

# บทความวิจัย และบทความวิชาการ

---



# การบริหารจัดการคลื่นความถี่

รศ. ดร.พงศธร เศรษฐสุวรรณ  
ดร.รัฐพล ศรุตินทรกุล  
โรจลักษณ์ จักรไพวงศ์

## การบริหารจัดการคลื่นความถี่

รศ. ดร.พงศธร เศรษฐฐิธร  
ดร.รัฐพล ศรุตีรัตนวรกุล  
โรจลักษณ์ จักรไพวงศ์

### บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการเรียบเรียงงานวิจัยทั้งจากคณะผู้เขียนเองและจากงานวิจัยอื่น รวมถึงสถานการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการคลื่นความถี่ ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการคลื่นความถี่สามารถทำได้ทั้งในเชิงเทคโนโลยีและเชิงนโยบาย โดยในส่วนแรกของบทความเป็นการกล่าวถึงการเพิ่มสมรรถนะการบริหารจัดการคลื่นความถี่ด้วยการใช้เทคโนโลยีการจัดสรรคลื่นความถี่แบบใหม่ที่ถูกรออกแบบให้สามารถรองรับการสื่อสาร broadband ไร้สายได้อย่างมีประสิทธิภาพ และในส่วนที่สองเป็นการนำกรณีศึกษาของการบริหารจัดการคลื่นความถี่ในเชิงนโยบาย โดยมีกรณีศึกษาในต่างประเทศและประเทศไทย รวมถึงข้อเสนอแนะในการพัฒนาและการแก้ปัญหาการจัดสรรในเชิงนโยบาย

### ABSTRACT

This article comprehends research work on spectrum management both from the authors themselves and others, and also related update information. It is known that we can enhance the efficiency of spectrum management in terms of technology and policy. In the first part of this article, new spectrum allocation technologies for efficient broadband communications are discussed. In the latter part, case studies on spectrum management policies in Thailand and abroad are revealed as well as our suggestions and solution on spectrum management policy.

## หลักการทั่วไปสำหรับการบริหารจัดการคลื่นความถี่

การใช้คลื่นความถี่วิทยุสำหรับการติดต่อสื่อสารสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วัตถุประสงค์ใหญ่ๆ คือ

1. วัตถุประสงค์ที่เกี่ยวกับการค้า อาทิ กิจกรรมสื่อสารระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ กิจกรรมกระจายเสียง กิจกรรมโทรทัศน์ เป็นต้น
2. วัตถุประสงค์ที่เกี่ยวกับการให้บริการและความมั่นคง เช่น กิจกรรมด้านทหาร กิจกรรมการบิน และคมนาคม กิจกรรมด้านบรรเทาสาธารณภัย เป็นต้น

เป็นที่ทราบกันว่า การสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุนั้น ถ้าคลื่นใดๆ มีความถี่เดียวกันหรือใกล้เคียงกันแล้ว จะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การแทรกสอด (Interfering) ขึ้น ซึ่งการแทรกสอดนี้จะส่งผลเสียให้การสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุล้มเหลวหรือไม่สามารถส่งข่าวสารผ่านคลื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น เมื่อมีการใช้คลื่นวิทยุมากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีกฎเกณฑ์ในการบริหารจัดการคลื่นดังกล่าวเพื่อกำจัดหรือลดปัญหาการเกิดสัญญาณแทรกสอด (Interference) ระหว่างคลื่นที่มีความถี่เดียวกันหรือที่เรียกว่า Co-Channel Interferences และคลื่นที่มีความถี่ใกล้เคียงกันที่เรียกว่า Adjacent-Channel Interferences ได้ ซึ่งแน่นอนว่า Co-Channel Interferences จะส่งผลกระทบต่อที่รุนแรงกว่า Adjacent-Channel Interferences เพราะเป็นการแทรกสอดบนคลื่นความถี่เดียวกันอาจเป็นผลให้การส่งข่าวสารบนคลื่นทั้งสองล้มเหลวโดยสิ้นเชิง

ดังนั้น จึงต้องมีการบริหารจัดการความถี่สำหรับแต่ละวัตถุประสงค์ให้เหมาะสม ซึ่งเป้าหมายหลักของการบริหารจัดการคือ

1. ต้องทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อสังคมโดยรวม
2. ต้องสามารถรองรับผู้ใช้ได้สูงสุดในแต่ละวัตถุประสงค์
3. ต้องไม่เกิดสัญญาณแทรกสอดที่เป็นอันตราย (Harmful Interferences)

จากเป้าหมายในข้อที่ 3 สามารถขยายความได้ว่า สัญญาณแทรกสอดที่เป็นอันตราย คือสัญญาณที่เข้ามาทำลาย (Disrupt) การส่งข่าวสารในสัญญาณหรือคลื่นที่ต้องการจนเกิดความล้มเหลวในการสื่อสารหรือสื่อสารได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ เพื่อเป็นการยกตัวอย่างให้เกิดความเข้าใจ ผู้เขียนจึงขอกล่าวถึงกรณีของการให้ใบอนุญาตสำหรับการประกอบกิจการโทรคมนาคมประเภทโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย โดยที่ผ่านมาเราได้มีการออกใบอนุญาตสำหรับผู้ประกอบการในกิจการดังกล่าว ซึ่งอาจ

ได้มาจากวิธีสัมปทาน (Concession) หรือการประมูล (Auction) บนคลื่นความถี่ต่างๆ อาทิ 800 MHz 850 MHz 900 MHz 1800 MHz 2100 MHz เป็นต้น ซึ่งผู้ที่ได้รับใบอนุญาตบนคลื่นความถี่เหล่านั้น จะได้รับการคุ้มครองตามกฎหมายจากสัญญาผูกมัดที่เป็นอันตราย กล่าวคือ ถ้ามีผู้ใดใช้ความถี่ที่ทำให้เกิดสัญญาผูกมัดที่เป็นอันตรายกับผู้ที่ได้รับใบอนุญาตบนคลื่นความถี่เหล่านั้น จะต้องมีความผิดตามกฎหมาย ซึ่งในปัจจุบันได้มีการสงวนบางคลื่นความถี่ไว้ในลักษณะของไลเซนส์ฟรี (License Free) อาทิ คลื่น 2400 MHz ที่ใช้สำหรับการสื่อสาร Wi-Fi communication

ทุกวันนี้มีการสื่อสารไร้พรมแดน ดังนั้นการบริหารจัดการคลื่นความถี่จึงเป็นประเด็นที่มีความสำคัญระดับโลก จึงมีหน่วยงานที่ชื่อ International Telecommunication Union (ITU) สังกัดภายใต้ United Nation (UN) โดยมีหน้าที่หลักในการกำหนดกฎเกณฑ์สำหรับการบริหารจัดการคลื่นความถี่หรือสเปกตรัมวิทยุ (Radio Spectrum) ในช่วงความถี่ 9 kHz – 275 GHz และกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นผู้ควบคุม (Regulator) ของแต่ละประเทศก็จะนำกฎเกณฑ์ดังกล่าวมาทำแผนการบริหารจัดการความถี่ในระดับประเทศเอง ซึ่ง ITU ก็จะมีการจัดประชุม World Radio Congress (WRC) ทุกปี เพื่อเป็นการปรับปรุงกฎเกณฑ์และมาตรฐานเหล่านั้นให้ทันสมัยกับเทคโนโลยีและสถานการณ์ของโลก

โดยในบทความนี้ เราจะนำเสนอวิธีการบริหารคลื่นความถี่ 2 วิธี คือ

1. วิธีทางเทคโนโลยีและทฤษฎีข่าวสาร
2. วิธีทางนโยบายและกฎหมายการประมูลและควบคุมการใช้คลื่นความถี่

ซึ่งในวิธีแรก ผู้เขียนจะหยิบยกงานวิจัยของผู้เขียนเองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพร้อมกับตัวอย่างในการนำไปประยุกต์ในกรณีศึกษาจริง และในวิธีที่สองผู้เขียนจะหยิบยกกรณีศึกษาการบริหารคลื่นความถี่ด้วยวิธีทางนโยบายและกฎหมายที่ใช้กันในประเทศต่างๆ รวมถึงประเทศไทย

## การบริหารคลื่นความถี่ด้วยเทคโนโลยีและทฤษฎีข่าวสาร

บทความนี้จะเน้นการบริหารจัดการคลื่นที่เกี่ยวข้องกับกิจการโทรคมนาคมและกระจายเสียง ซึ่งทางคณิตศาสตร์แล้ว โดยในส่วนของหัวข้อนี้ เราสามารถประยุกต์สูตรของแชนนอน (Shannon's Formula) ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในทฤษฎีข่าวสารสำหรับการบริหารจัดการคลื่นได้ดังสมควร

$$C = B \log_2(1 + \text{SINR}) \quad (1)$$

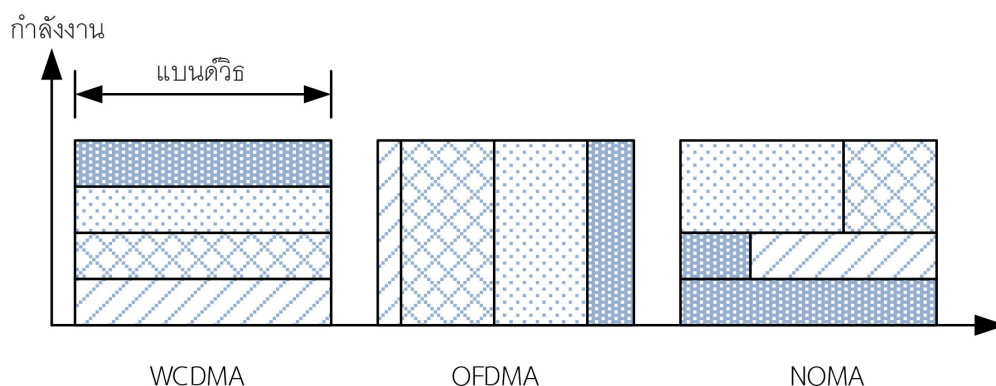
จากสมการข้างต้น ค่า  $C$  คือความสามารถในการส่งข่าวสารซึ่งอยู่ในหน่วย bits/second ซึ่งหมายความว่า ถ้าค่า  $C$  สูงขึ้นเราก็สามารถส่งข่าวสารได้มากขึ้น ซึ่งคือเป้าหมายสูงสุดของการสื่อสาร โดยค่า  $B$  คือความกว้างของคลื่นความถี่ที่ใช้ในการส่งข่าวสารหรือที่เรียกว่าแบนด์วิธ (Bandwidth) อยู่ในหน่วย Hz พบว่าค่า  $B$  จะแปรผันตรงกับ  $C$  นั่นคือ ถ้าการสื่อสารใดมีแบนด์วิธมากก็จะสามารถส่งข่าวสารไปปริมาณมากขึ้นด้วย โดย  $\log_2(\cdot)$  จะระบุถึงความเป็นกำลังการสื่อสารดิจิทัลบนพื้นฐานของเลขฐานสองหรือ 0 และ 1 เป็นหลัก

สำหรับ SINR (Signal to Interference Plus Noise Ratio) คือค่าอัตราส่วนของกำลังของสัญญาณที่เราต้องการสื่อสารเทียบกับกำลังของสัญญาณแทรกสอดและสัญญาณรบกวน จากสมการที่ (1) ถ้า SINR มาก เราก็จะได้ค่า  $C$  มากด้วย

ซึ่งโดยสรุปแล้วการเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารสำหรับกิจการโทรคมนาคมและกระจายเสียงให้สามารถส่งข่าวสารได้มากๆ (ค่า  $C$  สูง) เราสามารถทำได้ 2 ลักษณะคือ การเพิ่มจำนวนแบนด์วิธ ( $B$ ) ที่จัดสรรให้กับกิจการนั้นๆ หรือการเพิ่มอัตราส่วน SINR ซึ่งการเพิ่มแบนด์วิธจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการบริหารจัดการความถี่ ในส่วนของการเพิ่มอัตราส่วน SINR นั้น จะเกี่ยวข้องกับการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการสื่อสารไร้สายบรอดแบนด์ (Wireless Broadband Communication) หรือที่เรียกว่าเทคโนโลยีของโปรโตคอลการเข้าถึงตัวกลาง (Media Access Control Protocol, MAC protocol)

ในยุค 3G ที่ถือว่าเป็นยุคเริ่มต้นหรือรากฐานของการสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่ บรอดแบนด์ (Foundation of Mobile Broadband) โปรโตคอลการเข้าถึงตัวกลางได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถรองรับการส่งข่าวสารบรอดแบนด์หรือข่าวสารที่มีอัตราบิตสูงได้ จากภาพที่ 1 แขนงตั้งคือระดับกำลังงานที่ใช้ส่งข่าวสารและแกนนอนคือแบนด์วิธของความถี่ที่ได้รับจัดสรร โดยแต่ละผู้ใช้จะถูกแยกด้วยการระบายสีที่แตกต่างกัน สำหรับโปรโตคอล WCDMA ที่ใช้ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 3G แต่ละผู้ใช้จะครอบครองตลอดช่วงแบนด์วิธ โดยกำลังงานที่ใช้ส่งจะเท่ากันทุกผู้ใช้และเป็นที่ทราบว่าคุณสมบัติของแต่ละผู้ใช้จะถูกแยกออกจากกันด้วยรหัสลำดับสุ่มเทียมด้วยแบนด์วิธที่เท่ากันและคงตัวที่ 5 เมกะเฮิร์ตซ์

ในส่วนของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 4G ที่มีโปรโตคอล OFDMA ทำหน้าที่บริหารจัดการคลื่นความถี่ แต่ละผู้ใช้งานจะได้รับการจัดสรรเฉพาะบางช่วงของแบนด์วิธ โดยกำลังงานที่ใช้ส่งจะเท่ากันทุกผู้ใช้งานแต่จะสูงกว่าโปรโตคอล WCDMA ซึ่งข้อดีของ OFDMA ที่มีเหนือ WCDMA คือ แบนด์วิธของแต่ละผู้ใช้งานสามารถยืดหยุ่นได้ตั้งแต่ 1.4-20 เมกะเฮิร์ตซ์ ตามปริมาณที่ต้องการในการส่งทราฟฟิกข่าวสารแต่ละประเภท นอกจากนี้กำลังส่งที่สูงกว่าของ OFDMA ก็ส่งผลให้อัตราบิตข่าวสารหรือค่าประสิทธิภาพสเปกตรัมสูงกว่าด้วย (จากสูตรค่าประสิทธิภาพสเปกตรัมที่เป็นฟังก์ชันลอการิทึมของค่า SINR โดยถ้า SINR สูงขึ้นค่าประสิทธิภาพสเปกตรัมในหน่วย bits/Hz ก็จะมีเพิ่มขึ้นด้วย) จากเอกสาร [1] เสนอแนะว่า ในยุค 5 จี ที่มีการใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่บรอดแบนด์กว้างขวางขึ้น โปรโตคอล OFDMA อาจจะยังไม่มีประสิทธิภาพที่ดีเพียงพอ เนื่องจากการมัลติเพล็กซ์กันระหว่างผู้ใช้งานที่ยืดหลักการมัลติเพล็กซ์เชิงความถี่ ถึงแม้ว่าจะยอมให้มีการมัลติเพล็กซ์ความถี่ทับซ้อนกันบางส่วนได้ก็ตาม ด้วยเหตุนี้จึงมีแนวคิดในการนำหลักการของโปรโตคอล WCDMA มาใช้อีกครั้ง โดยระบบจะอนุญาตให้ผู้ใช้งานสามารถครอบครองแบนด์วิธได้อย่างยืดหยุ่นและกำลังส่งของแต่ละผู้ใช้งานจะไม่เท่ากัน แต่จะแตกต่างกันไปตามระยะห่างจากสถานีฐาน ซึ่งการแยกแยะของสัญญาณจะใช้หลักการมัลติเพล็กซ์กำลัง (Power Multiplexing) และบนพื้นฐานของแนวคิดนี้เราจะได้โปรโตคอล NOMA ที่มีความยืดหยุ่นสำหรับการส่งข่าวสารหลากหลายประเภท (หลากหลายอัตราบิตและ QoS) ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด



ภาพที่ 1 โปรโตคอลการเข้าถึงตัวกลางยุค 3G (WCDMA) 4G (OFDMA) และ 5G (NOMA)

สำหรับการทำงานของโพรโทคอล NOMA สามารถอธิบายได้ดังนี้ โพรโทคอล NOMA จะใช้หลักการมัลติเพล็กซ์กำลังควบคู่ไปกับการมัลติเพล็กซ์เชิงเวลาหรือทางความถี่หรือทางรหัส จึงเปรียบเสมือนเป็นการเพิ่มมิติของการมัลติเพล็กซ์เข้าไปเป็นผลให้ระบบมีความจุมากขึ้นหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ สามารถรองรับปริมาณทราฟฟิกข่าวสารได้มากขึ้น สำหรับการมัลติเพล็กซ์กำลังจะใช้ฟิลเตอร์ตัวรับสัญญาณชนิดพิเศษที่ชื่อว่า ฟิลเตอร์ SIC (Successive Interference Cancellation filter, SIC filter) ที่มีความสามารถพิเศษในการแยกแยะค่า SINR ของแต่ละสัญญาณโดยสามารถกรองสัญญาณที่มีค่า SINR สูงกว่าทิ้งไปได้ ซึ่งจะทำงานตรงกันข้ามกับฟิลเตอร์ธรรมดาที่มักจะกรองสัญญาณที่มี SINR ต่ำทิ้งแล้วเก็บสัญญาณ SINR สูงสำหรับการดำเนินการกู้ข่าวสารกลับคืนต่อไป ซึ่งในส่วนนี้ผู้เขียนได้นำเสนองานวิจัยในการคำนวณหาค่า C ของโพรโทคอล NOMA ทั้งในส่วนของการสื่อสารดาวนลิงค์ (Downlink, base station to mobiles) และอัปลิงค์ (Uplink, mobiles to base station) ดังสมการที่ 2 และ 3 ตามลำดับ โดยสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมในการพิสูจน์ได้ที่เอกสาร [2-3]

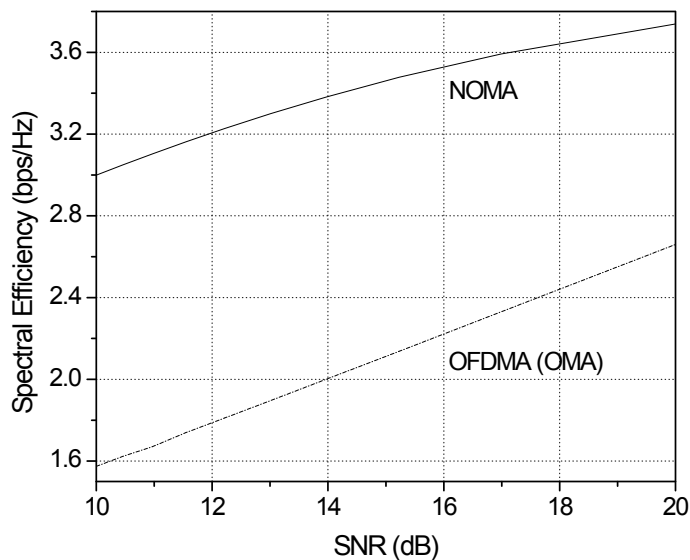
$$C_n = \log_2 e \left\{ \int_0^\infty \frac{e^{-zm\text{SNR}_n}}{z} \left[ 1 - \frac{1}{(1+z)^m} \right] \prod_{i=1}^{n-1} \left[ \frac{1}{1 + (P_{UEi} / P_{UEn})z} \right] dz \right\} \quad (2)$$

$P_{UEi}$  และ  $P_{UEn}$  คือกำลังของสัญญาณแทรกสอด  $i$  และกำลังของสัญญาณที่ต้องการ  $n$  โดย  $\text{SNR}_n$  คืออัตราส่วนกำลังของสัญญาณที่ต้องการต่อสัญญาณรบกวนที่ฟิลเตอร์ของอุปกรณ์ผู้ใช้ (User Equipment, UE) ที่เราพิจารณา ส่วน  $m \in [1,6]$  คือความบดบังของช่องสัญญาณที่บ่งบอกถึงระดับวิถีตรงระหว่างผู้รับและผู้ส่งสัญญาณ (Line Of Sight, LOS) ถ้า  $m = 1$  ผู้รับและผู้ส่งไม่อยู่ในวิถีเดียวกัน (Non Line Of Sight, NLOS) แต่ถ้า  $m$  มากขึ้นวิธีการแพร่กระจายสัญญาณระหว่างผู้รับและผู้ส่งก็จะชัดเจนขึ้น

$$C_n = \log_2 e \sum_{l=1}^L \left\{ \int_0^\infty \frac{e^{-zm\text{SNR}_{n,l}}}{z} \left[ 1 - \frac{1}{(1+z)^m} \right] \prod_{i=1, i \neq n}^N \left[ \frac{1}{1 + (P_{UEi,l} / P_{UEn,l})z} \right] dz \right\} \quad (3)$$

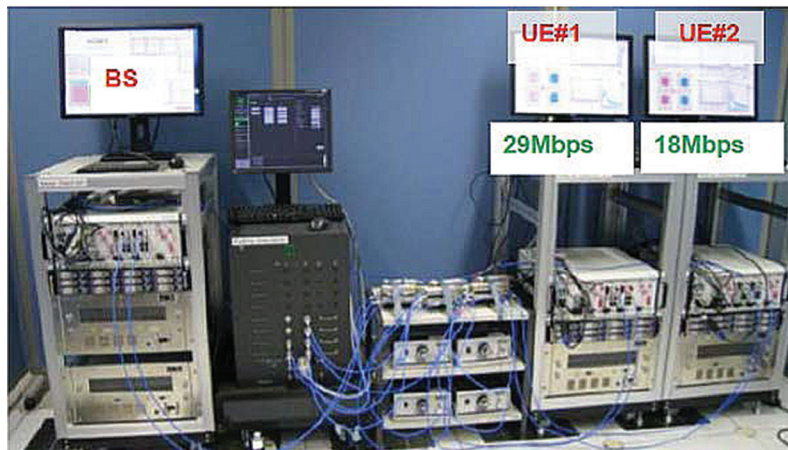
ในส่วนของอัปลิงค์จะมีพารามิเตอร์  $L$  ที่เพิ่มเข้ามา ซึ่งคือจำนวนคลื่นความถี่ที่ UE สามารถส่งได้ทั้งหมดพร้อมๆ กันในคราวเดียวเพื่อเพิ่มจำนวนอัตราข่าวสารรวม โดยเราเรียกเทคนิคนี้ว่า Carrier Aggregator (CA)

จากสมการดังกล่าว เราสามารถนำไปวาดกราฟเพื่อหาค่าประสิทธิภาพสเปกตรัม โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างโปรโตคอล NOMA กับโปรโตคอล OFDMA ซึ่งจะจัดเป็นโปรโตคอลประเภท OMA (Orthogonal Multiple Access) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ค่าประสิทธิภาพสเปกตรัมของโปรโตคอล NOMA และโปรโตคอล OFDMA (OMA)

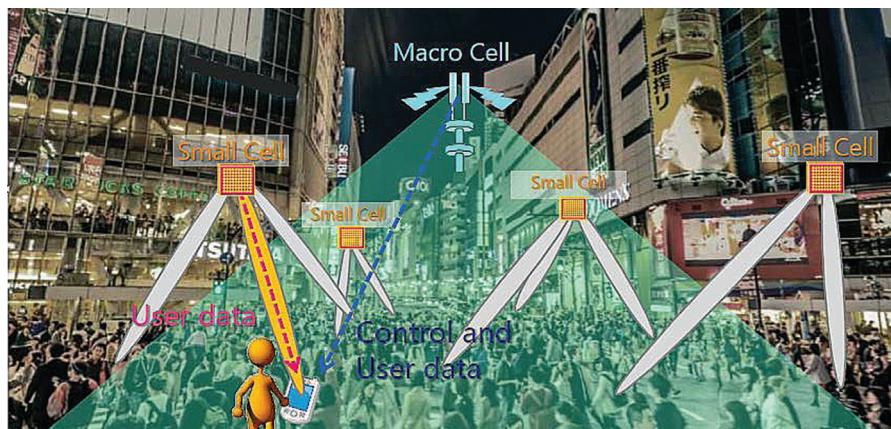
ซึ่งจากภาพพบว่า ค่าประสิทธิภาพสเปกตรัมของโปรโตคอล NOMA สูงกว่าโปรโตคอล OFDMA ประมาณ 60% ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยในเอกสาร [4] โดยในงานวิจัยดังกล่าวได้มีการลองทดสอบใช้โปรโตคอล NOMA ส่งข่าวสารดังรูปที่ 2 แต่เป็นเพียงการทดลองส่งระหว่าง 1 สถานีฐานกับ 2 ผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ (User Equipment, UE) โดย UE#1 และ UE#2 คือผู้ใช้ที่รับส่งข่าวสารด้วยโปรโตคอล NOMA (5G) และ OFDMA (4G) ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ได้ประสิทธิภาพในการส่งข่าวสารสูงขึ้นมากกว่า 30%



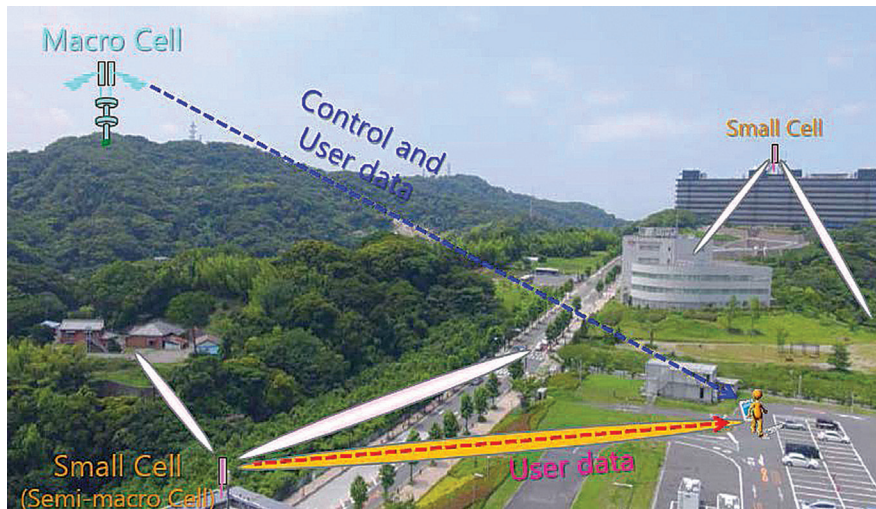
ภาพที่ 3 ต้นแบบการส่งข่าวสารด้วยโปรโตคอล NOMA [4]

โดยในทางปฏิบัติจริงนั้น ได้กำหนดรูปแบบไว้ตามลักษณะเชิงกายภาพของสภาพแวดล้อม ซึ่งแบ่งเป็น เขตเมืองและเขตชนบท ดังภาพที่ 4 และ 5 ด้วย ในส่วนของเขตเมืองที่มีการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่สูง จะใช้เซลล์ขนาดเล็กหรือเฟมโตเซลล์ (Femtocell) หรือสถานีฐานขนาดเล็กกระจายครอบคลุมพื้นที่ สำหรับส่งสัญญาณข่าวสาร (User Data) เพื่อขยายขีดความสามารถในการรองรับและบริการผู้ใช้ และ จะมีเซลล์ขนาดใหญ่หรือแมโครเซลล์ (Macro Cell) ที่ส่งสัญญาณควบคุมการส่งสัญญาณข่าวสาร ของแต่ละเฟมโตเซลล์

แต่อย่างไรก็ดี โปรโตคอล NOMA ซึ่งจัดว่าเป็นเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 5G ยังไม่มีใช้ในเชิงพาณิชย์ โดยจะเริ่มใช้ในปี ค.ศ. 2017-2020 ตามความพร้อมของแต่ละประเทศ



ภาพที่ 4 ลักษณะการใช้โปรโตคอล NOMA ในเขตเมือง [4]



ภาพที่ 5 ลักษณะการใช้โปรโตคอล NOMA ในเขตชนบท [4]

ที่กล่าวข้างต้นจะเป็นงานวิจัยทางด้านเทคโนโลยีที่ช่วยในเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการคลื่นความถี่ ในหัวข้อถัดไปจะเป็นกรณีศึกษาและองค์ความรู้ต่างๆ ที่ได้รับรวบรวมมาจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการความถี่ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ

### กรณีศึกษาของการบริหารจัดการคลื่นความถี่ด้วยนโยบายและกฎหมาย

ในอดีตที่ผ่านมา ผู้ควบคุมหรือ Regulator ของแต่ละประเทศจะจัดสรรความถี่ให้กับหน่วยงาน กิจรัฐวิสาหกิจหรือที่เรียกว่าเป็นระบบแบบ Administrative Process ให้นำความถี่ไปประกอบกิจการ และให้บริการแก่ประชาชน ยกตัวอย่างในประเทศไทย อาทิ บริษัท ทีโอที (TOT) จำกัด มหาชน บริษัท กสท. (CAT) จำกัด มหาชน บริษัท อ.ส.ม.ท (MCOT) จำกัด มหาชน แต่เมื่อเวลาผ่านไป ความต้องการใช้คลื่นความถี่เพิ่มสูงขึ้นประกอบกับคุณภาพและความครอบคลุมในการให้บริการไม่เพียงพอกับความ ต้องการ จึงต้องมีการให้เอกชนมาช่วยในการประกอบกิจการและบริการแก่ประชาชนให้ทั่วถึง อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งในประเทศไทยเอง เรายังมีบางความถี่เช่น 2300 MHz และ 2600 MHz ซึ่งได้จัดสรรให้กับบริษัท ทีโอที และบริษัท อ.ส.ม.ท ไป แต่ก็ยังไม่มีการใช้ประโยชน์อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม เป็นผลให้ประชาชนอาจเสียโอกาสจากการใช้ทรัพยากรของประเทศในส่วนนี้ไป

จากข้อมูลพบว่า ในยุค 1980s หลายประเทศยังใช้ระบบ Administrative Process แต่หลังจากยุค 1990s ได้มีการเริ่มให้เอกชนเข้ามาทำกิจการแทน ซึ่งระบบนี้จะมีกลไกการตลาด (Market-Based Mechanism) เข้ามาเกี่ยวข้องทำให้การบริหารจัดการความถี่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งรูปแบบของการให้เอกชนเข้ามาจัดจงบหรือรับใบอนุญาตสำหรับประกอบกิจการโทรคมนาคมนั้น มีหลายรูปแบบ อาทิ [4]

1. การประมูล (Auction) คือรัฐหรือผู้ควบคุมกำหนดคุณลักษณะ (Specifications) ในการดำเนินการและการให้บริการ โดยผู้ได้รับใบอนุญาตคือผู้ที่เสนอราคาสูงสุด ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันในหลายประเทศทั้งอเมริกา ยุโรป สิงคโปร์ และประเทศไทย

2. การประกวด (Beauty Contest) ผู้ได้รับใบอนุญาตคือผู้ที่นำเสนอคุณลักษณะในการดำเนินการและการให้บริการที่ดีที่สุด ซึ่งพิจารณาโดยรัฐหรือผู้ควบคุม โดยประเทศญี่ปุ่นคือตัวอย่างหนึ่งของประเทศที่ใช้วิธีนี้

ทั้ง 2 วิธี มีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกันไป วิธีประมูลอาจจะสะท้อนกลไกการตลาดได้ระดับหนึ่ง แต่อาจจะมีปัญหาในประเด็นการครอบครองตลาด (Monopoly) ถ้ามีเอกชนรายใดรายหนึ่งมีทุนมากกว่ารายอื่น ส่วนวิธีประกวดอาจมีปัญหาในเรื่องของความโปร่งใสในการพิจารณาได้

ซึ่งจากผลการศึกษาในประเทศที่ใช้วิธีการประมูลพบว่า มีบางประเทศในทวีปยุโรปที่เอกชนผู้ประกอบการ (Operator) แข่งขันในการประมูลจะต้องใช้วงเงินจำนวนมากในการได้ใบอนุญาตมาเป็นผลให้เสียสมดุลทางการเงิน การลงทุนล่าช้า จ่ายเงินคืนให้รัฐช้า หนี้สินเพิ่ม ซึ่งสะท้อนไปถึงบริการที่ให้กับประชาชนโดยตรง และในประเทศไทยเอง เราก็จ้องกรณีเช่นนี้ โดยผู้ชนะการประมูลต้องยอมทิ้งใบอนุญาตไปเพราะไม่สามารถดำเนินการได้เนื่องจากต้นทุนมีมูลค่าสูงกว่าที่คำนวณไว้เบื้องต้น

สำหรับในประเทศไทยแล้ว ได้มีผู้วิเคราะห์การประมูล [5] ใน 3 ครั้งที่ผ่านมาบนคลื่น 2100 MHz 1800 MHz และ 900 MHz โดยสรุปดังนี้ในการประมูลคลื่น 2100 MHz สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 3G พบว่ามีผู้เข้าร่วมประมูล 3 รายเท่ากับจำนวนใบอนุญาต ดังนั้นจึงไม่เกิดการแข่งขันในการประมูลเป็นผลให้ราคาประมูลได้เกือบเท่ากับราคาเริ่มต้นที่ 450 ล้านบาท/MHz ในขณะที่การประมูลบนคลื่น 1800 MHz และ 900 MHz มีจำนวนผู้เข้าร่วมประมูลถึง 4 รายต่อจำนวนใบอนุญาต 2 ใบ/คลื่น จึงเป็นผลให้เกิดการแข่งขันกันสูง ยกตัวอย่างที่คลื่น 1800 MHz ราคาประมูลสูงกว่าราคาตั้งต้นที่ 530 ล้านบาท/MHz เกือบ 3 เท่า และที่คลื่น 900 MHz ราคาประมูลสูงกว่าราคาตั้งต้นที่ 645 ล้านบาท/MHz เกือบ 6 เท่า แต่อย่างไรก็ดีที่คลื่น 900 MHz ได้มีผู้ชนะการประมูลสละสิทธิ์การขอรับใบอนุญาตในภายหลังเนื่องจากราคาที่สูงเกินกว่าความสามารถในการประกอบการ

นอกเหนือจากเรื่องการแข่งขันแล้ว ยังวิเคราะห์ต่อไปว่า ทางผู้ควบคุมหรือ Regulator ยังไม่ชัดเจนในเรื่องการกำกับราคาขั้นต่ำของค่าบริการ เหตุเพราะคิดจากราคาเฉลี่ยในทุกรายการส่งเสริมการขาย ซึ่งแท้จริงแล้ว ควรคิดจากรายการที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมมากกว่า อีกประเด็นคือ ความครอบคลุมในการให้บริการยังถือว่าน้อยเกินไปเมื่อเทียบกับประเทศอื่น ยกตัวอย่าง ใบอนุญาตสำหรับคลื่น 1800 MHz ต้องสร้างโครงข่ายให้ครอบคลุมประชากร 40% ภายใน 4 ปี และ 50% ภายใน 8 ปี เมื่อเทียบกับประเทศญี่ปุ่นที่กำหนดสูงถึง 80% ใน 4 ปีแรกและ 90% ในปีต่อไป ซึ่งที่จริงแล้ว ผู้ประกอบการสามารถทำได้ เพราะผู้ประกอบการส่วนใหญ่มักเป็นผู้ประกอบการเดิมที่มีโครงข่ายครอบคลุมเกือบทั่วประเทศอยู่แล้ว การได้ใบอนุญาตให้ประกอบกิจการบนคลื่นความถี่ใหม่ ก็เป็นเพียงการอัปเกรดหรืออัปเดตอุปกรณ์บนโครงข่ายเดิม

## บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทความนี้เรียบเรียงงานวิจัย กรณีศึกษา และความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการความถี่สำหรับกิจการโทรคมนาคมและกิจการกระจายเสียง โดยเป้าหมายหลักของการบริหารจัดการคือการนำคลื่นความถี่ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ครอบคลุมมากที่สุด เข้าถึงประชาชนมากที่สุด และมีประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งจากกรณีศึกษาจากทั่วโลกพบว่า ระบบการจัดสรรได้เปลี่ยนจากระบบ Administrative Process มาเป็น Market-Based Mechanism ที่ให้ผู้ประกอบการที่เป็นเอกชนสามารถยื่นขอรับใบอนุญาต โดยสามารถทำได้ทั้งวิธีการประมูลและวิธีการประกวดที่มีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกันไป โดยในส่วนของวิธีการประมูลอาจมีข้อดีในด้านกลไกการตลาดแต่อาจมีข้อเสียในด้านการครอบครองตลาดเพียงรายเดียว ส่วนวิธีการประกวดอาจมีข้อเสียในด้านความโปร่งใส สำหรับประเทศไทยแล้ว เรานิยมใช้วิธีการประมูล ซึ่งทางผู้เขียนมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้การประมูลดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูงสุดดังนี้

1. การป้องกันครอบครองตลาดเพียงรายเดียวด้วยการกำหนดจำนวนแบนด์วิธหรือจำนวนคลื่นความถี่สูงสุดที่แต่ละผู้ประกอบการจะครอบครองได้ (Spectrum Cap) ยกตัวอย่าง สหราชอาณาจักรได้ใช้ระบบที่เรียกว่า Safe Guard Cap ซึ่งก็คือ Spectrum Cap ในการกำหนดจำนวนคลื่นความถี่สูงสุดของผู้ประกอบการ ประเทศอื่นที่ใช้ระบบนี้ อาทิ อาร์เจนตินา โคลอมเบีย เปรู สิงคโปร์ โดยในส่วนของประเทศสหรัฐอเมริกาจะใช้ระบบ Screening Guideline หรือ Loose Cap ที่ไม่ได้กำหนดเพดานบนของจำนวนคลื่นความถี่ แต่ทางรัฐหรือผู้ควบคุมจะเฝ้าระวังผู้ประกอบการที่ครอบครองคลื่นจำนวนมากเป็นพิเศษ

2. การใช้ระบบ Spectrum Trading ที่ยอมให้ผู้ประกอบการที่ชนะการประมูลใบอนุญาตของคลื่นความถี่ สามารถนำความถี่นั้นไปให้ผู้ประกอบการรายอื่นทำกิจการต่อได้ โดยในประเทศไทย ยอมให้มีการใช้ระบบ Mobile Virtual Network Operator (MVNO) ที่สามารถเช่าคลื่นต่อจากผู้ชนะการประมูลใบอนุญาตหรือ Mobile Network Operator (MNO) มาทำกิจการโทรคมนาคมประเภท โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ อย่างไรก็ดี ผู้เขียนขอเสนอให้เพิ่มระบบที่เรียกว่า Secondary Market เข้ามาด้วย โดยผู้ประกอบการที่มารับเหมาช่วง สามารถนำคลื่นไปประกอบกิจการอื่นๆ ที่แตกต่างจากผู้ประกอบการที่รับใบอนุญาตโดยตรงได้ (ในกรณีของ MNO และ MVNO ต้องประกอบกิจการประเภทเดียวกัน) ซึ่งวิธี Secondary Market นี้จะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพในการใช้คลื่นความถี่และการบริหารจัดการให้เพิ่มสูงขึ้น

### บรรณานุกรม

- [ 1 ] Andrews J.G. (2014). What will 5G be?. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 32(6), 1065-1082.
- [ 2 ] Sedtheetorn P., and Chulajata T. (2016). Spectral efficiency evaluation for non-orthogonal multiple access in Rayleigh fading. *IEEE proceedings of ICACT*, 747-750.
- [ 3 ] Sedtheetorn P., and Chulajata T. (2016). Uplink spectral efficiency for non-orthogonal multiple access in Rayleigh fading. *IEEE proceedings of ICACT*, 751-754.
- [ 4 ] NTT Docomo Inc. (2014). 5G radio access: requirements, concept and technologies. Docomo 5G white paper.
- [ 5 ] รัฐพล ศรุติรัตนวรกุล. (2558). การบริหารจัดการคลื่นความถี่. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา การสื่อสารคอนเวอร์เจนซ์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมการจัดการองค์การ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [ 6 ] สุพจน์ เขียววุฒิ. (2558). กสทช. กับการจัดสรรคลื่นความถี่ในกิจการโทรคมนาคม. [เว็บไซต์]. สืบค้นจาก <https://supott.wordpress.com/2016/05/26/nbtc-and-spectrum-allocation/>