บรรณาธิการปริทัศน์/Editorial Corner

การสื่อสารเคลื่อนที่ 5G และสายอากาศ
5G Mobile Communications and Antennas

ประยุทธ อัครเอกฒาลิน
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Prayoot Akkaraekthalin
Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: prayoot.a@eng.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.01.002
© 2021 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

ระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ 5G นับเป็นวิวัฒนาการใหม่ของระบบสื่อสารที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ 5G ได้รับการออกแบบให้สามารถรองรับการใช้ข้อมูลขนาดใหญ่ในสังคมยุคใหม่ที่มีการเชื่อมต่อกันตลอดเวลา รวมไปถึงระบบอินเทอร์เนตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things) ที่มีการเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนมหาศาลเข้าด้วยกันด้วยความเร็วของข้อมูลที่สูงมากๆ จนทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ๆ ขึ้นมากมาย ได้แก่ เมืองอัจฉริยะ ระบบพลังงานอัจฉริยะ การเกษตรอัจฉริยะ การเดินทาง และการขนส่งอัจฉริยะ ตลอดจนนวัตกรรมในด้านการแพทย์ การศึกษา และการบันเทิง โดยระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ 5G จะทำให้เครื่องจักร และอุปกรณ์นับพันล้านตัวสามารถเชื่อมต่อและสื่อสารเพื่อการส่งข้อมูลระหว่างกันได้โดยไม่มีการแทรกแซงจากคนทำให้ลดการใช้แรงงานคนไปเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการปฏิวัติกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร และธุรกิจในอนาคตอันใกล้ ระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ 5G จะทำให้เราสามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบการเกษตร และหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้อย่างรวดเร็วแบบเวลาจริง การสื่อสารระหว่างรถยนต์กับรถยนต์จะเป็นไปอย่างอัตโนมัติ รถยนต์สามารถเคลื่อนที่บนถนนได้อย่างปลอดภัยโดยปราศจากคนขับ รวมไปถึงการเปิดโลกใหม่ทางด้านการดูแลรักษาคนไข้ที่แพทย์สามารถทำการรักษาทางไกลแม้กระทั่งการผ่าตัดทางไกล ในด้านการศึกษาและบันเทิงนั้นเทคโนโลยีโลกเสมือนผสานโลกแห่งความจริง (Virtual and Augmented Reality) ที่รวมสภาพแวดล้อมจริงกับวัตถุเสมือนเข้าด้วยกัน ในเวลาเดียวกันจะช่วยเพิ่มประสบการณ์อย่างที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน ทำให้เราสามารถท่องเที่ยวเรียนรู้ไปยังสถานที่ต่างๆ และดูการถ่ายทอดสดการแข่งขันฟุตบอลเสมือนมีตัวเราเข้าไปอยู่ในสถานที่นั้นจริงๆ จะเห็นได้ว่าระบบการสื่อสารใหม่นี้จะมีผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของทุกคนอย่างมาก ในปัจจุบัน เริ่มมีการใช้งานระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ 5G แล้ว ในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทย และมีการคาดการณ์ว่าจะมีการใช้งานครอบคลุมทั่วโลกภายใน พ.ศ. 2568 [1]

ความต้องการใช้งานคลื่นความถี่มีเพิ่มมากขึ้นเพื่อรองรับเทคโนโลยี 5G โดยย่านความถี่ที่กำหนดให้ใช้แบ่งเป็น 2 ช่วง ประกอบด้วยย่านความถี่ต่ำกว่า 6 กิกะเฮิรตซ์ (ย่าน sub 6 กิกะเฮิรตซ์) และย่านความถี่สูงกว่า 24 กิกะเฮิรตซ์ (ย่าน mm-Wave) โดยย่านความถี่สูงจะยิ่งมีขนาดความกว้างแถบความถี่ (Bandwidth) มากกว่าจึงสามารถรองรับความจุ

การอ้างอิงบทความ: ประยุทธ อัครเอกฒาลิน, "การสื่อสารเคลื่อนที่ 5G และสายอากาศ," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 31, ฉบับที่ 2, หน้า 175–178, เม.ย.–มิ.ย. 2564.

ได้สูงกว่า และความหน่วงข้อมูลที่ต่ำกว่า แต่สถานีฐานจะส่งและรับสัญญาณได้ครอบคลุมรัศมีที่มีขนาดเล็กกว่า ดังนั้น ย่านความถี่สูงกว่า 24 กิกะเฮิรตซ์ จะมุ่งเน้นใช้งานในพื้นที่ที่มีปริมาณการใช้งานสูงหรือมีความต้องการอัตราข้อมูลที่สูง และมีผู้ใช้งานจำนวนมาก การเลือกใช้งานช่วงความถี่ใดในทั้งสองย่านความถี่จะขึ้นอยู่กับข้อจำกัดของแต่ประเทศ โดยเฉพาะที่ย่านความถี่ต่ำกว่า 6 กิกะเฮิรตซ์ ที่ความถี่มักถูกใช้ในกิจการสื่อสารอื่นๆ แล้ว สำหรับย่านความถี่สูงกว่า 24 กิกะเฮิรตซ์ นั้น ยังมีการใช้งานน้อยมากโดยในการประชุมระดับโลกว่าด้วยวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2562 (World Radiocommunication Conference 2019: WRC-19) ของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ พิจารณาระบุย่านความถี่ที่จะนำมาใช้สำหรับการสื่อสาร 5G ดังนี้ ย่านความถี่ 24.25–27.5 กิกะเฮิรตซ์ 27.5–29.5 กิกะเฮิรตซ์ 37–40.5 กิกะเฮิรตซ์ 42.5–43.5 กิกะเฮิรตซ์ 45.5–47 กิกะเฮิรตซ์ 47.2–50.2 กิกะเฮิรตซ์ 50.4–52.6 กิกะเฮิรตซ์ 66–76 กิกะเฮิรตซ์ และ 81–86 กิกะเฮิรตซ์ สำหรับประเทศไทยนั้น สำนักงานคณะกรรมการกิจการ กระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช) ได้จัดการประมูลคลื่นความถี่สำหรับการนำไปพัฒนาต่อยอดระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ 5G เมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2563 โดยย่านความถี่ที่ได้รับการประมูลโดยผู้ให้บริการประกอบด้วยความถี่ 700 เมกะเฮิรตซ์ 2,600 เมกะเฮิรตซ์ และ 26 กิกะเฮิรตซ์ และในปัจจุบันได้เริ่มมีการให้บริการที่สองความถี่แรกในบางพื้นที่แล้ว [2]

ในระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ 5G สายอากาศ เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีความสำคัญ และได้รับการวิจัยและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นอย่างมาก เพื่อรองรับความก้าวหน้าและซับซ้อนของระบบ ซึ่งสายอากาศในย่าน sub 6 กิกะเฮิรตซ์ สำหรับเครื่องโทรศัพท์มือถือจะต้องถูกออกแบบให้มีขนาดกระทัดรัดมาก เนื่องจากภายในเครื่องโทรศัพท์มีพื้นที่และรูปทรงที่จำกัด นอกจากนี้ ยังต้องถูกออกแบบให้สามารถรองรับการใช้งานระบบสื่อสาร 4G, 3G และ Wi-Fi ที่มีอยู่เดิม และรองรับการทำงานในระบบ Massive MIMO ของระบบสื่อสาร 5G เพิ่มขึ้นอีกด้วย สายอากาศในย่านนี้มักมีโครงสร้างพื้นฐานเป็นแบบ PIFA (Planar Inverted-F Antenna) มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับสายอากาศโมโนโพลที่แพร่กระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง แต่มีขนาดเล็กกระทัดรัด และสามารถควบคุมการแมตช์สายอากาศได้ดีกว่าสายอากาศโมโนโพล ตัวสายอากาศ PIFA มักติดตั้งตรงบริเวณขอบด้านข้างของเครื่องโทรศัพท์โดยจะมีการเชื่อมต่อร่วมของพลังงานที่ความถี่เรโซแนซ์ธรรมชาติของเครื่องโทรศัพท์ที่รวมถึงอุปกรณ์โครงสร้าง และสายอากาศอื่นๆ ดังนั้นตำแหน่งเหมาะสมที่สุดในการจัดวางสายอากาศจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อสมรรถนะของสายอากาศ [3] สำหรับสายอากาศในย่าน mm-Wave ซึ่งมีความถี่สูงกว่า 24 กิกะเฮิรตซ์ ส่วนมากสายอากาศจะมีโครงสร้างพื้นฐานเป็นสายอากาศแถวลำดับไมโครสตริปแบบแพทช์ หรือแบบร่อง (Microstrip Patch or Slot Array Antenna) โดยออกแบบเป็นแถวลำดับในรูปของชิปรวม (Chip-integrated Array) และมักมีขนาด 4 เอลิเมนต์ สายอากาศชนิดนี้จะมีขนาดเล็กมาก เนื่องจากความถี่ที่สูง มีการแพร่กระจายคลื่นแบบทิศทางเดียว มีอัตราขยายสูง และสามารถสนับสนุนการใช้งานแบบหลายลำคลื่น เพื่อการรับและส่งข้อมูลที่ความเร็วสูงมาก ปกติในเครื่องโทรศัพท์มักมีการติดตั้งสายอากาศในย่านนี้มากกว่า 2 ตัว ทั้งด้านหน้าและด้านหลังในเครื่องโทรศัพท์เพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารได้หลายทิศทางรอบตัวเครื่องโทรศัพท์ สายอากาศในย่านนี้จะไม่มีการเชื่อมต่อร่วมของพลังงานกับอุปกรณ์และโครงสร้างของโทรศัพท์ที่ปกติจะเรโซแนนซ์ที่ความถี่ต่ำเท่านั้น ขณะที่ความท้าทายในการออกแบบจะอยู่ที่การติดตั้งสายอากาศภายในเครื่องโทรศัพท์ที่มีจอภาพด้านหน้าและฝาปิดที่ด้านหลัง (มักเป็นฝาที่ทำจากพลาสติก แก้ว หรือโลหะ) ซึ่งจะบดบังการแพร่กระจายคลื่น และมีผลต่อสมรรถนะของสายอากาศโดยตรง [4] ในปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากที่ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงสมรรถนะของสายอากาศ อาทิ การติดตั้งเลนส์และการใช้อภิวัสดุ (Metamaterials) บนฝาครอบของโทรศัพท์มือถือ โดยอภิวัสดุมีคุณสมบัติพิเศษซึ่งไม่ปรากฏโดยทั่วไป ในวัสดุตามธรรมชาติ และคุณสมบัติดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการชดเชยหรือทดแทนข้อจำกัดของวัสดุตามธรรมชาติ จึงเรียกได้ว่าเป็นวัสดุประดิษฐ์เชิงวิศวกรรม ซึ่งมี

คุณสมบัติที่ไม่ปรากฏตามธรรมชาติ โดยคุณสมบัติของวัสดุเกิดจากโครงสร้างการจัดเรียงของวัสดุขนาดเล็ก (ปกติจะมีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่นมาก) เพื่อทำให้เกิดคุณสมบัติประสิทธิผลทางด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [5] โดยอภิวัสดุได้ถูกนำมาสร้างเป็นพื้นผิวเลือกความถี่หรือ FSS (Frequency Selective Surface) [6] และติดตั้งบนส่วนของฝาปิดเครื่องโทรศัพท์ตรงตำแหน่งของสายอากาศเพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพการแพร่กระจายคลื่นและอัตราขยายของสายอากาศ [7], [8]

สายอากาศสำหรับสถานีฐานในระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ 5G จะรองรับการทำงานในย่านความถี่ sub 6 กิกะเฮิรตซ์ และ mm-Wave เช่นเดียวกับในเครื่อง โทรศัพท์มือถือ โดยเป็นสายอากาศฉลาดที่สามารถสวิตช์ลำคลื่นได้ (Swiched-beamd Smart Antenna) ซึ่งจะมีลำคลื่นที่แคบมากและสามารถปรับทิศทางของลำคลื่นได้ เพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารกับเครื่องโทรศัพท์มือถือแต่ละเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเรียกสายอากาศนี้ว่า สายอากาศ Massive MIMO (Multiple Input, Multiple Output) ที่มีเอลิเมนต์ของการแพร่กระจายคลื่นจำนวนมาก (ปกติมากกว่า 64 เอลิเมนต์) ประกอบกันเป็นสายอากาศแถวลำดับ ทำให้สามารถส่งและรับข้อมูลหลายๆ ข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน และเชื่อมต่อกับผู้ใช้ได้จำนวนมากในเวลาเดียวกันที่ความเร็วสูงมาก จากการศึกษาพบว่า มีงานวิจัยและพัฒนาสายอากาศทั้งในย่านความถี่ sub 6 กิกะเฮิรตซ์ และย่าน mm-Wave เป็นจำนวนมาก [9] โดยส่วนมากสายอากาศยังคงมีโครงสร้างพื้นฐานเป็นสายอากาศแถวลำดับไมโครสตริปแบบแพทช์หรือแบบร่อง ตัวอย่างการออกแบบสายอากาศ Massive MIMO โดยใช้แพทช์ขนาด 10×10 เอลิเมนต์ ที่ความถี่ 28 กิกะเฮิรตซ์ มีค่าแบนด์วิธ 450 เมกะเฮิรตซ์ และอัตราขยาย 27.4 เดซิเบล อยู่ในงานวิจัย [10] ในขณะที่มีงานวิจัยเพื่อปรับปรุง สมรรถนะของสายอากาศโดยการใช้อภิวัสดุในการออกแบบเป็นพื้นผิวเลือกความถี่ โดยในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบสายอากาศแถวลำดับแบบแพทช์สองขั้วคลื่น (Dual-polarization Patch Array) ขนาด 8×4 เอลิเมนต์ จำนวน 6 แผง วางบนแต่ละด้านของรูป 6 เหลี่ยม เพื่อให้สามารถแพร่กระจายคลื่นได้รอบสถานีฐานที่ความถี่ 38 กิกะเฮิรตซ์ สายอากาศถูกล้อมรอบด้วยพื้นผิวเลือกความถี่แบบสองขั้วคลื่นที่ทำมาจากอภิวัสดุซึ่งแต่ละเซลล์ของอภิวัสดุมีโครงสร้างเป็นแพทช์และมีร่องเปิดตรงกลางพบว่าสายอากาศทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานเป็นสายอากาศสำหรับสถานีฐานได้ดี [11] ในปัจจุบันยังคงมีการค้นคว้าวิจัยและพัฒนาทั้งสายอากาศในเครื่องโทรศัพท์มือถือและสถานีฐานสำหรับระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ 5G ที่ทั้งสองย่านความถี่อย่างต่อเนื่อง เพื่อปรับปรุงสมรรถนะของสายอากาศให้สูงขึ้นและเหมาะสมกับการใช้งานจริงมากยิ่งขึ้น อันจะส่งผลต่อคุณภาพและความเร็วข้อมูลของระบบสื่อสารในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] EMF Explained Series. (2019). *5G and EMF Explained*. [Online]. Available: http://www.emfexplained.info/?ID=25916

[2] Office of The National Broadcasting and Telecommunications (2018). *5G: Waves and technology*. [Online]. Available: http://www.nbtc.go.th/getattachment/Services/quarter2560/%E0%B8%9B%E0%B8%B5-2561/33173/%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%99%E0%B8%9A.pdf.aspx

[3] M. Rutschlin. (2020, March). *5G antenna design for mobile phones*. [Online]. Available: https://blogs.3ds.com/simulia/5g-antenna-design-mobile-phones/

[4] M. K. Ishfaq, T. A. Rahman, M. Himdi, H. T. Chattha, Y. Saleem, and B. A. Khaw, "Compact Four-element phased antenna array for 5G applications," *IEEE Access*, vol. 7, pp.161103–161111, 2019.

[5] S. Chaimool and P. Akkaraekthalin, "Metamaterials

for antenna applications," *The Journal of KMUTNB*, vol. 21, no. 2, pp. 472–482, 2011 (in Thai).

[6] P. Chomtong, T. Aacheva-panich, and P. Akkaraekthalin, "Dual-band FSS director using inverted interdigital structure for LTE and WLAN," presented at International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), Xi'an, China, China, October 2019.

[7] R. Enjiu and M. Rütschlin. (2019, June). *Design of 5G mm-Wave compatible covers for high end mobile phones*. [Online]. Available: https://www.nafems.org/publications/resource_center/nwc_19_109/

[8] W. C. Jhang and J. S. Sun, "A Novel 5G LTE antenna design for portable devices," *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2020, 2020.

[9] M. Sanad and N. Hassan, "A 5G Sub-6 GHz Switched-beam smart base station antenna with an arbitrary remote electric tilt for each beam," *Microwave Journal*, vol. 63, no. 11, November 2020. [Online]. Available: https://www.microwavejournal.com/articles/print/34925

[10] T. Yuwono, M. Ismail, and I. Hajar, "Design of massive MIMO for 5G 28 GHZ," presented at International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS), Saudi Arabia, May 2019.

[11] C.H. Yang, C.Y. Hsu, and L.T. Hwang, "Millimeter wave dual polarization design using Frequency Selective Surface (FSS) for 5G Base-station applications," presented at IEEE 69th Electronic Components and Technology Conference (ECTC), Las Vegas, USA, May 2019.

ศาสตราจารย์ ดร.ประยุทธ อัครเอกฒาลิน
กองบรรณาธิการ