รายงาน
ผลการศึกษา

กสทช.

การจัดทำหลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่ร่วมกัน สำหรับ TV White Space (TVWS)

สำนักงาน กสทช. | พ.ศ. 2563

รายงานผลการศึกษา

เรื่อง การจัดทำหลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่ร่วมกันสำหรับ TV White Space (TVWS)

สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ
(สำนักงาน กสทช.)

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร (EXECUTIVE SUMMARY)	
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 TV WHITE SPACE	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	4
1.4 วิธีการศึกษา	4
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 การประยุกต์ใช้งาน (APPLICATION)	**5**
2.1 อินเทอร์เน็ตไร้สาย (WIRELESS BROADBAND INTERNET ACCESS)	5
2.2 INTERNET OF THINGS (IOT)	7
บทที่ 3 ผลสำรวจและกรณีศึกษาในต่างประเทศ	**8**
3.1 คลื่นความถี่ที่อนุญาตให้ใช้ TV WHITE SPACE	8
3.2 การกำกับดูแลการใช้งาน TV WHITE SPACE	8
3.3 กรณีศึกษา	12
บทที่ 4 เงื่อนไขทางเทคนิค	**15**
4.1 หลักการทำงานของอุปกรณ์ WHITE SPACE DEVICE (WSD)	16
4.2 ฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (GEOLOCATION DATABASE)	17
4.3 การป้องกันสำหรับกิจการกระจายเสียงและโทรทัศน์	23
บทที่ 5 ความพร้อมทางด้านกฎหมาย	**31**
5.1 พ.ร.บ. องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงวิทยุโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2562	31
5.2 (ร่าง) ประกาศ กสทช. เรื่อง คลื่นความถี่ที่อนุญาตให้ใช้โดยวิธีการอื่นนอกเหนือจากการประมูล	32
5.3 แผนแม่บทการบริหารคลื่นความถี่ (พ.ศ. 2562)	33
5.4 แผนความถี่วิทยุ	34
5.5 หลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่	35
5.6 มาตรฐานทางเทคนิค	35
บทที่ 6 ผลสำรวจความคิดเห็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในประเทศไทย	**36**
6.1 การสำรวจความคิดเห็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยใช้แบบสำรวจ	36
6.2 การสำรวจความคิดเห็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยการประชุมกลุ่มย่อย (FOCUS GROUP)	40

บทที่ 7 แนวทางการใช้งาน TV WHITE SPACE ในประเทศไทย **42**

ข้อเสนอสำนักงาน กสทช. 44

ภาคผนวก ก **45**

บทสรุปผู้บริหาร

(Executive Summary)

เทคโนโลยีดิจิตอลและการสื่อสารที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดความต้องการใช้คลื่นความถี่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่คลื่นความถี่เป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงสมควรใช้ทรัพยากรดังกล่าวให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (สำนักงาน กสทช.) ได้ดำเนินการโยกย้ายการรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์จากระบบแอนะล็อกเป็นระบบดิจิตอล ส่งผลให้คลื่นความถี่บางส่วนและในบางพื้นที่ที่กำหนดให้ใช้สำหรับกิจการโทรทัศน์ไม่ได้ถูกใช้รับส่งสัญญาณ โดยเรียกคลื่นความถี่ดังกล่าวว่า TV White Space

เพื่อให้การใช้คลื่นความถี่เกิดประสิทธิภาพสูงสุด สำนักงาน กสทช. ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้และแนวทางการใช้งาน TV White Space โดยได้ศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้งาน แนวทางการกำกับดูแล กรณีศึกษาในประเทศ กรณีศึกษาต่างประเทศ เงื่อนไขทางเทคนิค และความพร้อมทางด้านกฎหมาย ประกอบกับผลการสำรวจความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โดยผลการศึกษาพบว่า สามารถจัดทำแนวทางการใช้งาน TV White Space ในประเทศไทยได้ 3 แนวทาง คือ 1) ไม่อนุญาตให้ใช้งาน TV White Space 2) จัดสรรให้เฉพาะหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งต่อช่องความถี่ และ 3) อนุญาตให้ใช้งานเป็นการทั่วไป ซึ่งแต่ละแนวทางมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน ทั้งนี้ สำนักงาน กสทช. เสนอให้มีการจัดทำแนวทางหรือข้อกำหนดทางเทคนิคเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geolocation Database) ของประเทศไทย สำหรับการใช้คลื่นความถี่ร่วมกันด้วยเทคโนโลยี TV White Space และเปิดโอกาสให้หน่วยงานที่สนใจได้ทำการทดลองทดสอบการใช้งานจริง ก่อนที่จะมีการดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องต่อไป

รายงานผลการศึกษาฉบับนี้ สามารถใช้ประกอบการพิจารณาการกำหนดนโยบายของ กสทช. ที่มีต่อการใช้งาน TV White Space รวมถึงการใช้คลื่นความถี่ในลักษณะการใช้ประโยชน์ร่วมกันระหว่างกิจการที่แตกต่างกัน (Dynamic Spectrum Access) ซึ่งอาจเป็นหนึ่งในแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้คลื่นความถี่ของประเทศไทยในอนาคต

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (สำนักงาน กสทช.) ได้จัดการประมูลทีวีดิจิตอล เมื่อวันที่ 26 – 27 ธันวาคม 2556 และได้ดำเนินการโยกย้ายการรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์จากระบบแอนะล็อกเป็นระบบดิจิตอล โดยได้ยุติการใช้งานระบบแอนะล็อกทั้งหมดแล้ว ด้วยระบบการรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ระบบดิจิตอลสามารถใช้คลื่นความถี่ต่อช่องได้มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบแอนะล็อก ทำให้ต้องการปริมาณคลื่นความถี่ลดลงเพื่อรองรับระบบรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ ส่งผลให้คลื่นความถี่บางส่วนและบางพื้นที่ที่กำหนดให้ใช้สำหรับกิจการโทรทัศน์ไม่ถูกใช้งาน และอาจสามารถนำมาใช้สำหรับการสื่อสารในกิจการอื่นได้ โดยเรียกคลื่นความถี่ดังกล่าวว่า TV White Space

TV White Space อาจสามารถนำไปใช้ในกิจการอื่นที่ขาดแคลนคลื่นความถี่ หรือได้ประโยชน์จากลักษณะทางเทคนิคเฉพาะของคลื่นความถี่ในย่านที่ระบบการรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ใช้ ซึ่งสามารถแพร่สัญญาณไปได้เป็นระยะทางไกล และสามารถทะลุสิ่งกีดขวางได้ดี หลายประเทศทั่วโลกจึงได้อนุญาตให้ใช้ TV White Space ในลักษณะของกิจการรอง (Secondary Service) หรืออนุญาตให้ใช้งานเป็นการทั่วไป ตัวอย่างเช่น สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร และประเทศสิงคโปร์

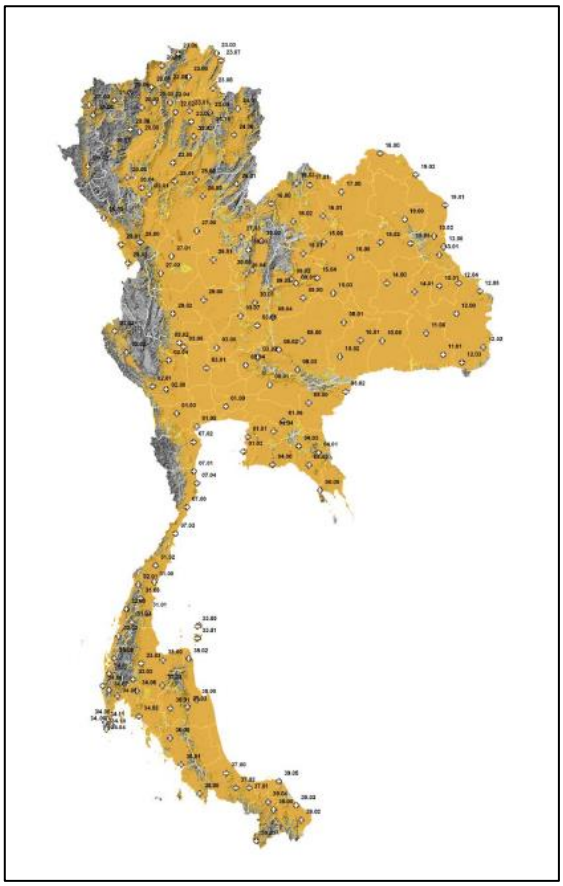
ในการนี้ สำนักงาน กสทช. จึงได้ดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้และแนวทางในการใช้ TV White Space เพื่อให้สามารถใช้คลื่นความถี่ซึ่งเป็นทรัพยากรอันมีค่าได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และยกระดับเทคโนโลยีของประเทศไทยให้สอดคล้องกับระดับสากล โดยสรุปผลการศึกษาไว้ในรายงานฉบับนี้

1.2 TV White Space

TV White Space คือ คลื่นความถี่หรือช่องความถี่ที่กำหนดให้ใช้สำหรับกิจการโทรทัศน์แต่ไม่ถูกใช้ในการรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ในบางพื้นที่ หรือในช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่ง เนื่องจากการไม่อยู่ในพื้นที่ให้บริการ หรือเวลาการกระจายเสียงและโทรทัศน์ คลื่นความถี่ดังกล่าวอาจสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้ในลักษณะของกิจการรอง (Secondary Service) หรืออนุญาตให้ใช้งานเป็นการทั่วไป หากไม่ก่อให้เกิดการรบกวนต่อกิจการโทรทัศน์

White Space อาจเกิดขึ้นจาก 3 ปัจจัย ดังต่อไปนี้

1) ความครอบคลุม (Coverage) ของสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ ดังปรากฏตามรูปที่ 1.1 พื้นที่สีเหลืองคือพื้นที่ซึ่งได้รับความครอบคลุมของสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ ในขณะที่พื้นที่สีเทาคือพื้นที่ซึ่งไม่ได้รับความครอบคลุมของสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ และถือเป็นพื้นที่ซึ่งมี TV White Space เป็นจำนวนเท่ากับจำนวนช่องความถี่ทั้งหมดของกิจการโทรทัศน์
2) ช่วงความถี่หรือช่องความถี่ (Channel) ในกิจการโทรทัศน์ที่ไม่ได้ใช้งานในแต่ละพื้นที่
3) ช่วงเวลาที่ไม่มีการรับส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์



รูปที่ 1.1 พื้นที่ครอบคลุมของกิจการโทรทัศน์ในประเทศไทย [1]

ในอดีตที่ผ่านมาประเทศไทยมี TV White Space ไม่มาก เนื่องจากมีความครอบคลุมของสัญญาณวิทยุโทรทัศน์สูง และมีช่องโทรทัศน์จำนวนน้อยซึ่งถูกใช้ทั้งหมด ทว่าการเปลี่ยนแปลงระบบโทรทัศน์จากแอนะล็อกเป็นดิจิตอลคือปัจจัยสำคัญที่ส่งผลทำให้เกิด TV White Space มากขึ้น เนื่องจากคลื่นความถี่ถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้มีจำนวนช่องโทรทัศน์มากขึ้น และมีโอกาสสูงขึ้นที่ช่องความถี่ที่กำหนดให้ใช้สำหรับกิจการโทรทัศน์จะไม่ถูกใช้จริง

เดิมประเทศไทยใช้คลื่นความถี่ย่าน 510 – 790 เมกะเฮิรตซ์ สำหรับกิจการโทรทัศน์ระบบดิจิตอล ซึ่งแบ่งออกเป็นช่องความถี่ทั้งหมด 35 ช่องความถี่ มีหมายเลขช่องความถี่ตั้งแต่ 26 จนถึง 60 มีความกว้างแถบคลื่นความถี่ (Bandwidth) 8 เมกะเฮิรตซ์ เทคโนโลยีใช้ระบบ Digital Video Broadcasting - Second Generation Terrestrial (DVB-T2)

อย่างไรก็ตาม คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) ได้ดำเนินการปรับปรุงแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์แล้ว ตามประกาศ กสทช. เรื่อง แผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล ลงวันที่ 11 พฤศจิกายน 2562 [1] เพื่อดำเนินการเรียกคืนคลื่นความถี่ช่วง 694 – 790 เมกะเฮิรตซ์ สำหรับนำไปจัดสรรใหม่ให้กิจการโทรคมนาคม รวมถึงกำหนดให้นำคลื่นความถี่ช่วง 470 – 510 เมกะเฮิรตซ์ มาใช้สำหรับกิจการโทรทัศน์เพิ่มเติม เป็นผลให้คลื่นความถี่ย่าน 470 – 694 เมกะเฮิรตซ์ ถูกกำหนดให้ใช้สำหรับกิจการโทรทัศน์ โดยแบ่งออกเป็นช่องความถี่ทั้งหมด 28 ช่องความถี่ มีหมายเลขช่องความถี่ตั้งแต่ 21 จนถึง 48

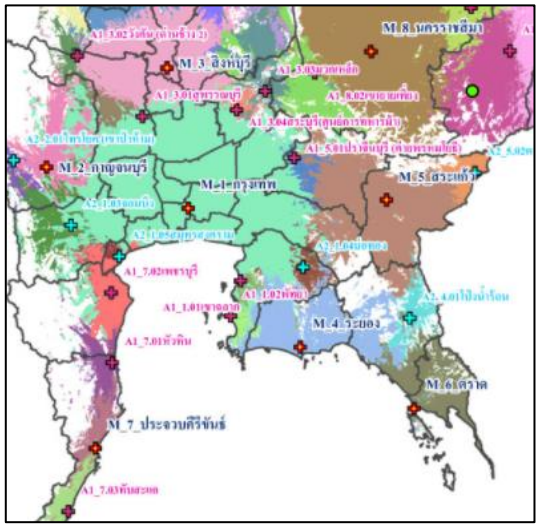
แผนความถี่วิทยุดังกล่าวยังได้กำหนดการจัดกลุ่มช่องความถี่วิทยุออกเป็น 7 กลุ่ม ตามรูปที่ 1.2 โดยแต่ละพื้นที่ซึ่งมีบริเวณใกล้เคียงกันจะถูกกำหนดให้กลุ่มช่องความถี่แตกต่างกันเพื่อป้องกันปัญหาการรบกวน ดังแสดงเป็นสีที่แตกต่างกันตามรูปที่ 1.3 ซึ่งจะส่งผลให้พื้นที่หนึ่ง ๆ มีช่องความถี่ที่ไม่ถูกใช้สำหรับกิจการโทรทัศน์ ยกตัวอย่างเช่น พื้นที่ที่ใช้กลุ่มช่องความถี่วิทยุ Da จะกำหนดไว้ 6 ช่องความถี่ สำหรับใช้ส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์ โดยช่องความถี่หมายเลขที่ 21 22 24-27 29 30 32-34 36-38 40-46 และ 48 จะเป็น TV White Space ในพื้นที่นั้น

กำหนดการจัดกลุ่มช่องความถี่วิทยุเป็นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 กำหนดการจัดกลุ่มช่องความถี่วิทยุ

กลุ่มช่องความถี่วิทยุ	จำนวน ช่องความถี่วิทยุ	หมายเลขช่องความถี่วิทยุ					
Da	6	23	28	31	35	39	47
Db	6	22	26	32	36	40	44
Dc	6	21	27	30	33	37	41
Dd	5	34	38	46	42	24	-
De	5	43	45	48	29	25	-
TDa	6	22	26	34	38	42	46
TDb	6	28	32	36	40	44	48

รูปที่ 1.2 การกำหนดการจัดกลุ่มช่องความถี่วิทยุ



รูปที่ 1.3 การแบ่งกลุ่มช่องความถี่วิทยุในแต่ละพื้นที่ (แสดงด้วยสีที่แตกต่างกัน)

TV White Space สามารถรองรับการใช้งานที่มีความกว้างแถบคลื่นความถี่ที่หลากหลาย โดยอุปกรณ์สื่อสารสามารถรวมช่องความถี่ที่ติดกันเพื่อใช้งานได้ ทำให้ความกว้างแถบคลื่นความถี่อาจมีค่าเป็นจำนวน N เท่าของ 8 เมกะเฮิรตซ์ ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ และสามารถนำไปใช้กับระบบที่ต้องการอัตรารับส่งข้อมูลที่สูงขึ้นได้

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1) เพื่อสำรวจแนวทางการใช้งานและกำกับดูแล TV White Space ในระดับนานาชาติ
2) เพื่อศึกษาเงื่อนไขทางเทคนิคที่เกี่ยวข้อง
3) เพื่อศึกษาความพร้อมและความเป็นไปได้ของการใช้งาน TV White Space ในประเทศไทย
4) เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในประเทศไทย
5) เพื่อศึกษาแนวทางการใช้งาน TV White Space ในประเทศไทย

1.4 วิธีการศึกษา

1) รวมรวบข้อมูลและกรณีศึกษาจากต่างประเทศ
2) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเงื่อนไขการใช้งาน TV White Space เพื่อไม่ก่อให้เกิดการรบกวน
3) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้งานกิจการโทรทัศน์และกฎหมายที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย
4) รวบรวมความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในประเทศไทย โดยใช้การทำแบบสำรวจความคิดเห็นและการประชุมหารือ
5) วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวทางการใช้งาน TV White Space ในประเทศไทย

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) แนวทางการใช้งานและกำกับดูแล TV White Space ในระดับนานาชาติ
2) เงื่อนไขทางเทคนิคที่เกี่ยวข้อง
3) ความพร้อมและความเป็นไปได้ของการใช้งาน TV White Space ในประเทศไทย
4) ความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในประเทศไทย
5) แนวทางการใช้งาน TV White Space ในประเทศไทย

บทที่ 2 การประยุกต์ใช้งาน (Application)

ตามลักษณะทางเทคนิคของคลื่นความถี่ซึ่งเป็นการแพร่ไปในตัวกลาง (อากาศ) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นความถี่จะสูญเสียพลังงานให้แก่ตัวกลาง ทำให้ค่ากำลังที่ได้รับ (Received Power) มีค่าลดลง โดยเมื่อค่าดังกล่าวต่ำกว่ากำลังขั้นต่ำที่อุปกรณ์รองรับ อาจส่งผลให้การสื่อสารไร้สายดังกล่าวไม่สำเร็จ

การสูญเสียพลังงานข้างต้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน ซึ่งความถี่ (Frequency) ของคลื่นความถี่ถือเป็นปัจจัยสำคัญ ตามความสัมพันธ์ว่า ยิ่งมีความถี่สูงก็ยิ่งสูญเสียพลังงานในตัวกลางมากขึ้น ดังนั้น คลื่นความถี่ของ TV White Space (470 – 694 เมกะเฮิรตซ์) จึงมีความถี่ต่ำกว่า สูญเสียพลังงานน้อยกว่า และ “แพร่ไปในตัวกลางได้ระยะทางไกลกว่า” เมื่อเทียบกับคลื่นความถี่ส่วนมากของกิจการโทรคมนาคม โดยเฉพาะคลื่นความถี่ที่กำหนดให้ใช้งานเป็นการทั่วไป เช่น Wi-Fi ย่านความถี่ 2400 เมกะเฮิรตซ์ อีกทั้งคลื่นความถี่ในย่าน TV White Space ยังมีความสามารถในการ “ทะลุสิ่งกีดขวางได้ดี” อีกด้วย เนื่องจากมีความยาวคลื่น (Wavelength) สูง ทำให้เหมาะกับการสื่อสารในลักษณะที่อุปกรณ์ภาครับและภาคส่งไม่อยู่ในแนวสายตา หรือ Non-line-of-sight (NLOS) ทั้งนี้ รายละเอียดทางเทคนิคปรากฏตามภาคผนวก ก

ด้วยคุณลักษณะทางเทคนิคข้างต้น ประกอบกับปัจจัยค่าตอบแทนคลื่นความถี่ที่ต่ำ ทำให้ TV White Space ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในหลายภูมิภาคทั่วโลก โดยจากการสำรวจการใช้งานในปัจจุบัน การศึกษาและวิจัย รวมถึงแนวโน้มในอนาคต สามารถสรุปแนวทางการใช้งานได้ ดังนี้

2.1 อินเทอร์เน็ตไร้สาย (Wireless Broadband Internet Access)

ด้วยข้อได้เปรียบคือ สามารถแพร่สัญญาณเป็นระยะทางไกล และสามารถทะลุสิ่งกีดขวางได้ดี โดยมีข้อเสียเปรียบคืออัตราการรับส่งข้อมูลอาจต่ำกว่าคลื่นความถี่ในย่านที่สูงขึ้นไป ลักษณะดังกล่าวเหมาะสมกับการให้บริการอินเทอร์เน็ตในพื้นที่ที่อาจเข้าได้ถึงได้ยาก เช่น อาจไม่คุ้มค่าในการวางสายโครงข่าย ประกอบกับจำนวนประชากรที่ต่ำ ทำให้ไม่ต้องการอัตราการรับส่งข้อมูลสูงมากนัก

ในปัจจุบันมีการให้บริการอินเทอร์เน็ตไร้สายผ่าน TV White Space ในหลายประเทศทั่วโลก ซึ่งมีตัวอย่างที่เด่นชัดได้แก่โครงการ 4Afrika ของบริษัท Microsoft โดยในปี พ.ศ. 2558 บริษัท Spectra Wireless ร่วมกับ บริษัท Microsoft ได้ให้บริการอินเทอร์เน็ตในระดับ Commercial ผ่านเทคโนโลยี TV White Space ในประเทศกานา (Ghana) เป็นครั้งแรกของทวีปแอฟริกา [2] โดยมีกลุ่มลูกค้าเป็นนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัย ซึ่งบริษัท Microsoft ก็ได้ต่อยอดโครงการ 4Afrika มาโดยตลอด และได้ขยายการให้บริการอย่างรวดเร็ว ในปัจจุบันบริษัท Microsoft กำลังผลักดันนโยบายที่เกี่ยวข้องกับ TV White Space ในหลายประเทศในทวีปแอฟริกาเพื่อให้แนวทางการกำกับดูแลมีความก้าวทันต่อเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ได้เปลี่ยนแปลงไป โครงการ 4Afika เป็นที่รู้จักทั้งในด้านเทคโนโลยีการสื่อสาร การศึกษา และการพัฒนาธุรกิจสตาร์ทอัพ ตัวอย่างการใช้งานจริงในพื้นที่ปรากฏตามรูปที่ 2.1 นอกจากนี้ บริษัท Microsoft ยังเป็นผู้ให้บริการฐานข้อมูลสำหรับการใช้งาน TV White Space ในหลายประเทศทั่วโลกอีกด้วย เช่น ประเทศจาเมกา (Jamaica) สาธารณรัฐฟิลิปปินส์ สหราชอาณาจักร และสหรัฐอเมริกา

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างของโครงการ 4Afrika

สหรัฐอเมริกาโดย Federal Communications Commission (FCC) ได้เล็งเห็นโอกาสในการใช้คลื่นความถี่ให้มีประสิทธิภาพ และอนุญาตให้นำ TV White Space ไปใช้ประโยชน์เป็นประเทศแรก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 [3] โดยเปิดให้ใช้งานเป็นการทั่วไป โดยมีประเทศอื่น ๆ ได้อนุญาตการใช้งานดังกล่าวตามมา ซึ่งในปัจจุบันถือว่าตลาดมีความพร้อมด้านอุปกรณ์ ทั้งการใช้งานแบบกิจการประจำที่ (Fixed Service) หรือกิจการเคลื่อนที่ (Mobile Service) และมีมาตรฐานรองรับจากองค์กรที่ได้รับการยอมรับ อย่างเช่น

1) Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) มีมาตรฐาน 802.11af: A Standard for TV White Space Spectrum Sharing [4] และมาตรฐาน 802.22 สำหรับระบบ Wireless Regional Area Network (WRAN) ที่ใช้ TV White Space [5]
2) European Society of Thoracic Imaging (ETSI) มีมาตรฐาน EN 301 598: White Space Devices (WSD); Wireless Access Systems operating in the 470 MHz to 790 MHz TV broadcast band; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU [6]

โดยมีตัวอย่างผู้ผลิตอุปกรณ์รายใหญ่ เช่น บริษัท Texas Instruments และบริษัท Carlson Wireless Technology ตามรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 อุปกรณ์ White Space ของ Carlson Wireless Technology [7]

2.2 Internet of Things (IoT)

Internet of Things คือ โครงข่ายการเชื่อมต่อที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์จำนวนมากและหลากหลาย โดยเน้นการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์/เครื่องมือ (Machine-to-machine) โดยส่วนใหญ่ระบบจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ศูนย์กลางที่มีหน้าที่รับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น อุปกรณ์ภายในบ้านอย่างประตู ตู้เย็น และนาฬิกาปลุก หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในภารกิจเฉพาะอย่าง Sensor และ Actuator

ในปัจจุบัน IoT นิยมใช้คลื่นความถี่ที่กำหนดให้ใช้งานเป็นการทั่วไป (Unlicensed Band) เช่น ย่านความถี่ 920 – 925 เมกะเฮิรตซ์ ที่กำหนดให้ใช้โดยเฉพาะ หรือย่านความถี่ Wi-Fi 2400 เมกะเฮิรตซ์ อย่างไรก็ตามคลื่นความถี่ข้างต้นก็มีข้อจำกัดบางประการ โดยย่านความถี่สูงอาจไม่เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่กว้าง หรือมีสิ่งกีดขวางจำนวนมาก ในขณะที่ย่านความถี่ 920 – 925 เมกะเฮิรตซ์ มีความกว้างแถบคลื่นความถี่จำกัดเพียง 5 เมกะเฮิรตซ์ และมีข้อกำหนดเกี่ยวกับอัตรารับ-ส่งข้อมูล ดังนั้น การนำ TV White Space มาใช้สำหรับ IoT จึงอาจเป็นอีกทางเลือกที่อาจสามารถลดข้อจำกัดดังกล่าวได้ ทั้งนี้ การประยุกต์ใช้งานที่เหมาะสมมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

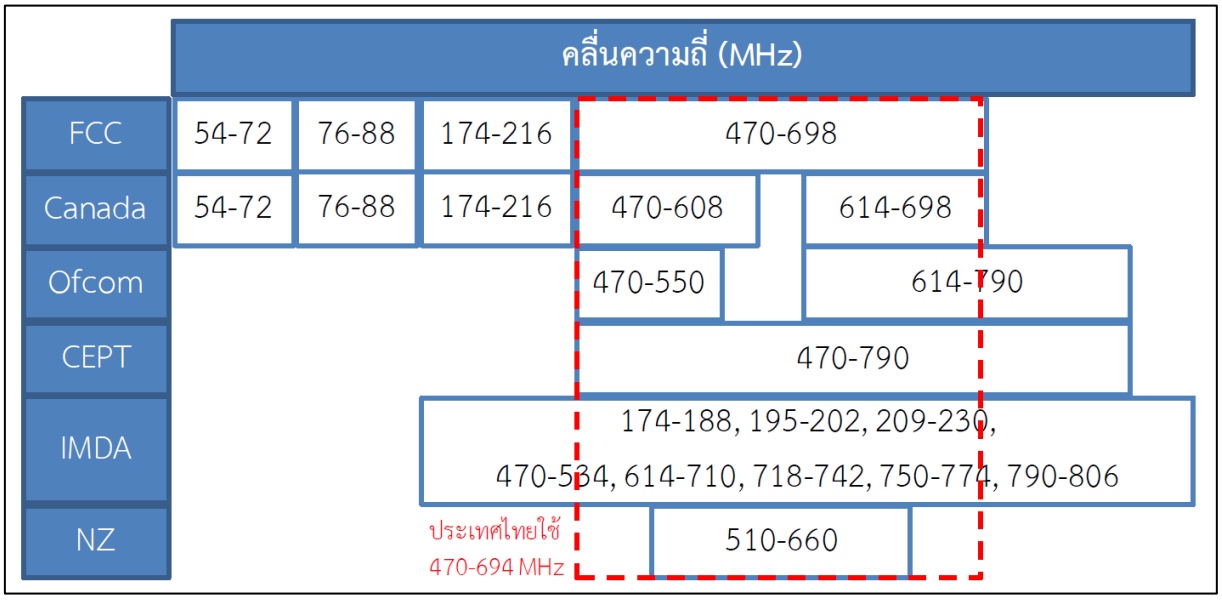
ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแต่ละลักษณะการใช้งาน Internet of Things

ลักษณะการใช้งาน	ข้อดี	ข้อเสีย
เกษตรกรรม (Smart Farming)	1) พื้นที่เกษตรกรรมมักห่างไกลเขตชุมชนหนาแน่น จึงมีแนวโน้มที่จะพบ TV White Space สูง 2) โอกาสเกิดการรบกวนกับกิจการโทรทัศน์ต่ำ 3) สัญญาณสามารถแพร่ได้เป็นระยะทางไกล เหมาะกับพื้นที่กว้างของเกษตรกรรม	1) ต้นทุนอุปกรณ์ White Space มีราคาสูงกว่าอุปกรณ์ทั่วไป
อุตสาหกรรม (Smart Factory)	1) โอกาสเกิดการรบกวนกับกิจการโทรทัศน์ค่อนข้างต่ำ 2) TV White Space มีความกว้างแถบคลื่นความถี่สูง อาจเหมาะสมกับพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีความหนาแน่นของอุปกรณ์ IoT สูง	1) ต้นทุนอุปกรณ์ White Space มีราคาสูงกว่าอุปกรณ์ทั่วไป
โครงสร้างที่อยู่อาศัย (Smart City)	1) TV White Space สามารถทะลุสิ่งกีดขวางได้ดี อาจเหมาะสมกับพื้นที่เขตเมืองซึ่งมีสิ่งปลูกสร้าง ต้นไม้ หรือยานพาหนะหนาแน่น	1) ต้นทุนอุปกรณ์ White Space มีราคาสูงกว่าอุปกรณ์ทั่วไป 2) พื้นที่เขตเมืองมีการใช้งานกิจการโทรทัศน์สูง 3) หากอุปกรณ์ White Space ทำงานผิดพลาด อาจก่อให้เกิดปัญหาการรบกวนในวงกว้าง

บทที่ 3 ผลสำรวจและกรณีศึกษาในต่างประเทศ

3.1 คลื่นความถี่ที่อนุญาตให้ใช้ TV White Space

TV White Space ได้รับอนุญาตให้ใช้งานในหลายประเทศทั่วโลก ซึ่งแต่ละประเทศมีการกำหนดย่านความถี่ที่อนุญาตแตกต่างกันตามการจัดสรรคลื่นความถี่และเงื่อนไขการใช้งาน อย่างไรก็ตาม การสำรวจพบว่าคลื่นความถี่ที่กำหนดให้ใช้สำหรับกิจการโทรทัศน์ในประเทศไทย (470 – 694 เมกะเฮิรตซ์) มีความสอดคล้องกับการอนุญาตให้ใช้งาน TV White Space ของประเทศต่าง ๆ โดยมีตัวอย่างปรากฏตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 คลื่นความถี่ซึ่งแต่ละองค์กรกำกับดูแลที่เกี่ยวข้องได้อนุญาตให้ใช้ TV White Space

โดยอาจมีเงื่อนไขการใช้งานที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศหรือแต่ละย่านความถี่ ตัวอย่างเช่น สหรัฐอเมริกาไม่อนุญาตให้ใช้ TV White Space ในพื้นที่ซึ่งมีการใช้งานของผู้ได้รับใบอนุญาต (Licensed User) ในย่านความถี่ 600 เมกะเฮิรตซ์

3.2 การกำกับดูแลการใช้งาน TV White Space

อุปกรณ์ White Space Device (WSD) มีการใช้งานในรูปแบบที่แตกต่างกัน จึงมีลักษณะทางเทคนิคแตกต่างกันออกไปตามลักษณะการใช้งาน เช่น การใช้งานอินเทอร์เน็ตไร้สายอาจต้องส่งสัญญาณเป็นระยะทางไกลจึงต้องใช้กำลังส่งสูง แต่ตำแหน่งของอุปกรณ์จะไม่เปลี่ยนแปลง ในทางกลับกัน การใช้งาน IoT ในพื้นที่จำกัดอาจใช้กำลังส่งต่ำลง แต่อุปกรณ์อาจเปลี่ยนแปลงตำแหน่งไปตามเวลา และบางอุปกรณ์อาจไม่มีความสามารถเพียงพอที่จะดำเนินการตามเงื่อนไขในการใช้ TV White Space โดยจากการสำรวจแนวทางการกำกับดูแลของแต่ละประเทศ สามารถแบ่งอุปกรณ์ออกเป็น 3 ประเภท ได้ดังนี้

1) อุปกรณ์ประจำที่ (Fixed White Space Device) คืออุปกรณ์ที่มีตำแหน่งคงที่ มักติดตั้งสูงจากระดับพื้นดิน มีความสามารถในการดำเนินการตามเงื่อนไขในการใช้ TV White Space
2) อุปกรณ์หลัก (Master White Space Device) คืออุปกรณ์ที่อาจมีตำแหน่งคงที่หรือเคลื่อนที่ได้ มีความสามารถในการดำเนินการตามเงื่อนไขในการใช้ TV White Space

3) อุปกรณ์ลูกข่าย (Slave White Space Device) คืออุปกรณ์ที่อาจมีตำแหน่งคงที่หรือเคลื่อนที่ได้ และอาจไม่มีความสามารถในการดำเนินการตามเงื่อนไขในการใช้ TV White Space ดังนั้น การสื่อสารจึงต้องอาศัยการควบคุมหรือข้อมูลจากอุปกรณ์หลักในข้อ 2)

โดยเงื่อนไขในการใช้งาน TV White Space เพื่อป้องกันปัญหาการรบกวนของอุปกรณ์แต่ละประเภท อาจกำหนดแตกต่างกันได้ เช่น อนุญาตให้อุปกรณ์ประจำที่ใช้กำลังส่งสูงกว่า หรือกำหนดให้อุปกรณ์หลักและอุปกรณ์ลูกข่ายต้องได้รับการอนุญาตใช้งานจากฐานข้อมูล White Space อย่างต่อเนื่องเพราะอุปกรณ์อาจเปลี่ยนตำแหน่งไปอยู่ในพื้นที่ที่ไม่มี TV White Space ได้ ซึ่งแต่ละประเทศก็มีแนวทางการกำกับดูแลที่แตกต่างกันออกไป ตามตัวอย่างที่ได้สรุปมาดังต่อไปนี้

3.2.1 FCC

สหรัฐอเมริกากำหนดช่องความถี่ของกิจการโทรทัศน์ไว้ 6 เมกะเฮิรตซ์ โดยช่องความถี่ที่ไม่ถูกใช้งานสามารถนำไปใช้เป็นการทั่วไป (Unlicensed) ได้หากอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด [8] โดยมีตัวอย่างเงื่อนไขที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

1) ข้อจำกัดกำลังส่ง (Power limits)

ตารางที่ 3.1 กำลังส่งสูงสุดของอุปกรณ์ White Space ในสหรัฐอเมริกา

ประเภทของอุปกรณ์	กำลังส่งสูงสุด (วัตต์ EIRP/6 เมกะเฮิรตซ์)
อุปกรณ์ประจำที่	4*
อุปกรณ์ส่วนตัว/เคลื่อนที่	0.1
อุปกรณ์ส่วนตัว/เคลื่อนที่ ที่ไม่ได้อยู่ภายใต้เงื่อนไขการกำหนดระยะห่าง (Separation Distance)	0.04

*กำลังส่ง Conducted Power สูงสุด 1 วัตต์/6 เมกะเฮิรตซ์

รวมถึงมีการจำกัดค่ากำลังของสัญญาณที่วัดได้ต่อ 100 กิโลเฮิรตซ์ และการแพร่สัญญาณนอกย่านความถี่ที่ใช้งานด้วย

2) ตำแหน่งบนพื้นโลกและการเข้าถึงฐานข้อมูล (Geo-location and database access)

อุปกรณ์ TV White Space ต้องใช้ตำแหน่งบนพื้นโลกและการเข้าถึงฐานข้อมูลเพื่อระบุช่องความถี่ที่สามารถใช้ได้โดยไม่รบกวนกิจการโทรทัศน์ และกิจการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยความสามารถดังกล่าวต้องอยู่ในเงื่อนไขที่กำหนด เช่น สำหรับอุปกรณ์ประจำที่ต้องมีความคลาดเคลื่อนของพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลกไม่เกิน 50 เมตร หรืออุปกรณ์ส่วนตัว/เคลื่อนที่ต้องสามารถตรวจพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลกของเครื่องได้อย่างน้อยทุก ๆ 60 วินาที

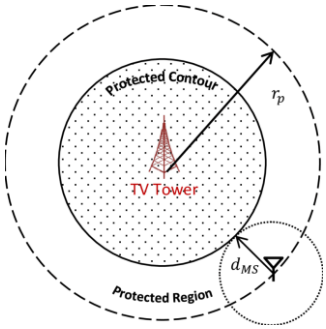
3) การกำหนดระยะห่าง (Protected contour and separation distance)

มีการกำหนดขอบเขตพื้นที่คุ้มครอง (Protected Contour) ให้กับสถานีส่งสัญญาณวิทยุโทรทัศน์แต่ละประเภทแยกตามคลื่นความถี่ของสัญญาณ รายละเอียดตามรูปที่ 3.2 โดยขอบเขตดังกล่าวจะถูกกำหนดด้วยค่ากำลังส่งที่ถูกลดทอนไปกับการแพร่สัญญาณจนมีค่าตามที่กำหนด เช่น สถานีฐานของ

กิจการโทรทัศน์ระบบดิจิตอล ที่ใช้คลื่นความถี่ย่าน UHF จะมีค่าดังกล่าวกำหนดที่ 41 dBu ทั้งนี้ ภาพตัวอย่างของขอบเขตพื้นที่คุ้มครองปรากฏตามรูปที่ 3.3

Type of station	Protected contour		
	Channel	Contour (dBu)	Propagation curve
Analog: Class A TV, LPTV, translator and booster	Low VHF (2–6)	47	F(50,50)
	High VHF (7–13)	56	F(50,50)
	UHF (14–69)	64	F(50,50)
Digital: Full service TV, Class A TV, LPTV, translator and booster.	Low VHF (2–6)	28	F(50,90)
	High VHF (7–13)	36	F(50,90)
	UHF (14–51)	41	F(50,90)

รูปที่ 3.2 ขอบเขตพื้นที่คุ้มครองของสถานีฐานแต่ละประเภท



รูปที่ 3.3 รูปภาพตัวอย่างแสดงขอบเขตพื้นที่คุ้มครอง

เงื่อนไขการใช้งานอุปกรณ์ TV White Space ต้องคำนึงถึงขอบเขตพื้นที่คุ้มครองด้วย โดยมีการกำหนดระยะห่าง (Separation Distance) ขั้นต่ำระหว่างอุปกรณ์กับขอบเขตดังกล่าว ขึ้นอยู่กับความสูงของสายอากาศจากพื้นดิน และการใช้คลื่นความถี่ว่าอยู่ในช่องความถี่เดียวกันหรือช่องความถี่ข้างเคียง รายละเอียดตามรูปที่ 3.4

Antenna height above average terrain of unlicensed device	Required separation (km) from digital or analog TV (full service or low power) protected contour	
	Co-channel (km)	Adjacent channel (km)
Less than 3 meters	4.0	0.4
3–Less than 10 meters	7.3	0.7
10–Less than 30 meters	11.1	1.2
30–Less than 50 meters	14.3	1.8
50–Less than 75 meters	18.0	2.0
75–Less than 100 meters	21.1	2.1
100–Less than 150 meters	25.3	2.2
150–Less than 200 meters	28.5	2.3
200–250 meters	31.2	2.4

รูปที่ 3.4 ตารางกำหนดระยะห่าง (Separation Distance)

3.2.2 CEPT

สหภาพยุโรปกำหนดช่องความถี่ของกิจการโทรทัศน์ไว้ 8 เมกะเฮิรตซ์ โดยช่องความถี่ที่ไม่ถูกใช้งานในแต่ละพื้นที่อาจสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์กำลังส่งต่ำได้ หากอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยมีแนวทางการกำกับดูแล TV White Space ตาม ECC Report 236: Guidance for national implementation of a regulatory framework for TV WSD using geo-location databases [9] ซึ่งกำหนดให้อุปกรณ์ต้องใช้งานผ่านการสนับสนุนของฐานข้อมูล White Space Database ทั้งนี้ ฐานข้อมูลดังกล่าวต้องมีความสามารถ ดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลการใช้งานของกิจการหลัก
2) จัดการข้อมูลการใช้งานของกิจการหลัก
3) คำนวณเงื่อนไขการใช้งาน TV White Space
4) สื่อสารกับอุปกรณ์ White Space

รายงานดังกล่าวได้ยกตัวอย่างแนวทางการใช้ประโยชน์จาก TV White Space ที่มีความเป็นไปได้ จำนวน 4 แนวทาง คือ

1) Internet of Things (IoT)
2) บริการอินเทอร์เน็ต
3) การเชื่อมต่อระดับโครงข่าย (Backhaul)
4) การกระจายเสียงและโทรทัศน์ขนาดเล็ก (Pico Broadcasting)

และได้ยกตัวอย่างแนวทางการกำหนดมาตรการเพื่อป้องกันการรบกวน โดยนำมาจากการกำกับดูแลของ The Office of Communications (Ofcom) ในสหราชอาณาจักร ดังต่อไปนี้

1) <u>การรบกวนต่อกิจการหลัก</u> คำนวณระดับกำลังส่งสูงสุดของอุปกรณ์ White Space ซึ่งเป็นการคำนวณเชิงพื้นที่ ความละเอียด 100x100 ตารางเมตร โดยอุปกรณ์จะส่งข้อมูลตำแหน่งและคลื่นความถี่ที่ใช้งานให้ระบบฐานข้อมูล White Space ทำการคำนวณกำลังส่ง ซึ่งต้องสอดคล้องกับ
   - การใช้งานระบบโทรทัศน์ภาคพื้นดินในพื้นที่
   - การใช้งานระบบ Programme-making and special events (PMSE) ในพื้นที่
   - ข้อตกลงทางเทคนิคระหว่างประเทศ
   - การใช้งานอื่นในย่านความถี่ข้างเคียง
   - กำลังส่งสูงสุดของช่องสัญญาณระบบโทรทัศน์ภาคพื้นดินแต่ละช่อง
2) <u>การรบกวนกันระหว่างอุปกรณ์ White Space</u> กำหนดแนวทางการป้องกันไว้ 2 แนวทาง ดังนี้
   - ใช้ความสามารถของอุปกรณ์ เช่น อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐาน IEEE 802.11af จะสามารถตรวจสอบได้ว่ามีการใช้คลื่นความถี่อยู่หรือไม่และจะส่งสัญญาณในลักษณะหลบหลีกการรบกวนตามวิธี Carrier-sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) ซึ่งเป็นวิธีที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี Wi-Fi
   - ใช้ความสามารถของฐานข้อมูล White Space ทำการติดตามและบริหารจัดการการใช้งาน TV White Space เพื่อให้ลดการรบกวน รวมถึงจัดระดับความสำคัญ (Priority) ในการเข้าถึงทรัพยากรของอุปกรณ์แต่ละประเภท

3.3 กรณีศึกษา

การใช้งาน TV White Space ถือว่าเป็นสิ่งที่ท้าทายเนื่องจากมีเงื่อนไขการใช้งานที่ซับซ้อนกว่าระบบอื่น ๆ รวมถึงเป็นการร่วมใช้งานกับระบบหลักซึ่งมีสิทธิในคลื่นความถี่สูงกว่า จึงต้องออกแบบการป้องกันการรบกวนอย่างรอบคอบ และอาจต้องมีการทดลองใช้งานจริงเพื่อพิสูจน์มาตรการต่าง ๆ ที่ได้ออกแบบมา โดยมีตัวอย่างกรณีศึกษา ดังต่อไปนี้

3.3.1 โครงการกองทุน กทปส. เรื่อง ศึกษาการใช้ประโยชน์จากคลื่นความถี่ของกิจการโทรทัศน์ที่ไม่มีการใช้งานในแต่ละพื้นที่ (TV White Space)

สำนักงาน กสทช. ได้สนับสนุนสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (Asian Institute of Technology: AIT) ผ่านโครงการกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ (กองทุน กทปส.) ในการนำร่องศึกษาการใช้ประโยชน์จาก TV White Space รวมถึงทดลองใช้งานจริงในประเทศไทย [10] เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับปรับตัวให้ก้าวทันการเปลี่ยนแปลงในระดับโลก

โครงการดังกล่าวได้นำอุปกรณ์ White Space ของบริษัท Carlson Wireless Technology ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ได้รับการรับรองจาก FCC ให้ใช้ช่องความถี่ว่างในย่าน UHF 470 – 790 เมกะเฮิรตซ์ และทำงานภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.11af หรือ Super Wi-Fi มาลองใช้งานในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี (พื้นที่เขตเมือง) และพื้นที่ตำบลแม่กาษา อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก (พื้นที่ห่างไกลเข้าถึงยาก) โดยผลการศึกษาพบว่าเมื่อพัฒนา Spectrum Sensing Algorithm ประกอบการใช้งานอุปกรณ์ พบว่าสามารถตรวจหาช่องความถี่ White Space ได้แม่นยำมากขึ้น และผลการทดสอบการใช้งานจริงพบว่าสามารถใช้งานได้ โดยเครือข่ายมีอัตรารับส่งข้อมูลที่ดีในแต่ละลิงค์ประมาณ 4 ถึง 13 เมกะบิตต่อวินาที ค่าอัตราการล่าช้าและค่าผันแปรของความล่าช้ามีค่าต่ำกว่า 16 มิลลิวินาที และ 2.5 มิลลิวินาที ตามลำดับ ทั้งกรณีเชื่อมโยงแบบจุดต่อจุดและแบบจุดต่อหลายจุด ส่วนค่าการสูญเสียข้อมูล (Packet Loss) ซึ่งมีอัตราที่แปรผันตามอัตราส่งข้อมูล นั้น ที่อัตราส่งข้อมูล 5 เมกะบิตต่อวินาที มีค่าส่วนมากไม่สูงกว่า 10% บ่งบอกถึงประสิทธิภาพที่ดีของเครือข่าย ซึ่งสามารถรองรับการประยุกต์ใช้ในการส่งรับสัญญาณเสียง (Voice) วีดีโอ (Video) และข้อมูลเรียลไทม์ (Real-time) ได้

อย่างไรก็ตาม ผู้จัดทำโครงการได้ให้เสนอแนะว่าการใช้ระบบฐานข้อมูลของตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ในการตรวจหา TV White Space จะป้องกันเครื่องส่งสัญญาณและเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์จากการรบกวนได้อย่างเหมาะสม โดยอุปกรณ์ White Space จะเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลดังกล่าวด้วยโปรโตคอล Protocol to Access White Space (PAWS) เพื่อหาช่องความถี่ที่สามารถใช้งานได้

3.3.2 SNOW: Sensor Network over White Spaces

โครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Networks: WSNs) มีความท้าทายในการใช้งานในกรณีที่พื้นที่มีขนาดกว้าง เนื่องจากต้องการการเชื่อมต่อของอุปกรณ์จำนวนมากในระยะทางที่ไกล การใช้งานทั่วไปตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 [11] หรือมาตรฐานอื่น ๆ พบว่าโครงข่ายต้องอาศัยการเชื่อมต่อ (Hop) จำนวนมาก ซึ่งสร้างความซับซ้อนให้กับการออกแบบและการติดตั้งโครงข่าย บริษัท Microsoft จึงได้มีการพัฒนาระบบโครงข่าย WSNs ให้ใช้งานบน White Space ขึ้นมา เรียกว่า Sensor Network over White Spaces หรือ SNOW [12] เพื่อลดความซับซ้อนดังกล่าว โดยมีจุดเด่นที่สำคัญ คือ การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์มีระยะทางหลายกิโลเมตร ทำให้ลดการสูญเสียข้อมูลรวมถึงความล่าช้าเนื่องมาจากการทำ Time Synchronization และ Multi-hop Routing ลงไปได้ รวมถึงสามารถทะลุสิ่งกีดขวางได้ดี ภาครับสัญญาณจึง

ทำงานได้เสถียรกว่าและไม่จำเป็นต้องรอรับสัญญาณจากการสะท้อนสิ่งกีดขวาง (Multipath Component) ช่วยลดความล่าช้าลงได้มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังประหยัดพลังงานมากขึ้นเนื่องจากมีการลดขนาดของช่องสัญญาณลงแล้วใช้หลายช่องสัญญาณพร้อมกัน

บริษัท Microsoft ได้ร่วมมือกับศูนย์วิจัย Beltsville Agricultural Research Center ของ U.S. Department of Agriculture (USDA) ที่รัฐแมริแลนด์ จัดทำโครงการเกษตรกรรม FarmBeats [13] ที่ใช้ระบบ Artificial Intelligence (AI) ในการช่วยลดต้นทุน เพิ่มผลผลิต และพัฒนาพืชผลทางการเกษตรที่สามารถปรับตัวกับสภาวะโลกร้อนได้ดี โดยมีปัจจัยหลักตัวหนึ่งของโครงการคือการใช้ TV White Space ในการรับส่งข้อมูลระหว่างเซ็นเซอร์เพื่อเชื่อมต่อโครงข่ายวิจัยเข้ากับฟาร์มให้มากยิ่งขึ้น ตามรูปที่ 3.5 โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตอาหารให้เพียงพอรองรับการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกในอนาคต

รูปที่ 3.5 ภาพรวมของระบบ FarmBeats

3.3.3 TV White Space (TVWS) Experimental for Application in Remote Area

MIMOS Berhad ศูนย์วิจัยและพัฒนาภายใต้การกำกับดูแลของรัฐบาลประเทศมาเลเซียได้นำเสนอโครงการ TV White Space (TVWS) Experimental for Application in Remote Area ในการประชุม ICT Virtual Organization of ASEAN Institutes and NICT (ASEAN IVO) ประจำปี ค.ศ. 2018 ที่กรุงจาการ์ตา สาธารณรัฐอินโดนีเซีย [14] ซึ่งจัดโดย National Institute of Information and Communications Technology (NICT) ของประเทศญี่ปุ่น โดยเป็นโครงการร่วมมือกันระหว่าง NICT MIMOS Berhad University Kebangsaan Malaysia (UKM) และ University of San Carlos (USC) ทำการทดลองใช้งาน TV White Space ในพื้นที่ห่างไกล คือ ทะเลสาบชินี (Chini Lake) ในประเทศมาเลเซีย และพื้นที่จังหวัด Surigao del Norte สาธารณรัฐฟิลิปปินส์

โครงการดังกล่าวได้ทดลองติดตั้งระบบตรวจวัด (Monitoring) และระบบที่เกี่ยวกับภัยพิบัติทางธรรมชาติ โดยวัดค่าพารามิเตอร์ทางเทคนิคเพื่อประเมินคุณภาพของโครงข่ายดังกล่าว ผลการทดลอง ดังนี้

1) การทดลองในสาธารณรัฐฟิลิปปินส์ใช้อุปกรณ์ White Space มาตรฐาน IEEE 802.11af พบว่าสามารถใช้งานระบบอินเทอร์เน็ตบน TV White Space ด้วยเทคโนโลยี Multi-hopping ได้สำเร็จ โดยในพื้นที่ราบมีความครอบคลุมของสัญญาณประมาณ 1200 เมตร มีอัตรารับส่งข้อมูลสูงสุดที่ 3.25 เมกะบิตต่อวินาที (downlink) และ 3.16 เมกะบิตต่อวินาที (uplink) ส่วนพื้นที่หุบเขามีความครอบคลุมของสัญญาณประมาณ 600 เมตร มีอัตรารับส่งข้อมูลสูงสุดที่ 4.81 เมกะบิตต่อวินาที (downlink) และ 4.93 เมกะบิตต่อวินาที (uplink)

2) การทดลองในประเทศมาเลเซียเป็นการใช้ระบบ Wireless Smart Utility Network (Wi-SUN) และระบบ Long Range (LoRa) พบว่าสามารถใช้งานโครงข่ายเซ็นเซอร์ได้จริง แต่มีข้อจำกัดเรื่องการลดทอนสัญญาณที่ค่อนข้างสูงเมื่อมีพื้นที่ป่าไม้อยู่ในเส้นสายตา (Line of Sight) ซึ่งข้อแนะนำคือการติดตั้งสายอากาศให้สูงจากพื้นดินมากขึ้น

บทที่ 4 เงื่อนไขทางเทคนิค

การใช้งานคลื่นความถี่ซึ่งว่างจากการใช้งานสำหรับกิจการโทรทัศน์ในแต่ละพื้นที่ หรือคลื่นความถี่ TV White Space นั้น ให้ความสำคัญในการใช้งานคลื่นความถี่ที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยไม่ก่อให้เกิดการรบกวนหรือผลกระทบต่อกิจการหลัก (Primary Service) ดังนั้นในประเทศซึ่งอนุญาตให้ใช้งานคลื่นความถี่ TV White Space จะให้ความสำคัญกับป้องกันการรบกวนต่อกิจการโทรทัศน์ ซึ่งมีหลักการสำคัญคือ การตรวจสอบการใช้งานคลื่นความถี่สำหรับกิจการโทรทัศน์ในแต่ละพื้นที่ด้วยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (Spectrum Sensing) และฐานข้อมูลการใช้คลื่นความถี่

การใช้งานคลื่นความถี่ของ TV White Space จำเป็นต้องมีการกำหนดเงื่อนไขทางเทคนิคเพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนต่อกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลในพื้นที่เดียวกันและพื้นที่ข้างเคียง โดยจะต้องพิจารณาจากคุณลักษณะทางเทคนิคของเครื่องวิทยุคมนาคมและอุปกรณ์ White Space ดังนี้

1) คลื่นความถี่หรือช่องความถี่วิทยุที่ใช้งาน ตลอดจนความกว้างของแถบคลื่นความถี่ (Bandwidth)
2) เทคโนโลยีหรือโปรโตคอลที่ใช้งานสำหรับการรับส่งข้อมูล
3) กำลังส่งและแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ
4) คุณสมบัติการตรวจจับการใช้งานคลื่นความถี่ในกิจการโทรทัศน์

ในหลายประเทศเริ่มให้ความสนใจเทคโนโลยี TV White Space เนื่องจากคลื่นความถี่เป็นทรัพยากรที่สำคัญและมีอยู่จำกัด จึงต้องหาวิธีการใช้งานให้คุ้มค่ามากที่สุด โดยแต่ละประเทศที่มีความสนใจจะเริ่มต้นด้วยการศึกษา วิจัย และทดลองทดสอบก่อน จากนั้นจึงประมวลผลลัพธ์ที่ได้ จัดทำเป็นหลักเกณฑ์ กฎหมาย ระบบฐานข้อมูล และมาตรฐานทางเทคนิค ก่อนอนุญาตให้มีการใช้งานจริง

นอกจากการทดลองทดสอบแล้ว ในหลายประเทศมีหลักเกณฑ์และวิธีการอนุญาต รวมทั้งข้อกำหนดทางเทคนิคออกมารองรับ และอนุญาตให้มีการใช้งาน TV White Space ได้จริงภายในประเทศ อาทิ แคนาดา สิงคโปร์ สหราชอาณาจักร สาธารณรัฐเกาหลี หรือสหรัฐอเมริกา เป็นต้น โดยประเทศเหล่านี้ได้สร้างฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geolocation Database) ของการใช้งานคลื่นความถี่สำหรับกิจการโทรทัศน์ที่มีความถูกต้องและแม่นยำออกมาให้ใช้งานในการค้นหาคลื่นความถี่ที่ยังว่างอยู่ในแต่ละพื้นที่ โดยเชื่อว่าหลักการในการตรวจจับการใช้งานคลื่นความถี่โดยอุปกรณ์นั้น ไม่เพียงพอต่อการป้องกันการรบกวนคลื่นความถี่กับกิจการหลักซึ่งได้รับความคุ้มครอง ดังตัวอย่างวิธีการหลีกเลี่ยงการรบกวนของการใช้งาน TV White Space ตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 วิธีการหลีกเลี่ยงการรบกวนของการใช้งาน TV White Space ของประเทศตัวอย่าง

ประเทศ	วิธีการหลีกเลี่ยงการรบกวนของการใช้งาน TV White Space	
	การใช้งานฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์	การใช้งานอุปกรณ์ที่มีการตรวจจับคลื่นความถี่
สหรัฐอเมริกา	อนุญาตให้มีการใช้งาน โดยหน่วยงานกำกับดูแลจะเป็นผู้แต่งตั้งผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล	อนุญาตให้มีการใช้งาน โดยมีการกำหนดพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ไว้
แคนาดา	อนุญาตให้มีการใช้งาน โดยจะมีหน่วยงานเฉพาะเป็นผู้แต่งตั้งผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล	ในขณะนี้ยังไม่อนุญาต

สิงคโปร์	อนุญาตให้มีการใช้งาน โดยหน่วยงานกำกับดูแลจะเป็นผู้แต่งตั้งผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล	ในขณะนี้ยังไม่อนุญาต แต่สามารถใช้การตรวจจับคลื่นความถี่เสริมได้
สหราชอาณาจักร	อนุญาตให้มีการใช้งาน โดยหน่วยงานกำกับดูแลจะเป็นผู้ตรวจสอบคุณสมบัติและแต่งตั้งผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล	ในขณะนี้ยังไม่อนุญาต

หมายเหตุ การแต่งตั้งผู้ดูแลระบบฐานข้อมูลแต่ละประเทศอาจแต่งตั้งจำนวน 1 ราย หรือมากกว่า

ประเด็นศึกษาหลักในส่วนนี้จะมีการมุ่งเน้นการศึกษาในส่วนของการจัดทำฐานข้อมูล และการอยู่ร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ White Space และกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล โดยเป็นการศึกษาจากเอกสารที่ Office of Communications (Ofcom) ซึ่งเป็นหน่วยงานกำกับดูแลกิจการสื่อสารในสหราชอาณาจักร ได้ดำเนินการศึกษาในประเด็นดังกล่าวไว้

4.1 หลักการทำงานของอุปกรณ์ White Space Device (WSD)

จากที่เราได้ทราบถึงหลักการของการใช้งาน TV White Space ซึ่งจะเห็นได้ว่าจะมีองค์ประกอบหลัก คือ ตัวอุปกรณ์ White Space โดย Ofcom ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้งาน TV White Space และเห็นควรให้มีการใช้งานบนคลื่นความถี่ของโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล และถือว่าอุปกรณ์ White Space เป็นกลุ่มอุปกรณ์ที่ได้รับการยกเว้นใบอนุญาตภายใต้ Wireless Telegraphy Act 2006 โดยสรุปได้ว่าจะอนุญาตให้ใช้จนกว่าอุปกรณ์เหล่านั้นจะก่อให้เกิดการรบกวนอย่างรุนแรงต่อกิจการหลัก ทั้งกิจการโทรทัศน์และการใช้งานในลักษณะ Programme-making and special events (PMSE) เนื่องจากทาง Ofcom มองเห็นว่าการนำเทคโนโลยี TV White Space ไปใช้งานจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อประชาชนและผู้ใช้งาน จึงมีการศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์ White Space ว่ามีหลักการอย่างไร โดยในช่วงปี พ.ศ. 2552 ทาง Ofcom ได้เผยแพร่เอกสารว่าในทางปฏิบัติมี 3 หลักการ สำหรับการจัดทำฐานข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการใช้พิจารณาว่าอุปกรณ์ White Space จะทำงานและเลือกใช้คลื่นความถี่ที่เหมาะสมในการรับส่งสัญญาณ โดยสามารถสรุปหลักการรับรู้ของอุปกรณ์ได้ดังนี้

1) การตรวจจับคลื่นความถี่ที่ใช้งาน (Spectrum Sensing): เป็นหลักการซึ่งอาศัยอุปกรณ์ตรวจสอบคลื่นความถี่ของสัญญาณใด ๆ และหากตรวจไม่พบการใช้งานคลื่นความถี่ จะถือว่าช่องความถี่นั้นว่าง และสามารถใช้งานได้ ซึ่งพารามิเตอร์หลักๆ ของการตรวจจับคลื่นความถี่ที่ใช้งาน มีดังนี้

- เทรสโฮลด์ของการตรวจจับคลื่นความถี่ (Sensing Threshold)
- การตรวจจับคลื่นความถี่แบบเป็นคาบ (Periodicity of Re-Sensing) บนช่องสัญญาณที่เคยตรวจสอบว่าไม่มีการใช้งานคลื่นความถี่
- ระยะห่างในการสุ่มตรวจจับสัญญาณ (Sampling Duration)

2) การระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geolocation): เป็นหลักการซึ่งอาศัยการระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของตัวอุปกรณ์ White Space และสามารถตรวจสอบกับฐานข้อมูลได้ว่าในพิกัดนั้น ๆ สามารถใช้งานคลื่นความถี่ใดได้ด้วยคุณลักษณะทางเทคนิคแบบใด ซึ่งอุปกรณ์จะถูกห้ามไม่ให้ส่งสัญญาณจนกว่าได้รับอนุมัติจากฐานข้อมูลว่าสามารถใช้งานคลื่นความถี่ได้ ในกรณีนี้พารามิเตอร์เกี่ยวกับความแม่นยำของตำแหน่งและฐานข้อมูลของการใช้งานคลื่นความถี่จะมีความสำคัญอย่างมาก

3) การส่งสัญญาณบีคอน (Beacon): เป็นหลักการซึ่งอาศัยการสร้างเครือข่ายของเครื่องส่งสัญญาณหรือสถานีฐานทั่วประเทศ และกระจายสัญญาณแจ้งไปยังอุปกรณ์ White Space ว่ามีคลื่นความถี่ใดว่างในบริเวณใกล้เคียง

โดยผลการศึกษาของ Ofcom สรุปได้ว่าการส่งสัญญาณบีคอนนั้นด้อยกว่าสองวิธีแรก จึงไม่นำมาพิจารณาศึกษาการใช้งานในระยะต่อไป ทั้งนี้ เนื่องจากการส่งสัญญาณบีคอนจำเป็นต้องมีการสร้างโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงและการส่งสัญญาณบีคอนเองก็ยังไม่มีประสิทธิภาพ เพราะใช้งานได้ในพื้นที่ขนาดเล็กกว่าพื้นที่การใช้งานของเทคโนโลยี TV White Space ที่มีอยู่เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงของการรบกวนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการแพร่กระจายของสัญญาณบีคอนโดยไม่คาดคิด

4.2 ฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geolocation Database)

จากหลักการที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นจะเห็นได้ว่าหลักการใช้งานที่เหมาะสม และใช้งานเป็นที่แพร่หลายจะเป็นหลักการซึ่งอาศัยฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geolocation Database) ซึ่ง Ofcom ได้นำเสนอแนวทางหลัก 5 แนวทาง ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลดังกล่าว ดังนี้

1) ข้อมูลที่อุปกรณ์ส่งไปยังระบบฐานข้อมูล เสนอว่าควรมีความยืดหยุ่นกับอุปกรณ์ที่จะเลือกเฉพาะพิกัดตำแหน่ง ความแม่นยำของพิกัด ชนิดของอุปกรณ์ และค่ากำหนดตามปริมาณข้อมูลที่ได้รับ

2) ข้อมูลที่ระบบฐานข้อมูลส่งมายังอุปกรณ์ เสนอว่าควรจะมีรายการช่องความถี่และระดับกำลังส่งของแต่ละพิกเซล (Pixel) หรือตำแหน่งที่จะใช้งาน

3) ความถี่ในการอัพเดตฐานข้อมูล มีข้อแนะนำให้อุปกรณ์ต้องอัพเดตกับฐานข้อมูลทุก 2 ชั่วโมง

4) อัลกอริทึมการสร้างแบบจำลองและพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ที่จะใช้เพื่อสร้างฐานข้อมูล แนะนำให้มีรายละเอียดเกี่ยวกับอัลกอริธึมของการคำนวณการแพร่กระจายคลื่น ความไวในการรับสัญญาณ (Sensitivity) ของอุปกรณ์ และวิธีการ ซึ่งช่วยให้สามารถคาดการณ์รายการของช่องความถี่ที่ว่างอยู่จากข้อมูลการใช้งานคลื่นความถี่ที่ได้รับอนุญาต และสามารถนำไปใช้งานสำหรับอุปกรณ์ White Space ได้

5) การดูแลรักษาฐานข้อมูล ควรกำหนดผู้รับผิดชอบฐานข้อมูลและเงื่อนไข ซึ่งต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่าย รวมทั้งกำหนดบทบาทที่เหมาะสมสำหรับหน่วยงานกำกับดูแลในการดำเนินการ

4.2.1 การใช้งานระบบฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ในทางปฏิบัติ

เงื่อนไขของการสื่อสารของอุปกรณ์ White Space จะมี 2 ส่วน คือ

1) อุปกรณ์หลัก (Master Device) ที่ทำหน้าที่ติดต่อกับระบบฐานข้อมูล เพื่อหาช่องความถี่ที่ว่างและกำลังส่งที่เหมาะสมสำหรับไปติดต่อกับอุปกรณ์ลูกข่าย

2) อุปกรณ์ลูกข่าย (Slave Device) จะได้รับข้อมูลจากอุปกรณ์หลัก แต่จะไม่มีหน้าที่ในการติดต่อกับระบบฐานข้อมูลโดยตรง

ยกตัวอย่างเช่น อุปกรณ์หลักเป็นอุปกรณ์ Wi-Fi Router ภายในบ้านที่ใช้งาน TV White Space ในขณะที่อุปกรณ์ลูกข่ายเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาและเครื่องพิมพ์ (Printers) ที่เชื่อมต่อกับ Wi-Fi Router ทั้งนี้ เพื่อให้การใช้งานเป็นไปอย่างถูกต้องตามกฎหมายในประเทศอังกฤษ อุปกรณ์ใด ๆ ก็ตามที่มีการรับส่งคลื่นความถี่จะต้องมีใบอนุญาต หรือได้รับยกเว้นใบอนุญาต ทาง Ofcom จึงได้นำเสนอข้อยกเว้นของอุปกรณ์ White Space ให้บรรจุในข้อกฎหมาย

โดยระบบการทำงานของฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ คือ การรับข้อมูลมาพิจารณาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลเพื่อให้อุปกรณ์ White Space สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสม และไม่เกิดการรบกวน โดยในฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ควรประกอบไปด้วยข้อมูลการใช้งานของกิจการโทรทัศน์ ข้อมูลการใช้งานของ PMSE การใช้งานของกิจการต่าง ๆ ที่ได้รับอนุญาต ข้อมูลพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่ได้รับจากอุปกรณ์ White Space และพารามิเตอร์ที่ต้องส่งกลับไปที่อุปกรณ์ White Space รวมถึงรายการข้อมูลที่ทำให้สามารถเข้าใช้งานคลื่นความถี่ได้

4.2.2 การใช้ฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์จะทำงานอย่างไร

ระบบฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์จะทำงานอย่างไรนั้น สามารถอธิบายการทำงานได้จากรูปด้านล่าง ซึ่งเป็นการแสดงภาพรวมว่าอุปกรณ์ White Spaces จะเข้าถึงเทคโนโลยี TV White Space ตามตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ได้อย่างไรในทางปฏิบัติ สามารถสรุปกรอบการทำงานของเทคโนโลยี TV White Space จากแผนภาพในรูปที่ 4.1 ได้เป็นขั้นตอนดังนี้

1) โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ White Space ที่เป็นอุปกรณ์หลัก (Master Device) จะเชื่อมต่อไปยังรายการฐานข้อมูลที่ทาง Ofcom ได้จัดเตรียมไว้ (แสดงเลข 1 และ 2 บนแผนภาพ) เพื่อให้ทราบว่ามีรายการอุปกรณ์ของกิจการใดที่ใช้งานอยู่ในบริเวณพื้นที่นั้น ๆ บ้าง

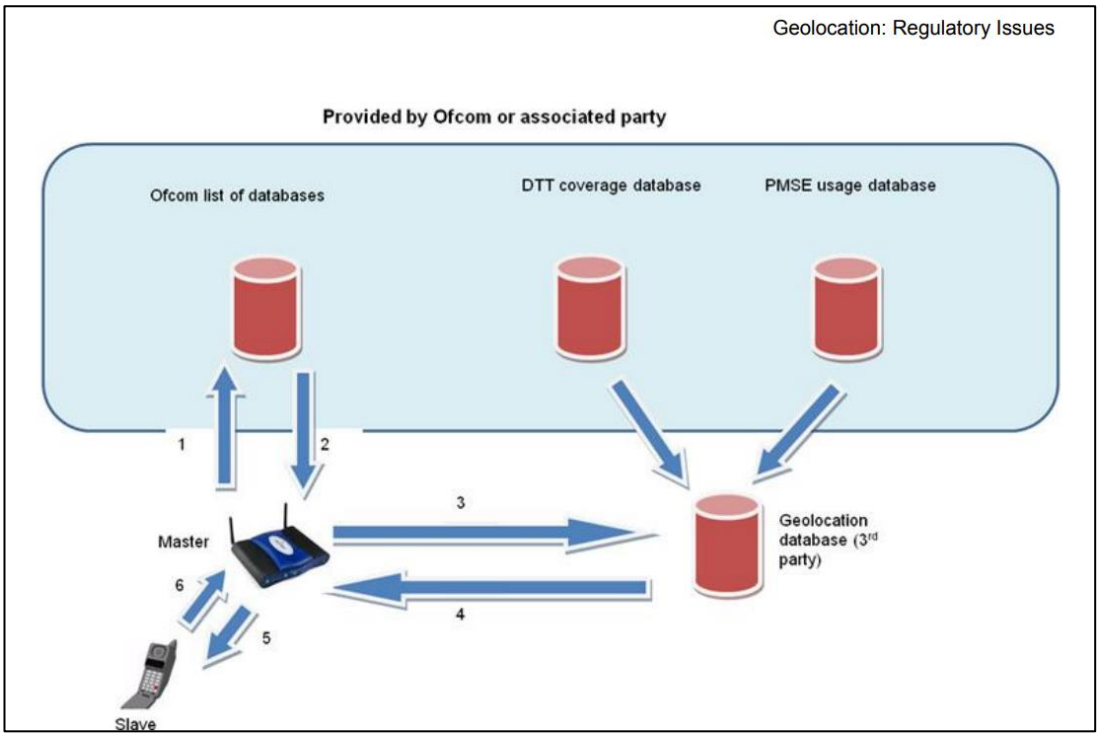
2) จากนั้นอุปกรณ์หลักจะตัดสินใจเลือกฐานข้อมูลที่ต้องการใช้งานจากรายการบนฐานข้อมูลนี้ และจะส่งตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ต้องใช้งานจากรายการฐานข้อมูลที่มี เมื่อได้เลือกและเปรียบเทียบข้อมูลที่เหมาะสมบนฐานข้อมูลแล้วแล้ว จะทำการส่งค่าพารามิเตอร์ที่ระบุตำแหน่งและคุณลักษณะทางเทคนิคของอุปกรณ์ (แสดงเลข 3 บนแผนภาพไปยังฐานข้อมูลที่เลือก) โดยมีรายละเอียดอย่างน้อยดังนี้

- พิกัดที่ตั้งของอุปกรณ์หลัก (โดยการกำหนดความแม่นยำของตำแหน่ง ต้องมีความแน่นอนร้อยละ 95 ในหน่วยเมตร)
- รุ่นของอุปกรณ์หลัก และหมายเลขรุ่น (เพื่อให้ทราบผู้ผลิต)
- ความสูงจากระดับพื้นดิน

3) จากนั้นฐานข้อมูลจะแสดงรายละเอียดของคลื่นความถี่และระดับกำลังส่งที่อนุญาตให้อุปกรณ์ White Space ใช้งานได้ (แสดงเลข 4 บนแผนภาพ) โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ช่องความถี่ที่อนุญาตให้อุปกรณ์ White Space ใช้งาน (ความถี่เริ่มต้น และสิ้นสุด)
- ระดับกำลังส่งที่อนุญาตให้อุปกรณ์ White Space ใช้งาน
- ช่วงเวลาที่ให้ใช้งาน

4) อุปกรณ์หลัก จะทำการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ลูกข่ายเพื่อแจ้งว่าอุปกรณ์หลักจะสามารถใช้ช่องความถี่และกำลังส่งที่ได้รับอนุญาต ใช้งานเมื่อต้องสื่อสารกับอุปกรณ์ลูกข่ายสำหรับการใช้งานต่อไป (แสดงเลข 5 และ 6 บนแผนภาพ)



รูปที่ 4.1 แผนผังแสดงการทำงานของอุปกรณ์ White Space กับการติดต่อฐานข้อมูล

จะเห็นได้ว่าระบบฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geolocation Database) มีความจำเป็นและมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะการเข้าถึงข้อมูลการใช้งานของกิจการโทรทัศน์ ข้อมูลการใช้งานของ PMSE การใช้งานของกิจการต่าง ๆ ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้งานคลื่นความถี่จากทาง Ofcom โดย Ofcom จะระบุอัลกอริทึมสำหรับการขออนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่และช่องสัญญาณที่อุปกรณ์จะใช้งาน ซึ่งเป็นการตรวจสอบให้แน่ใจว่าอุปกรณ์ White Space จะไม่ก่อให้เกิดการรบกวนที่รุนแรงกับกิจการหลักที่ใช้งานอยู่บนย่านความถี่นั้น ๆ เพื่อที่จะนำเอากระบวนการฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ไปประยุกต์ใช้งานได้ ทาง Ofcom จึงได้บัญญัติกฎหมายขึ้นมา (Statutory Instrument: SI) เพื่อควบคุมอุปกรณ์ White Space ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ได้รับการยกเว้นใบอนุญาต ดังนั้น อุปกรณ์หลักและอุปกรณ์ลูกข่าย จะต้องใช้งานสอดคล้องตามที่ Ofcom กำหนด อุปกรณ์เหล่านั้นจึงจะได้รับการยกเว้นใบอนุญาต

โดยต้องคำนึงถึงปัจจัยที่ควรพิจารณาในประเด็นดังนี้

1) พิจารณาการบัญญัติกฎหมายของอุปกรณ์ White Space ที่ได้รับการยกเว้นใบอนุญาต

2) ต้องมีการจัดเรียงข้อมูลเกี่ยวกับกิจการที่ได้รับอนุญาตที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เพื่อจัดทำฐานข้อมูลที่สามารถใช้งานได้

3) ระบุข้อกำหนดของฐานข้อมูลระบุทางภูมิศาสตร์ เพื่อนำไปแสดงบนฐานข้อมูลของ Ofcom

4.2.3 การนำฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ไปใช้งาน

สิ่งสำคัญในการใช้งานอุปกรณ์ White Space บนย่านความถี่ของกิจการโทรทัศน์ ได้แก่ นิยามและข้อกำหนดของฐานข้อมูล ซึ่งเมื่อมีการระบุตำแหน่งการใช้งานของอุปกรณ์ White Space ฐานข้อมูลสามารถแจ้งช่องความถี่และระดับกำลังส่งสูงสุดที่อุปกรณ์ White Space สามารถใช้งานได้ โดยไม่ก่อให้เกิดการรบกวนไปยังกิจการหลักที่ได้รับอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ ซึ่งในทางปฏิบัตินั้น ระบบฐานข้อมูลต้องสามารถรองรับการเข้าถึงข้อมูลเป็นจำนวนมากได้ (อาจมีจำนวนการเข้าถึงระบบวันละหลายล้านครั้ง) และในการ

ให้บริการข้อมูลตอบกลับไปยังอุปกรณ์ White Space ในแต่ละครั้ง ระบบฐานข้อมูลก็ต้องมีเครื่องมือสำหรับประมวลผลข้อมูลที่เพียงพอ ดังนั้น Ofcom จึงเห็นความสำคัญของการกำหนดคุณลักษณะของผู้ให้บริการระบบฐานข้อมูล ซึ่งรวมไปถึงการกำหนดหลักเกณฑ์ของผู้ที่จะเสนอเข้ามาเป็นผู้ให้บริการระบบฐานข้อมูล

4.2.4 การกำหนดรายละเอียดในฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์

Ofcom ได้หารือร่วมกับหน่วยงานผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย โดยสามารถสรุปรายละเอียดที่จำเป็นต่อฐานข้อมูลได้ ดังต่อไปนี้

1) การทดลองและการทดสอบ จำเป็นต้องมีการทดลองใช้ฐานข้อมูลและทดสอบอุปกรณ์ White Space ในภาคสนามอย่างละเอียด ก่อนที่จะมีการใช้งานอุปกรณ์ White Space เป็นการทั่วไป เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลที่อุปกรณ์ White Space ได้รับจากฐานข้อมูล ส่งผลให้การทำงานของอุปกรณ์ White Space เป็นไปตามข้อกำหนด และไม่ก่อให้เกิดการรบกวนอย่างรุนแรงต่อกิจการหลักที่ได้รับอนุญาต

2) ข้อกำหนดของเวลาในการตอบสนองจากฐานข้อมูล ต้องมีการพิจารณาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ หากไม่กำหนดเวลาในการตอบสนองของฐานข้อมูล

3) ความปลอดภัย ในการโต้ตอบระหว่างอุปกรณ์ White Space และฐานข้อมูล ควรต้องมีการป้องกันการปลอมแปลงและการเข้ารหัสข้อมูลที่ส่งระหว่างกัน

4) การแพร่นอกแถบของอุปกรณ์ลูกข่าย หากอุปกรณ์ลูกข่ายมีการแพร่นอกแถบ อาจส่งผลต่อการวิเคราะห์คำนวณของระบบฐานข้อมูลทำให้เกิดความผิดพลาดในการแจ้งการใช้งานได้ ซึ่ง Ofcom กำหนดให้มีการรายงาน และเก็บข้อมูลหมายเลขรุ่นของอุปกรณ์ลูกข่าย หากระบบฐานข้อมูลตรวจพบว่าอุปกรณ์หลักมีหมายเลขรุ่นที่ไม่ตรงกับอุปกรณ์หลัก ฐานข้อมูลจะแจ้งให้ใช้คลื่นความถี่ใหม่

5) ระยะเวลาในการปรับปรุงอัลกอริทึม การอัพเดตอัลกอริทึมในฐานข้อมูลอาจใช้เวลานานกว่าหนึ่งสัปดาห์โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อความซับซ้อนเพิ่มขึ้นและซอฟต์แวร์จำเป็นต้องทำการทดสอบ

6) การรักษาความลับของข้อมูลการอนุญาต ผู้ที่จัดทำฐานข้อมูลควรต้องคำนึงถึงการรักษาความลับของข้อมูลการอนุญาต มีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการปกป้องโดยกลไกที่เหมาะสม ซึ่งอาจดำเนินการโดยหน่วยงานที่ไม่แสวงหาผลกำไร

7) ปัญหาการรบกวนบริเวณชายแดน ต้องทำการศึกษาและคำนึงถึงการใช้งาน

8) การตรวจจับคลื่นความถี่ที่ใช้งาน แนวทางการใช้ฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์เพียงอย่างเดียว อาจจะไม่เพียงพอที่จะป้องกันการรบกวนที่รุนแรงต่อกิจการที่ได้รับอนุญาตบนย่านความถี่นั้น ๆ ซึ่งควรจะนำหลักการของการตรวจจับคลื่นความถี่ที่ใช้งานมาใช้เพิ่มด้วย

ทั้งนี้ Ofcom ได้มีข้อสรุปว่าแนวทางการใช้ระบบฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ และระบบการตรวจจับคลื่นความถี่ที่ใช้งานมีประโยชน์ทั้งสองส่วนแต่ระบบฐานข้อมูลมีข้อได้เปรียบมากกว่า เนื่องจากการทำงานของระบบฐานข้อมูลมีต้นทุนที่ต่ำกว่า และมีความซับซ้อนของการทำงานน้อยกว่า

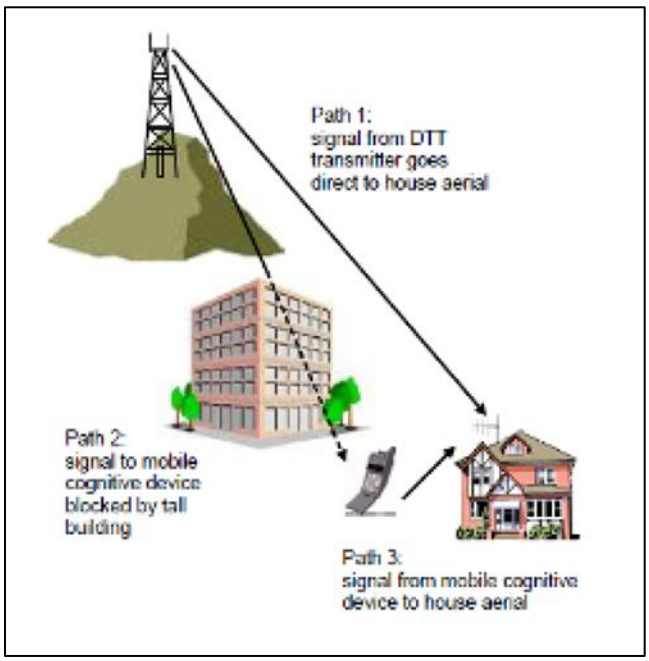
ทาง Ofcom มีการยืนยันว่าอุปกรณ์ White Space จะไม่ก่อให้เกิดการรบกวนอย่างรุนแรงไปยังกิจการหลักที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งโดยสรุปแล้ว Ofcom ได้อนุญาตให้อุปกรณ์ White Space สามารถเข้าใช้งานเทคโนโลยี TV White Space ได้ โดยต้องไม่ก่อให้เกิดการรบกวนที่รุนแรงต่อกิจการหลักนั่นหมายถึงกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล กิจการ PMSE หรือผู้ใช้งานความถี่ที่จะได้รับใบอนุญาตให้อนาคต โดยมีแนวทางดังนี้

- Ofcom กำหนดวิธีการจัดทำระบบฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์
- Ofcom ต้องสามารถควบคุมกำลังส่งที่ฐานข้อมูลอนุญาตให้อุปกรณ์ White Space ใช้งาน ซึ่งรวมไปถึงการห้ามไม่ให้อุปกรณ์ White Space ส่งสัญญาณได้ (หากจำเป็น) เพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนรุนแรงที่อาจเกิดขึ้น

โดยสรุป หน่วยงานกำกับดูแลจะสามารถควบคุมการเกิดการรบกวน ได้โดยการใช้งานฐานข้อมูลและการป้องกันอื่น ๆ ซึ่งควรจะต้องศึกษารายละเอียดข้อกำหนดและประเด็นในทางปฏิบัติที่เพื่อให้สามารถนำอุปกรณ์ White Space ไปใช้งานได้จริง

4.2.5 ข้อวิเคราะห์การจัดทำฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของประเทศไทย

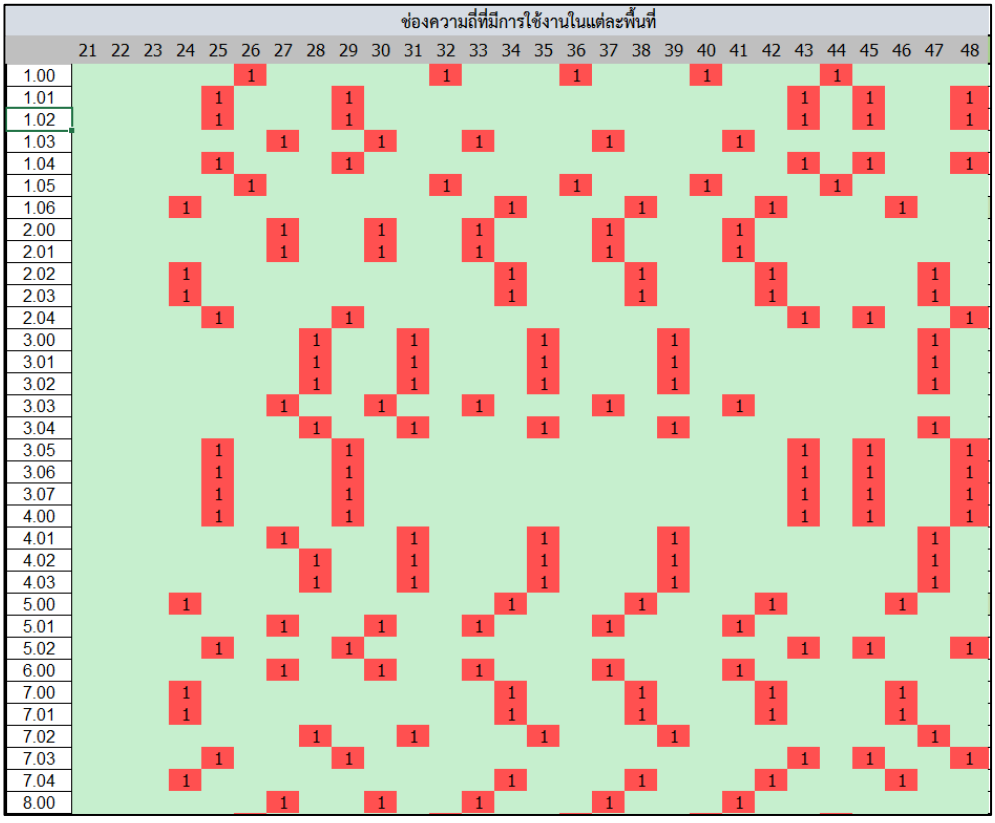
จากกรณีศึกษาที่ Ofcom หน่วยงานอิสระที่ทำหน้าที่ในการกำกับดูแลกิจการสื่อสารของสหราชอาณาจักร (UK) ได้ศึกษาในกรณีหลักการใช้งานของอุปกรณ์ White Space ถ้านำมาพิจารณาในบริบทของประเทศไทยแล้ว จะพบว่าหลักการใช้งานแบบฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ อาจจะมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากกรณีการใช้ระบบการตรวจจับคลื่นความถี่ หรือ Cognitive radio อาจพบปัญหาที่เรียกว่าจุดอับสัญญาณ (Hidden node) ดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยเทคนิคระบบการตรวจจับคลื่นความถี่ที่ตรวจสอบหากใช้เพียงอุปกรณ์ White Space แบบ stand-alone (การทำงานแบบอิสระ) จะไม่มีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะรับประกันว่าไม่เกิดการรบกวนต่อเครื่องรับโทรทัศน์ในระบบดิจิตอล ที่อยู่ใกล้เคียงถ้าใช้ใช้ช่องความถี่เดียวกัน ซึ่งหากมีการตรวจจับการใช้ช่องความถี่ที่ผิดพลาดและอาจมีการอนุญาตให้ใช้กำลังส่งที่ไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในขณะนั้น อาจจะส่งผลให้เกิดการรบกวนอย่างรุนแรงต่อกิจการหลักได้ ดังนั้นหากมีการจัดทำฐานข้อมูลความถี่ตามแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลให้สอดคล้องจะทำให้ไม่เกิดกรณีการใช้งานแบบช่องความถี่เดียวกัน (Co-channel) ระหว่างกิจการหลัก และอุปกรณ์ White Space ดังนั้น การใช้งานฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ จะไม่ก่อให้เกิดการรบกวนอย่างรุนแรง



รูปที่ 4.2 ปัญหาที่เรียกว่าจุดอับสัญญาณ (Hidden node)

แต่อย่างไรก็ตาม ในการจัดทำระบบฐานข้อมูล (Geolocation Database) ต้องมีการศึกษาในรายละเอียดเพิ่มเติม เนื่องจากฐานข้อมูลมีความจำเป็นและสำคัญมาก โดยแนวทางการจัดทำฐานข้อมูลก็มีหลายทางเลือก ได้แก่ ทางสำนักงาน กสทช. จัดทำฐานข้อมูลด้วยตนเอง หรือจะเป็นการทำสัญญาเพื่อให้หน่วยงานภายนอกจัดทำฐานข้อมูล ก็ต้องมีการศึกษาในรายละเอียดและความเป็นไปได้ต่อไป

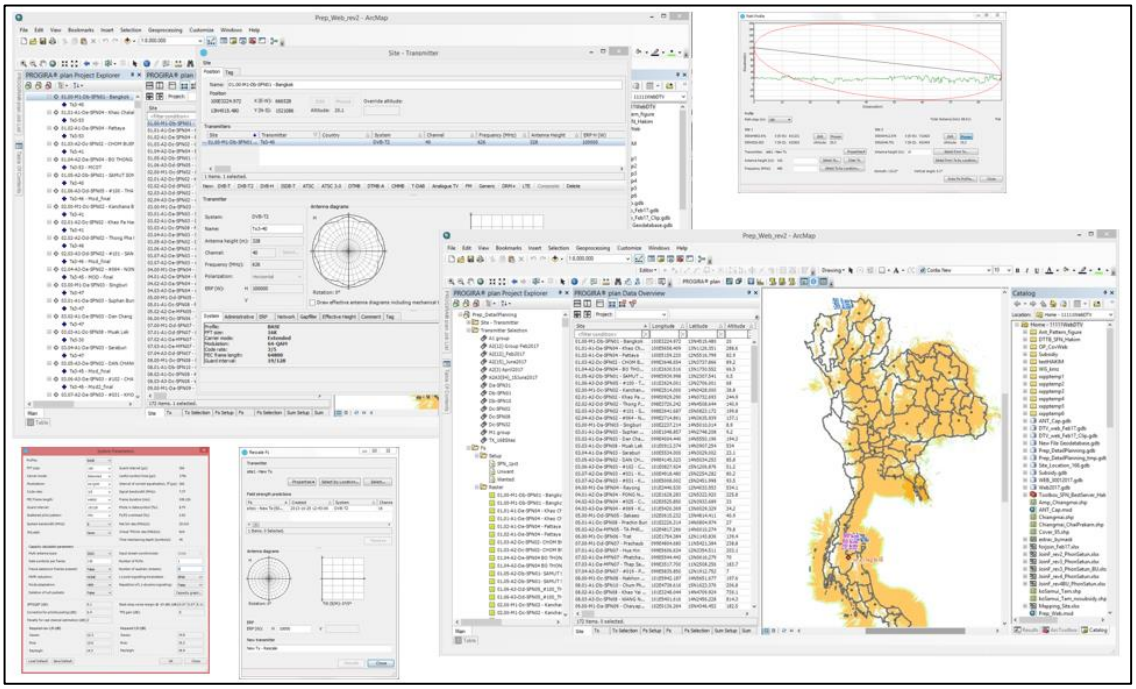
นอกจากนี้ในฐานข้อมูลจำเป็นต้องประกอบด้วยช่องความถี่ที่อุปกรณ์ White Space ซึ่งการใช้งานช่องความถี่สำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลของประเทศไทยมีช่องความถี่ที่ว่างในแต่ละพื้นที่ (สีเขียว) สามารถนำไปใช้งานเกี่ยวกับเทคโนโลยี TV White Space ได้ ตามรูปที่ 4.3 แต่ในภาพบริเวณช่องความถี่ที่ยังว่างอยู่ จำเป็นต้องมีการระบุข้อมูลกำลังส่งที่อนุญาตให้อุปกรณ์ White Space สามารถใช้งานได้ในแต่ละช่องความถี่ ในแต่ละพื้นที่ด้วย ซึ่งจะกล่าวต่อไปในหัวข้อถัดไปเกี่ยวกับข้อกำหนดของกำลังส่งออกอากาศที่ไม่ก่อให้เกิดการรบกวนกับกิจการหลัก



รูปที่ 4.3 การใช้งานช่องความถี่ของกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลของประเทศไทยในแต่ละพื้นที่ (แสดงบางส่วน)

ที่ผ่านมา สำนักงาน กสทช. โดยสำนักวิศวกรรมและเทคโนโลยีในกิจการกระจายเสียงและโทรทัศน์ (ทส.) รับผิดชอบการออกแบบโครงข่ายและวางแผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล โดยการวิเคราะห์คำนวณการแพร่กระจายคลื่น พื้นที่ครอบคลุม และการรบกวน ได้ดำเนินการบนซอฟต์แวร์ซึ่งอาศัยระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ (GIS) อยู่แล้ว ตามรูปที่ 4.4 จึงมีข้อมูลของสถานีวิทยุคมนาคมสำหรับให้บริการโทรทัศน์ภาคพื้นในระบบดิจิตอลบนฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ทั้งข้อมูลพิกัดที่ตั้งและคุณลักษณะทางเทคนิค ดังนั้นหากจะพัฒนาเพื่อให้เกิดเป็นระบบฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geolocation Database) ของประเทศไทย สำหรับการใช้คลื่นความถี่ร่วมกันด้วยเทคโนโลยี

TV White Space จะสามารถดำเนินการได้โดยพัฒนาองค์ประกอบเพิ่มเติม อาทิ การติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์หลัก (Master Device) อัลกอริทึมในการวิเคราะห์คำนวณช่องความถี่ที่สามารถใช้งานได้และคุณลักษณะทางเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ White Space โดยในปี 2564 วางเป้าหมายในการจัดทำข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Requirement) สำหรับระบบฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของประเทศไทยไว้เพื่อรองรับการใช้คลื่นความถี่ร่วมกันด้วยเทคโนโลยี TV White Space ในอนาคต



รูปที่ 4.4 ซอฟต์แวร์ซึ่งอาศัยระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ (GIS)
ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์การคำนวณการแพร่กระจายคลื่น

4.3 การป้องกันสำหรับกิจการกระจายเสียงและโทรทัศน์

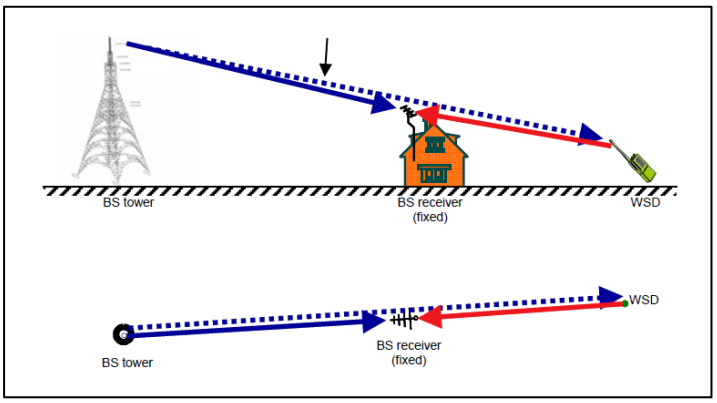
จากหัวข้อเกี่ยวกับฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ เพื่อตรวจสอบฐานข้อมูลและแจ้งให้อุปกรณ์หลัก (Master Device) นำข้อมูลไปใช้งาน White Space ได้นั้น สิ่งสำคัญที่ต้องศึกษาคือข้อกำหนดทางเทคนิคและการดำเนินงานสำหรับการใช้งานร่วมที่เป็นไปได้ในเทคโนโลยี TV White Space ของย่านความถี่ 470 – 694 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่ถูกใช้งานของกิจการหลัก

ซึ่งในส่วนนี้ได้มีการศึกษาจากเอกสารรายงาน ECC Report 159 ซึ่งได้รับการพัฒนาเพื่อให้ข้อกำหนดทางเทคนิคและการปฏิบัติงานสำหรับระบบ Cognitive Radio Systems (CRS) ในเทคโนโลยี TV White Space ของย่านความถี่ 470 – 790 เมกะเฮิรตซ์ เพื่อให้แน่ใจว่าผู้ที่ใช้งานความถี่วิทยุในย่านดังกล่าวเดิมจะได้รับการคุ้มครอง

รายงานนี้ได้เลือกวิธีการต่าง ๆ ที่แตกต่างกันเพื่อพัฒนาเกณฑ์การป้องกันสำหรับแต่ละการใช้งานที่ศึกษา เกณฑ์การป้องกันเหล่านี้บางส่วนได้รับการพัฒนาโดยใช้ผลการวัด ในขณะที่หลักเกณฑ์อื่น ๆ ได้รับการพัฒนาอย่างแพร่หลาย เช่น รายงานและเอกสารของ ECC ITU หรือ ETSI

4.3.1 การพิจารณาการป้องกันการรบกวนกิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์ บนย่านความถี่ 470 – 790 เมกะเฮิรตซ์ จากการแพร่กระจายคลื่นความถี่ของอุปกรณ์ White Space

การรับสัญญาณของกิจการโทรทัศน์จะถูกพิจารณาการรับสัญญาณแบบอยู่กับที่ (บริเวณพื้นที่ชนบทและเขตพื้นที่เมือง) และแบบพกพา ปัญหาการรบกวนระหว่างกิจการโทรทัศน์กับอุปกรณ์ White Space แสดงได้ดังรูปที่ 4.5 โดยในกรณีนี้ถ้าอุปกรณ์ White Space ส่งสัญญาณไปใกล้สายอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์ ที่ใช้ความถี่ช่องเดียวกัน อาจจะทำให้เกิดการรบกวนที่รุนแรง (Harmful Interference) อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ White Space ต้องหลีกเลี่ยงการรบกวนที่รุนแรง โดยการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้คลื่นความถี่สำหรับการส่งสัญญาณโดยใช้หลักการใช้งานของอุปกรณ์ White Space (White Space Device: WSD) ตามที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้

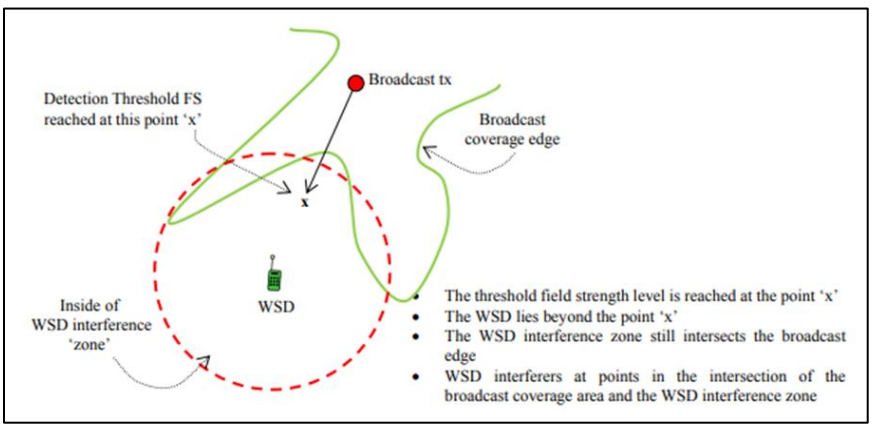


รูปที่ 4.5 ตัวอย่างการเกิดการรบกวน

4.3.2 ข้อกำหนดของขีดจำกัดการส่งสัญญาณ

พิจารณากรณีการใช้งานช่องความถี่เดียวกัน (Co-channel) ถ้ากำลังส่งของอุปกรณ์ White Space มีรัศมีครอบคลุมกว้าง โอกาสของพื้นที่ที่จะได้รับการรบกวนของไปยังกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล (กิจการหลัก) ก็จะมีพื้นที่การรบกวนกว้างตามด้วย

ถ้าการรบกวนในกรณีการใช้งานช่องความถี่เดียวกัน (Co-channel) นั้นมีระยะหลายกิโลเมตร อาจมีความจำเป็นต้องจำกัดการใช้งาน โดยไม่อนุญาตให้อุปกรณ์ White Space ใช้งานร่วมแบบช่องความถี่เดียวกัน กรณีนี้แสดงได้ตามรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การป้องกันพื้นที่ครอบคลุมและขอบเขตของกิจการโทรทัศน์

ทั้งนี้ ในกรณีการป้องกันพื้นที่ครอบคลุมของกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลจากการที่อุปกรณ์ White Space ใช้งานร่วมแบบใช้งานช่องความถี่เดียวกัน (Co-channel) ปัญหาของการตรวจพบกลายเป็นก่อให้เกิดผลกระทบรุนแรง เพราะอุปกรณ์ White Space ที่ตั้งอยู่ภายนอกของพื้นที่ครอบคลุมของกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล โดยทั่วไปแล้วจะสามารถสร้างการรบกวนเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ ดังนั้น

1) เกณฑ์การตรวจสอบของอุปกรณ์ White Space ที่จะตรวจพบสัญญาณของโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล อาจตรวจพบน้อยกว่าระดับสัญญาณของโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลที่จำเป็นสำหรับภาครับ (นอกเหนือจากกรณี Hidden Nodes)

2) รูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นถึง ความซับซ้อนของพื้นที่ครอบคลุมของกิจการหลัก อาจจะทำให้ขอบเขตของการตรวจพบสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล ไม่สามารถใช้งานได้

ข้อสันนิษฐานใน 2) อาจเกิดขึ้นได้เมื่ออุปกรณ์ White Space อยู่เกินจุดเข้ามา ซึ่งจะสามารถวัดได้จาก detection threshold level แต่ระยะจากอุปกรณ์ White Space ไปยังจุดที่ใกล้ที่สุดบนพื้นที่ครอบคลุมนี้ จะมีค่าน้อยกว่า ขอบเขตของการรบกวนจากอุปกรณ์ White Space

การแก้ไขเพื่อป้องการรบกวนของอุปกรณ์ White Space โดยการพิจารณาลักษณะของอุปกรณ์ White Space แบ่งเป็น 2 กรณีคือ

1) ภายในพื้นที่ครอบคลุมของกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล ใช้ช่องความถี่เดียวกัน (Co-channel) จะถูกห้ามไม่ให้ใช้คลื่นความถี่

2) ภายนอกพื้นที่ครอบคลุมของกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล ในกรณีที่อยู่ชิดกับขอบของพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณโทรทัศน์ ควรคำนวณระยะจากอุปกรณ์ White Space ถึงขอบเขตพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณโทรทัศน์

โดยในกรณีที่ 2) ขีดจำกัดของกำลังส่งจะถูกกำหนดโดยอุปกรณ์ White Space ไปยังเครื่องส่งโทรทัศน์ และระยะไปถึงเส้นขอบของพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณโทรทัศน์

4.3.3 ขีดจำกัดของกำลังส่งบนฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์

ในส่วนของฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ การคำนวณหาขีดจำกัดของกำลังส่งตามข้อกำหนดสำหรับอุปกรณ์ White Space ในย่านความถี่ของโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลนั้น ไม่สามารถหลีกเลี่ยงกรณีที่เกิดการรบกวนแบบรุนแรง จากอุปกรณ์ White Space ไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล ดังนั้น การป้องกันกิจการโทรทัศน์จากการกวน นั้นจะต้องมีการกำหนดอุปกรณ์ White Space ให้ใช้งานกำลังส่งต่ำ แต่จะส่งผลถึงประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ White Space เอง

อย่างไรก็ตาม ความเข้าใจในขอบเขตที่อาจเกิดการรบกวนอย่างรุนแรง ที่เกิดต่อเครื่องรับโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล คือจะมีการส่งผลกระทบถึงพื้นที่ครอบคลุมที่สามารถรับสัญญาณได้ ซึ่งหมายถึงหากได้รับการช่วยเหลือจากฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์แล้ว เมื่อตรวจพบว่าบริเวณใดมีคุณภาพสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลมีค่าสูง จะทำให้สามารถเพิ่มขีดจำกัดของกำลังส่งของอุปกรณ์ White Space ให้แรงขึ้นได้

ดังนั้น ฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์จึงต้องสามารถระบุค่ากำลังส่งสูงสุดของอุปกรณ์ White Space ในทุก ๆ ช่องสัญญาณได้ โดยฐานข้อมูลนี้จำเป็นต้องเข้าถึงข้อมูล ดังนี้

1) คุณภาพความครอบคลุมของกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลทั่วประเทศในรูปแบบเชิงพื้นที่ที่เหมาะสม

2) หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการระบุค่าระดับความทนต่อสัญญาณรบกวนของกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล

3) บริเวณที่เกิดการรบกวน และผู้ได้รับผลกระทบ ที่ซึ่งข้อจำกัดในการส่งสัญญาณอุปกรณ์ White Space จะได้มาในรูปแบบของระดับการทนทานต่อสัญญาณรบกวน

4) ค่าอัตราส่วนการป้องกันที่เหมาะสมของอุปกรณ์ White Space ต่อกิจการโทรทัศน์ในระบบดิจิตอล โดย Carrier to Interference Ratio (C/I) ที่เป็นค่าสัญญาณที่รับได้ จะถูกนำมาใช้

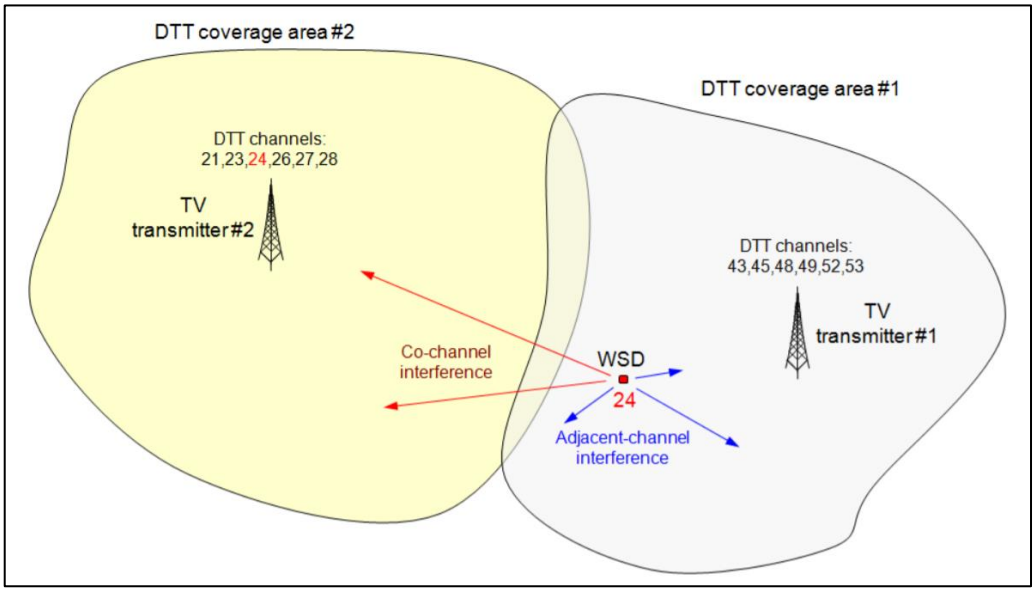
5) วิธีในการคำนวณการส่งสัญญาณอุปกรณ์ White Space ที่เหมาะสม

4.3.4 การอยู่ร่วมกันระหว่างกิจการ ของอุปกรณ์ White Space และกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล

แนวทางที่ FCC นำมาใช้นั้น อุปกรณ์ White Space จะได้รับอนุญาตให้ส่งสัญญาณได้ถึงระดับความแรงที่กำหนด นั่นคือกำลังส่งมีค่าไม่เกิน 36 dBm EIRP (สำหรับแบบประจำที่) ทั้งนี้ แนวทางของ FCC จะมีพื้นที่ยกเว้น ซึ่งคือบริเวณที่สามารถรับค่าความแรงของสนามไฟฟ้าได้สูงกว่าระดับที่ FCC กำหนดไว้

ส่วนแนวทางของ Ofcom จะไม่มีพื้นที่ที่ได้รับการยกเว้น กล่าวคือ กำลังส่งของอุปกรณ์ White Space จะถูกจำกัด อย่างไรก็ตาม แนวทางของ Ofcom นี้จะอนุญาตให้อุปกรณ์ White Space สามารถส่งสัญญาณได้แรงขึ้นจากขีดจำกัดได้ ในพื้นที่ที่ค่าความแรงของสนามไฟฟ้าของกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลที่มีค่าสูงกว่า

ค่ากำลังส่งสูงสุดของอุปกรณ์ White Space ในตำแหน่งและช่องความถี่ที่กำหนด จะถูกคำนวณจากความเป็นไปได้ ของสัญญาณรบกวนต่อการรับสัญญาณโทรทัศน์ ตั้งแต่ช่องความถี่ 21 – 60 บนย่านความถี่ 470 – 790 เมกะเฮิรตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.7 สัญญาณรบกวนอาจจะเป็นการใช้งานความถี่ช่องเดียวกัน หรือใช้งานความถี่ช่องข้างเคียง



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างกรณีการรบกวนเมื่อใช้งานช่องความถี่เดียวกันและใกล้เคียงกันระหว่างอุปกรณ์ White Space และกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล

ขีดจำกัดของค่ากำลังส่งของอุปกรณ์ White Space จะถูกกำหนด โดยจุดพิกเซลของสัญญาณโทรทัศน์ที่มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งโดยส่วนใหญ่พิกเซลนี้เป็นพิกเซลที่อยู่ใกล้กับอุปกรณ์ White Space และอาจจะเกิดการรบกวนหากใช้งานบนความถี่ช่องเดียวกันหรือใช้งานความถี่ช่องข้างเคียง อย่างไรก็ตาม ในบางสถานการณ์ถึงแม้จะอยู่ไกลจากอุปกรณ์ White Space หากมีการใช้งานช่องความถี่เดียวกันก็อาจถูกรบกวนได้

โดยสรุปคือ Ofcom เสนอให้อุปกรณ์ White Space มีค่ากำลังส่งสูงสุดได้ที่ 36 dBm/8 เมกะเฮิรตซ์ เนื่องจากพิจารณาว่าค่ากำลังส่งสูงสุดค่านี้จะไม่เกิดการ Overload ที่เครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล และค่านี้ยังสอดคล้องกับขีดจำกัดที่ FCC กำหนด พร้อมทั้งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับกรณีการใช้งาน TV White Space ด้วย

4.3.5 ข้อวิเคราะห์การใช้งานร่วมกันระหว่างกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลกับอุปกรณ์ White Space ในบริบทของประเทศไทย

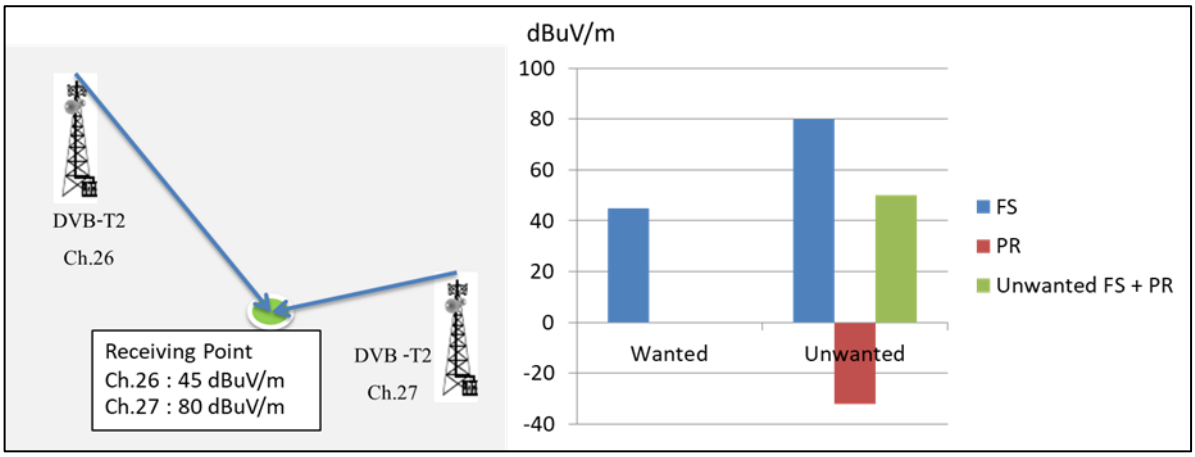
ปัจจุบันการให้บริการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลตามประกาศ กสทช. เรื่อง แผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล กำหนดพารามิเตอร์หลักบนระบบ DVB-T2 ไว้ดังนี้

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์หลักการให้บริการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลของประเทศไทย

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์
ขนาดของ FFT (FFT Size)	16k extended
สัดส่วนช่วงเวลาป้องกัน (Guard Interval Fraction)	19/128
การมอดูเลตสัญญาณ (Modulation)	64-QAM
อัตราการเข้ารหัส (Code Rate)	3/5
แบบรูปสัญญาณไพลอต (Pilot Pattern)	PP2 หรือ PP3
การเข้ารหัส L1 Post (L1 Post Scrambling)	ไม่ใช้งาน
เฟรมส่วนขยายในอนาคต (Future Extension Frame: FEF)	ไม่ใช้งาน
ผลที่ได้จากการกำหนดพารามิเตอร์	
อัตราบิตสูงสุดโดยประมาณ (Maximum Bit Rate)	21.86 Mbit/s
ระยะห่างสูงสุดของสถานีส่ง ในกรณีโครงข่ายแบบความถี่เดียว (SFN)	79.74 กิโลเมตร

จากพารามิเตอร์ข้างต้น เมื่อคำนวณโดยอาศัยหลักการตามข้อเสนอแนะของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (Recommendation ITU-R BT.2033) จะพบว่ามีค่าอัตราส่วนคลื่นพาห์ต่อสัญญาณรบกวนที่ต้องการในการรับสัญญาณ (Required C/N) เป็น 15.17 dB และเมื่อคำนวณหาค่าความแรงของสนามไฟฟ้าที่ต้องการในการรับสัญญาณกรณีใช้คลื่นความถี่ 650 MHz จะมีค่าเป็น 49.49 dBμV/m

ทั้งนี้ การพิจารณาการรบกวนมายังกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล สามารถประเมินได้จากค่าอัตราส่วนป้องกันการรบกวน (Protection Ratio) ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนที่สามารถยอมรับได้ (ไม่ก่อให้เกิดการรบกวน) ระหว่างความแรงของสัญญาณที่ต้องการและสัญญาณรบกวน โดยมีตัวอย่างการคำนวณการรบกวนระหว่างสถานีส่งสัญญาณระบบ DVB-T2 ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ตัวอย่างการพิจารณาการรบกวนในกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล

จากตัวอย่างข้างต้น สัญญาณ DVB-T2 ที่ต้องการใช้งานช่องความถี่ 26 มีความแรงสัญญาณ ณ จุดรับสัญญาณที่พิจารณาคือ 45 dBuV/m@50%time และมีสัญญาณ DVB-T2 ที่อาจรบกวนหรือไม่ต้องการ ใช้งานช่องความถี่ 27 (26+1) ความแรงสัญญาณ ณ จุดรับสัญญาณที่พิจารณาคือ 80 dBuV/m@1%time กรณีดังกล่าวมีโอกาสเกิดการรบกวน (Adjacent Channel Interference) สูงเนื่องจากอัตราส่วนระหว่างความแรงของสัญญาณที่ต้องการและสัญญาณรบกวนคือ -35 dB ซึ่งน้อยกว่าข้อกำหนดไว้ที่ -30 dB โดยหากมีมากกว่าหนึ่งสัญญาณที่มีโอกาสเกิดการรบกวน ต้องคำนวณผลรวมของสัญญาณรบกวนด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น Power-Sum Method หรือ Simplified Multiplication Method

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเทคโนโลยี TV White Space อาจมีพารามิเตอร์ที่แตกต่างและหลากหลาย จึงกำหนดสมมติฐานในการคำนวณโดยให้เทียบเคียงการใช้งานคลื่นความถี่ 8 เมกะเฮิรตซ์ ของระบบ DVB-T2 ที่แพร่กระจายคลื่นจากสถานีข้างเคียงซึ่งอาจก่อให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกันได้ โดยข้อเสนอแนะของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (Recommendation ITU-R BT.2033) กำหนดค่าอัตราส่วนป้องกันการรบกวนไว้ตามตารางที่ 4.3 (กรณี Co-channel จะอาศัยค่าอัตราส่วนป้องกันการรบกวนเป็นค่าเดียวกับอัตราส่วนคลื่นพาห์ต่อสัญญาณรบกวนที่ต้องการ (Required C/N))

ตารางที่ 4.3 อัตราส่วนป้องกันการรบกวน (Protection Ratio)
สำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล

ระยะห่างช่องความถี่จากเมื่อเทียบกับช่องความถี่ของสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล	ระยะห่างความถี่จากเมื่อเทียบกับความถี่กึ่งกลางของสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล (เมกะเฮิรตซ์)	อัตราส่วนป้องกันการรบกวน
-4	–32	–44 dB
-3	–24	–44 dB
-2	–16	–43 dB
-1	–8	–33 dB
0 (Co-channel)	0	15 dB
1	8	–30 dB

2	16	–43 dB
3	24	–43 dB
4	32	–44 dB

จากตารางข้างต้น สามารถนำไปคำนวณค่าความแรงของสัญญาณจากอุปกรณ์ White Space ที่ยอมรับได้บริเวณขอบของเขตบริการได้ โดยหากต้องการพิจารณาการรบกวนจากเครื่องลูกข่ายของเทคโนโลยี TV White Space พบว่าค่าความแรงสนามไฟฟ้าสมมูลต่ำสุดที่ต้องการ ณ จุดรับสัญญาณของกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลสำหรับประเทศไทยมีค่าเป็น 49.49 dBμV/m หากชดเชยค่าเพื่อหาค่าความแรงของสนามไฟฟ้า ณ ระดับความสูง 1.5 เมตร จากพื้นดิน ให้สอดคล้องกับการใช้งานของเทคโนโลยี TV White Space หรือกิจการเคลื่อนที่ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$E_{1.5m} = E_{med} - P_{mmn} - L_h$$

เมื่อ $E_{1.5m}$ คือ ค่าความแรงของสนามไฟฟ้า ณ ระดับความสูง 1.5 เมตร จากระดับพื้นดิน

E_{med} คือ ค่าความแรงของสนามไฟฟ้ามัธยฐานต่ำสุดที่ได้ออกแบบไว้

P_{mmn} คือ ค่าสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากสิ่งประดิษฐ์ที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-Made noise) กำหนดให้มีค่าเป็น 1 dB หากรับสัญญาณที่ระดับความสูง 1.5 เมตร จากพื้นดิน

L_h คือ ความสูญเสียจากระดับความสูงจาก 10 เมตร ลงมายัง 1.5 เมตร จากพื้นดิน กำหนดให้มีค่าเป็น 16.5 dB

จากสมการ สามารถหาค่าความแรงสนามไฟฟ้าสมมูลต่ำสุดที่ต้องการ ณ จุดรับสัญญาณของกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลซึ่งมีความสูง 1.5 เมตรจากพื้นดิน เป็น 32 dBμV/m ดังนั้น ค่าความแรงของสนามไฟฟ้าจากสถานีฐานและเครื่องลูกข่ายกรณีใช้งานคลื่นความถี่ของ TV White Space จะมีค่าสูงสุดบริเวณชายขอบของเขตบริการของโทรทัศน์ระบบดิจิตอล ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าความแรงของสนามไฟฟ้าสูงสุดจากสถานีฐานและจากเครื่องลูกข่าย ณ ชายขอบของเขตบริการของโทรทัศน์ระบบดิจิตอล

ระยะห่างช่องความถี่ ระหว่าง 2 ระบบ	**ค่าความแรงของสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ยอมรับได้ ณ ชายขอบของเขตบริการของโทรทัศน์ระบบดิจิตอล**	
	จากสถานีฐาน (dBμV/m)	**จากเครื่องลูกข่าย (dBμV/m)**
-4	93.49	76.00
-3	93.49	76.00
-2	92.49	75.00
-1	82.49	65.00
0 (Co-channel)	34.49	17.00
1	79.49	62.00
2	92.49	75.00
3	92.49	75.00
4	93.49	76.00

จากความแรงของสนามไฟฟ้าสูงสุดจากสถานีฐานและจากเครื่องลูกข่าย ณ ชายขอบของเขตบริการของโทรทัศน์ระบบดิจิตอล หากทราบค่ากำลังส่งและคุณลักษณะทางเทคนิคของอุปกรณ์ White Space ก็จะสามารถคำนวณระยะห่างที่เหมาะสมหรือ Separation distance ได้เบื้องต้น โดยอาศัยแบบจำลองการแพร่กระจายคลื่นตามวิธีการ Okumura-Hata ซึ่งมีสมการดังนี้

$$a(H_2) = (1.1 \log f - 0.7) H_2 - (1.56 \log f - 0.8)$$

$$E = 69.82 - 6.16 \log f + 13.82 \log H_1 + a(H_2) - (44.9 - 6.55 \log H_1)(\log d)$$

เมื่อ E คือ ความแรงของสนามไฟฟ้าในหน่วย dBμV/m จากสถานีซึ่งมีกำลังส่งออกอากาศเป็น 1 กิโลวัตต์ ERP

f คือ ความถี่ในหน่วยเมกะเฮิรตซ์

H_1 คือ ความสูงประสิทธิผลของสถานีฐานเหนือระดับพื้นดินในหน่วยเมตร

H_2 คือ ความสูงของสายอากาศรับสัญญาณของเครื่องลูกข่ายเหนือระดับพื้นดินในหน่วยเมตร

d คือ ระยะห่างในหน่วยเมตร

บทที่ 5 ความพร้อมทางด้านกฎหมาย

การศึกษาแนวทางการใช้งาน TV White Space ต้องคำนึงถึงปัจจัยในด้านกฎหมายอย่างรอบคอบ เนื่องจากคลื่นความถี่ในย่าน 470 – 694 เมกะเฮิรตซ์ เป็นย่านที่มีผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่อยู่ก่อนแล้ว อีกทั้งวิธีการได้มาซึ่งสิทธิ์ในคลื่นความถี่ยังใช้การประมูล ดังนั้น การเข้าร่วมใช้ประโยชน์จึงอาจได้รับความกังวลค่อนข้างมากหากไม่มีข้อกฎหมายรองรับที่เหมาะสม

แนวทางการใช้งาน TV White Space อาจเป็นไปได้ทั้งการประกอบกิจการโทรคมนาคม เช่น การให้บริการอินเทอร์เน็ตไร้สาย (Wireless Broadband Internet Access) หรือการใช้งานกิจการวิทยุโทรคมนาคม เช่น Smart Farming หรือ Smart Factory ดังนั้น การพิจารณาความพร้อมทางด้านกฎหมายควรทำอย่างรอบด้าน เริ่มตั้งแต่ข้อกฎหมายพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงวิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม (พ.ร.บ. องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ฯ) ไปจนถึงแผนแม่บทการบริหารคลื่นความถี่ รวมถึงประกาศ กสทช. ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รายละเอียดดังนี้

5.1 พ.ร.บ. องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงวิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2562

มาตรา 14 ของ พ.ร.บ. องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ฯ ฉบับปี พ.ศ. 2562 [30] ได้ปรับปรุงมาตรา 41 ของ พ.ร.บ. องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ฯ ฉบับปี พ.ศ. 2553 ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับประเด็นการศึกษาแนวทางการใช้งาน TV White Space โดยมาตรา 41 วรรค 4 มีความว่า

“...คลื่นความถี่ที่ กสทช. อนุญาตให้ผู้รับใบอนุญาตใช้ตามวรรคหนึ่ง กสทช. อาจอนุญาตให้บุคคลอื่นร่วมใช้ประโยชน์ในย่านความถี่หรือช่องความถี่จากคลื่นความถี่ที่ได้อนุญาตไว้แล้วนั้นได้ แต่การอนุญาตนั้นจะต้องไม่เป็นการรบกวนการใช้ประโยชน์ของผู้ได้รับใบอนุญาต โดย กสทช. จะต้องประกาศเงื่อนไขดังกล่าวให้ทราบเป็นการทั่วไปในการอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่นั้นด้วย ทั้งนี้ หลักเกณฑ์ วิธีการ เงื่อนไข และค่าธรรมเนียมในการขออนุญาตและการอนุญาตให้บุคคลอื่นร่วมใช้ประโยชน์ในย่านความถี่หรือช่องความถี่ ให้เป็นไปตามที่ กสทช. ประกาศกำหนด...”

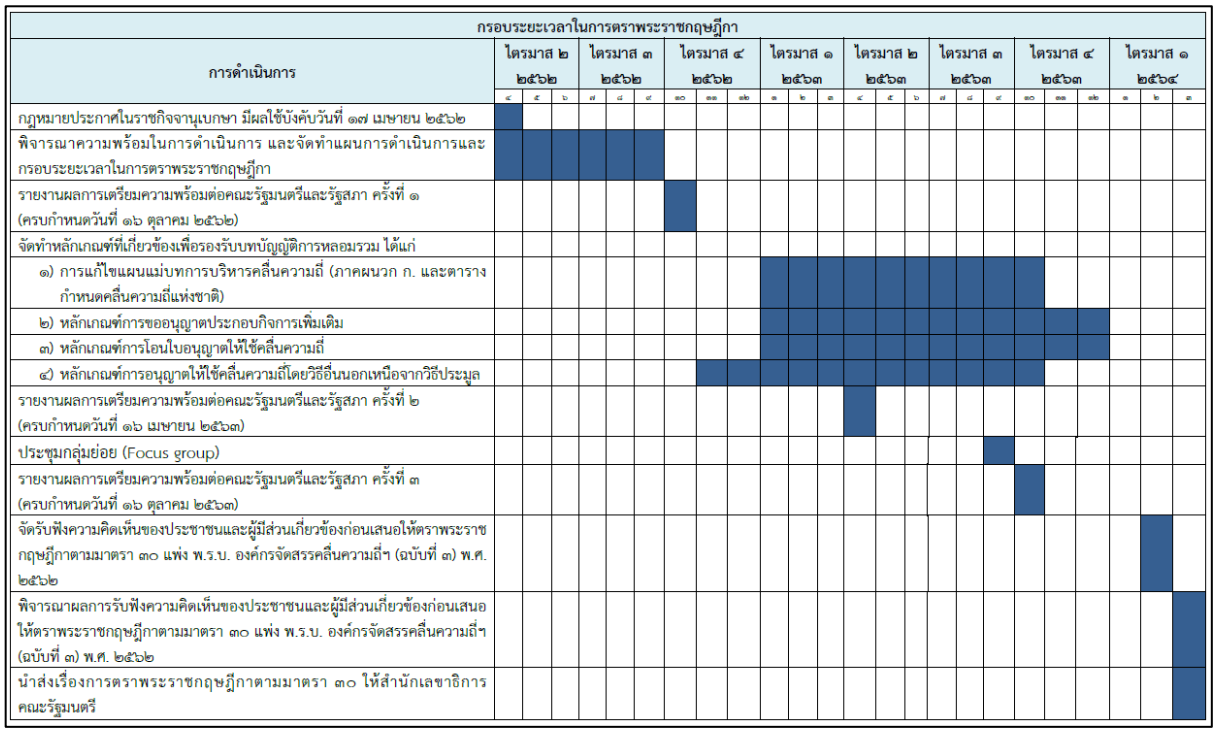
ดังนั้น หากมองว่า “...คลื่นความถี่ที่ กสทช. อนุญาต...” คือคลื่นความถี่ในกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดิน ย่านความถี่ 470 – 694 เมกะเฮิรตซ์ และ “...ผู้รับใบอนุญาตใช้ตามวรรคหนึ่ง...” คือผู้ให้บริการโทรทัศน์ภาคพื้นดินแล้ว กสทช. ก็สามารถอนุญาตให้มีบุคคลอื่นร่วมใช้ประโยชน์ในคลื่นความถี่ย่านดังกล่าวได้ แต่จะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดตามกฎหมาย ตามตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เงื่อนไขการร่วมใช้ประโยชน์

เงื่อนไขการร่วมใช้ประโยชน์	แนวทางดำเนินการ
1. ไม่เป็นการรบกวนการใช้ประโยชน์ของผู้ได้รับใบอนุญาต	ให้บุคคลอื่นใช้ช่องความถี่ที่ไม่ได้ถูกใช้งานอยู่เท่านั้น (TV White Space) โดยอาจมีการกำหนดเงื่อนไขเพื่อไม่ให้เกิดการรบกวน
2. กสทช. จะต้องประกาศเงื่อนไขดังกล่าวให้ทราบเป็นการทั่วไปในการอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่นั้นด้วย	อาจออกประกาศ กสทช. ลงในราชกิจจานุเบกษาให้ทราบเป็นการทั่วไป

3. หลักเกณฑ์ วิธีการ เงื่อนไข และค่าธรรมเนียมในการขออนุญาตและการอนุญาตให้บุคคลอื่นร่วมใช้ประโยชน์ในย่านความถี่หรือช่องความถี่ให้เป็นไปตามที่ กสทช. ประกาศกำหนด	อาจออกประกาศ กสทช. เกี่ยวกับหลักเกณฑ์ วิธีการ เงื่อนไข และค่าธรรมเนียมดังกล่าว ทั้งนี้ อาจรวมไว้ในประกาศ กสทช. ฉบับเดียวกับเงื่อนไขในข้อที่ 2 ก็ได้

อย่างไรก็ตาม มาตรา 30 ของ พ.ร.บ. องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ฯ ฉบับปี พ.ศ. 2562 ยังไม่ให้นำมาตรา 41 ที่ได้ถูกปรับปรุงข้างต้น รวมถึงมาตราต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการหลอมรวม (Convergence) มาใช้บังคับ จนกว่า กสทช. จะมีความพร้อมที่จะดำเนินการตามบทบัญญัติดังกล่าว โดยให้มีการตราพระราชกฤษฎีกากำหนดให้นำบทบัญญัตินั้นมาใช้บังคับ ซึ่งสำนักงาน กสทช. ได้ดำเนินการเตรียมความพร้อมในส่วนที่เกี่ยวข้องมาโดยตลอดตั้งแต่ปี 2562 ตามแผนการดำเนินการและกรอบระยะเวลาในการตราพระราชกฤษฎีกาตามมาตรา 30 แห่ง พ.ร.บ. องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ฯ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2562 [31] ที่ได้เสนอต่อรัฐสภาและคณะรัฐมนตรีทราบแล้ว โดยจะมีการตราพระราชกฤษฎีกาดังกล่าวภายในไตรมาสที่ 1 ของปี 2564 รายละเอียดตามรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 กรอบระยะเวลาในการตราพระราชกฤษฎีกาตาม มาตรา 30

5.2 (ร่าง) ประกาศ กสทช. เรื่อง คลื่นความถี่ที่อนุญาตให้ใช้โดยวิธีการอื่นนอกเหนือจากการประมูล

นอกจากมาตรา 41 วรรค 4 ของ พ.ร.บ. องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ฯ ฉบับปี พ.ศ. 2553 และที่แก้ไขเพิ่มเติมแล้ว ยังต้องคำนึงถึง วรรค 3 ของมาตราดังกล่าว ซึ่งกำหนดว่า

“...ภายใต้บังคับมาตรา 42 การอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ให้ดำเนินการโดยวิธีการประมูลคลื่นความถี่ตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่ กสทช. ประกาศกำหนด...”

และมาตรา 42 ความว่า

“มาตรา 42 คลื่นความถี่ในกรณีดังต่อไปนี้ กสทช. อาจอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่โดยวิธีการอื่นนอกจากการประมูล

(1) คลื่นความถี่ที่มีเพียงพอต่อการใช้งาน

(2) คลื่นความถี่ที่ กสทช. ประกาศกำหนดให้นำไปใช้ในกิจการเพื่อบริการสาธารณะ ความมั่นคงของรัฐ หรือกิจการอื่นที่ไม่แสวงหากำไร

หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการอนุญาตตามวรรคหนึ่ง ให้เป็นไปตามที่ กสทช. ประกาศกำหนด”

ดังนั้น หากมีการอนุญาตให้นำ TV White Space ไปใช้ให้บริการอินเทอร์เน็ตไร้สาย (Wireless Broadband Internet Access) ซึ่งถือเป็นการประสงค์จะใช้คลื่นความถี่เพื่อประกอบกิจการโทรคมนาคม การอนุญาตดังกล่าวจะต้องยึดตามมาตรา 41 และต้องใช้วิธีการประมูล เว้นแต่จะใช้หลักการเดียวกันกับการให้บริการอินเทอร์เน็ตในคลื่นความถี่ย่าน 2400 เมกะเฮิรตซ์ ที่ไม่ต้องใช้วิธีการประมูล แต่คลื่นความถี่ดังกล่าวจะต้องถูกระบุอยู่ใน (ร่าง) ประกาศ กสทช. เรื่อง คลื่นความถี่ที่อนุญาตให้ใช้โดยวิธีการอื่นนอกเหนือจากการประมูล [32] ตามที่กำหนดไว้ใน มาตรา 42 ทั้งนี้ (ร่าง) ประกาศ กสทช. ดังกล่าวจะมีผลใช้บังคับภายหลังจากที่ได้มีการตราพระราชกฤษฎีกาตามมาตรา 30 แล้วเท่านั้น

5.3 แผนแม่บทการบริหารคลื่นความถี่ (พ.ศ. 2562)

การใช้คลื่นความถี่ต้องมีความสอดคล้องกับแผนแม่บทการบริหารคลื่นความถี่ พ.ศ. 2562 [33] และเจตนารมณ์ของกฎหมาย รวมถึงบทบัญญัติในส่วนของภาคผนวก ก ภาคผนวก ข และตารางกำหนดคลื่นความถี่แห่งชาติด้วย โดยการพิจารณาความสอดคล้องกับกฎหมายดังกล่าวของการใช้งาน TV White Space พบว่ามีความสอดคล้องในหลายข้อ เช่น

- เป้าประสงค์ ข้อ 3.1 เพื่อให้ประเทศไทยมีคลื่นความถี่ที่เพียงพอต่อความต้องการ ทันกาล และสอดคล้องกับสากล โดยผ่านยุทธศาสตร์ในการบริหารคลื่นความถี่อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล
- กลยุทธ์ของยุทธศาสตร์การบริหารคลื่นความถี่อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าและเกิดประโยชน์อย่างทั่วถึง ข้อ 8.2.2 1) เพิ่มการเข้าใช้ประโยชน์จากคลื่นความถี่ ทั้งการอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่เป็นการทั่วไป (Unlicensed spectrum) และการอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ร่วมกัน (Shared spectrum) รวมถึงการอนุญาตให้ใช้ประโยชน์จากคลื่นความถี่เพื่อการวิจัย พัฒนา และทดสอบนวัตกรรม

ในส่วนการพิจารณาตารางกำหนดคลื่นความถี่แห่งชาติ พบว่าคลื่นความถี่ในย่าน 470 – 694 เมกะเฮิรตซ์ นอกจากจะรองรับการใช้งานกิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์เป็นกิจการหลักแล้ว ยังมีกิจการประจำที่และกิจการเคลื่อนที่เป็นกิจการหลักอีกด้วย ตามรูปที่ 5.2 ซึ่งทำให้รองรับการประยุกต์ใช้งาน TV White Space ทั้งการให้บริการอินเทอร์เน็ตไร้สาย และ Internet of Things

460-890 MHz		
การกำหนดให้กับกิจการ		
ประเทศไทย		เชิงอรรถประเทศไทย
460-470	กิจการประจำที่ กิจการเคลื่อนที่ 5.286AA กิจการอุตุนิยมวิทยาผ่านดาวเทียม (อวกาศสู่โลก) 5.287 5.289	T-IMT T-LPD/SRD
470-510	กิจการประจำที่ กิจการเคลื่อนที่ กิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์	T-LPD/SRD T-P4
510-790	กิจการประจำที่ กิจการเคลื่อนที่ 5.313A 5.317A กิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์ 5.149 5.306 5.311A	T-IMT T-LPD/SRD T-TV T-P4

รูปที่ 5.2 ตารางกำหนดคลื่นความถี่แห่งชาติ พ.ศ. 2562 ในส่วนของ TV White Space

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณา ภาคผนวก ก ของแผนแม่บทการบริหารคลื่นความถี่ (รายละเอียดเกี่ยวกับคลื่นความถี่ที่กำหนดให้ใช้ในกิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์ กิจการโทรคมนาคม และกิจการอื่น) จะพบว่าคลื่นความถี่ย่าน 470 – 694 เมกะเฮิรตซ์ ได้ถูกกำหนดให้ใช้ในกิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์และกิจการวิทยุคมนาคมและกิจการอื่นได้ แต่ไม่ได้ถูกกำหนดให้ใช้ในกิจการโทรคมนาคม และไม่ได้ถูกกำหนดโดย กสทช. ให้เป็นคลื่นความถี่อื่น ตามข้อ 2.6 จึงไม่สามารถนำไปประกอบกิจการโทรคมนาคมได้

5.4 แผนความถี่วิทยุ

ในปัจจุบันคลื่นความถี่ย่าน 470 – 694 เมกะเฮิรตซ์ มีแผนความถี่วิทยุรองรับ 1 ฉบับ คือ ประกาศ กสทช. เรื่อง แผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล (แผนความถี่วิทยุ กสทช. ผว. 102 – 2562 กิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล) ลงนามเมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2562 ซึ่งกำหนดช่องความถี่วิทยุและเงื่อนไขการใช้งานความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลซึ่งอาศัยระบบ Digital Video Broadcasting – Second Generation Terrestrial (DVB-T2) โดยแผนดังกล่าวไม่ได้รองรับการใช้งาน TV White Space แต่อย่างใด

5.5 หลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่

ในปัจจุบันไม่มีประกาศหลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่สำหรับการใช้งาน TV White Space ทั้งนี้ โดยปกติหากการใช้คลื่นความถี่เป็นไปในลักษณะอนุญาตให้ใช้งานเป็นการทั่วไปแล้ว หลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่จะระบุไว้ในประกาศ กสทช. เรื่อง หลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่และเครื่องวิทยุคมนาคมที่อนุญาตให้มีการใช้งานเป็นการทั่วไป [34] ลงนามเมื่อวันที่ 6 ธันวาคม 2562 อย่างไรก็ตาม การใช้งาน TV White Space มีเงื่อนไขที่ค่อนข้างซับซ้อนกว่าเทคโนโลยีอื่น ๆ ดังนั้น อาจต้องจัดทำหลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่สำหรับเรื่องนี้เป็นการเฉพาะ

5.6 มาตรฐานทางเทคนิค

ในปัจจุบันไม่มีมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องสำหรับเครื่องวิทยุคมนาคมที่ใช้งาน TV White Space รวมถึงไม่ได้มีการยกเว้นใบอนุญาตให้กับเครื่องวิทยุคมนาคมดังกล่าว หากในอนาคตจะนำอุปกรณ์ White Space มาใช้งานอาจต้องดำเนินการออกมาตรฐานทางเทคนิครองรับด้วย โดยอาจสามารถอ้างอิงกับมาตรฐานในต่างประเทศได้ เช่น

1) IEEE 802.11af สำหรับอุปกรณ์ Wi-Fi ที่ใช้คลื่นความถี่ย่าน TV White Space
2) IEEE 802.22 สำหรับอุปกรณ์ Wireless Regional Area Network (WRAN) ที่ใช้คลื่นความถี่ย่าน TV White Space
3) ETSI EN 301 598 สำหรับอุปกรณ์ White Space ที่ใช้คลื่นความถี่ย่าน 470 – 790 เมกะเฮิรตซ์ และใช้ฐานข้อมูล White Space
4) FCC CRF Title 47 Part 15 Subpart H – Television Band Devices 15.701 – 15.717

อย่างไรก็ตาม อาจต้องพิจารณาเพิ่มเติมว่าควรแบ่งประเภทของอุปกรณ์ White Space อย่างไร เช่น อุปกรณ์ประจำที่หรืออุปกรณ์เคลื่อนที่ เนื่องจากอาจมีลักษณะทางเทคนิคที่แตกต่างกันพอสมควร และอาจต้องคำนึงถึงหลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่ในประเทศไทยด้วย ทั้งนี้ กระบวนการทำ Type Approval ของอุปกรณ์ White Space อาจมีความซับซ้อนเนื่องจากการตรวจหาช่องความถี่ที่สามารถใช้งานได้จำเป็นต้องใช้ฐานข้อมูล White Space ด้วย

บทที่ 6 ผลสำรวจความคิดเห็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในประเทศไทย

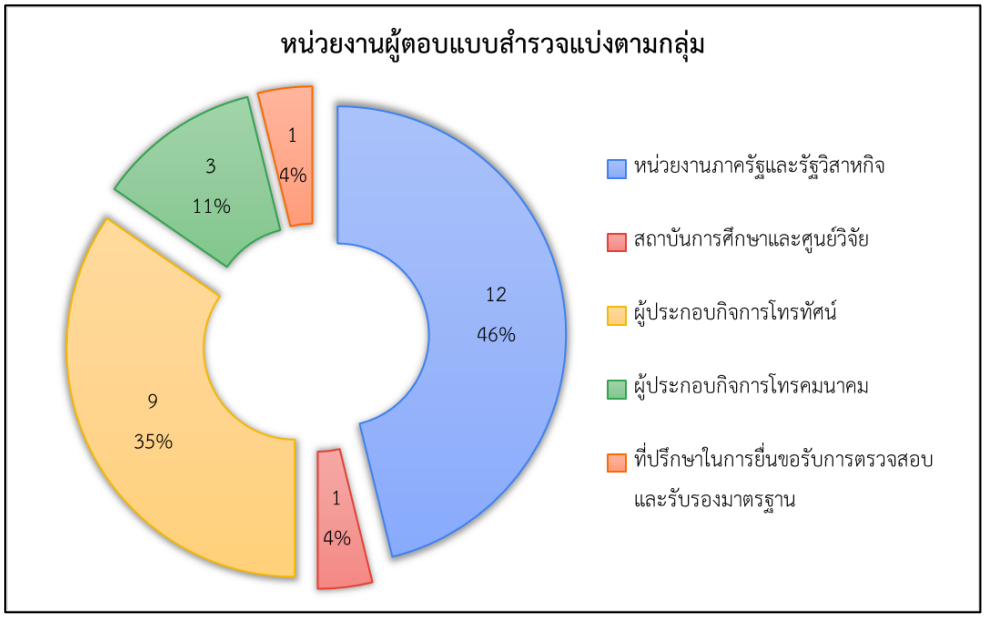
ในการศึกษาความเป็นไปได้และแนวทางการใช้งาน TV White Space ในประเทศไทย ต้องมีการรวบรวมและพิจารณาความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียด้วย ทั้งผลกระทบต่อผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่เดิม ความต้องการในการใช้งาน TV White Space รวมไปถึงข้อสังเกตในแง่มุมต่าง ๆ ของหน่วยงานในแต่ละภาคส่วน การสำรวจความคิดเห็นดังกล่าวจะช่วยให้การศึกษาเป็นไปในทิศทางที่เหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะการใช้งานจริงในประเทศไทยมากยิ่งขึ้น โดยวิธีที่ใช้ในการสำรวจความคิดเห็นในการศึกษานี้ ได้แก่ การใช้แบบสำรวจความคิดเห็น และการจัดประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในเรื่องดังกล่าว

6.1 การสำรวจความคิดเห็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยใช้แบบสำรวจ

สำนักงาน กสทช. ได้จัดทำแบบสำรวจความคิดเห็น เรื่อง ความเป็นไปได้ในการร่วมใช้คลื่นความถี่ TV White Space สำหรับกิจการโทรทัศน์ กิจการโทรคมนาคม และกิจการวิทยุคมนาคม เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในประเทศไทยจากการใช้งาน TV White Space โดยแบ่งคำถามออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ คำถามทั่วไป คำถามสำหรับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในกิจการโทรคมนาคมและกิจการวิทยุคมนาคม และคำถามสำหรับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในกิจการโทรทัศน์ ซึ่งได้จัดส่งให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำนวน 58 หน่วยงาน เมื่อวันที่ 5 มิถุนายน 2563 โดยมีผลการสำรวจ ดังนี้

6.1.1 หน่วยงานผู้ตอบแบบสำรวจ

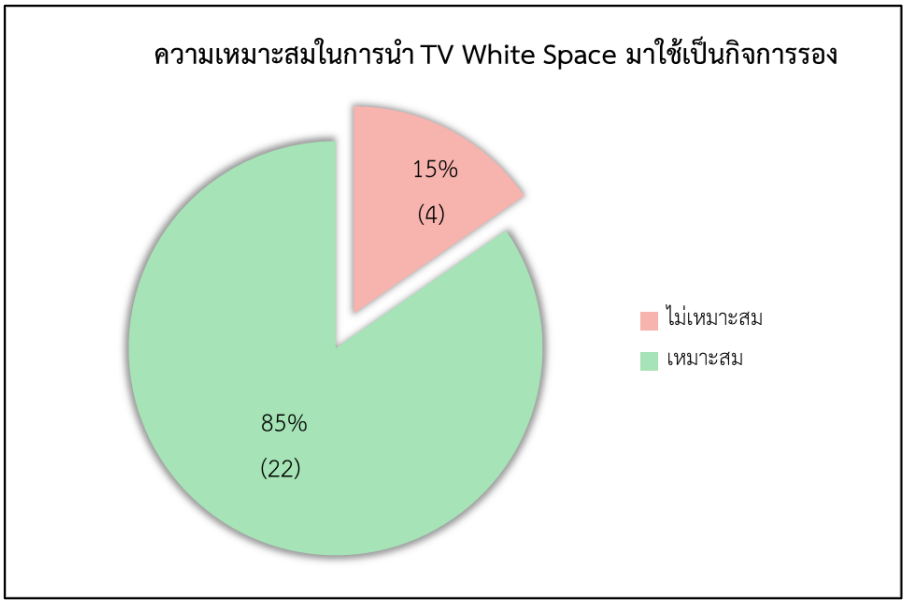
มีผู้ตอบแบบสำรวจจำนวนทั้งสิ้น 26 หน่วยงาน แบ่งออกเป็นหน่วยงานภาครัฐและรัฐวิสาหกิจ จำนวน 12 หน่วยงาน ผู้ประกอบกิจการโทรทัศน์ จำนวน 9 หน่วยงาน ผู้ประกอบกิจการโทรคมนาคม จำนวน 3 หน่วยงาน สถาบันการศึกษาและศูนย์วิจัย จำนวน 1 หน่วยงาน และที่ปรึกษาในการยื่นขอรับรองการตรวจสอบและรับรองมาตรฐาน จำนวน 1 หน่วยงาน โดยมีรายละเอียดและสัดส่วนดังปรากฏตามรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 สัดส่วนของผู้ตอบแบบสำรวจแบ่งตามกลุ่ม

6.1.2 ความคิดเห็นต่อความเหมาะสมในการนำ TV White Space มาใช้เป็นกิจการรอง

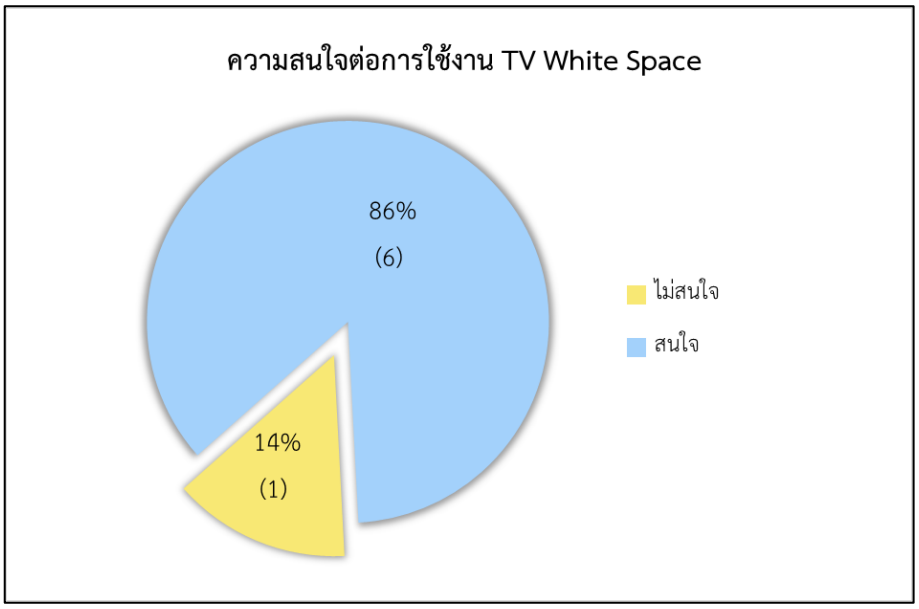
จากการสำรวจ พบว่ามีหน่วยงานเห็นว่าเหมาะสมในการนำ TV White Space มาใช้เป็นกิจการรอง จำนวน 22 หน่วยงาน โดย ส่วนมากให้เหตุผลในประเด็นการใช้คลื่นความถี่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด รองลงมาคือเล็งเห็นประโยชน์ของความสามารถในการแพร่สัญญาณได้เป็นระยะทางไกล อย่างไรก็ตาม มีหลายหน่วยงานระบุเงื่อนไขว่าต้องไม่ทำให้เกิดการรบกวนกับการใช้งานในกิจการหลัก และพบว่ามีหน่วยงานเห็นว่าไม่เหมาะสม จำนวน 4 หน่วยงาน ซึ่งเป็นผู้ประกอบกิจการโทรทัศน์ทั้ง 4 หน่วยงาน ด้วยข้อกังวลการรบกวนกับการใช้งานในกิจการหลัก และเห็นว่ายังไม่มีความชัดเจนรวมถึงข้อมูลที่มากเพียงพอในการใช้งาน TV White Space สัดส่วนความคิดเห็นปรากฏตามรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 สัดส่วนความคิดเห็นต่อความเหมาะสมในการนำ TV White Space มาใช้เป็นกิจการรอง

6.1.3 ความสนใจต่อการใช้งาน TV White Space

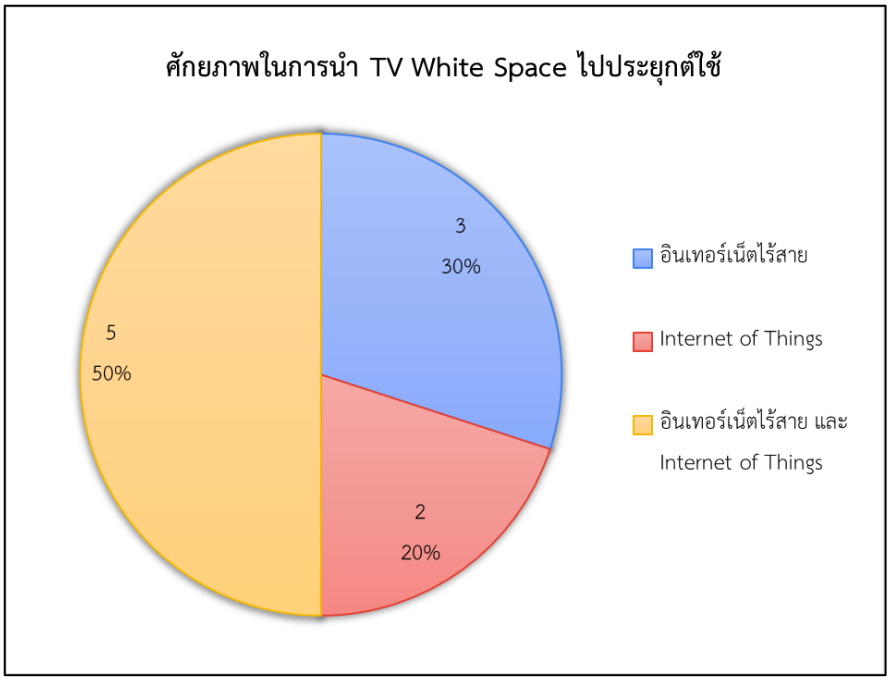
จากการสำรวจความคิดเห็นของหน่วยงานที่เป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในกิจการโทรคมนาคมและกิจการวิทยุคมนาคม พบว่ามีหน่วยงานที่มีความสนใจต่อการใช้งาน TV White Space จำนวน 6 หน่วยงาน เนื่องจากเป็นการเพิ่มช่องทางการสื่อสาร และพบว่ามีหน่วยงานที่ไม่มีความสนใจ จำนวน 1 หน่วยงาน สัดส่วนความคิดเห็นปรากฏตามรูปที่ 6.3 ทั้งนี้ มีหน่วยงานที่ไม่ประสงค์ออกความเห็น จำนวน 1 หน่วยงาน



รูปที่ 6.3 สัดส่วนความสนใจต่อการใช้งาน TV White Space ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

6.1.4 ศักยภาพในการนำ TV White Space ไปประยุกต์ใช้

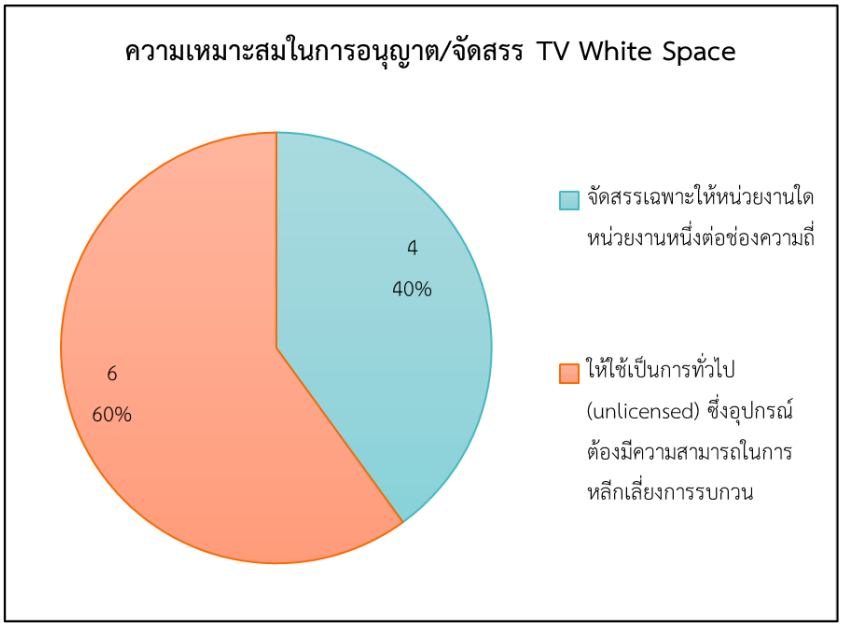
จากการสำรวจ พบว่ามีหน่วยงานให้ความคิดเห็นในประเด็นศักยภาพในการนำ TV White Space ไปประยุกต์ใช้ จำนวน 10 หน่วยงาน โดยเห็นว่าเหมาะกับการใช้งานอินเทอร์เน็ตไร้สาย (Wireless Broadband Internet Access) เท่านั้น จำนวน 3 หน่วยงาน เห็นว่าเหมาะกับการใช้งาน Internet of Things เท่านั้น จำนวน 2 หน่วยงาน และเห็นว่าเหมาะกับทั้งสองการใช้งาน จำนวน 5 หน่วยงาน สัดส่วนความคิดเห็นปรากฏตามรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.4 สัดส่วนความคิดเห็นในประเด็นศักยภาพในการนำ TV White Space ไปประยุกต์ใช้

6.1.5 การอนุญาต/จัดสรร TV White Space

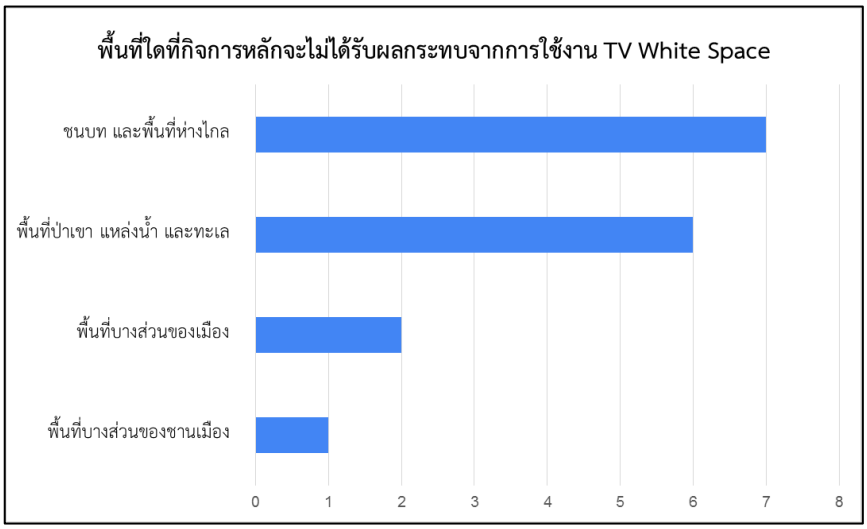
จากการสำรวจ พบว่ามีหน่วยงานให้ความคิดเห็นในประเด็นการอนุญาต/จัดสรร TV White Space จำนวน 10 หน่วยงาน โดยเห็นว่าควรจัดสรรเฉพาะให้หน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งต่อช่องความถี่ จำนวน 4 หน่วยงาน และให้ใช้เป็นการทั่วไป (unlicensed) ซึ่งอุปกรณ์ต้องมีความสามารถในการหลีกเลี่ยงการรบกวน จำนวน 6 หน่วยงาน สัดส่วนความคิดเห็นปรากฏตามรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 สัดส่วนความคิดเห็นในประเด็นการอนุญาต/จัดสรร TV White Space

6.1.6 พื้นที่ซึ่งกิจการหลักจะไม่ได้รับผลกระทบจากการใช้งาน TV White Space

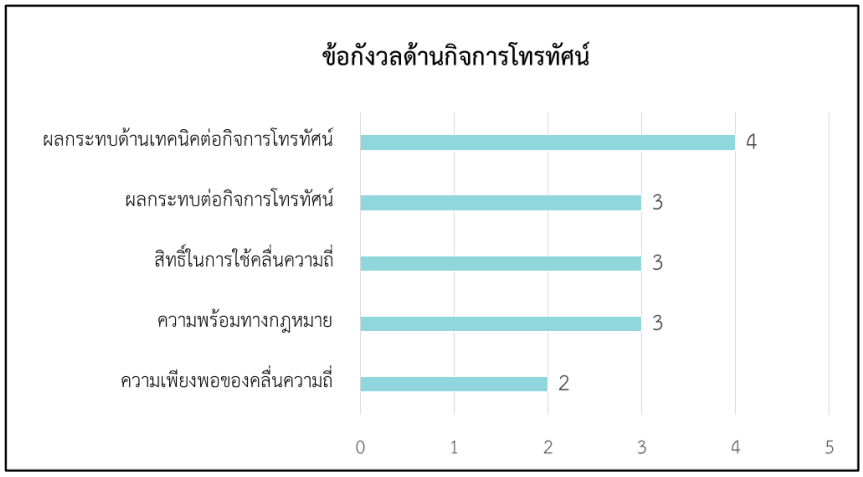
จากการสำรวจผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในกิจการโทรทัศน์ในคำถามว่าพื้นที่ลักษณะใดที่กิจการหลัก (กิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดิน) น่าจะไม่ได้รับผลกระทบจากการใช้งาน TV White Space เป็นกิจการรอง โดยมีผู้ตอบคำถาม จำนวน 9 หน่วยงาน พบว่าส่วนใหญ่มองว่าพื้นที่ชนบท พื้นที่ห่างไกล พื้นที่ป่าเขา แหล่งน้ำ และทะเล น่าจะไม่ได้รับผลกระทบดังกล่าว รายละเอียดแผนภูมิแสดงตามรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 ความคิดเห็นในประเด็นพื้นที่ซึ่งกิจการหลักจะไม่ได้รับผลกระทบจากการใช้งาน TV White Space

6.1.7 ความกังวลด้านกิจการโทรทัศน์ต่อการใช้งาน TV White Space

จากการสำรวจผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในกิจการโทรทัศน์ถึงความกังวลต่อการอนุญาตให้ใช้งาน TV White Space เป็นกิจการรอง โดยมีผู้ตอบคำถามจำนวน 5 หน่วยงาน พบว่าความกังวลต่อผลกระทบด้านเทคนิคต่อกิจการโทรทัศน์มีมากที่สุด จำนวน 4 หน่วยงาน โดยมีความเห็นให้ กสทช. ควรมีแนวทางกำกับดูแลที่รัดกุมเพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนต่อกิจการโทรทัศน์ รองลงมาคือความกังวลต่อผลกระทบต่อกิจการโทรทัศน์ สิทธิ์ในการใช้คลื่นความถี่ และความพร้อมทางกฎหมาย จำนวนเท่ากันด้านละ 3 หน่วยงาน และมีความกังวลต่อความเพียงพอของคลื่นความถี่น้อยที่สุด จำนวน 2 หน่วยงาน รายละเอียดแผนภูมิแสดงตามรูปที่ 6.7



รูปที่ 6.7 ความกังวลด้านกิจการโทรทัศน์ต่อการใช้งาน TV White Space ในด้านต่าง ๆ

6.1.8 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้ตอบแบบสำรวจ

คำถามในส่วนท้ายของแบบสำรวจได้เปิดโอกาสให้ผู้ตอบแบบสำรวจระบุข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โดยมีผู้ให้ข้อเสนอแนะ จำนวน 6 หน่วยงาน สรุปออกมาได้ ดังนี้

1) การนำ TV White Space มาใช้งานมีความเหมาะสม แต่ควรมีการศึกษาผลกระทบด้านการรบกวนคลื่นความถี่ ก่อนที่จะมีการอนุญาตให้ใช้งานจริง

2) ควรต้องคำนึงถึงการรบกวนคลื่นความถี่ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตด้วย ในกรณีหากมีการใช้งาน TV White Space อย่างแพร่หลาย

3) เสนอให้สำนักงาน กสทช. เผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับหลักการและแนวทางการใช้งาน TV White Space ในประเทศไทย เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องมีความเข้าใจในเรื่องนี้มากขึ้น

6.2 การสำรวจความคิดเห็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยการประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group)

สำนักงาน กสทช. ได้จัดการประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) เรื่อง ผลการศึกษาความเป็นไปได้และแนวทางการใช้งาน TV White Space ในประเทศไทย เมื่อวันที่ 22 ตุลาคม 2563 เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้เกี่ยวข้องต่อการศึกษาความเป็นไปได้และแนวทางการใช้งาน TV White Space ในประเทศไทย โดยมีหน่วยงานเข้าร่วมการประชุมจากหลายภาคส่วน อาทิ ผู้ประกอบกิจการโทรทัศน์ ผู้ประกอบกิจการโทรคมนาคม หน่วยงานของรัฐ และสมาคมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งที่ประชุมได้มีการนำเสนอภาพรวมของ TV White Space เงื่อนไขทางเทคนิค ความพร้อมทางด้านกฎหมาย และผลการสำรวจความคิดเห็นที่ได้ส่งไปยังหน่วยงานต่าง ๆ ตามข้อ 6.1 รวมถึงได้หารือในประเด็น ดังนี้

1) แนวทางการใช้ประโยชน์ TV White Space

ไม่มีหน่วยงานใดแสดงความเห็นคัดค้านประเด็นการอนุญาตให้นำ TV White Space ไปใช้ประโยชน์ ทั้งในลักษณะอินเทอร์เน็ตไร้สาย และ Internet of Things แต่มีข้อสังเกตว่าเหตุใดถึงต้องใช้ TV White Space ซึ่งสำนักงาน กสทช. ได้ชี้แจงข้อได้เปรียบ 2 ข้อ คือ การแพร่สัญญาณระยะไกล และค่าตอบแทนคลื่นความถี่ต่ำ อย่างไรก็ตาม ที่ประชุมได้รับทราบข้อเสียเปรียบเรื่องความซับซ้อนและต้นทุนของอุปกรณ์ที่สูงกว่าระบบอื่น ๆ

ทั้งนี้ ได้มีการหารือเรื่องการนำ TV White Space ไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น โดยสำนักงาน กสทช. เสนอการใช้งาน Programme-making and special events (PMSE) เพื่อเสริมการถ่ายทอดสดในกิจการโทรทัศน์ และมีผู้เข้าร่วมประชุมเสนอการใช้งานไมโครโฟนไร้สาย ซึ่งที่ประชุมเห็นว่าทั้งสองแนวทางการใช้งานอาจเป็นไปได้ยาก เนื่องจากมีโอกาสใช้งานต่ำและมีความซับซ้อนสูง

2) แนวทางการอนุญาตให้ใช้ TV White Space และข้อกังวลในด้านต่าง ๆ

ผู้เข้าร่วมประชุมได้เสนอให้การพิจารณาอนุญาตให้ใช้ TV White Space ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านช่องความถี่ และพื้นที่ครอบคลุมสัญญาณเท่านั้น โดยไม่ให้นำปัจจัยด้านเวลาในการออกอากาศมาใช้เพื่อช่วยลดความซับซ้อนของระบบลง และอาจลดความเสี่ยงของการรบกวนคลื่นความถี่ลงได้ด้วย

3) ขั้นตอนการดำเนินการต่อไป

ที่ประชุมเห็นว่า ด้วยเหตุผลข้อกังวลในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะประเด็นการรบกวนคลื่นความถี่ ทำให้ยังไม่ควรอนุญาตให้ใช้งาน TV White Space โดยหลังจากที่สำนักงาน กสทช. ดำเนินการโยกย้ายการใช้คลื่นความถี่ของระบบโทรทัศน์ภาคพื้นดินเรียบร้อยแล้ว อาจเปิดให้มีการทดลองทดสอบต่อไป

บทที่ 7 แนวทางการใช้งาน TV White Space ในประเทศไทย

จากผลการศึกษาการใช้งาน TV White Space ทั้งแนวทางการประยุกต์ใช้งาน แนวทางการกำกับดูแล กรณีศึกษาในประเทศ กรณีศึกษาต่างประเทศ เงื่อนไขทางเทคนิค ความพร้อมทางด้านกฎหมาย และผลการสำรวจความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทำให้สามารถจัดทำแนวทางการใช้งาน TV White Space ในประเทศไทยได้ ดังนี้

1) ไม่อนุญาตให้ใช้งาน TV White Space

จากการสำรวจความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย พบว่ามีหน่วยงานจำนวนมากแสดงความกังวลต่อการใช้งาน TV White Space ที่อาจจะทำให้เกิดการรบกวนคลื่นความถี่กับกิจการโทรทัศน์ ถึงแม้ผลการสำรวจส่วนมากเห็นว่าการนำ TV White Space มาใช้ประโยชน์จะมีความเหมาะสม แต่ก็ต้องอยู่ในเงื่อนไขที่สามารถกำกับดูแลไม่ให้เกิดการรบกวนได้ อีกทั้งจากการสำรวจการใช้งานในต่างประเทศ พบว่าถึงแม้จะได้มีการอนุญาตให้ใช้งาน TV White Space มาเป็นระยะเวลามากกว่า 10 ปี แล้ว แต่ก็ยังไม่มีการใช้งานจริงอย่างแพร่หลายมากนัก ในขณะที่หลายประเทศยังคงอยู่ในขั้นตอนการทดสอบการใช้งานจริงเท่านั้น จึงไม่อนุญาตให้ใช้งาน TV White Space ในประเทศไทย

<u>ข้อดี</u>

ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อผู้ประกอบกิจการโทรทัศน์ และไม่จำเป็นจัดทำหลักเกณฑ์การใช้งาน TV White Space ซึ่งมีความซับซ้อนและอาจต้องใช้ทรัพยากรที่สูง ทั้งการทำฐานข้อมูล White Space และการทดลองทดสอบที่เกี่ยวข้อง

<u>ข้อเสีย</u>

ประเทศไทยจะสูญเสียโอกาสในการนำคลื่นความถี่อันเป็นทรัพยากรที่สำคัญมาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งคลื่นความถี่ TV White Space ถือว่ามีจำนวนค่อนข้างมาก ตามที่ได้ยกตัวอย่างในบทที่ 1 หัวข้อที่ 1.2

2) จัดสรรให้เฉพาะหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งต่อช่องความถี่

เนื่องจากการใช้คลื่นความถี่ในกิจการโทรทัศน์ของประเทศไทยมีแผนกำหนดที่ชัดเจนว่าในพื้นที่ใดมีการใช้กลุ่มช่องความถี่วิทยุใดบ้าง รวมถึงมีข้อมูลของสถานีกระจายสัญญาณที่ชัดเจนทั้งกำลังส่งและลักษณะทางเทคนิค ทำให้สามารถคำนวณได้ว่าแต่ละพื้นที่จะมีช่องความถี่ใดที่จัดเป็น TV White Space ตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการใช้งานที่กำหนด ดังนั้น อาจสามารถคาดการณ์จำนวนช่องความถี่ที่เป็น TV White Space และอนุญาตให้ใช้งานได้โดยการจัดสรรให้เฉพาะหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งต่อช่องความถี่ในแต่ละพื้นที่ได้ ภายใต้เงื่อนไขเพื่อไม่ให้รบกวนกิจการโทรทัศน์ ซึ่งจากการสำรวจความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในบทที่ 6 หัวข้อที่ 6.1.5 พบว่าร้อยละ 40 ของผู้ตอบคำถาม เห็นด้วยกับแนวทางการอนุญาตดังกล่าว

<u>ข้อดี</u>

ได้นำคลื่นความถี่ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการจัดสรรให้เฉพาะหน่วยงานจะช่วยลดความเสี่ยงและผลกระทบต่อกิจการโทรทัศน์ เนื่องจาก สำนักงาน กสทช. จะสามารถกำกับดูแลการใช้งานได้อย่างทั่วถึง เพราะมีผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่เป็นจำนวนจำกัด อีกทั้งจะสามารถรวบรวมข้อมูลการใช้งาน เช่น

ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีฐาน หรือพื้นที่ให้บริการ ได้ง่าย และทำการระงับการใช้งานที่เกิดผลกระทบต่อกิจการโทรทัศน์ได้อย่างรวดเร็ว

ข้อเสีย

ประชาชนทั่วไปอาจจะไม่ได้รับประโยชน์อย่างทั่วถึง เนื่องจากการจัดสรรอาจต้องมีค่าใช้จ่ายในการขออนุญาต และอาจต้องได้รับใบอนุญาตเครื่องวิทยุคมนาคมที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งแนวทางการอนุญาตในลักษณะนี้จะไม่เป็นการใช้คลื่นความถี่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพราะผู้ที่ได้รับการจัดสรรอาจไม่ได้ใช้งานเต็มตามที่ขออนุญาต

3) อนุญาตให้ใช้งานเป็นการทั่วไป

หากอ้างอิงตามแนวทางการกำกับดูแลการใช้งาน TV White Space ในต่างประเทศ และการกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์ White Space จะพบว่ามีแนวโน้มการอนุญาตให้ใช้งานเป็นการทั่วไป (Unlicensed) ดังนั้น เพื่อให้แนวทางกำกับดูแลและเทคโนโลยีของประเทศไทยก้าวทันในระดับโลก อาจมีความเหมาะสมที่จะใช้แนวทางการอนุญาตดังกล่าว ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการสำรวจความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในบทที่ 6 หัวข้อที่ 6.1.5 ที่พบว่าร้อยละ 60 ของผู้ตอบคำถาม เห็นด้วยกับการอนุญาตให้ใช้งานเป็นการทั่วไป โดยอุปกรณ์ White Space ต้องมีความสามารถในการหลีกเลี่ยงการรบกวน อย่างไรก็ตาม อาจต้องพิจารณาต่อไปว่าการใช้งานในลักษณะกิจการประจำที่ต้องขอการจัดสรรหรือไม่

ข้อดี

ได้นำคลื่นความถี่ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการอนุญาตให้ใช้งานเป็นการทั่วไปจะช่วยให้ทุกภาคส่วนได้ประโยชน์อย่างทั่วถึง และทำให้ต้นทุนการใช้งาน TV White Space มีราคาต่ำ

ข้อเสีย

การมีผู้ใช้งานหลากหลายอาจทำให้ยากต่อการควบคุม และอาจส่งผลให้เกิดการรบกวนกันเองระหว่างผู้ใช้งาน TV White Space อีกทั้ง เมื่อเกิดเหตุการณ์รบกวนต่อกิจการโทรทัศน์ อาจเกิดความล่าช้าในการระงับการใช้งานอุปกรณ์ White Space ได้

ทั้งนี้ ต้องพิจารณาเพิ่มเติมด้วยว่าจะอนุญาตให้นำ TV White Space ไปประกอบกิจการโทรคมนาคมหรือไม่ เนื่องจากจะมีผลต่อแนวทางการจัดทำหรือปรับปรุงกฎหมายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยหากต้องการใช้งาน TV White Space ในประเทศไทย จะต้องดำเนินการในเรื่องต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ไม่อนุญาตให้ใช้ประกอบกิจการโทรคมนาคม

1) ตราพระราชกฤษฎีกา ตามมาตรา 30 แห่ง พ.ร.บ. องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ฯ ฉบับที่ 3 ปี พ.ศ. 2562 เพื่อให้มาตรา 41 ที่แก้ไขเพิ่มเติมมีผลใช้บังคับ

2) ดำเนินการตามเงื่อนไขการร่วมใช้ประโยชน์ รายละเอียดตามตารางที่ 5.1

3) จัดทำ/ปรับปรุงแผนความถี่วิทยุ หรือหลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่ ให้รองรับการใช้งาน TV White Space ทั้งนี้ อาจต้องมีการศึกษาเงื่อนไขทางเทคนิคเพื่อป้องกันการรบกวนอย่างละเอียด และอาจต้องปรับปรุงประกาศ กสทช. เรื่อง หลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่และเครื่องวิทยุคมนาคมที่อนุญาตให้มีการใช้งานเป็นการทั่วไป โดยเพิ่มคลื่นความถี่ TV White Space หากใช้แนวทางการอนุญาตให้ใช้งานเป็นการทั่วไป

4) จัดทำมาตรฐานทางเทคนิคเพื่อรองรับอุปกรณ์ White Space

5) จัดทำฐานข้อมูล TV White Space

<u>อนุญาตให้ใช้ประกอบกิจการโทรคมนาคม</u> (โดยไม่ใช้วิธีการประมูล)

1) ดำเนินการตามแนวทางที่ไม่อนุญาตให้ใช้ประกอบกิจการโทรคมนาคม 5 ข้อ ข้างต้น

2) ปรับปรุง (ร่าง) ประกาศ กสทช. เรื่อง คลื่นความถี่ที่อนุญาตให้ใช้โดยวิธีการอื่นนอกเหนือจากการประมูล โดยเพิ่มคลื่นความถี่ TV White Space

3) ปรับปรุงแผนแม่บทการบริหารคลื่นความถี่ ในส่วนของ ภาคผนวก ก เพื่อทำให้คลื่นความถี่ TV White Space เป็นคลื่นความถี่แบบหลอมรวม

ข้อเสนอสำนักงาน กสทช.

เนื่องจากทุกภาคส่วนมีความกังวลในประเด็นการใช้งาน TV White Space ที่อาจเกิดการรบกวนต่อกิจการโทรทัศน์ สำนักงาน กสทช. จึงเห็นว่าในส่วนของขั้นตอนการดำเนินการถัดไป เสนอให้มีการจัดทำแนวทางหรือข้อกำหนดทางเทคนิคเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูลระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geolocation Database) ของประเทศไทย สำหรับการใช้คลื่นความถี่ร่วมกันด้วยเทคโนโลยี TV White Space รวมถึงเปิดโอกาสให้หน่วยงานที่สนใจได้ทำการทดลองทดสอบการใช้งานจริง ก่อนสำนักงาน กสทช. จะได้พิจารณาดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องต่อไป

ภาคผนวก ก

คลื่นความถี่ซึ่งมีความถี่ต่ำจะสูญเสียพลังงานในตัวกลางน้อยลง ทำให้สามารถแพร่สัญญาณไปได้เป็นระยะทางไกลกว่า ดังจะเห็นได้จากสมการ Friis Transmission Equation

$$P_{RX} = P_{TX} G_{TX} G_{RX} (\frac{c}{4\pi df})^2$$

เมื่อ P_{RX} คือ กำลังส่ง

P_{TX} คือ กำลังรับ

G_{RX} คือ อัตราขยายสัญญาณ (Gain) ขารับ

G_{TX} คือ อัตราขยายสัญญาณ (Gain) ขาส่ง

c คือ ความเร็วแสง

d คือ ระยะห่างระหว่างขาส่งกับขารับ และเป็นระยะ Far Field

f คือ ความถี่ที่ใช้ส่งสัญญาณ

โดยค่ากำลังที่ได้รับแปรผกผันกับค่ากำลังสองของความถี่ที่ใช้ส่งสัญญาณ ดังนั้น ความถี่ยิ่งต่ำก็ยิ่งทำให้ได้รับสัญญาณที่ขารับมากขึ้น และได้รับสัญญาณเป็นระยะทางที่ไกลขึ้น

บรรณานุกรม

[1] คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, “ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ เรื่อง แผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอล,” *ราชกิจจานุเบกษา*, เล่ม 136 ตอนพิเศษ 289 ง, หน้า 56-57, 2562.

[2] Microsoft Corporation, “4Afrika - Media - Spectra Wireless And Microsoft 4Afrika Launch First Commercial TV White Spaces Services In Africa,” [Online]. Available: https://www.microsoft.com/africa/4afrika/spectra-wireless.aspx. [Accessed Nov. 18, 2020].

[3] FCC, ET Docket No FCC 08-260, November 2008.

[4] IEEE, “IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 5: Television White Spaces (TVWS) Operation,” 802.11af, 2013.

[5] IEEE, “IEEE Standard for Information Technology -Telecommunications and information exchange between systems--Wireless Regional Area Networks (WRAN)--Specific requirements--Part 22: Cognitive Wireless RAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Policies and Procedures for Operation in the Bands that Allow Spectrum Sharing where the Communications Devices May Opportunistically Operate in the Spectrum of Primary Service,” 802.22, 2019.

[6] ETSI, “White Space Devices (WSD); Wireless Access Systems operating in the 470 MHz to 790 MHz TV broadcast band; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive,” EN 301 598, V1.1.1, 2014.

[7] Carlson Wireless Technologies, “Leaders in TV White Space,” May. 16, 2017. [Online]. Available: https://www.carlsonwireless.com/. [Accessed Nov. 18, 2020].

[8] FCC, “Notice of proposed rule making,” Report ET Docket No.14-144, Sep, 2014.

[9] ECC, “Guidance for national implementation of a regulatory framework for TV WSD using geo-location databases,” Report 236, 2015.

[10] กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ, *ศึกษาการใช้ประโยชน์จากคลื่นความถี่ของกิจการโทรทัศน์ที่ไม่มีการใช้งานในแต่ละพื้นที่ (TV White Space)*, 2562.

[11] IEEE, “IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks,” 802.15.4, 2020.

[12] Saifullah, A., Rahman, M., Ismail, D., Lu, C., Chandra, R., & Liu, J. " SNOW: Sensor Network over White Spaces," 2016.

[13] "Feed The World: How The USDA Is Using Data And AI To Address A Critical Need – Stories" [Online]. Available: <https://news.microsoft.com/features/feed-the-world-how-the-usda-is-using-data-and-ai-to-address-a-critical-need/> [Accessed Nov. 21, 2020].

[14] Nordin R., "TV White Space (TVWS) Experimental for Application in Remote Area," Nov. 28, 2018. [Online]. Available: <http://www.nict.go.jp/en/asean_ivo/lde9n20000009hx1-att/4otfsk00004xiunf.pdf> [Accessed Nov. 21, 2020].

[15] ITU, "Digital Dividend: Insights for Spectrum Decision," 2012.

[16] ITU, "Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz," ITU-R Recommendation P.1546-5, 2013.

[17] ITU, "Planning criteria, including protection ratios, for second generation of digital terrestrial television broadcasting systems in the VHF/UHF bands," ITU-R Recommendation BT.2033-1, 2015.

[18] ITU, "Evolving spectrum management tools to support development needs," ITU-D Study Group 1 Final Report on Resolution 9, 2017.

[19] ITU, "Status of the transition to Digital Terrestrial Television Broadcasting," 2018. [Online]. Available: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Spectrum-Broadcasting/Pages/DSO> [Accessed Nov. 21, 2020].

[20] Dynamic Spectrum Alliance Limited, "Worldwide Commercial Deployments, Pilots, and Trials," 2016.

[21] Suansook S., "Digital Terrestrial Television in Thailand: Technical Aspects," *ABU Technical Review*, No. 264, p.30-32, 2015.

[22] Suansook S. "Cognitive Radio Technology: Alternative Solution for Spectrum Scarcity," *Telecom Digest*, Vol. 5, p.117-119, Nov, 2007.

[23] Ofcom, "Implementing Geolocation Summary of consultation responses and next steps," Statement, Sep. 1, 2011.

[24] Ofcom, "TV white spaces: approach to coexistence Technical Analysis," Sept. 4, 2013.

[25] Ofcom, "Implementing TV White Spaces," Statement, Feb. 12, 2015.

[26] ECC, "Technical and Operational Requirements for the Possible Operation of Cognitive Radio Systems In The 'White Spaces' Of The Frequency Band 470-790 MHz," Report 159, 2011.

[27] ไพโรจน์ ปิ่นแก้ว และคณะ, *จดหมายเหตุ 60 ปี โทรทัศน์ไทย: วิวัฒนาการเทคโนโลยีโทรทัศน์ไทย*, 2558.

[28] สำนักวิศวกรรมและเทคโนโลยีกระจายเสียงและโทรทัศน์ สำนักงาน กสทช., "พื้นที่ครอบคลุมสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิตอลของประเทศไทย (168 สถานี)," [Online]. Available: <https://www.facebook.com/Broadcast.Engineering.NBTC> [Accessed Nov. 21, 2020].

[29] สำนักวิศวกรรมและเทคโนโลยีกระจายเสียงและโทรทัศน์ สำนักงาน กสทช., "สถานะและแผนการยุติการให้บริการโทรทัศน์ในระบบแอนะล็อกของประเทศไทย (พร้อมแผนที่แสดงที่ตั้งสถานี)," [Online]. Available: <https://www.facebook.com/Broadcast.Engineering.NBTC> [Accessed Nov. 21, 2020].

[30] "พระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2562," *ราชกิจจานุเบกษา*, เล่ม 136 ตอนที่ 50 ก, หน้า 38-56, 16 เมษายน, 2562.

[31] สำนักงาน กสทช., "แผนการดำเนินการและกรอบระยะเวลาในการตราพระราชกฤษฎีกาตามมาตรา 30 แห่งพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2562," 21 เมษายน, 2563. [Online]. Available <https://www.nbtc.go.th/Services/แผนการดำเนินการและกรอบระยะเวลาในการตราพระราชกฤษฎีก/45046.aspx> [Accessed 21 พฤศจิกายน, 2563].

[32] สำนักงาน กสทช., "(ร่าง) ประกาศ กสทช. เรื่อง คลื่นความถี่ที่อนุญาตให้ใช้โดยวิธีการอื่นนอกเหนือจากการประมูล"

[33] คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, "ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ เรื่อง แผนแม่บทการบริหารคลื่นความถี่ (พ.ศ. 2562)," *ราชกิจจานุเบกษา*, เล่ม 136 ตอนพิเศษ 227 ง, หน้า 28-29, 11 กันยายน, 2562.

[34] คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, "ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ เรื่อง หลักเกณฑ์การใช้คลื่นความถี่และเครื่องวิทยุคมนาคมที่อนุญาตให้มีการใช้งานเป็นการทั่วไป," *ราชกิจจานุเบกษา*, เล่ม 136 ตอนพิเศษ 315 ง, หน้า 4-5, 26 ธันวาคม, 2562.