การใช้คลื่นความถี่สำหรับการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดของประเทศไทย
Radio Frequency Utilization for the Development of Smart Grid in Thailand

บทคัดย่อ

ระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดเป็นเทคโนโลยีสำคัญที่รองรับความท้าทายในด้านต่าง ๆ ในอนาคตของระบบโครงข่ายไฟฟ้า เช่น ความต้องการไฟฟ้าที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และความผันผวนของแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่กระจายอยู่ในพื้นที่ต่าง ๆ โดยเป็นการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาใช้ในการพัฒนาระบบไฟฟ้าให้มีความฉลาด สามารถบริหารจัดการระบบไฟฟ้าให้มีเสถียรภาพและความเชื่อถือได้สูงสุด เป็นการรักษาความมั่นคงทางพลังงานให้กับประเทศ ทั้งนี้ ระบบสื่อสารไร้สายมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับอุปกรณ์ในระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด ดังนั้น การจัดสรรคลื่นความถี่ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดจึงเป็นประเด็นสำคัญซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องพิจารณากำหนดแนวทางให้ชัดเจน บทความนี้เป็นการศึกษาเพื่อจัดทำข้อเสนอแนะการใช้คลื่นความถี่สำหรับการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดของประเทศไทย โดยแบ่งการใช้คลื่นความถี่เป็น 3 แนวทาง ได้แก่ 1) การใช้คลื่นความถี่แบบ Unlicensed 2) การใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed และ 3) การใช้คลื่นความถี่ของผู้ประกอบกิจการโทรคมนาคม โดยพิจารณาการเลือกใช้ตามความสำคัญของข้อมูลและวัตถุประสงค์การใช้งานของ Application ต่าง ๆ ในระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด

Abstract

Smart grid is an advanced technology to address the challenges of future power grid, such as increase of electricity demand and intermittent of small distributed energy resources. Smart grid utilizes information and communication technologies to enhance the power grid to be smart and enable grid management to ensure stability and reliability as well as maintain energy security of the country. Wireless communications play an important role to support machine-to-machine communications in smart grid network, therefore, frequency allocation for smart grid development is crucial issue that must be considered and clearly defined by all relevant parties. In this paper, we study and develop recommendation about guideline of radio frequency utilization for the development of smart grid in Thailand which is divided into three approaches: 1) the use of unlicensed frequency, 2) the use of licensed frequency, and 3) the use of radio frequency of telecommunication operators who have licenses, by considering the importance of data and the objective of various smart grid applications.

คำสำคัญ: สมาร์ทกริด คลื่นความถี่ การจัดสรรคลื่นความถี่

Keywords: Smart Grid, Radio Frequency, Frequency Allocation

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โครงข่ายสมาร์ทกริด เป็นการประยุกต์การทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์จำนวนมากเพื่อพัฒนาระบบไฟฟ้าให้มีความฉลาด สามารถบริหารจัดการระบบไฟฟ้าให้มีเสถียรภาพและความเชื่อถือได้สูงสุด และรองรับความท้าทายต่าง ๆ เช่น ความต้องการไฟฟ้าที่สูงขึ้น การเติบโตของแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนที่กระจายอยู่ทั่วไป ใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า รวมไปถึงการเปิดโอกาสให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถบริหารจัดการการใช้ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับวิถีชีวิตและพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการเชื่อมโยงข้อมูลภายในระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด เพื่อให้ระบบไฟฟ้าสามารถรับรู้ข้อมูลสถานะต่าง ๆ เพื่อใช้ในการตัดสินใจอย่างอัตโนมัติ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะเกิดขึ้นครอบคลุมทั่วทั้งระบบโครงข่ายไฟฟ้า ทำให้เกิดการส่งผ่านข้อมูลจำนวนมากในระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด ทั้งนี้ ระบบสื่อสารไร้สายมีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดมากกว่าระบบสื่อสารแบบมีสาย เนื่องจากมีความคล่องตัวและความยืดหยุ่นสูง อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีระบบสื่อสารไร้สายที่นิยมนำมาใช้ในระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดมีจำนวนมาก ซึ่งแต่ละเทคโนโลยีมีคุณสมบัติ ความเหมาะสมในการใช้งาน และลักษณะการใช้คลื่นความถี่ที่แตกต่างกัน ดังนั้น การจัดสรรคลื่นความถี่ที่เหมาะสมสำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดจึงเป็นประเด็นที่สำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีระบบสื่อสารไร้สายเป็นปัจจัยสำคัญของระบบสื่อสารข้อมูลจำนวนมากของทุกภาคส่วน จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาการใช้คลื่นความถี่ที่เหมาะสมสำหรับใช้งานระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด เพื่อรักษาเสถียรภาพและความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม เพื่อความความมั่นคงทางพลังงานให้กับประเทศ อีกทั้ง เพื่อเป็นไปตามนัยวัตถุประสงค์แห่งพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงวิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. 2553 มาตรา 52 (2)

2. วิธีการศึกษา

1) ศึกษาการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดในต่างประเทศ พร้อมทั้งวิเคราะห์เหตุผลของการเลือกใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดในแต่ละประเทศ

2) เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียทางเทคนิคของการใช้คลื่นความถี่ในย่านความถี่ต่าง ๆ เช่น 433 MHz, 868/900 MHz, 2.4 GHz และ 5 GHz หรือควรให้เป็นย่านความถี่เฉพาะ (Licensed Band)

3) ศึกษาการใช้ย่านความถี่ให้สอดคล้องกับความต้องการใช้งานของ Application ต่าง ๆ ในระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด รวมทั้งพิจารณาต้นทุนการลงทุนของ Application ต่าง ๆ ในระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดจากการใช้คลื่นความถี่ในย่านความถี่ต่างกัน

4) ศึกษาวิเคราะห์การใช้คลื่นความถี่ในปัจจุบันหรือในอนาคตอันใกล้สำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดของการไฟฟ้าทั้งสามในประเทศไทย

5) ศึกษาการจัดสรรคลื่นความถี่ของ กสทช. และข้อเสนอแนะในการใช้คลื่นความถี่ที่เหมาะสมสำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดของประเทศไทย

3. การใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดในต่างประเทศ

3.1 ประเทศเนเธอร์แลนด์

บริษัท Alliander ซึ่งเป็นผู้ให้บริการระบบจำหน่ายไฟฟ้าและก๊าซขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศเนเธอร์แลนด์ ได้พัฒนาระบบสมาร์ทมิเตอร์เพื่อรองรับการวัดและควบคุมมิเตอร์ไฟฟ้า มิเตอร์ก๊าซ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างสาธารณะ โดยเลือกใช้ระบบสื่อสาร CDMA450 ซึ่งบริษัท Alliander ได้รับสิทธิในการใช้คลื่นความถี่จากบริษัท KPN ซึ่งเป็นผู้ให้บริการโทรคมนาคมที่ได้รับใบอนุญาตใช้คลื่นความถี่ 450 MHz โดยทั้งสองบริษัทได้ร่วมกันพัฒนาโครงข่ายไร้สายบนย่านความถี่ 450 MHz ในประเทศเนเธอร์แลนด์

บริษัท Alliander ได้ดำเนินการศึกษาความเหมาะสมของการใช้เทคโนโลยี CDMA450 สำหรับระบบสมาร์ทมิเตอร์ รวมทั้งศึกษาเปรียบเทียบทางเลือกระหว่างเทคโนโลยี CDMA กับเทคโนโลยีระบบสื่อสารอื่น ๆ และได้ข้อสรุปว่า CDMA450 เป็นตัวเลือกเชิงกลยุทธ์ที่ดีที่สุด เนื่องจากมีความปลอดภัยและสมรรถนะสูง เนื่องจากใช้เทคโนโลยี Spread Spectrum อีกทั้งรองรับ TCP (Transmission Control Protocol) และ PPP (Point-to-Point Protocol) เหมาะสำหรับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับอุปกรณ์ เนื่องจากมี Latency ต่ำ และรองรับ QoS นอกจากนี้คลื่นความถี่ 450 MHz มีระยะสื่อสารไกลกว่าคลื่นความถี่สูง ส่งผลให้จำนวนสถานีฐานลดลง เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการบำรุงรักษา

3.2 ประเทศนอร์เวย์

กรณีตัวอย่างจากโครงการสาธิตนำร่องของ Norwegian Smart Grid Center (NSGC) ซึ่งมุ่งเน้นไปที่การทดสอบระบบสมาร์ทมิเตอร์ที่ใช้งานเทคโนโลยีระบบสื่อสารที่แตกต่างกัน ดังนี้ โครงข่าย NAN ซึ่งเป็นการสื่อสารระหว่างสมาร์ทมิเตอร์กับอุปกรณ์ Concentrator เลือกใช้ระบบสื่อสารไร้สายแบบ Radio Mesh บนย่านความถี่ 433-444 MHz/868 MHz (Unlicensed) โครงข่าย WAN ซึ่งเป็นการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ Concentrator กับระบบ AMI Head-end เลือกใช้โครงข่ายเซลลูลาร์ GPRS/EDGE

สาเหตุที่ NSGC เลือกใช้ระบบสื่อสารไร้สายแบบ Radio Mesh ย่านความถี่ 433-444 MHz/868 MHz (Unlicensed) สำหรับโครงข่าย NAN เนื่องจากเป็นโครงการนำร่องและมีสมาร์ทมิเตอร์เพียง 10,000 มิเตอร์ ดังนั้น การขอใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed จึงไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน นอกจากนี้ การเลือกใช้ย่านความถี่ต่ำซึ่งมีระยะทางสื่อสารไกลและทะลุทะลวงสิ่งกีดขวางได้ดี จึงช่วยลดความจำเป็นในการติดตั้งอุปกรณ์ส่งต่อสัญญาณหรือขยายสัญญาณ สำหรับโครงข่าย WAN เลือกใช้โครงข่ายเซลลูลาร์เพื่อต้องการลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนและลดระยะเวลาในการติดตั้งโครงข่ายสื่อสารเนื่องจากยังเป็นเพียงโครงการสาธิตนำร่อง อย่างไรก็ตาม โครงการนำร่องของ NGSC ในบางพื้นที่พบปัญหาสมรรถนะการทำงานที่ไม่ดีนัก อีกทั้งการที่ยังต้องพึ่งพาโครงข่ายเซลลูลาร์ของผู้ให้บริการโทรคมนาคม ส่งผลไม่สามารถควบคุมและบริหารจัดการโครงข่ายสื่อสารได้

3.3 ประเทศสหรัฐอเมริกา

ด้วยการที่เป็นประเทศขนาดใหญ่และมีผู้ให้บริการไฟฟ้าจำนวนมากซึ่งรับผิดชอบการให้บริการไฟฟ้าในพื้นที่ที่แตกต่างกัน ดังนั้น การใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดในสหรัฐอเมริกา จึงพบการใช้คลื่นความถี่ทั้งแบบ Licensed และ Unlicensed อย่างไรก็ตาม ผู้ให้บริการไฟฟ้าส่วนใหญ่มักเลือกใช้คลื่นความถี่แบบ Unlicensed มากกว่า

การเลือกใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed แม้ว่ามีข้อได้เปรียบที่สามารถส่งสัญญาณวิทยุด้วยกำลังส่งสูง อีกทั้งยังได้รับประกันความเชื่อถือได้และไม่ต้องกังวลผลกระทบจากสัญญาณรบกวน อย่างไรก็ตาม การขอใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed ในสหรัฐอเมริกามีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก เนื่องจากคลื่นความถี่มีจำกัดและมีการแข่งขันสูงในกิจการโทรคมนาคม ดังนั้น ผู้ให้บริการไฟฟ้าส่วนใหญ่มักเลือกใช้คลื่นความถี่แบบ Unlicensed บนย่านความถี่ 900 MHz สำหรับระบบสื่อสารไร้สายในระบบ AMI โดยมีเทคโนโลยีที่นิยมในการใช้งาน ได้แก่ RF Mesh และ Zigbee ส่วนกรณีคลื่นความถี่แบบ Licensed จะเป็นลักษณะการใช้โครงข่ายเซลลูลาร์

3.4 ประเทศจีน

กรณีตัวอย่างจากการพัฒนาระบบ Distribution Automation (DA) ของ China Southern Grid (CSG) ซึ่งเดิมที CSG ได้พัฒนาโครงข่าย Optical Fiber เป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักของโครงข่ายสื่อสารในระบบไฟฟ้า แต่พบปัญหาหลายประการ เช่น ยากต่อการติดตั้งโครงข่าย Optical Fiber ไปยังอุปกรณ์ภาคสนามได้ครบถ้วน อีกทั้งโครงข่ายสื่อสารสำหรับระบบ DA ที่มีอยู่เดิมค่อนข้างล้าสมัยจึงยากต่อการบูรณาการ จากปัญหาข้างต้นทำให้ CSG พิจารณาทางเลือกในการใช้งานระบบสื่อสารไร้สาย โดยพิจารณาทั้งในแง่ของประสิทธิภาพและความสามารถในการวิวัฒนาการของเทคโนโลยี และในท้ายที่สุด CSG ตัดสินใจเลือกใช้ระบบ eLTE (Enterprise LTE) ของบริษัท Huawei ซึ่งใช้เทคโนโลยี LTE-TDD (LTE Time-Division Duplex) คลื่นความถี่แบบ Licensed บนย่านความถี่ 1800 MHz ทั้งนี้ เนื่องจาก CSG มองว่าการเลือกใช้แพลตฟอร์มระบบสื่อสารแบบสำเร็จรูปจะช่วยลดปัญหาด้านการบูรณาการเทคโนโลยีและผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย อีกทั้งแพลตฟอร์มดังกล่าวยังถูกพัฒนาขึ้นเพื่อรองรับการควบคุมและการตรวจวัดแบบอัตโนมัติสำหรับระบบ DA ของ CSG โดยเฉพาะ ดังนั้น CSG จึงสามารถควบคุมและบริหารจัดการโครงข่ายสื่อสารได้ทั้งหมด ซึ่งจะแตกต่างกับกรณีใช้งานโครงข่ายเซลลูลาร์ของผู้ให้บริการโทรคมนาคม ซึ่งผู้ให้บริการไฟฟ้าไม่สามารถควบคุมและบริหารจัดการได้

3.5 ประเทศเวียดนาม

กรณีตัวอย่างโครงการนำร่องระบบ Automatic Meter Reading (AMR) จำนวน 2 โครงการ ได้แก่

1) จังหวัด Thái Nguyên เลือกใช้เทคโนโลยี RF Mesh คลื่นความถี่แบบ Unlicensed บนย่านความถี่ 400 MHz (408.925 MHz) สำหรับการเชื่อมโยงสมาร์ทมิเตอร์ไปยังอุปกรณ์ Concentrator (โครงข่าย NAN) และเลือกใช้โครงข่ายเซลลูลาร์ 3G/4G ในการเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์ Concentrator กับศูนย์ข้อมูลท้องถิ่น (โครงข่าย WAN) ทั้งนี้ ระบบ AMR ในโครงการนี้ถือว่าไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากระบบสื่อสารไม่มีความเสถียรและมีความเชื่อถือได้ต่ำ โดยสามารถอ่านค่าจากสมาร์ทมิเตอร์ได้เพียงแค่ร้อยละ 85

2) บริเวณตอนกลางของประเทศเวียดนาม ระบบสื่อสารที่ใช้ในโครงข่าย NAN ถูกตั้งชื่อว่า RF Spider จากการใช้งานระบบ RF Mesh ซึ่งใช้คลื่นความถี่แบบ Unlicensed บนย่านความถี่ 408.925 MHz และ 433.050 MHz ส่วนในโครงข่าย WAN เป็นการใช้บริการโครงข่ายเซลลูลาร์ GPRS/3G ระบบสื่อสารไร้สายในโครงการนี้สามารถทำงานได้เป็นอย่างดีและมีเวลาตอบสนองที่เพียงพอต่อการทำงาน

จากกรณีตัวอย่างข้างต้นจะเห็นว่าทั้ง 2 โครงการเลือกใช้คลื่นความถี่แบบ Unlicensed สำหรับโครงข่าย NAN เนื่องจาก ระบบ AMR มีขนาดไม่ใหญ่มากจึงยังไม่มีความจำเป็นต้องใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed นอกจากนี้ ทั้ง 2 โครงการยังเลือกใช้ย่านความถี่ 400 MHz ซึ่งมีระยะสื่อสารที่ไกลและทะลุทะลวง

สิ่งกีดขวางได้ดี ถึงแม้ว่ารองรับอัตราข้อมูลได้ต่ำ แต่ระบบ AMR ไม่ได้มีความต้องการด้านอัตราข้อมูลมากนัก อย่างไรก็ตามถึงแม้ทั้ง 2 โครงการจะใช้เทคโนโลยีแบบเดียวกัน แต่ระบบ AMR ในโครงการที่ 2 สามารถทำงานได้เป็นอย่างดี เนื่องจากโครงการที่ 2 มีการพิจารณาจำนวน Hop และระยะห่างระหว่าง Hop อย่างระมัดระวัง

3.6 ประเทศเกาหลีใต้

กรณีตัวอย่างจากโครงการทดสอบด้านระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดที่เกาะเชจู ซึ่งเป็นการทดสอบที่รวม Ecosystem ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด อย่างไรก็ตาม การใช้งานระบบสื่อสารไร้สายในโครงการนี้จะอยู่ที่ระบบ AMI และบริการด้านการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน เป็นหลัก

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน (โครงข่าย HAN) ในโครงการนี้เลือกใช้เทคโนโลยี Zigbee คลื่นความถี่แบบ Unlicensed บนย่านความถี่ 2.4 GHz โดยพิจารณาจากข้อดีของเทคโนโลยี Zigbee ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้พลังงานต่ำ จึงเหมาะสมกับระบบสื่อสารในการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในบ้านซึ่งเป็นสภาวะแวดล้อมในอาคาร (Indoor) และมีระยะทางสื่อสารที่สั้น ส่วนโครงข่าย NAN โครงการนี้ได้พิจารณาเลือกใช้โครงข่าย Zigbee Mesh เพื่อความสะดวกต่อพัฒนาระบบสื่อสารบนมาตรฐานเดียวกัน

สำหรับโครงข่าย WAN มีการทดสอบ 2 เทคโนโลยี ได้แก่ โครงข่ายเซลลูลาร์ WCDMA และโครงข่าย WiBro (หรือ WiMax) ซึ่งทั้ง 2 เทคโนโลยีใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed ซึ่งเป็นการใช้บริการโครงข่ายของผู้ให้บริการด้านโทรคมนาคม ดังนั้น ผู้ให้บริการไฟฟ้าจะต้องเสียค่าบริการให้กับผู้ให้บริการโทรคมนาคม การใช้บริการโครงข่ายของผู้ให้บริการโทรคมนาคมทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการติดตั้ง เมื่อเปรียบเทียบกับการพัฒนาโครงข่ายสื่อสารของตนเอง อย่างไรก็ตาม กรณี Application ที่มีความสำคัญสูง เช่น การบูรณาการผู้จำหน่ายไฟฟ้าจากหลายแหล่งพลังงาน หรือ การแก้ไขปัญหาไฟฟ้าขัดข้องอัตโนมัติ โครงการนี้เลือกใช้โครงข่ายสื่อสารของผู้ให้บริการไฟฟ้า เช่น Optical Fiber และ PLC

3.7 ประเทศสิงคโปร์

กรณีตัวอย่างจากโครงการทดสอบระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดแบบไร้สายที่ Singapore University of Technology and Design (SUTD) โดย Application ที่นำมาทดสอบในโครงการนี้จะเน้นไปที่ Application ด้านการบริหารจัดการพลังงานในอาคาร เช่น Demand Response และการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เพื่อประหยัดพลังงาน เทคโนโลยีระบบสื่อสารไร้สายที่เลือกใช้สำหรับการสื่อสารของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในอาคารและหอพักบุคลากร (โครงข่าย HAN/BAN) เป็นเทคโนโลยีแบบ Unlicensed เช่น Z-Wave, Zigbee และ WiFi เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้เป็นที่นิยมสำหรับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ภายในบ้านหรืออาคาร เนื่องจากเป็นการใช้คลื่นความถี่แบบ Unlicensed จึงสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องขออนุญาต และสามารถรองรับการทำงานในสภาวะแวดล้อมในอาคารได้อย่างเพียงพอ อีกทั้งอุปกรณ์ส่วนใหญ่ในตลาดมักรองรับเทคโนโลยีเหล่านี้ ประเด็นที่น่าสนใจสำหรับกรณีประเทศสิงคโปร์ คือ การใช้เทคโนโลยี TV White Space (TVWS) บนย่านความถี่ 630-742 MHz สำหรับโครงข่าย NAN เพื่อเชื่อมโยงการสื่อสารจากแต่ละอาคารไปยัง Cloud Server ของโครงการ อย่างไรก็ตาม ในประเทศสิงคโปร์ยังไม่มีการออกระเบียบการกำกับดูแลการใช้งานคลื่นความถี่ TVWS โดยยังอยู่ระหว่างดำเนินการทดสอบเพื่อจัดทำมาตรฐานสำหรับ TVWS ในประเทศสิงคโปร์

4. การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียทางเทคนิคของการใช้คลื่นความถี่ในย่านความถี่ต่าง ๆ

4.1 **การเปรียบเทียบคลื่นความถี่แบบ Licensed กับคลื่นความถี่แบบ Unlicensed**

ปัจจุบันยังคงมีข้อถกเถียงมากมายเกี่ยวกับเทคโนโลยีระบบสื่อสารไร้สายที่เหมาะสมสำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด โดยเฉพาะความเหมาะสมระหว่างการใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed กับ Unlicensed โดยในหัวข้อนี้จะเป็นการพิจารณาข้อดีและข้อเสียทางเทคนิคของการใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed และ Unlicensed ในมุมมองของพารามิเตอร์ที่สำคัญต่าง ๆ ของระบบสื่อสารไร้สาย สรุปผลได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคลื่นความถี่แบบ Licensed กับคลื่นความถี่แบบ Unlicensed

พารามิเตอร์	คลื่นความถี่แบบ Licensed	คลื่นความถี่แบบ Unlicensed
ความเชื่อถือได้ (Reliability)	ความเชื่อถือได้สูงมาก เนื่องจากเป็นคลื่นความถี่เฉพาะสำหรับผู้ได้รับใบอนุญาต	อาจเกิดผลกระทบในสภาพแวดล้อมที่มีการรบกวนสูงกับโครงข่ายอื่น ๆ
ความพร้อมใช้งาน (Availability)	ความพร้อมใช้งานสูงมาก เนื่องจากใช้งานได้เฉพาะผู้ได้รับใบอนุญาต	อาจเกิดปัญหาด้านความพร้อมใช้งานในบางช่วงเวลา
Latency	ค่า Latency ต่ำ และสามารถวัดค่าได้	Latency อาจมีค่าสูง และมีความผันผวนที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ ขึ้นอยู่กับจำนวน Hop และระดับของสัญญาณรบกวน
แบนด์วิดท์	จำกัดการใช้งานเฉพาะช่องสัญญาณที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น	สามารถใช้งานช่องสัญญาณได้อย่างอิสระ
พื้นที่ครอบคลุม	รองรับระยะสื่อสารได้ไกล เนื่องจากสามารถใช้กำลังส่งได้สูง	ระยะสื่อสารจำกัด เนื่องจากถูกจำกัดกำลังส่ง
การลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐาน	การลงทุนต่ำ เนื่องจากมีระยะสื่อสารไกล	จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ทวนสัญญาณหรืออุปกรณ์ส่งต่อสัญญาณ ทำให้การลงทุนสูง
ความปลอดภัย (Security)	มีการควบคุมความปลอดภัยในชั้นกายภาพและนโยบายความปลอดภัย	มีความปลอดภัยต่ำกว่า ซึ่งขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีสื่อสารที่ใช้งาน
คุณภาพของสัญญาณ	รับประกันค่า SNR ที่สูง เนื่องจากเป็นการใช้คลื่นความถี่เฉพาะ	มีโอกาสเกิดการรบกวนกับผู้อื่น เช่น โครงข่าย WSN หรือ IOT

4.2 การเปรียบเทียบการใช้คลื่นความถี่ในย่านความถี่ที่ต่างกัน

การพิจารณาเลือกใช้คลื่นความถี่และเทคโนโลยีระบบสื่อสารไร้สายสำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดจะมีความสำคัญที่สุดในโครงข่าย NAN/FAN เนื่องจากเป็นโครงข่ายที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ปลายทางจำนวนมาก และมีการใช้งานระบบสื่อสารไร้สายอื่น ๆ อย่างหนาแน่น ดังนั้น การพิจารณาข้อดีข้อเสียทางเทคนิคของการใช้คลื่นความถี่ในย่านความถี่ต่าง ๆ ในหัวข้อนี้จะพิจารณาในมุมมองของโครงข่าย NAN/FAN เป็นหลัก ซึ่งสรุปผลได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเทคนิคของการใช้คลื่นความถี่ในย่านความถี่ที่ต่างกัน

พารามิเตอร์	รายละเอียด
การสูญเสียตามเส้นทาง (Path Loss)	ในกรณีที่กำลังส่งเท่ากัน การส่งสัญญาณด้วยคลื่นความถี่ต่ำจะมีระยะทางสื่อสารที่ไกลกว่า ระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดในต่างประเทศมักเลือกใช้ย่านความถี่ต่ำ
การสูญเสียจากการแพร่กระจายสัญญาณผ่านสิ่งกีดขวาง (Penetration Loss)	สัญญาณความถี่ต่ำมี Penetration Loss ต่ำกว่าสัญญาณความถี่สูง ดังนั้น สัญญาณความถี่ต่ำสามารถทะลุทะลวงสิ่งกีดขวางได้ดีกว่า ในระบบ AMI ซึ่งสมาร์ทมิเตอร์ส่วนใหญ่ติดตั้งอยู่ภายในบ้านหรืออาคาร การใช้ย่านความถี่ต่ำจึงมีความเหมาะสมมากกว่า
การดูดกลืนในชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Absorption)	ที่ความถี่ต่ำกว่า 6 GHz ณ สภาวะแวดล้อมบนพื้นผิวโลก การดูดกลืนในชั้นบรรยากาศไม่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น ประเด็นดังกล่าวจึงไม่มีผลต่อการพิจารณาเลือกย่านความถี่สำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด
สัญญาณรบกวน (Noise)	สัญญาณรบกวน (Noise) ตามธรรมชาติ มีกำลังสม่ำเสมอตลอดทุกย่านความถี่ ประเด็นด้าน Noise จึงไม่มีผลกระทบต่อการพิจารณาเลือกย่านความถี่สำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด
การรบกวนจากสัญญาณอื่น (Interference)	▪ 433 MHz มีผลกระทบต่ำที่สุด เนื่องจากเทคโนโลยีแบบ Unlicensed ทั่วไปไม่นิยมใช้งานย่านความถี่นี้ ▪ 868/900 MHz มีผลกระทบค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นย่านความถี่ใช้งานของเทคโนโลยีแบบ Unlicensed จำนวนมาก ▪ 2.4 GHz มีผลกระทบสูงที่สุด เนื่องจากเป็นย่านความถี่แบบ Unlicensed ที่นิยมใช้งานมากที่สุด โดยมีเทคโนโลยีจำนวนมากที่ใช้งานย่านนี้ เช่น WiFi, Zigbee, Bluetooth ▪ 5 GHz ปัจจุบันยังไม่มีผลกระทบมากนัก แต่มีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการย้ายมาจากย่าน 2.4 GHz

5. ย่านความถี่สำหรับการใช้งานของ Application ต่าง ๆ ในระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด

โครงสร้างระบบสื่อสารสำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดแบ่งได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ โครงข่ายในส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้า (โครงข่าย HAN/BAN/IAN), โครงข่าย NAN/FAN, และโครงข่าย WAN โดยแบ่งตามอัตราข้อมูลและระยะสื่อสารที่ครอบคลุม ในหัวข้อนี้จะเป็นการอธิบายความต้องการด้านระบบสื่อสารของ Application ต่าง ๆ ตามโครงสร้างระบบสื่อสารข้างต้นซึ่งอาจแตกต่างกันไปในแต่ละกรณีของการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดของผู้ให้บริการไฟฟ้าแต่ละราย ดังนั้น หัวข้อนี้จึงเป็นการแสดงความต้องการด้านระบบสื่อสารของ Application ต่าง ๆ ในบริบทของตัวอย่างการใช้งานทั่วไปเท่านั้น

5.1 Application ในโครงข่ายในส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้า

โครงข่ายในส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้า (Premise Network) หรือโครงข่าย HAN/BAN/IAN (Home Area Network/Building Area Network/Industrial Area Network) เป็นจุดสิ้นสุดของโครงข่ายสื่อสารของระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด โดยเป็นโครงข่ายที่สนับสนุนการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในสถานที่ของผู้ใช้ไฟฟ้า ตัวอย่าง Application เช่น ระบบอัตโนมัติภายในบ้าน ระบบบริหารจัดการโหลดและค่าไฟฟ้า เป็นต้น โดยทั่วไปเทคโนโลยีระบบสื่อสารไร้สายสามารถรองรับอัตราข้อมูลได้ 100 kbps และระยะสื่อสารสูงสุด 100 เมตร เช่น ZigBee, WiFi, Z-Wave และ Bluetooth

5.2 Application ในโครงข่าย NAN

โครงข่าย NAN (Neighborhood Area Network) เป็นโครงข่ายที่สนับสนุนการสื่อสารข้อมูลระหว่างโครงข่าย WAN กับโครงข่ายในส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้า ในบางครั้งอาจเรียกเป็นโครงข่าย FAN (Field Area Network) โดยโครงข่าย NAN/FAN ถือเป็นส่วนสำคัญในการรองรับการทำงานของหลากหลาย Application ในระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด เช่น ระบบสมาร์ทมิเตอร์ระบบ Distribution Automation, การบริหารจัดการและกู้ไฟดับ (Outage Management) เป็นต้น โดยทั่วไปโครงข่าย NAN/FAN ต้องการเทคโนโลยีสื่อสารที่สนับสนุนอัตราข้อมูลประมาณ 100 kbps - 10 Mbps มีระยะสื่อสารประมาณ 100 เมตร - 10 กิโลเมตร เช่น ZigBee Mesh, WiFi Mesh, WiMax, Cellular เป็นต้น

5.3 Application ในโครงข่าย WAN

โครงข่าย WAN (Wide Area Network) สนับสนุนการทำงานแบบ Real Time ของ Application ด้านการตรวจสอบ การควบคุม และการป้องกันในระบบไฟฟ้า นอกจากนี้ ยังทำหน้าที่เป็นข่ายสื่อสารสำหรับโครงข่ายสื่อสารหลักของระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดซึ่งครอบคลุมระยะทางที่ไกลมากจากโครงข่าย NAN/FAN ไปจนถึงศูนย์ควบคุมของผู้ให้บริการไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีระบบสื่อสารที่สนับสนุนอัตราข้อมูลที่สูงมาก เช่น 10 Mbps - 1 Gbps และมีระยะสื่อสารที่ไกลมาก เช่น 10 - 100 กิโลเมตร ดังนั้น ผู้ให้บริการด้านไฟฟ้ามักเลือกใช้โครงข่าย Optical Fiber มากกว่าการใช้งานระบบสื่อสารไร้สาย

6. ต้นทุนการลงทุนของระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดจากการใช้คลื่นความถี่ต่างกัน

6.1 กรณีศึกษาที่ 1: การเปรียบเทียบต้นทุนการลงทุนระหว่างคลื่นความถี่ 450 MHz กับ 900 MHz *(ที่มา: 450 Alliance.org. The Economics of 450 MHz Band for the Smart Grid and Smart Metering)*

การเปรียบเทียบต้นทุนการลงทุนระหว่างคลื่นความถี่ 450 MHz กับคลื่นความถี่ 900 MHz ในกรณีศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์ต้นทุนระหว่างการใช้เทคโนโลยี CDMA บนคลื่นความถี่ 450 MHz (CDMA450) เปรียบเทียบกับเทคโนโลยี GPRS บนคลื่นความถี่ 900 MHz (GPRS900) โดยพิจารณาจาก Total Cost of Ownership ภายในระยะเวลา 15 ปี สรุปผลการศึกษา Total Cost of Ownership ของเทคโนโลยี CDMA450 อยู่ที่ประมาณ 62 EUR ต่อ 1 จุดเชื่อมต่อ ส่วนเทคโนโลยี GPRS900 อยู่ที่ประมาณ 154 EUR ต่อ 1 จุดเชื่อมต่อ

6.2 กรณีศึกษาที่ 2: เปรียบเทียบระหว่าง 3G / GPRS / RF Mesh / PLC *(ที่มา: Qualcomm. 3G Cellular Technology for Smart Grid Communications.)*

กรณีนี้เป็นการวิเคราะห์ Total Cost of Ownership ของการพัฒนาระบบสมาร์ทมิเตอร์เปรียบเทียบระหว่างการเลือกใช้เทคโนโลยีระบบสื่อสารไร้สาย 3 ชนิด ได้แก่ เทคโนโลยี 3G และ GPRS ของผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ และเทคโนโลยี RF Mesh ซึ่งผู้ให้บริการไฟฟ้าเป็นผู้ลงทุนสร้างโครงข่าย นอกจากนี้ ยังมีเทคโนโลยีระบบสื่อสารแบบมีสาย ได้แก่ Power Line Communication (PLC) ซึ่งผู้ให้บริการไฟฟ้าเป็นผู้สร้างโครงข่ายเช่นกัน โดยทั้ง 4 เทคโนโลยีข้างต้นจะเปรียบเทียบกันด้วยค่า Total Cost of Ownership ต่อสมาร์ทมิเตอร์ 1 เครื่อง (USD/มิเตอร์) ภายใต้ระยะเวลาใช้งาน 25 ปี สรุปผลการศึกษา Total Cost of Ownership ของเทคโนโลยี 3G อยู่ที่ประมาณ 175 USD ส่วนเทคโนโลยี GPRS อยู่ที่ประมาณ 167 USD เทคโนโลยี RF Mesh (900 MHz) อยู่ที่ประมาณ 226 USD และเทคโนโลยี PLC อยู่ที่ประมาณ 191 USD

6.3 สรุปผลการศึกษา

การพิจารณาต้นทุนการลงทุนของระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดจากการใช้คลื่นความถี่ต่างกัน พบว่า Total Cost of Ownership สำหรับการใช้บริการโครงข่ายเซลลูลาร์มีความแตกต่างกันมากสำหรับกรณีศึกษาในแต่ละประเทศ อันเป็นผลมาจากบริบทที่แตกต่างกันของผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในแต่ละประเทศ เช่น ค่าบริการ จำนวนจุดเชื่อมต่อ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การพัฒนาโครงข่ายของตนเองมีความเหมาะสมมากกว่าเมื่อพิจารณาในแง่ของความมั่นคงของระบบไฟฟ้าและความสามารถในการบริหารจัดการ โดยอาจเลือกใช้งานโครงข่ายเซลลูลาร์เฉพาะบาง Application หรือบางกรณีตามความเหมาะสม ซึ่งหากพิจารณาต้นทุนการลงทุนในกรณีที่ผู้ให้บริการไฟฟ้าพัฒนาโครงข่ายของตนเอง พบว่า ย่านความถี่ที่ต่ำกว่ามีแนวโน้มที่จะมี Total Cost of Ownership ต่ำกว่า เนื่องจากคลื่นวิทยุความถี่ต่ำมีระยะทางสื่อสารไกล ทำให้ช่วยลดความจำเป็นในการติดตั้งอุปกรณ์ส่งต่อสัญญาณหรือทวนสัญญาณ ส่งผลให้มีต้นทุนค่าอุปกรณ์และการบำรุงรักษาต่ำกว่า

7. การใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดของการไฟฟ้าทั้งสามในประเทศไทย

7.1 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ดำเนินโครงการนำร่องระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดในพื้นที่ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน ซึ่งมุ่งเน้นไปที่ Application ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการและการควบคุมระบบไฟฟ้า ดังนั้นจึงเลือกใช้ระบบสื่อสารแบบมีสายเป็นหลัก โดยมีการใช้ระบบสื่อสารไร้สายสำหรับรองรับการรับส่งข้อมูลการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีอัดประจุไฟฟ้าเท่านั้น ซึ่งเลือกใช้โครงข่ายเซลลูลาร์ของผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ สำหรับแผนการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดของ กฟผ. ในอนาคต ส่วนใหญ่ยังคงพิจารณาการใช้ระบบสื่อสารแบบมีสาย เช่น Optical Fiber, IP/MPLS, LAN และวงจรเช่า โดยอาจจำเป็นต้องใช้งานระบบสื่อสารไร้สายในส่วนของ Demand Response และระบบ RE Forecast ซึ่งปัจจุบันยังอยู่ระหว่างการศึกษาโครงการจึงยังไม่มีการวางแผนออกแบบระบบสื่อสาร อย่างไรก็ตาม การพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดของ กฟผ. จำเป็นต้องมีการใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed เนื่องจากการรับส่งข้อมูลปฏิบัติการด้านการผลิตและสั่งจ่ายกระแสไฟฟ้าเป็น Application ที่เกี่ยวข้องกับความมั่นคงของระบบไฟฟ้าในประเทศ อีกทั้งเพื่อรองรับงานภาคปฏิบัติการ (Operation Side) และงานภาคผลิต (Supply Side) สำหรับในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่สามารถเดินสาย Optical Fiber ไปถึง

7.2 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) มีแผนนำร่องพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดในพื้นที่เมืองพัทยา จ.ชลบุรี การใช้คลื่นความถี่ในโครงการนำร่องดังกล่าว ได้แก่ โครงข่าย RF และโครงข่ายเซลลูลาร์ เพื่อรองรับระบบ AMI โดยในกรณีโครงข่าย RF จะพิจารณาใช้งานเทคโนโลยีคลื่นความถี่แบบ Unlicensed ที่เป็นมาตรฐานแบบเปิดจากหน่วยงานระดับโลกที่น่าเชื่อถือ นอกจากนี้ ปัจจุบัน กฟภ. ยังมีการใช้งานคลื่นความถี่สำหรับ Application ระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดอื่น ๆ เช่น ระบบ AMR สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหญ่ทั่วประเทศ ซึ่งใช้งานโครงข่ายเซลลูลาร์ GPRS/3G และระบบ SCADA ซึ่งใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed ในย่าน 450-470 MHz และ 470-510 MHz สำหรับแผนการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดในอนาคต กฟภ. มีความต้องการใช้คลื่นความถี่จำนวนมาก เพื่อรองรับแผนขยายระบบสมาร์ทมิเตอร์และการนำมาตรการ Demand Response มาใช้กับผู้ใช้ไฟฟ้าของ กฟภ. ทั่วประเทศ ดังนั้น โครงข่ายสื่อสารไร้สายที่เชื่อมโยงกับผู้ใช้ไฟฟ้าจึงต้องมีความเชื่อถือได้ ความพร้อมใช้งาน และความปลอดภัย โดยเฉพาะเพื่อรองรับการสั่งการ Demand Response ให้เกิดประสิทธิภาพ ดังนั้น กสทช. จึงควรพิจารณาจัดสรรย่านความถี่แบบ Licensed เพื่อรองรับการใช้งานดังกล่าว

7.3 การไฟฟ้านครหลวง

การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) มีแผนนำร่องพัฒนาระบบ AMI การใช้คลื่นความถี่ในโครงการดังกล่าว ได้แก่ โครงข่าย RF (Unlicensed) และโครงข่ายเซลลูลาร์ นอกจากนี้ กฟน. ยังมีการใช้งานระบบสื่อสารไร้สายสำหรับ Application อื่น ๆ เช่น ระบบ Field Force Management ซึ่งใช้งานโครงข่ายเซลลูลาร์เป็นระบบสื่อสาร ระบบ Digital Trunked ซึ่งใช้งานย่านความถี่ 800 MHz สำหรับเครื่องวิทยุสื่อสาร สำหรับแผนการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดในอนาคต กฟน. มีความต้องการใช้คลื่นความถี่สำหรับ Application ที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ไฟฟ้าและการควบคุมระบบไฟฟ้า โดยวางแผนใช้งานระบบสื่อสารไร้สายแบบ Unlicensed สำหรับรองรับ Application ที่เป็น Non-critical Infrastructure ส่วน Application ที่เป็น Critical Infrastructure จะเลือกใช้โครงข่าย Optical Fiber เป็นระบบสื่อสารหลัก อย่างไรก็ตาม กฟน. มีข้อกังวลเกี่ยวกับปัญหาด้านการรบกวนของสัญญาณในการใช้คลื่นความถี่แบบ Unlicensed โดยเฉพาะย่านความถี่ 2.4 GHz และ 5 GHz ที่มีการใช้งานหนาแน่นในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งอาจส่งผลให้การรับส่งข้อมูลประสบปัญหาในบางช่วงเวลา ดังนั้น การจัดสรรคลื่นความถี่แบบ Licensed ก็จะช่วยในการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดได้ดียิ่งขึ้น

8. แนวทางการจัดสรรคลื่นความถี่ของ กสทช. ให้กับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด

8.1 กรณีคลื่นความถี่แบบ Unlicensed

จากข้อกำหนดของ กสทช. คลื่นความถี่ที่สามารถใช้งานเพื่อรองรับการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดโดยได้รับยกเว้นไม่ต้องได้รับใบอนุญาต สรุปได้ดังตารางที่ 3 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาแนวโน้มการใช้งานของการไฟฟ้าทั้ง 3 แห่งแล้ว การใช้คลื่นความถี่แบบ Unlicensed จะอยู่ที่ 4 ย่านความถี่ ได้แก่ 433 MHz, 920-925 MHz, 2.4-2.4 GHz และ 5 GHz เนื่องจากอุปกรณ์ระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดในตลาดส่วนใหญ่มักเลือกใช้งานย่านความถี่เหล่านี้ ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่พบการใช้งานอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ

ตารางที่ 3 คลื่นความถี่ที่ กสทช. อนุญาตให้ใช้ โดยได้รับยกเว้นไม่ต้องได้รับใบอนุญาต

คลื่นความถี่	กำลังส่งสูงสุด (e.i.r.p.)
13.553-13.567 MHz	10 mW
26.965-27.405 MHz	100 mW
30-50 MHz	10 mW
54-74 MHz	10 mW
300-500 MHz	10 mW
920-925 MHz	500 mW
2400-2500 MHz	100 mW
5150-5350 MHz	200 mW
5470-5850 MHz	1 W

ที่มา: ข้อมูลจาก สำนักงาน กสทช.

8.2 กรณีคลื่นความถี่แบบ Licensed

สำนักงาน กสทช. ให้ข้อมูลว่ายังไม่มีนโยบายจัดสรรคลื่นความถี่แบบ Licensed เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดเป็นการเฉพาะ อย่างไรก็ตาม การไฟฟ้าทั้ง 3 แห่ง สามารถแสดงความจำนงขอรับการจัดสรรคลื่นความถี่แบบ Licensed ในบางย่านความถี่ที่ถูกกำหนดไว้ให้กับกิจการที่ระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดสามารถใช้งานได้ เช่น กิจการประจำที่และกิจการเคลื่อนที่

การใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed ต้องเป็นไปตามแผนความถี่ที่กำหนดไว้ให้สำหรับกิจการประจำที่และกิจการเคลื่อนที่ ทั้งนี้ การจัดสรรคลื่นความถี่เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด สำนักงาน กสทช. จะพิจารณาถึงความจำเป็นในหลายด้าน เช่น การใช้งานคลื่นความถี่ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ความเหมาะสมของการเลือกใช้คลื่นความถี่ให้เหมาะสมกับการใช้งานและเทคโนโลยี โอกาสในการใช้คลื่นความถี่ร่วมกับหน่วยงานที่มีการใช้งานในลักษณะใกล้เคียงกัน ความมั่นคงของโครงข่าย รวมไปถึงคุณภาพ ความเร็ว และปริมาณของการส่งข้อมูลตามความต้องการของการไฟฟ้าทั้ง 3 แห่ง

9. ความสำคัญของข้อมูลในระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด

การพิจารณาเทคโนโลยีระบบสื่อสารที่เหมาะสมกับแต่ละ Application ในระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด นอกจากการพิจารณาความต้องการด้านระบบสื่อสารแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงความสำคัญของข้อมูลในระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด ซึ่งอาจแบ่งความสำคัญของข้อมูลได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) Non-critical: ได้แก่ ข้อมูลของ Application ที่ไม่เกี่ยวข้องกับงานด้านปฏิบัติการและการควบคุมสั่งการภายในระบบไฟฟ้า เช่น ข้อมูลการใช้พลังงานของผู้ใช้ไฟฟ้า รวมไปถึงข้อมูลการสั่งการที่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าหลัก เช่น การสั่งการเกี่ยวกับ Demand Response ระบบกักเก็บพลังงานในระดับผู้ใช้ไฟฟ้า และสถานีอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

2) Critical: ได้แก่ ข้อมูลของ Application ในงานด้านปฏิบัติการและการควบคุมสั่งการภายในระบบไฟฟ้า และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเสถียรภาพและความมั่นคงของระบบไฟฟ้าหลัก ซึ่งหากการสื่อสารข้อมูลของ Application เหล่านี้เกิดความผิดพลาด อาจส่งผลกระทบต่อการรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า ดังนั้น การใช้ระบบสื่อสารไร้สายสำหรับ Application เหล่านี้ ควรเป็นลักษณะคลื่นความถี่แบบ Licensed เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นด้านความเชื่อถือได้ (Reliability) ความพร้อมใช้งาน (Availability) และความปลอดภัย (Security)

ตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ความสำคัญของข้อมูลและการใช้คลื่นความถี่ที่เหมาะสมกับ Application หลักของระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด ตามแผนแม่บทการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579

ตารางที่ 4 ข้อเสนอแนะการใช้คลื่นความถี่สำหรับ Application ต่าง ๆ ของระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด

Application	ความสำคัญของข้อมูล	การใช้คลื่นความถี่ที่เหมาะสม
Application ในโครงข่ายของผู้ใช้ไฟฟ้า HAN/BAN/FAN		
ระบบบริหารจัดการพลังงาน HEMS/BEMS/FEMS	Non-critical	คลื่นความถี่แบบ Unlicensed
Application ในโครงข่ายระดับ NAN/FAN		
ระบบสมาร์ทมิเตอร์ AMR/AMI	Non-critical	■ คลื่นความถี่แบบ Unlicensed / Licensed (ในบางพื้นที่ เพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้โดยรวม) ■ โครงข่ายเซลลูลาร์ในกรณีพื้นที่ห่างไกล
Demand Response	Non-critical	■ คลื่นความถี่แบบ Unlicensed / โครงข่ายเซลลูลาร์ ■ คลื่นความถี่แบบ Licensed (เพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้)
Distribution Automation	Critical	คลื่นความถี่แบบ Licensed / เทคโนโลยีแบบมีสาย
ระบบกักเก็บพลังงาน (ระดับผู้ใช้ไฟฟ้า)	Non-critical	■ คลื่นความถี่แบบ Unlicensed / โครงข่ายเซลลูลาร์ ■ คลื่นความถี่แบบ Licensed (เพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้)
ระบบกักเก็บพลังงาน (ระดับกริด)	Critical	คลื่นความถี่แบบ Licensed / เทคโนโลยีแบบมีสาย
ระบบ Microgrid	Critical	คลื่นความถี่แบบ Licensed / เทคโนโลยีแบบมีสาย
ระบบ RE Forecast	Non-critical	คลื่นความถี่แบบ Unlicensed / โครงข่ายเซลลูลาร์
ระบบการบริหารจัดการยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีอัดประจุไฟฟ้า	Non-critical	คลื่นความถี่แบบ Unlicensed / โครงข่ายเซลลูลาร์
ระบบสื่อสารข้อมูลกับ SPP/VSPP	Critical	คลื่นความถี่แบบ Licensed / เทคโนโลยีแบบมีสาย
Smart Streetlight	Non-critical	คลื่นความถี่แบบ Unlicensed / โครงข่ายเซลลูลาร์

Application	ความสำคัญของข้อมูล	การใช้คลื่นความถี่ที่เหมาะสม
Application ในโครงข่ายระดับ WAN		
Wide Area Monitoring System	Critical	▪ เทคโนโลยีแบบมีสาย เช่น Optical Fiber ▪ สามารถใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed ช่วยเสริมได้
Wide Area Protection System		
Wide Area Control System		
Substation Automation	Critical	การไฟฟ้ามีโครงข่าย Optical Fiber ไปยังสถานีไฟฟ้า

10. ข้อเสนอแนะการใช้คลื่นความถี่สำหรับการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดของประเทศไทย

ข้อเสนอแนะในการใช้คลื่นความถี่สำหรับการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดของประเทศไทย สามารถแบ่งได้เป็น 3 แนวทาง ดังนี้

10.1 การใช้คลื่นความถี่แบบ Unlicensed

การใช้คลื่นความถี่แบบ Unlicensed เหมาะสมสำหรับรองรับ Application ที่มีความสำคัญของข้อมูลแบบ Non-critical การไฟฟ้าทั้ง 3 แห่ง สามารถใช้คลื่นความถี่แบบ Unlicensed ตามข้อกำหนดของ กสทช. เกี่ยวกับเครื่องวิทยุคมนาคมและสถานีวิทยุคมนาคมที่ได้รับยกเว้นไม่ต้องได้รับใบอนุญาต ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยการเข้าใช้คลื่นความถี่ (Spectrum Access) ของอุปกรณ์สื่อสารต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในประกาศ กสทช. อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านอุปกรณ์ระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดในตลาดทั่วโลกด้วยแล้ว การใช้คลื่นความถี่แบบ Unlicensed ในประเทศไทยน่าจะอยู่ที่ย่านความถี่ 433 MHz, 920-925 MHz, 2.4 GHz (คลื่นความถี่ 2.4-2.5 GHz) และ 5 GHz (คลื่นความถี่ 5.15-5.35 GHz และ 5.47-5.85 GHz)

แม้ว่าการใช้คลื่นความถี่แบบ Unlicensed สำหรับการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดจะมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ ซึ่งโดยทั่วไปถือว่าค่อนข้างประสบความสำเร็จ แต่การไฟฟ้าส่วนใหญ่ยังมีข้อกังวลเกี่ยวกับความเชื่อถือได้และความพร้อมใช้งานของโครงข่ายสื่อสาร ซึ่งเกิดจากปัญหาด้านการรบกวนของสัญญาณอันเนื่องมาจากความหนาแน่นของการใช้งานคลื่นความถี่แบบ Unlicensed ซึ่งอาจส่งผลให้การทำงานของโครงข่ายสื่อสารประสบปัญหาได้ อีกทั้งยังเห็นว่าการใช้คลื่นความถี่แบบ Unlicensed เพียงอย่างเดียวไม่สามารถรองรับยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดในระยะยาวได้ โดยเฉพาะสำหรับ Application ด้านการตรวจสอบและควบคุมระบบโครงข่ายไฟฟ้าในระดับพื้นที่กว้าง (Wide Area) ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า

10.2 การใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed

การใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed เหมาะสมสำหรับรองรับ Application ในงานด้านปฏิบัติการและการควบคุมสั่งการภายในระบบไฟฟ้า และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเสถียรภาพและความมั่นคงของระบบไฟฟ้าหลัก หากการสื่อสารข้อมูลเกิดความผิดพลาด อาจส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าได้ ดังนั้น การใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed สำหรับการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดถือเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อรักษาความมั่นคงทางพลังงานให้กับประเทศ

ปัจจุบันสำนักงาน กสทช. ยังไม่มีนโยบายจัดสรรคลื่นความถี่แบบ Licensed เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดเป็นการเฉพาะ อย่างไรก็ดี นโยบายของสำนักงาน กสทช. ต้องการให้หน่วยงานสาธารณูปโภคใช้คลื่นความถี่ในลักษณะการใช้งานร่วมกัน (Shared Use) เพื่อให้เกิดการใช้คลื่นความถี่อย่างมีประสิทธิภาพและประโยชน์สูงสุด ดังนั้น การขอจัดสรรคลื่นความถี่สำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดควรเป็นการขอจัดสรรร่วมกันของการไฟฟ้าทั้ง 3 แห่ง และควรมีการหารือกับหน่วยงานสาธารณูปโภคอื่น ๆ ที่มีโอกาสใช้งาน Application ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น ระบบสมาร์ทมิเตอร์สำหรับมิเตอร์น้ำ โดยเป็นการขอจัดสรรคลื่นความถี่แบบ Licensed ในย่านที่ถูกกำหนดไว้สำหรับกิจการประจำที่และกิจการเคลื่อนที่ นอกจากนี้ สำนักงาน กสทช. ควรมีการเผยแพร่ข้อมูลย่านความถี่แบบ Licensed ที่ยังว่างออกสู่สาธารณะ (Public) เพื่อที่หน่วยงานต่าง ๆ สามารถนำไปศึกษาและพิจารณาความเหมาะสมในขอจัดสรรคลื่นความถี่ให้ตรงตามความต้องการใช้งานมากที่สุด ทั้งนี้ จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าย่านความถี่ที่มีความเหมาะสมทั้งทางเทคนิคและต้นทุนการลงทุน รวมทั้งมีอุปกรณ์ในตลาดรองรับ ได้แก่ ย่าน 430-450 MHz

จากการศึกษาตัวอย่างการใช้คลื่นความถี่สำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดในต่างประเทศ ยังไม่พบว่ามีประเทศใดที่กำหนดคลื่นความถี่แบบ Licensed สำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดเป็นการเฉพาะ รวมทั้งยังไม่มีการไฟฟ้าใดที่ดำเนินการขออนุญาตใช้คลื่นความถี่แบบ Licensed ด้วยตนเองเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริด อย่างไรก็ดี การไฟฟ้าในต่างประเทศเริ่มมีการพิจารณาความเป็นไปได้ในการขอจัดสรรคลื่นความถี่แบบ Licensed เพื่อนำมาใช้รองรับการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดในอนาคต โดยเฉพาะเพื่อรองรับ Application ที่มีความสำคัญในการรักษาเสถียรภาพและความมั่นคงของระบบไฟฟ้า

10.3 การใช้คลื่นความถี่ของผู้ประกอบกิจการโทรคมนาคม

การใช้บริการโครงข่ายเซลลูลาร์ของผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อรองรับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ (Machine to Machine: M2M) มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ เนื่องจากโครงข่ายเซลลูลาร์ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่แล้วจึงสามารถลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนและระยะเวลาในการติดตั้งโครงข่ายสื่อสารลงได้อย่างมาก อย่างไรก็ตาม การใช้บริการโครงข่ายเซลลูลาร์ทำให้การไฟฟ้าไม่สามารถบริหารจัดการหรือวางแผนงานด้านระบบสื่อสารเพื่อรองรับการพัฒนาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากเป็นการพึ่งพาโครงข่ายสื่อสารของบุคคลที่สาม และหากพิจารณาต้นทุนรวมของการเป็นเจ้าของ (Total Cost of Ownership) การพัฒนาโครงข่ายสื่อสารเป็นของตนเองอาจมีความคุ้มค่ากว่าการใช้บริการโครงข่ายเซลลูลาร์ในระยะยาว ดังนั้น หน่วยงานการไฟฟ้าจึงควรวิเคราะห์ความเหมาะสมดังกล่าว โดยมีการหารือข้อตกลงและรูปแบบทางธุรกิจร่วมกับผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับการลงทุนสร้างโครงข่ายสื่อสารด้วยตนเอง และควรมีข้อพิจารณาว่าเทคโนโลยีและมาตรฐานด้านโทรคมนาคมมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยกว่าเทคโนโลยีในธุรกิจระบบไฟฟ้า ส่งผลให้การไฟฟ้าอาจต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้รองรับเทคโนโลยีใหม่ตามการแข่งขันในธุรกิจด้านโทรคมนาคมซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ การใช้บริการโครงข่ายเซลลูลาร์สำหรับระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดเหมาะสมสำหรับรองรับ Application ที่มีความสำคัญของข้อมูลแบบ Non-critical โดยจะมีประโยชน์อย่างมากสำหรับการสื่อสารในพื้นที่ห่างไกล ซึ่งไม่คุ้มค่าในการสร้างโครงสร้างพื้นฐานระบบสื่อสารให้ไปถึงพื้นที่ดังกล่าว

บรรณานุกรม

450 Alliance.org. *Communication Technologies and Networks for Smart Grid and Smart Metering*. [White paper].

Alliander, & KPN. (2013, April). *CDMA-450: Managed Wireless Services*. Paper presented at EUTC Workshop, Brussels.

Berger, L.T., & Iniewski, K. (2012). *Smart Grid - Applications, Communications and Security*. New Jersey: John Wiley and Sons.

European Utilities Telecom Council (EUTC). (2013, April). *Spectrum needs for Utilities*. [Position Paper].

CDG 450 Connectivity Special Interest Group (450 SIG). (2013, September). *The 450 MHz Band for the Smart Grid and Smart Metering*. [Research Paper].

Changmin, P. (2012, December). *Use Cases in Korea - AMI in Smart Grid Jeju Testbed*. Paper presented at Smart Grid Interoperability Panel 2012, Texas.

Feixiang, M. (2013, December). China *Southern Power a Smarter Grid via LTE*.

GTM Research. (2013). *Trends in Utility Smart Grid Communications Management*. [White Paper].

Huawei. *Huawei eLTE Solution for Smart Grids*. [Information Document].

Landis+Gyr. (2013). *A major Smart Metering project with Helen Electricity Network.* [Report].

National Institute of Standards and Technology (NIST). (2014, June). *Guidelines for Accessing Wireless Standards for Smart Grid Applications*. NIST Smart Grid Interoperability Panel Priority Action Plan 2.

Qualcomm. *3G Cellular Technology for Smart Grid Communications*. [PowerPoint].

San Diego Gas & Electric Company. (2010, May). *Comments of San Diego Gas & Electric Company to United States Department of Energy*.

Silverspring Networks. *Why Unlicensed Spectrum Dominates the Smart Grid*. [White Paper].