื่อง หลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่และเครื่องวิทยุคมนาคม ที่อนุญาตให้มีการใช้งานเป็นการทั่วไป ให้มีความสอดคล้องกัน

3) จัดทำประกาศ กสทช. ที่เกี่ยวข้องกับการแสดงความสอดคล้อง ตรวจสอบ และรับรองมาตรฐานเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ การกำหนดหลักเกณฑ์ทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องควรคำนึงถึงความเป็นกลางทางเทคโนโลยี และการเปิดให้เทคโนโลยีที่ผลิตในกลุ่มประเทศ หรือ ภูมิภาคที่แตกต่างกันสามารถใช้งานในประเทศไทยได้

4) ทบทวนความจำเป็นในการกำหนดแนวทางการกำกับดูแล หากมีการนำคลื่นความถี่ดังกล่าวไปประกอบกิจการโทรคมนาคม

7.3.2 คลื่นความถี่ 6.425-7.125 GHz

ติดตามความคืบหน้าของการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการใช้คลื่นความถี่ดังกล่าวเพื่อรองรับกิจการ IMT ตามกระบวนการในระเบียบวาระที่ 1.2 ของการประชุม WRC-23 และแนวโน้มการกำกับดูแลที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ จนถึงคราวได้ข้อสรุปจากการประชุม WRC-23 และแนวโน้มที่ชัดเจนในระดับนานาชาติต่อการดำเนินการที่เกี่ยวข้องในอนาคตต่อไป

รายการอ้างอิง

[1] คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, “ประกาศ กสทช. เรื่อง แผนแม่บทการบริหารคลื่นความถี่ ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๖๔),” *ราชกิจจานุเบกษา*, เล่ม 138 ตอนพิเศษ 149, หน้า 11-12, 2564.

[2] คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, “ประกาศ กสทช. เรื่อง แผนความถี่วิทยุ กิจการประจำที่ ย่านความถี่ ๖.๗ กิกะเฮิรตซ์,” *ราชกิจจานุเบกษา*, เล่ม 136 ตอนพิเศษ 317 ง, หน้า 3, 2562.

[3] Broadcom. *Wi-Fi 6E: Faster Speed, Lower Latency and Higher Capacity* [Online]. Available: https://www.broadcom.com/info/wifi6e.

[4] Wi-Fi Alliance. (2021). “Value of Wi-Fi,” [Online]. Available: https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/value-of-wi-fi.

[5] Accton Technology. “High-Efficiency Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax),” [Online]. Available: www.accton.com/Technology-Brief/high-efficiency-wifi-6-ieee-802-11ax/.

[6] The Asia-Pacific Telecommunity, “APG19-5/OUT-48 (Rev.1), APT VIEW AND PRELIMINARY APT COMMON PROPOSAL ON WRC-19 AGENDA ITEM 10B, Preliminary APT Common Proposal(s),” 2019.

[7] The International Telecommunication Union, “ITU towards “IMT for 2020 and beyond”,” [Online]. Available: https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx.

[8] The International Telecommunication Union, "ITU-R FAQ on INTERNATIONAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS (IMT)," 2021. [Online]. Available: https://www.itu.int/en/ITU-R/Documents/ITU-R-FAQ-IMT.pdf.

[9] The Asia-Pacific Telecommunity, “APG19-5/OUT-48 (Rev.1), APT VIEW AND PRELIMINARY APT COMMON PROPOSAL ON WRC-19 AGENDA ITEM 10B, Preliminary APT Common Proposal(s)," 2019.

[10] Huawei Technologies, “16th European Spectrum Management Conference, 6 GHz IMT Opportunity for Society,” 2021. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=Lo_uMlN6NWg.

[11] Federal Communications Commission, “Unlicensed Use of the 6 GHz Band; Expanding Flexible Use in Mid-Band Spectrum Between 3.7 and 24 GHz,” 2020. [Online]. Available: https://www.fcc.gov/document/fcc-opens-6-ghz-band-wi-fi-and-other-unlicensed-uses-0

[12] The official website of the Government of Canada, “Decision on the Technical and Policy Framework for Licence-Exempt Use in the 6 GHz Band,” 2021. [Online]. Available: https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf11698.html.

[13] Office of Communications, “Improving spectrum access for Wi-Fi, Spectrum use in the 5 GHz and 6 GHz bands,” 2020. [Online]. Available: https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0036/198927/6ghz-statement.pdf.

[14] Publications Office of the European Union, "Commission Implementing Decision (EU) 2021/1067 of 17 June 2021 on the harmonised use of radio spectrum in the 5 945-6 425 MHz frequency band for the implementation of wireless access systems including radio local area networks (WAS/RLANs)," *Official Journal of the European Union*, vol. 64, 2021.

[15] Ministry of Internal Affairs and Communications, “Frequency Reorganization Action Plan (2nd. revised version in FY 2020),” 2020. [Online]. Available: https://www.tele.soumu.go.jp/e/adm/freq/search/actionplan/index.htm.

[16] Wi-Fi Alliance, “Countries Enabling Wi-Fi 6E,” 2021. [Online]. Available: https://www.wi-fi.org/countries-enabling-wi-fi-6e.

[17] GSMA, “GSMA Calls on Governments to License 6 GHz to Power 5G,” 2021. [Online]. Available: https://www.gsma.com/newsroom/press-release/gsma-calls-on-governments-to-license-6-ghz-to-power-5g/.

[18] The International Telecommunication Union, “World Radiocommunication Conference (WRC-19); Proposals for the work of the Conference; Addendum 24 Regional Commonwealth in the field of Communications Common Proposals,” 2019. [Online]. Available: https://www.itu.int/md/R16-WRC19-C-0012/en.

[19] The International Telecommunication Union, “ITU-R Preparatory Studies for WRC-23; agenda Item 1.2,” [Online]. Available: https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rcpm/Pages/wrc-23-studies.aspx.

[20] Innovation, Science and Economic Development Canada, “Consultation on the Technical and Policy Framework for Licence-Exempt Use in the 6 GHz Band,” 2020. [Online]. Available: https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf11643.html.

[21] Electronic Communications Committee, “On the harmonised use of the frequency band 5945-6425 MHz for Wireless Access Systems including Radio Local Area Networks (WAS/RLAN),” 2020. [Online]. Available: https://docdb.cept.org/download/1448.

[22] Ministry of Science and ICT, “Technical Requirements for Radio Equipment, Unlicensed Radio Equipment Established Without Notice,” 2020.

[23] IMT-2030 (6G) Promotion Group, “White Paper on 6G Vision and Candidate Technologies,” 2021. [Online]. Available: http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/ztbg/202106/P020210604552573543918.pdf.

[24] The Asia-Pacific Telecommunity, “APG19-5/INP-70, PROPOSAL FOR PRELIMINARY APT COMMON PROPOSALS ON WRC-19 AGENDA ITEM 9.1 (ISSUE 9.1.6, 9.1.7), 10,” 2019.

[25] The International Telecommunication Union, “5971-E, Asia-Pacific Telecommunity Common Proposals, PROPOSALS FOR THE WORK OF THE CONFERENCE, Agenda item 10,” 2019.

[26] Australian Communications and Media Authority, “Proposed updates to the LIPD Class Licence for 6 GHz RLANs Consultation paper,” 2021. [Online]. Available: www.acma .gov.au/consultations/2021-10/radio-local-area-networks-rlans-6-ghz-band-consultation-372021.

[27] Radio Spectrum Management, “Planning for WLAN use in the 6 GHz band,” 2021. [Online]. Available: https://www.rsm.govt.nz/projects-and-auctions/consultations/planning-for-wlan-use-in-the-6-ghz-band/.

[28] Malaysian Communications and Multimedia Commission, “CLASS ASSIGNMENT NO. 1 OF 2021,” June 2021. [Online]. Available: https://www.mcmc.gov.my/skmmgovmy/media/General/pdf/Class-Assignment-No-1-of-2021_.pdf.

[29] Malaysian Communications and Multimedia Commission, “PUBLIC CONSULTATION PAPER, WIRELESS LOCAL AREA NETWORK (WLAN) IN THE 6 GHz FREQUENCY BAND,” 2021.

[30] Edward J. Oughton, William Lehr, Konstantinos Katsaros, Ioannis Selinis, Dean Bubley, Julius Kusuma, “Revisiting Wireless Internet Connectivity: 5G vs Wi-Fi 6,” *Telecommunications Policy*, Volume 45, Issue 5, June 2021.

[31] Electronic Communications Committee, “Sharing and compatibility studies related to Wireless Access Systems including Radio Local Area Networks (WAS/RLAN) in the frequency band 5925-6425 MHz,” 2019. [Online]. Available: https://docdb.cept.org/document/10170.

[32] สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, “แผนการจัดสรรคลื่นความถี่ สำหรับกิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากลของประเทศไทย ระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2562 – 2566),” 28 พฤศจิกายน 2562. [Online]. Available: https://www.nbtc.go.th/Business/commu/telecom/informatiton/39490.aspx.

[33] คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, “ประกาศ กสทช. เรื่อง หลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่และเครื่องวิทยุคมนาคมที่อนุญาตให้มีการใช้งานเป็นการทั่วไป,” *ราชกิจจานุเบกษา*, เล่ม 136 ตอนพิเศษ 315 ง, หน้า 4-5, 2562.

[34] Windsor Place Consulting Pty Ltd, “Optimising IMT and Wi-Fi mid-band spectrum allocations: The compelling case for 6 GHz band partitioning in Asia-Pacific,” October 2021.

[35] Coleago Consulting, “The 6 GHz opportunity for IMT: 5G area traffic demand vs. area traffic capacity supply,” *A whitepaper*, August 2020.

[36] Siope Vakataki ‘Ofa and Cristina Bernal Aparicio, “Visualizing Broadband Speeds in Asia and the Pacific,” ESCAP Asia-Pacific informaton superhighway working paper series, no. 2, May 2021.

[37] คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, “ประกาศ กสทช. เรื่อง หลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่ ย่านความถี่ ๕ กิกะเฮิรตซ์,” *ราชกิจจานุเบกษา*, เล่ม 134 ตอนพิเศษ 281 ง, หน้า 17-18, 2560.