รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการขอรับการส่งเสริมและสนับสนุนจากเงินกองทุนวิจัยและพัฒนา
กิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ

ประจำงวดที่ 4

โครงการพัฒนาความพร้อมระดับประเทศของการสื่อสารไร้สายในยุค 5G ภาคหนึ่ง เทคโนโลยีการเข้ารหัส: การถ่ายทอดเทคโนโลยี การพัฒนาบุคลากรด้านกิจการโทรคมนาคม การจัดทำคู่มือความรู้ และสื่อ

รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ

ได้รับทุนอุดหนุนจาก
กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ
(สำนักงาน กสทช.)

คำนำ

การพัฒนาเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายในยุค 5G นั้นถือเป็นวิวัฒนาการครั้งสำคัญของระบบสื่อสารโทรคมนาคมของโลก และเปรียบได้ว่าเป็นแกนหลักของการขับเคลื่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่สี่ (The Fourth Industrial Revolution) ซึ่งบางครั้งเรียกว่าการแปลงแบบดิจิทัล (digital transformation) อันเป็นแรงผลักดันไปสู่รูปแบบหรือมิติใหม่ของมนุษย์ในการดำรงชีวิต การทำงาน และความสัมพันธ์ระหว่างกันและกัน รวมถึงการสื่อสารระหว่างเครื่องจักรกับเครื่องจักร (machine-to-machine communications: m2m) และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) ที่จะเชื่อมต่อโลกออนไลน์เสมือนจริงกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพ

ด้วยเหตุนี้ กระบวนการร่างข้อกำหนดมาตรฐานของการสื่อสาร 5G ในระดับนานาชาติจึงมีความเข้มข้นและก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ภาคอุตสาหกรรมโทรคมนาคมและผู้ประกอบการโครงข่ายสามารถให้บริการได้ทันใน ค.ศ. 2020 รองรับความต้องการรูปแบบการสื่อสารที่หลากหลาย สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU) ได้จัดแบ่งรูปแบบสถานการณ์การใช้งานอย่างกว้าง ๆ ไว้ 3 ประเภท ได้แก่ Enhanced Mobile Broadband (eMBB) Massive Machine Type Communications (mMTC) และ Ultra-reliable and Low Latency Communications (URLLC) การใช้งานประเภทแรก eMBB คือ การเพิ่มขีดความสามารถของบริการให้ดีขึ้นกว่าที่มีอยู่ในปัจจุบัน อาทิ การเพิ่มความจุของอัตราการส่งข้อมูลให้สูงขึ้นอย่างมีนัย การสื่อสารเกิดขึ้นได้ในขณะที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง และการครอบคลุมสัญญาณในทุกพื้นที่ได้อย่างไร้รอยต่อ สถานการณ์การใช้งานประเภทที่สอง mMTC คือ การรองรับการสื่อสารของอุปกรณ์จำนวนมหาศาล โดยที่อุปกรณ์แต่ละตัวส่งข้อมูลด้วยอัตราที่ต่ำและมีความหน่วงได้ การใช้งานประเภทที่สาม URLLC คือ ความต้องการสื่อสารที่มีความหน่วงต่ำและความน่าเชื่อถือสูง การบริการ URLLC จึงจัดเป็นสิ่งที่ท้าทายมากที่สุด และมีตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานที่ชัดเจนหลากหลาย อาทิ สมาร์ตกริด (smart grid) ระบบขนส่งอัจฉริยะ (intelligent transport systems) การควบคุมไร้สายของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม (wireless control of industrial manufacturing) การสื่อสารรถยนต์กับทุกสิ่ง (vehicle-to-everything)

วิวัฒนาการของเทคโนโลยีระบบสื่อสารไร้สายเข้าสู่ยุค 5G กำลังเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและอยู่ในความสนใจของทุกภาคส่วนทั่วโลก และจะนำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญในแทบทุกมิติ เป็นฐานรากสำคัญของการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ สังคม การเมือง และวิถีการดำรงชีวิตในยุคดิจิทัล ในส่วนของประเทศไทยกล่าวได้ว่ายังมีความตระหนักรู้และทราบถึงความสำคัญในวงจำกัด การเตรียมความพร้อมด้านบุคคลากรที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญของประเทศจึงเป็นเรื่องสำคัญและเร่งด่วน ทั้งในภาคการศึกษา อุตสาหกรรม ผู้ประกอบการ และผู้กำหนดนโยบาย เพื่อให้เกิดการพัฒนาความก้าวหน้าและการประยุกต์ใช้งานทางด้านการสื่อสารไร้สายในยุค 5G ของประเทศได้อย่างเต็มศักยภาพ นำพาประเทศไปสู่สังคมดิจิทัลที่ต้องอาศัยทั้งความร่วมมือและแข่งขันในระดับนานาชาติ ที่ผ่านมา กลุ่มนักวิชาการที่มีความเชี่ยวชาญการสื่อสารไร้สายจึงรวมกลุ่มกันและจัดกิจกรรมวิชาการในช่วงเวลาที่ผ่านมาโดยลำดับ จึงได้พัฒนาต่อยอดเป็น “โครงการพัฒนาความพร้อมระดับประเทศของการสื่อสารไร้สายในยุค

5G ภาคหนึ่ง เทคโนโลยีการเข้ารหัส: การถ่ายทอดเทคโนโลยี การพัฒนาบุคลากรด้านกิจการโทรคมนาคม การจัดทำคู่มือความรู้ และสื่อ” เพื่อที่จะทำการสำรวจ ศึกษา วิจัย ติดตามเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายในยุค 5G รวมถึงการสำรวจและวิเคราะห์มาตรฐานที่กำลังดำเนินการอยู่ โดยจะรวมกลุ่มผู้สนใจทั้งภาคนโยบาย ภาคการศึกษาและวิจัย และผู้ใช้งานหรือผู้ประกอบการสู่การเตรียมความพร้อมรองรับเทคโนโลยีใหม่นี้ได้ในอนาคตได้ทัน ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ออกมาในรูปหนังสือหรือคู่มือ และสื่อออนไลน์เพื่อการฝึกอบรมและการเผยแพร่ในวงกว้าง ทั้งด้านเทคนิคสำหรับภาคการศึกษา อุตสาหกรรม หน่วยงานกำกับและผู้สนใจ เพื่อการพัฒนาบุคลากรดังเป้าหมายหลักของโครงการ และเพื่อเร่งยกระดับการเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับต่อเทคโนโลยีที่มีศักยภาพสูงนี้ในอนาคตและการต่อยอดต่อไป

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	2
ส่วนที่ 1 สาระสำคัญของโครงการ (Project Highlight)	
1.1 วัตถุประสงค์	5
1.2 เป้าหมาย	6
1.3 ผลผลิตสำคัญ	6
1.4 แผนปฏิบัติการโครงการ	7
ส่วนที่ 2 ความก้าวหน้าในการดำเนินโครงการ	
2.1 สรุปผลการดำเนินงานประจำงวด	8
2.2 สถานภาพการดำเนินโครงการรายกิจกรรม	8
2.3 สรุปปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ	11
2.4 แผนการดำเนินงานในระยะต่อไป	11
ส่วนที่ 3 รายงานความก้าวหน้าทางการเงิน	
3.1 รายงานสรุปการใช้จ่ายงบประมาณ	12
3.2 รายงานสรุปความก้าวหน้าทางการเงิน	13
รายละเอียดการบันทึกบัญชีรับ-จ่ายเงิน	14
ภาคผนวก	
รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/บรรยายพิเศษ ครั้งที่ 1	22
รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/บรรยายพิเศษ ครั้งที่ 2	34
รายละเอียดและสรุปผลการอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 1	54
รายละเอียดและสรุปผลการอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 2	66
รายละเอียดและสรุปผลการอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 3	78
รายละเอียดและสรุปผลการอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 4	89
รายละเอียดและสรุปผลการอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 5	103
รายละเอียดและสรุปผลการอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 6	117
สรุปจำนวนผู้เข้าอบรมตลอดทั้งโครงการ	127
สื่อความรู้วิดีโอเพื่อการเผยแพร่ออนไลน์สาธารณะ	129

แบบรายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการขอรับการส่งเสริมและสนับสนุนจากเงินกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ

ชื่อโครงการ (ไทย) :	โครงการพัฒนาความพร้อมระดับประเทศของการสื่อสารไร้สายในยุค 5G ภาคหนึ่ง เทคโนโลยีการเข้ารหัส: การถ่ายทอดเทคโนโลยี การพัฒนาบุคลากรด้านกิจการโทรคมนาคม การจัดทำคู่มือความรู้ และสื่อ			
ชื่อโครงการ (อังกฤษ) :	-			
สัญญารับทุนเลขที่ :	B3-006/1-61			
หน่วยงาน :	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			
ชื่อ – นามสกุล : (หัวหน้าโครงการ)	รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ			
เบอร์ติดต่อ :		**E-Mail :**	wlunchak@chula.ac.th	
ระยะเวลาดำเนินการ : (เริ่มต้น – สิ้นสุด)	7 พ.ย. 2561 - 6 พ.ย. 2562	**ปี**	12	**เดือน**
งบประมาณรวม :	988,787			**บาท**

ส่วนที่ 1 สาระสำคัญของโครงการ (Project Highlight)

1.1 วัตถุประสงค์

1) เพื่อพัฒนาบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถทางด้านการสื่อสารไร้สายในยุค 5G สำหรับประเทศไทย โดยภาคหนึ่งมุ่งเน้นเรื่อง การเข้ารหัสในระบบสื่อสารไร้สาย
2) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์มาตรฐานเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายในยุค 5G การประยุกต์ใช้งานและการออกแบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องอันมีศักยภาพและมูลค่าสูง สู่การเตรียมความพร้อมบุคลากรของภาคอุตสาหกรรมไทย
3) เพื่อรวมกลุ่มผู้สนใจ สร้างความตระหนักทั้งภาคนโยบาย ภาคการศึกษาและวิจัย และผู้ใช้งานหรือผู้ประกอบการสู่การคุ้มครองผู้ผลิต ผู้ให้บริการและผู้ใช้งานเทคโนโลยีใหม่นี้ในอนาคตอันใกล้
4) เพื่อนำผลที่ได้มาผลิตหนังสือหรือคู่มือจำนวน 500 เล่ม และสื่อความรู้ออนไลน์เพื่อการเผยแพร่สู่สาธารณะด้านเทคนิคสำหรับภาคการศึกษา อุตสาหกรรม และหน่วยงานภาครัฐ
5) ส่งเสริมและสนับสนุนผู้สนใจให้มีส่วนร่วมการจัดทำกิจกรรมการพัฒนาบุคลากรร่วมกันในระยะยาวสู่การพัฒนาวิชาชีพอย่างต่อเนื่องสำหรับวิศวกรในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

1.2 เป้าหมาย

1) ภาควิชาการ วิจัยและพัฒนา ภาคอุตสาหกรรม ภาครัฐ และผู้สนใจทั่วไป ตระหนักถึงเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายอันเป็นเทคโนโลยีพื้นฐานที่มีศักยภาพสูงในอนาคต
2) ภาควิชาการ ผู้ประกอบการและผู้เกี่ยวข้องด้านนโยบายภาครัฐ ได้รับองค์ความรู้ที่ทันสมัยสู่การเป็นแผนที่นำทางเทคโนโลยีหรือส่วนหนึ่งของแผนแม่บทด้านสื่อสารโทรคมนาคมในอนาคตและแนวทางการจัดทำหลักสูตรการเรียนการสอนต่อไปได้ด้วย
3) นักวิจัย อาจารย์ และสมาคมวิชาชีพ กลุ่มความร่วมมือด้านวิชาการ ที่จะส่งเสริมความเข้มแข็งของชุมชนวิชาชีพไฟฟ้าสื่อสารโทรคมนาคมได้อีกแนวทางหนึ่ง
4) วิศวกร นักศึกษา นักวิจัย เกิดการพัฒนาวิชาชีพต่อเนื่องในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร แนวทางการศึกษา และโอกาสการประกอบอาชีพสาขาใหม่นี้ในอนาคต
5) หน่วยงานสนับสนุนส่งเสริมการวิจัย การกำกับกิจการโทรคมนาคมและพลังงาน ได้รับข้อมูลและแนวทางการจัดสรรและการแบ่งปันทรัพยากร และแนวทางการวางโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องต่อเทคโนโลยีกำเนิดใหม่นี้

1.3 ผลผลิตสำคัญ

ลำดับ	ชื่อผลผลิต	หน่วยวัด	ตัวชี้วัด (เชิงปริมาณ/เชิงคุณภาพ)
1	หนังสือหรือคู่มือความรู้การเข้ารหัสในระบบสื่อสารไร้สายยุค 5G	จำนวนหนังสือหรือคู่มือ	500 เล่ม
2	รายงานการสำรวจความก้าวหน้าของมาตรฐานการสื่อสารไร้สายยุค 5G	จำนวนรายงาน	500 เล่ม
3	สื่อความรู้วีดีโอเพื่อการเผยแพร่ออนไลน์สาธารณะ	จำนวนวีดีโอ	1 ชุด
4	การอบรม/บรรยายพิเศษ	จำนวนผู้เข้าร่วมอบรม	รวม 500 คน
5	การอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัย	จำนวนผู้เข้าร่วมอบรม	

1.4 แผนปฏิบัติการโครงการ

ลำดับ	กิจกรรมที่สำคัญ	ระยะเวลาการดำเนินกิจกรรม								น้ำหนัก
		ประจำปี 2561				ประจำปี 2562				
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	
1. หนังสือและ/หรือคู่มือความรู้การเข้ารหัสในระบบสื่อสารไร้สายยุค 5G										
1.1	ผลการศึกษาวิจัยเบื้องต้นของการเข้ารหัสที่ใช้ในระบบสื่อสารไร้สายยุค 5G				✓	✓				10%
1.2	หนังสือหรือคู่มือความรู้การเข้ารหัสในระบบสื่อสารไร้สายยุค 5G จำนวน 500 เล่ม				✓	✓	✓	✓	✓	15%
2. รายงานการสำรวจความก้าวหน้าของมาตรฐานระบบการสื่อสารไร้สายยุค 5G										
2.1	ผลการศึกษาข้อมูล และ/หรือ สำรวจความก้าวหน้าของมาตรฐานระบบการสื่อสารไร้สายยุค 5G				✓	✓				10%
2.2	รายงานการสำรวจความก้าวหน้าของมาตรฐานระบบการสื่อสารไร้สายยุค 5G จำนวน 500 ชุด				✓	✓	✓	✓	✓	15%
3. การจัดอบรม/บรรยายพิเศษ 2 ครั้ง										
3.1	การอบรม/บรรยายพิเศษ ครั้งที่ 1				✓					5%
3.2	การอบรม/บรรยายพิเศษ ครั้งที่ 2				✓					5%
4. การจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัย 6 ครั้ง										
4.1	การอบรม/สัมมนา ในมหาวิทยาลัย ครั้งที่ 1					✓				5%
4.2	การอบรม/สัมมนา ในมหาวิทยาลัย ครั้งที่ 2					✓				5%
4.3	การอบรม/สัมมนา ในมหาวิทยาลัย ครั้งที่ 3						✓			5%
4.4	การอบรม/สัมมนา ในมหาวิทยาลัย ครั้งที่ 4						✓			5%
4.5	การอบรม/สัมมนา ในมหาวิทยาลัย ครั้งที่ 5							✓		5%
4.6	การอบรม/สัมมนา ในมหาวิทยาลัย ครั้งที่ 6							✓		5%
5. สื่อความรู้วิดีโอเพื่อการเผยแพร่ออนไลน์สาธารณะ										
5.1	สื่อความรู้วิดีโอเพื่อการเผยแพร่ออนไลน์สาธารณะ						✓	✓	✓	10%
รวม										**100%**

ส่วนที่ 2 ความก้าวหน้าในการดำเนินโครงการ

2.1 สรุปผลการดำเนินงานประจำงวด

ทีมผู้วิจัยได้จัดทำ

1. การจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัย ครั้งที่ 4 - 6
2. จัดทำหนังสือหรือคู่มือความรู้การเข้ารหัสในระบบสื่อสารไร้สายยุค 5G
3. จัดทำรายงานการสำรวจความก้าวหน้าของมาตรฐานระบบการสื่อสารไร้สายยุค 5G
4. จัดทำสื่อความรู้วิดีโอเพื่อการเผยแพร่ออนไลน์สาธารณะ

2.2 สถานภาพการดำเนินโครงการรายกิจกรรม

กิจกรรม	ระยะเวลา	สถานะกิจกรรม/ผลดำเนินงาน			แผนปฏิบัติการ ณ วันลงนามในสัญญา		ความก้าวหน้า โปรดทำเครื่องหมาย (✓)			กรณีล่าช้าหรือเร็วกว่าแผน	
		แล้วเสร็จ	อยู่ระหว่างดำเนินการ	ยังไม่ดำเนินการ	เริ่มต้น	สิ้นสุด	ล่าช้า	ตามแผน	เร็วกว่าแผน	เริ่มต้น	สิ้นสุด
1. หนังสือและ/หรือคู่มือความรู้การเข้ารหัสในระบบสื่อสารไร้สายยุค 5G											
1.1 ผลการศึกษาวิจัยเบื้องต้นของการเข้ารหัสที่ใช้ในระบบสื่อสารไร้สายยุค 5G	3 เดือน	✓			7 ธ.ค. 2561	6 มี.ค. 2562			✓		
1.2 ร่างหนังสือหรือคู่มือความรู้การเข้ารหัสในระบบสื่อสารไร้สายยุค 5G	3 เดือน	✓			7 ธ.ค. 2561	6 มี.ค. 2562		✓			
1.3 ต้นฉบับหนังสือหรือคู่มือความรู้การเข้ารหัสในระบบสื่อสารไร้สายยุค 5G	2 เดือน	✓			7 มี.ค. 2562	6 พ.ค. 2562		✓			
1.4 หนังสือหรือคู่มือความรู้การเข้ารหัสในระบบสื่อสารไร้สายยุค 5G จำนวน 500 เล่ม	6 เดือน	✓			7 พ.ค. 2562	6 พ.ย. 2562		✓			

กิจกรรม	ระยะเวลา	สถานะกิจกรรม/ผลดำเนินงาน			แผนปฏิบัติการ ณ วันลงนามในสัญญา		ความก้าวหน้า โปรดทำเครื่องหมาย (✓)			กรณีล่าช้าหรือเร็วกว่าแผน	
		แล้วเสร็จ	อยู่ระหว่างดำเนินการ	ยังไม่ดำเนินการ	เริ่มต้น	สิ้นสุด	ล่าช้า	ตามแผน	เร็วกว่าแผน	เริ่มต้น	สิ้นสุด
2. รายงานการสำรวจความก้าวหน้าของมาตรฐานระบบการสื่อสารไร้สายยุค 5G											
2.1 ผลการข้อมูลและ/หรือ สำรวจความก้าวหน้าของมาตรฐานระบบการสื่อสารไร้สายยุค 5G	3 เดือน	✓			7 ธ.ค. 2561	6 มี.ค. 2562			✓		
2.2 ร่างรายงานการสำรวจความก้าวหน้าของมาตรฐานระบบการสื่อสารไร้สายยุค 5G	2 เดือน	✓			7 มี.ค. 2562	6 พ.ค. 2562		✓			
2.3 รายงานการสำรวจความก้าวหน้าของมาตรฐานระบบการสื่อสารไร้สายยุค 5G จำนวน 500 ชุด	6 เดือน	✓			7 พ.ค. 2562	6 พ.ย. 2562		✓			
3. การจัดอบรม/บรรยายพิเศษ 2 ครั้ง											
3.1 ร่างรายละเอียดการจัดอบรม/บรรยายพิเศษ	1 เดือน	✓			7 พ.ย. 2561	6 ธ.ค. 2561		✓			
3.2 รายละเอียดการจัดอบรม/บรรยายพิเศษ	2 เดือน	✓			7 มี.ค. 2562	6 พ.ค. 2562			✓		
3.3 การจัดอบรม/บรรยายพิเศษครั้งที่ 1	6 เดือน	✓			7 พ.ค. 2562	6 พ.ย. 2562			✓		
3.4 การจัดอบรม/บรรยายพิเศษครั้งที่ 2	6 เดือน	✓			7 พ.ค. 2562	6 พ.ย. 2562			✓		

กิจกรรม	ระยะเวลา	สถานะกิจกรรม/ผลดำเนินงาน			แผนปฏิบัติการ ณ วันลงนามในสัญญา		ความก้าวหน้า โปรดทำเครื่องหมาย (✓)			กรณีล่าช้าหรือเร็วกว่าแผน	
		แล้วเสร็จ	อยู่ระหว่างดำเนินการ	ยังไม่ดำเนินการ	เริ่มต้น	สิ้นสุด	ล่าช้า	ตามแผน	เร็วกว่าแผน	เริ่มต้น	สิ้นสุด
3.5 สรุปผลการจัดอบรม/บรรยายพิเศษ	6 เดือน	✓			7 พ.ค. 2562	6 พ.ย. 2562			✓		
4. การจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัย 6 ครั้ง											
4.1 ร่างรายละเอียดการจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัย	1 เดือน	✓			7 พ.ย. 2561	6 ธ.ค. 2561		✓			
4.2 รายละเอียดการจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัย	2 เดือน	✓			7 มี.ค. 2562	6 พ.ค. 2562		✓			
4.3 อบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัย ครั้งที่ 1	6 เดือน	✓			7 พ.ค. 2562	6 พ.ย. 2562			✓		
4.4 อบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัย ครั้งที่ 2	6 เดือน	✓			7 พ.ค. 2562	6 พ.ย. 2562			✓		
4.5 อบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัย ครั้งที่ 3	6 เดือน	✓			7 พ.ค. 2562	6 พ.ย. 2562			✓		
4.6 อบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัย ครั้งที่ 4	6 เดือน	✓			7 พ.ค. 2562	6 พ.ย. 2562		✓			
4.7 อบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัย ครั้งที่ 5	6 เดือน	✓			7 พ.ค. 2562	6 พ.ย. 2562		✓			
4.8 อบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัย ครั้งที่ 6	6 เดือน	✓			7 พ.ค. 2562	6 พ.ย. 2562		✓			

กิจกรรม	ระยะเวลา	สถานะกิจกรรม/ผลดำเนินงาน			แผนปฏิบัติการ ณ วันลงนามในสัญญา		ความก้าวหน้า โปรดทำเครื่องหมาย (✓)			กรณีล่าช้าหรือเร็วกว่าแผน	
		แล้วเสร็จ	อยู่ระหว่างดำเนินการ	ยังไม่ดำเนินการ	เริ่มต้น	สิ้นสุด	ล่าช้า	ตามแผน	เร็วกว่าแผน	เริ่มต้น	สิ้นสุด
4.9 สรุปผลการจัดอบรม/สัมมนา	6 เดือน	✓			7 พ.ค. 2562	6 พ.ย. 2562		✓			
5. สื่อความรู้วิดีโอเพื่อการเผยแพร่ออนไลน์สาธารณะ											
5.1 สื่อความรู้วิดีโอเพื่อการเผยแพร่ออนไลน์สาธารณะ	6 เดือน	✓			7 พ.ค. 2562	6 พ.ย. 2562			✓		

2.3 สรุปปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ

ไม่มี

2.4 แผนการดำเนินงานในระยะต่อไป

ไม่มี

ส่วนที่ 3 รายงานความก้าวหน้าทางการเงิน

3.1 รายงานสรุปการใช้จ่ายงบประมาณ

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณ	ประจำปี 2561	ประจำปี 2562				รวม	คงเหลือ	ร้อยละการเบิกจ่าย
		Q4	Q1	Q2	Q3	Q4			
1. ค่าตอบแทนบุคลากร	126,600.00	1,800.00	5,600.00	107,600.00	11,600.00	0.00	126,600.00	0.00	100.00
2. ค่าใช้สอย	508,500.00	87,940.76	35,711.00	46,410.00	69,378.00	339,103.78	578,543.54	-70,043.54	113.77
3. ค่าวัสดุ	36,000.00	11,381.86	3,296.30	1,980.00	8,593.35	1,900.32	27,151.83	8,848.17	75.42
4. ค่าครุภัณฑ์	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	253,000.00	8,800.00	15,821.00	26,651.63	95,032.00	45,500.00	191,804.63	61,195.37	75.81
6. ค่าบริหารจัดการ	64,687.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64,687.00	64,687.00	0.00	100.00
รวม	988,787.00	109,922.62	60,428.30	182,641.63	184,603.35	451,191.10	988,787.00	0.00	0.00

3.2 รายงานสรุปความก้าวหน้าทางการเงิน

จำนวนเงินทุนที่ได้รับและจำนวนเงินทุนคงเหลือ						
ประจำงวด	**มูลค่าตามสัญญา**	**วัน/เดือน/ปีที่ได้รับ**	**งบประมาณที่ได้รับจริง**	**ค่าใช้จ่าย**	**คงเหลือ**	**หมายเหตุ**
งวดที่ 1	148,318.05	25/2/2562	148,318.05	148,318.05	0	-
งวดที่ 2	296,636.10	29/3/2562	296,636.10	296,636.10	0	-
งวดที่ 3	395,514.80	2/7/2562	395,514.80	395,514.80	0	-
งวดที่ 4	148,318.05	-	-	148,318.05	-148,318.05	ยังไม่ได้รับเงินงวดที่ 4
รวม	988,787	-	840,468.95	988,787	-148,318.05	**-**

รายละเอียดการบันทึกบัญชีรับ-จ่ายเงิน

วันเดือนปี	เลขที่เอกสาร	รายการ	รับเงิน (บาท)	จ่ายเงิน (บาท)						เงินคงเหลือ
				ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่าครุภัณฑ์	ค่าใช้จ่ายอื่น	ค่าบริหารโครงการ	
7 พ.ย. 2561	HDQA18110004985	ค่าพาหนะเดินทางจัดอบรมวันที่ 22 พ.ย. 61			8,550.00					-8,550.00
20 พ.ย. 2561	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าเช่า Hosting				746.86				-9,296.86
21 พ.ย. 2561	ใบรับเงิน	ค่าโรลอัพ			4,000.00					-13,296.86
21 พ.ย. 2561	ใบรับเงิน	ค่าแผ่น CD				470.00				-13,766.86
21 พ.ย. 2561	ใบรับเงิน	ค่าจัดส่งเอกสาร						300.00		-14,066.86
22 พ.ย. 2561	KTB611121038	ค่าที่พักวันที่ 21 พ.ย. 61			1,200.00					-15,266.86
22 พ.ย. 2561	KTB611122007	ค่าที่พักวันที่ 21 พ.ย. 61			1,200.00					-16,466.86
22 พ.ย. 2561	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าอาหารจัดอบรมวันที่ 22 พ.ย. 61			800.00					-17,266.86
23 พ.ย. 2561	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าอาหารจัดอบรมวันที่ 23 พ.ย. 61			2,212.76					-19,479.62
23 พ.ย. 2561	6,111,033.00	ค่าอาหารจัดอบรมวันที่ 23 พ.ย. 61			16,478.00					-35,957.62
23 พ.ย. 2561	ใบรับเงิน	ค่าอาหารจัดอบรมวันที่ 23 พ.ย. 61			43,500.00					-79,457.62
23 พ.ย. 2561	ใบรับเงิน	ค่าอาหารจัดอบรมวันที่ 23 พ.ย. 61			4,550.00					-84,007.62
23 พ.ย. 2561	ใบรับเงิน	ค่าอาหารจัดอบรมวันที่ 23 พ.ย. 61			5,450.00					-89,457.62
23 พ.ย. 2561	ใบรับเงิน	ค่าเช่าอุปกรณ์จัดอบรมวันที่ 23 พ.ย. 61				9,630.00				-99,087.62
23 พ.ย. 2561	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 23 พ.ย. 61		300.00						-99,387.62
23 พ.ย. 2561	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 23 พ.ย. 61		300.00						-99,687.62
23 พ.ย. 2561	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 23 พ.ย. 61		300.00						-99,987.62
23 พ.ย. 2561	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 23 พ.ย. 61		300.00						-100,287.62
23 พ.ย. 2561	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 23 พ.ย. 61		300.00						-100,587.62
23 พ.ย. 2561	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 23 พ.ย. 61		300.00						-100,887.62

วันเดือนปี	เลขที่เอกสาร	รายการ	รับเงิน (บาท)	จ่ายเงิน (บาท)						เงินคงเหลือ
				ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่าครุภัณฑ์	ค่าใช้จ่ายอื่น	ค่าบริหารโครงการ	
29 พ.ย. 2561	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์						8,200.00		-109,087.62
30 พ.ย. 2561	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าถ่ายเอกสาร				535.00				-109,622.62
3 ธ.ค. 2561	ใบรับเงิน	ค่าจัดส่งรายงาน						300.00		-109,922.62
21 ก.พ. 2562	ใบรับเงิน	ค่าถ่ายเอกสาร				303.00				-110,225.62
25 ก.พ. 2562	ใบเสร็จรับเงิน	เงินประจำงวดที่ 1	148,318.05							38,092.43
27 ก.พ. 2562	ใบรับเงิน	ค่าจัดส่งรายงาน						21.00		38,071.43
28 ก.พ. 2562	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าถ่ายเอกสาร				2,503.80				35,567.63
5 มี.ค. 2562	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าถ่ายเอกสาร				374.50				35,193.13
6 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าจัดส่งรายงาน						300.00		34,893.13
27 มี.ค. 2562	62-010694	ค่าอาหารจัดอบรมวันที่ 27 มี.ค. 62			5,215.00					29,678.13
27 มี.ค. 2562	62-013910	ค่าอาหารจัดอบรมวันที่ 27 มี.ค. 62			7,045.00					22,633.13
27 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 27 มี.ค. 62		300.00						22,333.13
27 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 27 มี.ค. 62		300.00						22,033.13
27 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 27 มี.ค. 62		300.00						21,733.13
27 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 27 มี.ค. 62		300.00						21,433.13
27 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 27 มี.ค. 62		300.00						21,133.13
27 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 27 มี.ค. 62		300.00						20,833.13
27 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าตอบแทนวิทยากร		2,000.00						18,833.13
27 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์						5,000.00		13,833.13
27 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าจัดทำเอกสารประกอบการประชุม						3,000.00		10,833.13
29 มี.ค. 2562	1,250,000,797.00	ค่าอาหารจัดอบรมวันที่ 29 มี.ค. 62			7,800.00					3,033.13
29 มี.ค. 2562	1,384.00	ค่าอาหารจัดอบรมวันที่ 29 มี.ค. 62			3,951.00					-917.87

วันเดือนปี	เลขที่เอกสาร	รายการ	รับเงิน (บาท)	จ่ายเงิน (บาท)						เงินคงเหลือ
				ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่าครุภัณฑ์	ค่าใช้จ่ายอื่น	ค่าบริหารโครงการ	
29 มี.ค. 2562	บิลเงินสด	ค่าอาหารจัดอบรมวันที่ 29 มี.ค. 62			11,700.00					-12,617.87
29 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 29 มี.ค. 62		300.00						-12,917.87
29 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 29 มี.ค. 62		300.00						-13,217.87
29 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 29 มี.ค. 62		300.00						-13,517.87
29 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 29 มี.ค. 62		300.00						-13,817.87
29 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 29 มี.ค. 62		300.00						-14,117.87
29 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 29 มี.ค. 62		300.00						-14,417.87
29 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์						5,000.00		-19,417.87
29 มี.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าจัดทำเอกสารประกอบการประชุม						2,500.00		-21,917.87
29 มี.ค. 2562	120,010,009,057.00	ค่ากระดาษโน๊ตและปากกา				115.00				-22,032.87
3 เม.ย. 2562	ใบเสร็จรับเงิน	เงินประจำงวดที่ 2	296,636.10							274,603.23
17 เม.ย. 62	ใบรับเงิน	ค่าส่งเอกสาร						32.00		274,571.23
22 เม.ย. 62	6,423.00	ค่าอาหารจัดอบรมวันที่ 22 เม.ย. 62			1,540.00					273,031.23
22 เม.ย. 62	446.00	ค่าอาหารจัดอบรมวันที่ 22 เม.ย. 62			2,310.00					270,721.23
22 เม.ย. 62	บิลเงินสด	ค่าอาหารจัดอบรมวันที่ 22 เม.ย. 62			12,150.00					258,571.23
22 เม.ย. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 22 เม.ย. 62		300.00						258,271.23
22 เม.ย. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 22 เม.ย. 62		300.00						257,971.23
22 เม.ย. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 22 เม.ย. 62		300.00						257,671.23
22 เม.ย. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 22 เม.ย. 62		300.00						257,371.23
22 เม.ย. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 22 เม.ย. 62		300.00						257,071.23
22 เม.ย. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 22 เม.ย. 62		300.00						256,771.23
22 เม.ย. 62	ใบรับเงิน	ค่าตอบแทนวิทยากร		2,000.00						254,771.23

วันเดือนปี	เลขที่เอกสาร	รายการ	รับเงิน (บาท)	จ่ายเงิน (บาท)						เงินคงเหลือ
				ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่าครุภัณฑ์	ค่าใช้จ่ายอื่น	ค่าบริหารโครงการ	
22 เม.ย. 62	ใบรับเงิน	ค่าจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์						5,000.00		249,771.23
22 เม.ย. 62	ใบรับเงิน	ค่าจัดทำเอกสารประกอบการประชุม			4,500.00					245,271.23
22 เม.ย. 62	1,100,022,872.00	ค่าเช่ารถวันที่ 21-22 เม.ย. 62						3,019.63		242,251.60
22 เม.ย. 62	107,072.00	ค่าน้ำมันรถวันที่ 21-22 เม.ย. 62				840.00				241,411.60
22 เม.ย. 62	ใบรับเงิน	ค่าทางด่วนวันที่ 21-22 เม.ย. 62				250.00				241,161.60
22 เม.ย. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าที่พักวันที่ 21 เม.ย. 62			3,400.00					237,761.60
4 พ.ค. 62	IV66655	ค่าชา			1,275.00					236,486.60
6 พ.ค. 62	บิลเงินสด	ขาตั้ง				590.00				235,896.60
7 พ.ค. 62	บิลเงินสด	วัสดุสำนักงาน				300.00				235,596.60
7 พ.ค. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าจัดทำเอกสารประกอบการประชุม						13,000.00		222,596.60
7 พ.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าส่งเอกสาร						300.00		222,296.60
7 พ.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าส่งเอกสาร						300.00		221,996.60
8 พ.ค. 62	บิลเงินสด	ค่าอาหาร			14,400.00					207,596.60
8 พ.ค. 62	บิลเงินสด	ค่าอาหารว่างและเครื่องดื่ม			6,300.00					201,296.60
8 พ.ค. 62	0117-00004	ค่าเครื่องดื่ม			535.00					200,761.60
8 พ.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 8 พ.ค. 62		300.00						200,461.60
8 พ.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 8 พ.ค. 62		300.00						200,161.60
8 พ.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 8 พ.ค. 62		300.00						199,861.60
8 พ.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 8 พ.ค. 62		300.00						199,561.60
8 พ.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 8 พ.ค. 62		300.00						199,261.60
8 พ.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 8 พ.ค. 62		300.00						198,961.60
8 พ.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์						5,000.00		193,961.60

วันเดือนปี	เลขที่เอกสาร	รายการ	รับเงิน (บาท)	จ่ายเงิน (บาท)						เงินคงเหลือ
				ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่าครุภัณฑ์	ค่าใช้จ่ายอื่น	ค่าบริหารโครงการ	
8 พ.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าตอบแทนวิทยากร		2,000.00						191,961.60
30 พ.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าจ้างชั่วคราวผู้ช่วยนักวิจัย		25,000.00						166,961.60
30 พ.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าจ้างชั่วคราวผู้ช่วยนักวิจัย		25,000.00						141,961.60
30 พ.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าจ้างชั่วคราวผู้ช่วยนักวิจัย		25,000.00						116,961.60
30 พ.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าจ้างชั่วคราวผู้ช่วยนักวิจัย		25,000.00						91,961.60
2 ก.ค. 2562	ใบเสร็จรับเงิน	เงินประจำงวดที่ 3	395,514.80							487,476.40
8 ก.ค. 2562	ใบรับเงิน	ค่าส่งเอกสาร						32.00		487,444.40
4 ก.ค. 62	บิลเงินสด	ค่าถ่ายเอกสาร				98.00				487,346.40
31 ก.ค. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าพาหนะเดินทางวันที่ 22-24 ส.ค. 62			27,755.00					459,591.40
11 ส.ค. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่ากาแฟ			650.00					458,941.40
23 ส.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 23 ส.ค. 62		300.00						458,641.40
23 ส.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 23 ส.ค. 62		300.00						458,341.40
23 ส.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 23 ส.ค. 62		300.00						458,041.40
23 ส.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 23 ส.ค. 62		300.00						457,741.40
23 ส.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 23 ส.ค. 62		300.00						457,441.40
23 ส.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 23 ส.ค. 62		300.00						457,141.40
23 ส.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์						5,000.00		452,141.40
23 ส.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าตอบแทนวิทยากร		2,000.00						450,141.40
23 ส.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าตอบแทนวิทยากร		2,000.00						448,141.40
23 ส.ค. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าอาหารว่างและเครื่องดื่ม			1,750.00					446,391.40
23 ส.ค. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าอาหารว่างและเครื่องดื่ม			3,200.00					443,191.40
23 ส.ค. 62	บิลเงินสด	ค่าอาหารว่างและเครื่องดื่ม			1,610.00					441,581.40

วันเดือนปี	เลขที่เอกสาร	รายการ	รับเงิน (บาท)	จ่ายเงิน (บาท)						เงินคงเหลือ
				ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่าครุภัณฑ์	ค่าใช้จ่ายอื่น	ค่าบริหารโครงการ	
24 ส.ค. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าพาหนะเดินทางวันที่ 22-24 ส.ค. 62				1,853.24				439,728.16
24 ส.ค. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าพาหนะเดินทางวันที่ 22-24 ส.ค. 62				1,853.24				437,874.92
24 ส.ค. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าน้ำมันพาหนะเดินทางจัดอบรมวันที่ 22-24 ส.ค. 62				710.00				437,164.92
24 ส.ค. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าน้ำมันพาหนะเดินทางจัดอบรมวันที่ 22-24 ส.ค. 62				730.00				436,434.92
24 ส.ค. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าที่พักวันที่ 22-24 ส.ค. 62			12,888.00					423,546.92
7 ก.ย. 62	208,191,412.00	ค่ากาแฟ			650.00					422,896.92
10 ก.ย. 62	TH2-19090001	ค่าที่พักวันที่ 10-11 ก.ย. 62			3,000.00					419,896.92
10 ก.ย. 62	-499,711.00	ค่าอาหารว่างและเครื่องดื่ม			2,120.00					417,776.92
10 ก.ย. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าอาหารว่างและเครื่องดื่ม			8,400.00					409,376.92
10 ก.ย. 62	3,519.00	ค่าทางด่วนเดินทางจัดอบรมวันที่ 10 ก.ย. 62				55.00				409,321.92
11 ก.ย. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าอาหารว่างและเครื่องดื่ม			3,915.00					405,406.92
11 ก.ย. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าอาหารว่างและเครื่องดื่ม			440.00					404,966.92
11 ก.ย. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าพาหนะเดินทางวันที่ 10-11 ก.ย. 62				2,688.87				402,278.05
11 ก.ย. 62	ต19117782026572	ค่าน้ำมันพาหนะเดินทางจัดอบรมวันที่ 10-11 ก.ย. 62				550.00				401,728.05
11 ก.ย. 62	2,052.00	ค่าทางด่วนเดินทางจัดอบรมวันที่ 11 ก.ย. 62				55.00				401,673.05
11 ก.ย. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 11 ก.ย. 62		300.00						401,373.05
11 ก.ย. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 11 ก.ย. 62		300.00						401,073.05
11 ก.ย. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 11 ก.ย. 62		300.00						400,773.05
11 ก.ย. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 11 ก.ย. 62		300.00						400,473.05
11 ก.ย. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 11 ก.ย. 62		300.00						400,173.05
11 ก.ย. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าเบี้ยเลี้ยงวันที่ 11 ก.ย. 62		300.00						399,873.05
11 ก.ย. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์						5,000.00		394,873.05

แบบ กทปส.1

วันเดือนปี	เลขที่เอกสาร	รายการ	รับเงิน (บาท)	จ่ายเงิน (บาท)						เงินคงเหลือ
				ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่าครุภัณฑ์	ค่าใช้จ่ายอื่น	ค่าบริหารโครงการ	
11 ก.ย. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าจัดทำเอกสารประกอบการประชุม			3,000.00					391,873.05
11 ก.ย. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าตอบแทนวิทยากร		2,000.00						389,873.05
11 ก.ย. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าตอบแทนวิทยากร		2,000.00						387,873.05
25 ก.ย. 62	ใบรับเงิน	ค่าออกแบบหนังสือ						25,000.00		362,873.05
25 ก.ย. 62	ใบรับเงิน	ค่าจ้างเหมาทำเว็บไซต์						60,000.00		302,873.05
1 ต.ค. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าพิมพ์หนังสือ						27,500.00		275,373.05
1 ต.ค. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าพิมพ์หนังสือ						18,000.00		257,373.05
9 ต.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าจ้างเหมาจัดทำต้นฉบับหนังสือ			320,000.00					-62,626.95
11 ต.ค. 62	719,100,756.00	ค่าเช่า Hosting				1,900.32				-64,527.27
20 ต.ค. 62	ใบรับเงิน	ค่าจัดทำรายงาน			5,000.00					-69,527.27
31 ต.ค. 62	ใบเสร็จรับเงิน	ค่าบริหารโครงการ							64,687.00	-134,214.27
		ค่าตรวจบัญชี			14,103.78					-148,318.05
		รวม	840,468.95	126,600.00	578,543.54	27,151.83	0.00	191,804.63	64,687.00	

ลงลายมือชื่อ.....

(รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ)

ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

วันที่.....

ภาคผนวก

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/บรรยายพิเศษ ครั้งที่ 1

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/บรรยายพิเศษ ครั้งที่ 1

1. กำหนดการและกิจกรรม

วันที่ 22 พฤศจิกายน 2562 เวลา 14.00 - 16.00 น.

สถานที่ การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 41

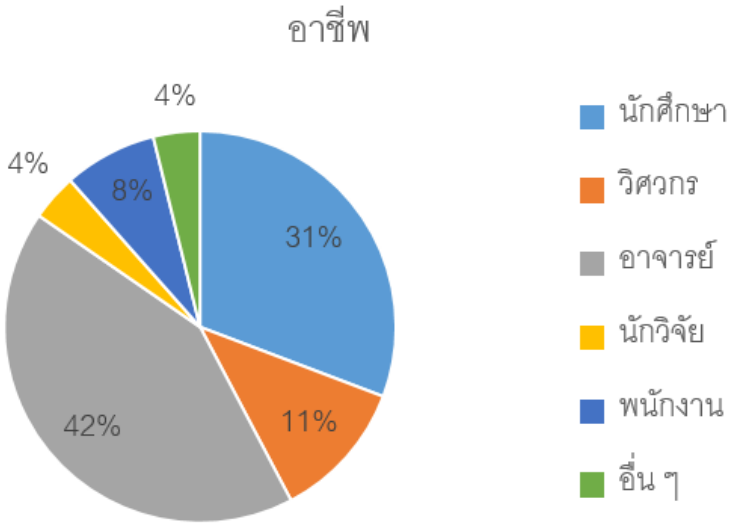
โรงแรมสุนีย์แกรนด์ จังหวัดอุบลราชธานี

เวลา	หัวข้อการบรรยาย
14.00 - 14.30	ภาพรวมความก้าวหน้าเทคโนโลยีไร้สาย 5G - การสื่อสารไร้สายในยุคต่าง ๆ - แนวทางการใช้งานการสื่อสารไร้สายยุคที่ 5 - เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายที่นำมาใช้ใน 5G โดย รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
14.30 - 15.00	การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Millimeter Wave ใน 5G - ทำไม 5G ต้องใช้ Millimeter wave - คุณลักษณะของ Millimeter wave - การประยุกต์ใช้ Millimeter wave ใน 5G โดย ดร.พิสิฐ วนิชชานันท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
15.00 - 15.30	การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Massive MIMO ใน 5G - Massive MIMO คืออะไร - เทคนิค Beamforming - การประยุกต์ใช้ Massive MIMO ใน 5G โดย ผศ.ดร.วิทยากร อัศดรวิเศษ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
15.30 - 16.00	การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Channel Coding ใน 5G - Channel Coding ในมาตรฐานต่าง ๆ - หลักการทำงาน IR-HARQ ในการสื่อสารไร้สาย - การประยุกต์ใช้ Channel Coding ใน 5G โดย ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์สุทธิ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. รายละเอียดผู้เข้าร่วม

จำนวนผู้เข้าร่วมงาน 26 คน แบ่งตามอาชีพได้ดังนี้

อาชีพผู้เข้าร่วมงาน	จำนวน
นักศึกษา	8
วิศวกร	3
อาจารย์	11
นักวิจัย	1
พนักงาน	2
อื่น ๆ	1
รวม	26



3. ภาพบรรยากาศ

4. สรุปเนื้อหาของผู้บรรยาย

หัวข้อบรรยาย : ภาพรวมความก้าวหน้าเทคโนโลยีไร้สาย 5G

ผู้บรรยาย : รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ

สรุปการบรรยาย :

ในปัจจุบันโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกที่สำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ หากสังเกตจากค่ายผู้ผลิตยักษ์ใหญ่เช่น Apple และ Samsung จะพบว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่มีการพัฒนาฟังก์ชันการทำงานทุก ๆ ปี ในหัวข้อการบรรยายนี้ ได้มีการกล่าวสรุปถึงวิวัฒนาการของโทรศัพท์เคลื่อนที่ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน รวมถึงในอนาคตความว่า โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ถือกำเนิดขึ้นครั้งแรกในปี 1980 โดยถูกเรียกว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 1G ซึ่งจะเน้นไปที่การสื่อสารผ่านเสียงเท่านั้น การส่งสัญญาณเสียงในยุค 1G เป็นแบบแอนะล็อกจึงทำให้ความปลอดภัยของการสื่อสารมีค่าต่ำ ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะถูกดักฟังการสนทนาได้โดยง่าย ในปี 1992 โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้เปลี่ยนผ่านเข้าสู่ยุค 2G ด้วยมาตรฐาน GSM (Global System for Mobile Communications) โดยมีการเปลี่ยนรูปแบบการส่งสัญญาณเสียงแบบแอนะล็อกมาเป็นดิจิทัล โดยอาศัยกระบวนการเข้ารหัส TDMA (Time Division Multiple Access) ซึ่งเป็นการเพิ่มช่องทางการสื่อสารทำให้รองรับปริมาณผู้ใช้งานที่มีมากขึ้น แอปพลิเคชันที่เพิ่มเข้ามาในยุค 2G คือผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถส่งข้อความผ่านทาง SMS (Short message service) ได้ หลังจากนั้นในปี 2001 โทรศัพท์มือถือได้ก้าวมาสู่ยุค 3G ซึ่งมีความปลอดภัยในการส่งข้อมูลที่สูงขึ้น เนื่องจากมีการใช้เทคโนโลยี CDMA (Code Division Multiple Access) ซึ่งเป็นการสื่อสารกันด้วยสัญญาณที่ถูกเข้ารหัส โดยจะมีเพียงเครื่องส่งและเครื่องรับเท่านั้นที่จะสามารถถอดรหัสสัญญาณดังกล่าวได้ อีกทั้งผู้ใช้งานยังสามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตแบบ always on ผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ ดังนั้นในยุค 3G จึงมีการกำเนิดขึ้นของสมาร์ตโฟน (Smart phone) จากหลายค่าย ไม่ว่าจะเป็น Apple หรือ Samsung เป็นต้น จากนั้นในปี 2010 โทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 4G ได้ถือกำเนิดขึ้น โดยความสำคัญของการสื่อสารในยุค 4G คือมีการใช้เทคโนโลยี OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) แทนที่เทคโนโลยี TDMA และ CDMA เดิม ด้วยเทคโนโลยีดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพการส่งข้อมูลมีค่าสูงขึ้นภายใต้แบนด์วิดธ์ (Bandwidth) ที่จำกัด ส่งผลให้สามารถส่งและรับข้อมูลด้วยความเร็วสูงได้เป็นอย่างดี ดังนั้นในยุค 4G จึงมีความเฟื่องฟูทางด้านการใช้งาน video streaming และ social media รวมถึงมีการ

เกิดขึ้นของเทคโนโลยี IoT (Internet of Thing) อย่างแพร่หลาย จากอดีตที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่ายุคของการสื่อสารมีการเปลี่ยนแปลงแบบมีนัยสำคัญทุก ๆ 10 ปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันที่ก้าวเข้าสู่ปี 2019 ที่ซึ่งเทคโนโลยี 5G กำลังจะถูกนำเข้ามาใช้และมีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์ในเร็ว ๆ นี้ โดยได้มีการเปรียบเปรยไว้ว่าการเกิดขึ้นของเทคโนโลยี 5G ถือว่าเป็น “fourth industrial revolution” เปรียบเสมือนการถือกำเนิดขึ้นของไฟฟ้า รถยนต์ หรือเครื่องบิน ที่จะปฏิวัติวงการอุตสาหกรรมและการดำเนินชีวิตของมนุษย์ไปอย่างมาก สิ่งที่จะต้องมีการอภิปรายหลัก ๆ จากการมาถึงของ 5G คือจะสามารถรองรับปริมาณ Data traffic ที่เพิ่มมากขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้ได้หรือไม่ จากการสำรวจพบว่าปริมาณ Data traffic ในโทรศัพท์เคลื่อนที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างมากถึง 60 – 80 กิกะไบต์ต่อเดือนโดยเฉลี่ย อันเนื่องจากการเข้ามาของการถ่ายทอดสดผ่านทางอินเทอร์เน็ต ความต้องการภาพและวิดีโอที่มีความละเอียดสูงขึ้น และต้องรองรับการใช้งาน IoT ซึ่งมีแนวโน้มที่มีการใช้งานเพิ่มมากขึ้นในทุก ๆ ภาคส่วน อีกทั้งต้องรองรับการให้บริการด้านความบันเทิง เช่น Online gaming Sport entertainment Ultra-high-definition และ Augmented reality ที่มีคุณภาพดีกว่าระบบเดิมด้วย ทั้งนี้ข้อกำหนดที่สำคัญของการส่งสัญญาณภายใต้ยุค 5G คือการส่งสัญญาณจะต้องมีความน่าเชื่อถือ (Reliability) ที่สูงและมีความหน่วง (latency) ที่ต่ำซึ่งจะต้องถูกกำหนดภายใต้มาตรฐานการใช้งานต่อไป

สำหรับองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญในมาตรฐาน 5G คือมีการใช้งานย่านสเปกตรัมที่สูงขึ้น โดยปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่ามีการใช้งานความถี่ที่ 800 900 1,800 2,100 และ 2,300 MHz แต่สำหรับเทคโนโลยี 5G นั้น คณะทำงานได้มีการตกลงร่วมกันว่าจะมีการใช้ย่านความถี่ที่สูงขึ้นเป็น 3,400 และ 3,600 MHz รวมถึงย่าน Millimeter wave (>30 GHz) ซึ่งผลจากการใช้ย่านสเปกตรัมที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ได้อัตราการส่งข้อมูลที่สูงขึ้นอย่างมาก อย่างไรก็ตามจะต้องแลกมากับการเพิ่มจำนวนสถานีฐาน (Base station) ที่มากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากความยาวคลื่นสั้นทำให้ไม่สามารถส่งสัญญาณไปได้ไกลมากนัก ทั้งนี้ประเทศแรกของโลกที่ได้มีการริเริ่มการประมูลความถี่ในย่าน Millimeter wave ไปแล้วคือประเทศเกาหลีใต้ รวมถึงประเทศญี่ปุ่นเองได้มีการตั้งเป้าไว้ว่าจะมีการเริ่มประมูลในปี 2019 เพื่อที่จะได้ทันนำเทคโนโลยี 5G มาใช้ในมหกรรมกีฬาโอลิมปิกฤดูร้อนในปี 2020 อย่างไรก็ตาม สำหรับประเทศไทยนั้นได้เริ่มมีการตื่นตัวกับเทคโนโลยี 5G โดยเริ่มมีการทำการวิจัยภาคสนาม (Field trial) ในหลาย ๆ พื้นที่ทั่วประเทศบ้างแล้ว อีกทั้งบริษัทการผลิตอุปกรณ์สื่อสารต่าง ๆ ในประเทศไทย เช่น บริษัทหัวเว่ย (Huawei) ได้มีการกล่าวไว้ว่าอุปกรณ์ของบริษัทมีความพร้อมแก่การนำไปใช้สำหรับเทคโนโลยี 5G ได้แล้วในปัจจุบัน ตัวอย่างแอปพลิเคชันการใช้งาน 5G ที่ได้เกิดขึ้นแล้วในปัจจุบัน เช่น การใช้โดรนพร้อมกันหลาย ๆ ตัว โดยไม่จำเป็นจะต้องมองเห็นตัวโดรน โดยตัวโดรนแต่ละตัวจะมีการเชื่อมต่อกับ 5G ตลอดเวลา ทำให้สามารถบังคับจากที่ใดก็ได้บนโลก รวมการใช้งานรถยนต์อัจฉริยะรวมถึงเซนเซอร์ต่าง ๆ จะเกิดขึ้นได้โดยง่ายภายใต้การใช้งาน 5G

หัวข้อบรรยาย : การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Millimeter Wave ใน 5G

ผู้บรรยาย : ดร.พิสิฐ วนิชชานันท์

สรุปการบรรยาย :

การสื่อสารไร้สายในยุค 5G มีการเรียกร้องปริมาณข้อมูลข่าวสารที่เพิ่มมากขึ้นจากการใช้งาน video streaming และ IoT ดังนั้นคลื่นความถี่สูงย่าน Millimeter wave จึงถูกคาดหมายว่าจะถูกนำมาใช้งานสำหรับการส่งข้อมูลในยุค 5G เนื่องจากความถี่ในย่านดังกล่าวให้แบนด์วิดธ์ (Bandwidth) ที่กว้างกว่าย่านความถี่ดั้งเดิม โดยที่สามารถตอบสนองความต้องการในการส่งข้อมูลปริมาณมาก ๆ ได้อย่างดี คุณลักษณะของคลื่น Millimeter wave สามารถพิจารณาได้จากสภาวะการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระดับน้ำทะเล โดยบางช่วงความถี่ Millimeter wave จะมีการดูดซับทางแม่เหล็กไฟฟ้าสูง (มีการลดทอนสูง) อันเนื่องมาจากไอน้ำและออกซิเจนในชั้นบรรยากาศ เช่นบริเวณ 24 60 184 และ 325 GHz เป็นต้น ความถี่เหล่านี้จะไม่ได้ถูกเพิกเฉยไปอย่างเปล่าประโยชน์ แต่สามารถถูกนำไปใช้ประโยชน์กับการส่งสัญญาณในระยะทางใกล้ ๆ ในทางตรงกันข้ามในย่านที่มีการดูดซับทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำ ๆ (การลดทอนต่ำ) จะถูกนำไปใช้กับการส่งข้อมูลในระยะทางไกล ๆ อย่างไรก็ตามแม้การใช้คลื่นความถี่ย่าน Millimeter wave จะมีข้อดีตรงที่ให้แบนด์วิดธ์ที่กว้างกว่าย่านความถี่ดั้งเดิม แต่ข้อควรระวังคืออาจเกิดการสูญเสียหรือลดทอนพลังงานลงอย่างมากในย่าน free space เนื่องจากคลื่นความถี่ในย่านนี้มีความยาวคลื่นที่สั้นมาก มากกว่านั้น คุณสมบัติของคลื่นย่าน Millimeter wave มีคุณสมบัติคล้ายแสง กล่าวคือมีคุณภาพการส่งผ่านที่ดีเมื่อมีการส่งคลื่นเป็นเส้นตรง (Line of Sight) ซึ่งหากมีสิ่งกีดขวางและมีการตกกระทบเกิดขึ้นจะมีการลดทอนของคุณภาพลงอย่างมาก และอันเนื่องมาจากคลื่นในย่านดังกล่าวมีคุณสมบัติคล้ายแสง ดังนั้นการส่งคลื่นในย่านนี้สามารถใช้เลนส์หรือใช้เส้นใยแก้วนำแสง (Fiber optic) ในการช่วยกระจายคลื่นออกไปได้ อีกหนึ่งคุณสมบัติของคลื่นย่าน Millimeter wave คือมีการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์เคลื่อนดอปเปลอร์ (Doppler shift) กล่าวคือเมื่อวัตถุที่สะท้อนหรือเครื่องรับสัญญาณมีการเคลื่อนที่ จะส่งผลให้ความถี่ภายหลังการกระทบจะมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความเร็วและทิศทางของวัตถุที่เคลื่อนที่ ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้เป็นปัญหาที่รุนแรงสำหรับการใช้คลื่นย่าน

Millimeter wave เพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางความถี่ที่มีนัยสำคัญแม้กระทั้งเครื่องรับเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับการเดินของมนุษย์ เป็นที่ทราบกันอย่างดีว่าคลื่นในย่าน Millimeter wave เป็นคลื่นย่าน unlicensed หรือเป็นคลื่นความถี่ที่ไม่ต้องขอรับอนุญาตหรือคลื่นความถี่ที่ใช้งานร่วมกัน ในส่วนมาตรฐานการใช้คลื่นในย่าน Millimeter wave (57 – 64 GHz) จะประกอบไปด้วย

1. WirelessHD 1.0 (UltraGig) ริเริ่มใช้เมื่อปี 2008 มีวัตถุประสงค์สำหรับการใช้ video streaming
2. IEEE 802.11ad (WiGig) ริเริ่มใช้เมื่อปี 2012 ซึ่งปัจจุบันมาตรฐานถูกนำไปรวมกับ Wi-Fi แล้ว
3. IEEE 802.11ay เป็นมาตรฐานใหม่ที่ถูกริเริ่มเมื่อปี 2017 - 2018 โดยมีแบนด์วิดธ์เพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 4 เท่า ส่งผลให้ความเร็วในการเข้าถึงข้อมูลมากขึ้นจากมาตรฐานเดิมอย่างมาก

มาตรฐาน 1. และ 2. นั้น ถูกใช้ในการสื่อสารในระยะทางใกล้หรือภายในห้องเท่านั้น เนื่องจากให้ระยะทางในการส่งประมาณ 10 – 20 เมตรเท่านั้น แตกต่างจากมาตรฐานใหม่ในหัวข้อที่ 3 ที่จะเพิ่มระยะการส่งข้อมูลได้มากขึ้นถึง 300 – 500 เมตร ซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน ทั้งนี้ในปัจจุบันได้มีอุปกรณ์ที่มีการใช้คลื่นในย่าน Millimeter wave เช่น WirelessHD ในผลิตภัณฑ์ Dell Alienware laptops Epson Projector 3020e และ Sony Personal 3D Viewer HMZ-T3W เป็นต้น สำหรับมาตรฐาน IEEE 802.11ad จะถูกนำมาใช้ในรูปแบบ Chipsets ในหลาย ๆ ผลิตภัณฑ์ เช่น Qualcomm Wilocity Tensorcom และ Nitero Chipset เป็นต้น สุดท้ายในส่วนการใช้งานคลื่น Millimeter wave สำหรับการสื่อสารไร้สายยุค 5G นั้น ในอนาคตสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับแอปพลิเคชันที่เคยมีมาดั้งเดิมให้ดีขึ้น เช่น Cloud storage Monitoring sensor network Real-time gaming และ Video streaming เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชันใหม่ ๆ เช่น Autonomous driving Augmented reality Virtual reality และ Tactile internet เป็นต้น

หัวข้อบรรยาย : การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Massive MIMO ใน 5G

ผู้บรรยาย : ผศ.ดร.วิทยากร อัศดรวิเศษ

สรุปการบรรยาย :

การมาถึงของยุค 5G นั้น นอกเหนือจากความเร็วในการส่งข้อมูลเพิ่มมากขึ้นแล้ว อีกหนึ่งความคาดหวังจากการใช้งานการสื่อสารไร้สายในยุค 5G คือความมีประสิทธิภาพในการส่งข้อมูล (Spectral efficiency) โดยค่า Spectral efficiency ของเทคโนโลยี 5G นั้นมีการประเมินแล้วว่าจะมีค่าประมาณ 30 เท่าของเทคโนโลยี 4G ดั้งเดิม อันเนื่องมาจากเทคโนโลยี 5G ประกอบไปด้วยเทคโนโลยีการเข้ารหัสช่องสัญญาณที่มีประสิทธิภาพ เช่น การใช้รหัสโพลาร์ (Polar codes) และรหัสแอลดีพีซี (LDPC codes) เป็นต้น อีกทั้งยังใช้การมัลติเพล็กซ์สัญญาณแบบ OFDM (orthogonal frequency-division multiplexing) และ OFDMA (orthogonal frequency-division multiple access) ซึ่งเป็นระบบที่สามารถส่งผ่านข้อมูลด้วยอัตราความเร็วสูงเมื่อเทียบกับระบบอื่น ๆ มากกว่านี้ในการส่งออกคลื่น จะมีการใช้สายอากาศแบบ Massive MIMO (multiple-input and multiple-output) มาแทนที่การใช้สายอากาศแบบ MIMO เดิม หลักการพื้นฐานของสายอากาศแบบ Massive MIMO คือการใช้สายอากาศจำนวนมากในการส่งและรับข้อมูล ซึ่งการใช้สายอากาศหลายตัวสำหรับการส่งและรับข้อมูลเช่นนี้จะทำให้สามารถรองรับการใช้งานของโทรศัพท์เคลื่อนที่หรืออุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับจุดส่งสัญญาณดังกล่าวในปริมาณมากขึ้นได้ ทั้งนี้ในระบบ 4G ปัจจุบัน มีการใช้สายอากาศแบบ MIMO โดยการใช้สายอากาศ 4 หรือ 8 ตัวในการส่งและรับสัญญาณ อย่างไรก็ตาม สำหรับการสื่อสารในยุค 5G ที่มีความต้องการในการส่งผ่านข้อมูลความเร็วสูงกว่า 4G หลายเท่านั้น จึงมีความจำเป็นต้องใช้สายอากาศในการส่งและรับมาถึงระดับ 100 – 1000 ตัว วิธีการจัดวางโครงสร้างสายอากาศแบบ Massive MIMO มีหลากหลายรูปแบบ เช่น แบบเส้นตรง (Linear) แบบสี่เหลี่ยมมุมฉาก (Rectangular) แบบทรงกระบอก (Cylindrical) และแบบกระจายตัว (Distribute) ซึ่งข้อได้เปรียบโดยทั่วไปของการสายอากาศแบบ Massive MIMO คือขนาดสายอากาศมีขนากเล็กและเบา ซึ่งหากนำไปติดตั้งกับสถานีฐานของเทคโนโลยี 5G จะส่งผลให้สถานีฐานสามารถมีความสูงได้ถึง 300 เมตร ในขณะที่สถานีฐานของเทคโนโลยี 4G มีความสูงได้แค่ประมาณ 100 เมตรเท่านั้น เนื่องจากมีการใช้อุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากกว่า อีกหนึ่งความพิเศษของการใช้สายอากาศแบบ Massive MIMO คือมีความสามารถแพร่กระจายคลื่นทั้งในแนวแกนนอน (horizontal axis) และในแนวตั้ง (vertical axis) ได้พร้อม ๆ กัน ส่งผลให้ผู้ใช้งานที่อยู่ใกล้กับสถานีฐานมาก ๆ สามารถรับคลื่นได้สะดวกมากยิ่งขึ้น อีกทั้งการใช้สายอากาศแบบ Massive MIMO ยังสามารถที่จะใช้ระบบการจัดการเซลล์ไซต์แบบใหม่ที่เรียกว่า user-centric (UC) virtual cell หรือคือการเปลี่ยนมุมมองจากเซลล์ไซต์เป็นศูนย์กลางให้กลายเป็นผู้ใช้งานคือศูนย์กลางปราศจากการสับเปลี่ยนตำแหน่งเซลล์ไซต์ไปมา ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ใช้งานได้รับคุณภาพสัญญาณที่ดีเสมอแม้ว่าจะอยู่บริเวณรอยต่อของเซลล์ไซต์ ข้อเสียเปรียบของการใช้สายอากาศแบบ Massive MIMO กับย่านความถี่ Millimeter wave จะส่งผลให้ pulse rate มีค่าต่ำซึ่งอาจจะครอบคลุมพื้นที่ได้เพียง 20 - 30 เมตรเท่านั้น เพราะฉะนั้นในอนาคตมีคาดการณ์ไว้ว่าในทุก ๆ เสาไฟฟ้าอาจจะกลายเป็นที่ตั้งของสถานีฐาน

ในยุค 4G ปัจจุบัน เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของประชากรหรือผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่อย่างมากในเวลาหนึ่ง ๆ ยกตัวอย่างเช่น งานพระราชทานปริญญาบัตรที่มีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างมากบนพื้นที่จำกัดในระยะเวลาหนึ่ง ๆ การแก้ปัญหาที่สามารถทำได้คือการเพิ่มจำนวนสถานีฐานให้มากขึ้น โดยการใช้รถติดตั้งติดตั้งเสาสัญญาณเคลื่อนที่ อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้งานแต่ไม่ใช่ในกรณีพิเศษ การเพิ่มจำนวนสถานีฐานชั่วคราวเป็นไปได้ยาก ซึ่งอาจทำให้ขนาดความครอบคลุมเซลล์ไซต์ลดลง เนื่องจากค่า Spectral efficiency ที่มีค่าต่ำลงจากการมี

ผู้ใช้งานหนาแน่นมากขึ้น อย่างไรก็ตามการจะเพิ่มค่า Spectral efficiency ในยุค 4G ปัจจุบันสามารถทำได้โดยเพิ่มกำลังส่งให้มากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการเพิ่มความเร็วการส่งข้อมูลจาก 4 บิต/วินาที/เฮิรตซ์ เป็น 8 บิต/วินาที/เฮิรตซ์ จะต้องมีการเพิ่มกำลังส่งประมาณ 17 เท่าจากเดิม ซึ่งปัญหาที่ตามมาคืออาจทำให้เกิดการรบกวนกับผู้ใช้งานสถานีฐานอื่น ๆ แต่หากเป็นการสื่อสารยุค 5G ที่มีการติดตั้งสายอากาศ Massive MIMO ที่ซึ่งมีคุณสมบัติในการบังคับลำคลื่น (beam steering) ก็ไม่จำเป็นจะต้องเพิ่มกำลังส่งให้มากจนเกินไป ดังนั้นการสื่อสารในยุค 5G จึงเป็นพลังงานที่สะอาดกว่ายุค 4G หมายเหตุว่าขนาดสายอากาศ Massive MIMO ที่จะถูกใช้ใน 5G จะประกอบไปด้วยกลุ่มสายอากาศจำนวน 3 เซกเตอร์ โดยแต่ละเซกเตอร์หันไปคนละทิศทำมุม 120 องศาต่อกัน ซึ่งภายในแต่ละเซกเตอร์จะประกอบไปด้วยสายอากาศ 64 ตัว ดังนั้นในแต่ละสถานีฐานจะมีจำนวนสายอากาศทั้งสิ้น 192 ตัว

หัวข้อบรรยาย : การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Channel Coding ใน 5G
ผู้บรรยาย : ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์

สรุปการบรรยาย :

การสื่อสารไร้สายในยุค 5G จำเป็นต้องมีการใช้รหัสช่องสัญญาณที่มีประสิทธิภาพ เพื่อรักษาค่า Spectral efficiency ให้อยู่ในเกณฑ์ตามที่มาตรฐานกำหนด รหัสรหัสช่องสัญญาณเกิดจากการเข้ารหัสข้อมูลที่ภาคส่งโดยอาศัยวงจรเข้ารหัส เพื่อเพิ่มบิตตรวจสอบหรือที่เรียกกันว่า “บิตพาริตี (Parity bits)” เข้าไปกับข้อมูลต้นฉบับเพื่อส่งข้อมูลเหล่านั้นไปยังภาครับผ่านช่องสัญญาณสื่อสาร อย่างไรก็ตามช่องสัญญาณสื่อสารมักจะประกอบไปด้วยความผิดปกติต่าง ๆ ที่อาจทำให้เกิดความผิดพลาดกับข้อมูลที่ส่งได้ ซึ่งเป็นหน้าที่ของภาครับที่มีการใช้วงจรถอดรหัสทำหน้าที่ในการแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลที่เกิดขึ้นให้มีความถูกต้องโดยอาศัยบิตพาริตีในการตรวจเช็กความถูกต้องของข้อมูลต้นฉบับ ในปัจจุบันนี้มีรหัสช่องสัญญาณให้เลือกใช้หลากหลายแบบตามแต่แอปพลิเคชัน เช่น

- **รหัสแฮมมิ่ง (Hamming Codes: 1950)** ถูกใช้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ RAM และ DRAM
- **รหัสคอนโวลูชัน (Convolution Codes: 1955)** ถูกใช้ในการสื่อสารดาวเทียม

- **รหัสเทอร์โบ (Turbo Codes: 1993)** การคิดค้นรหัสดังกล่าวนี้ถือเป็นการเริ่มต้นของการสื่อสารยุคใหม่ เนื่องจากรหัสดังกล่าวได้ถูกพิสูจน์ว่ามีสมรรถนะที่เข้าใกล้ขีดจำกัดทางทฤษฎีหรือ “ขอบเขตของแชนนอน (Shannon’s limit)” รหัสดังกล่าวได้ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในโทรศัพท์มือถือยุค 3G - 4G รวมถึงยานอวกาศนิวฮอร์ไรซอนส์ (New Horizons)
- **รหัสแอลดีพีซี (LDPC codes: 1962)** รหัสแอลดีพีซีนี้ได้ถูกพิสูจน์ด้วยเช่นว่ามีสมรรถนะที่เข้าใกล้ขีดจำกัดของแชนนอนเช่นเดียวกันกับรหัสเทอร์โบ อีกทั้งยังมีความซับซ้อนในการเข้าและถอดรหัสที่ต่ำกว่ารหัสเทอร์โบ ดังนั้นรหัสแอลดีพีซีจึงถูกใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เช่นใน Wireless Network Digital broadcastin Hard disk drive และ Solid-state drive รวมถึงถูกคาดการณ์ว่าจะถูกนำมาใช้กับการสื่อสารในยุค 5G เช่นกัน
- **รหัสโพลาร์ (Polar codes: 2009)** เป็นรหัสที่ถูกคิดค้นขึ้นในปี 2009 ซึ่งรหัสชนิดนี้จะถูกนำมาใช้ในโทรศัพท์มือถือยุค 5G เช่นเดียวกันกับรหัสแอลดีพีซี

อย่างไรก็ตามในหัวข้อนี้จะเน้นเฉพาะไปที่รหัสแอลดีพีซีเท่านั้น เนื่องด้วยรหัสแอลดีพีซีมีสมรรถนะที่ดี ในขณะที่มีความซับซ้อนไม่สูงมากนัก รหัสชนิดนี้จึงถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในแอปพลิเคชันและมาตรฐานต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์เน็ตเวิร์คด้วยมาตรฐาน IEEE 802.3an: 10GBASE-T อุปกรณ์เน็ตเวิร์คไร้สายด้วยมาตรฐาน IEEE 802.11n โทรทัศน์ระบบดิจิทัลด้วยมาตรฐาน DVB-T2/DVB-S2 โทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยมาตรฐาน 5G NR และอุปกรณ์บันทึกข้อมูลฮาร์ดดิสก์หรือแฟลช เป็นต้น โดยแอปพลิเคชันแต่ละประเภทนั้นเรียกร้องค่าอัตราบิตผิดพลาดที่แตกต่างกัน เช่น ในอุปกรณ์สื่อสารไร้สายจะเรียกร้องอัตราบิตผิดพลาด (BER) < 10^{-4} และในโทรทัศน์ดิจิทัลเรียกร้องอัตราบิตผิดพลาด (BER) < 10^{-7} อีกทั้งในอุปกรณ์บันทึกข้อมูลเรียกร้องอัตราบิตผิดพลาด (BER) < 10^{-12} ภายหลังการถอดรหัสแอลดีพีซีที่ภาครับ ตัวอย่างโดยคร่าวของกระบวนการเข้ารหัสแอลดีพีซีคือดังนี้ กำหนดให้ข้อมูลเวกเตอร์ข้อมูล $\mathbf{u}$ แสดงเป็นเวกเตอร์ข้อมูลที่ต้องการส่งไปยังภาครับความยาว K บิต วงจรเข้ารหัสจะทำหน้าที่ในการเข้ารหัสข้อมูลดังกล่าวจนเกิดเป็นคำรหัส $\mathbf{v}$ ความยาว N บิต ซึ่งอัตรารหัส (code rate) สามารถคำนวณได้จาก $R = K/N$ หมายเหตุว่าหากอัตรารหัสมีค่าน้อยจะส่งผลให้สมรรถนะภายหลังการถอดรหัสมีค่าที่ดี เนื่องจากมีจำนวนบิตพาริตีหรือบิตตรวจสอบจำนวนมาก ซึ่งหากอัตรารหัสมีค่ามากก็จะส่งผลในทางตรงกันข้าม สำหรับการเข้ารหัสข้อมูลเพื่อเกิดเป็นคำรหัสจะมีการใช้ความสัมพันธ์ $\mathbf{vH}^{\mathrm{T}} = \mathbf{0}$ โดย $\mathbf{H}$ แสดงเป็นเมทริกซ์พาริตีเช็ก (parity-check matrix) ที่ประกอบไปด้วยเลข 0 จำนวนมากและ 1 จำนวนน้อย ซึ่งเป็นเมทริกซ์ $\mathbf{H}$ จะอธิบายถึงความสัมพันธ์ของบิตรหัสภายในเวกเตอร์คำรหัส ซึ่งภายในวงจรถอดรหัสก็จะมีการอาศัยเมทริกซ์ตัวนี้ร่วมกับบิตพารีตี้ในการตรวจเช็กและแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูล ดังนั้นการออกแบบรหัสแอลดีพีซีมีความหมายโดยนัยคือการออกแบบเมทริกซ์ $\mathbf{H}$ เพื่อให้ได้อัตราบิตผิดพลาดภายหลังการถอดรหัสที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยโจทย์ที่สำคัญและท้าทายสำหรับการออกแบบรหัสแอลดีพีซีตามมาตรฐานการสื่อสารยุค 5G ประกอบไปด้วย

1. <u>อัตราบิตผิดพลาดภายหลังการถอดรหัสต้องต่ำ</u> หลักการที่ถูกนำมาใช้ในการออกแบบรหัสแอลดีพีซีเพื่อให้ได้อัตราบิตผิดพลาดที่ต่ำคือ การออกแบบเมทริกซ์ $\mathbf{H}$ แบบไม่สม่ำเสมอ (Irregular LDPC codes) โดยปริมาณเลข 1 ในแต่ละหลักของเมทริกซ์ $\mathbf{H}$ จะถูกจัดวางอย่างไม่สม่ำเสมอ ซึ่งปริมาณและตำแหน่งเลข 1 นั้นได้มาจากการวิเคราะห์ทางทฤษฎี รวมถึงการออกแบบเมทริกซ์ $\mathbf{H}$ ให้มีหลักที่มีจำนวนเลข 1 เท่ากับ 1 และกระบวนการ

puncture กับหลักที่มีจำนวนเลข 1 มาก ก็สามารถช่วยให้อัตราบิตผิดพลาด (BER) ภายหลังการถอดรหัสมีค่าต่ำได้ด้วยเช่นกัน

2. วงจรถอดรหัสมีการทำงานแบบขนาน หากวงจรถอดรหัสมีการทำงานแบบขนานจะส่งผลให้ค่าความหน่วงหรือค่าดีเลย์ของการส่งข้อมูลจะมีค่าลดต่ำไปด้วย วิธีการออกแบบให้สามารถถอดรหัสข้อมูลแบบขนานได้นั้น เมทริกซ์ H จะต้องถูกออกแบบให้มีคุณสมบัติ quasi-cyclic และมีการใช้หน่วยการประมวลผลหลายตัว

3. รองรับการทำงาน IR-HARQ (Hybrid ARQ with Incremental Redundancy) โดยกระบวนการ IR-HARQ ถือกำเนิดมาจากเทคนิค Hybrid ARQ ที่เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างเทคนิค ARQ error-control และการเข้ารหัสช่องสัญญาณด้วยอัตรารหัสที่ปรับค่าได้ ความพิเศษของเทคนิค IR-HARQ ที่แตกต่างจากเทคนิค Hybrid ARQ คือเมื่อภาครับได้รับรู้ว่าข้อมูลที่ภาคส่งมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ภาครับจะทำการส่งการแจ้งเตือน NACK กลับไปยังภาคส่ง โดยภาคส่งจะมีการเข้ารหัสข้อมูลเดิมด้วยอัตรารหัสที่ต่ำลงเพื่อเพิ่มจำนวนบิตพาริตีให้มากขึ้น และทำการส่งเฉพาะบิตพาริตีอันใหม่มาที่ภาครับเท่านั้นเพื่อลดความซ้ำซ้อนในการส่งข้อมูลเดิมซ้ำ ดังนั้นเงื่อนไขที่สำคัญสำหรับการออกแบบรหัสแอลดีพีซีคือจะต้องรองรับการทำงาน IR-HARQ กล่าวคือต้องมีการใช้โครงสร้างรหัสแอลดีพีซีหรือเมทริกซ์ H เพียงชุดเดียวสำหรับทุกอัตรารหัส อีกทั้งต้องสามารถเข้ารหัสข้อมูลเพื่อหาบิตพาริตีบางส่วนได้โดยไม่จำเป็นต้องหาบิตพาริตีทั้งหมดเพียงครั้งเดียว

4. รองรับความยาวบิตข้อมูลและอัตรารหัส สิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้เลยในการออกแบบรหัสแอลดีพีซีสำหรับเทคโนโลยีการสื่อสารยุค 5G คือการที่ต้องออกแบบเมทริกซ์ H ให้สามารถรองรับการเข้ารหัสบิตข้อมูลและเพื่อให้ได้ความยาวคำรหัสตามมาตรฐานที่กำหนด อีกทั้งอัตรารหัสต้องมีความยืดหยุ่นปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์ความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

ทั้งนี้การประชุม 3GPP (3rd Generation Partnership Project) ได้ถูกจัดตั้งขึ้นมาในหลาย ๆ ครั้ง เพื่อวางกำหนดการและกลุ่มงานเพื่อศึกษาและออกแบบรหัสแอลดีพีซี และอื่น ๆ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน 5G

5. ผลสรุปแบบสอบถาม

5.1 จำนวนผู้กรอกแบบสอบถาม

25 คน

5.2 เพศ

ชาย: 19 คน หรือร้อยละ 76

หญิง: 6 คน หรือร้อยละ 24

5.3 อายุ

20 - 30 ปี: 15 คน หรือร้อยละ 60

31 - 40 ปี: 4 คน หรือร้อยละ 16

41 - 50 ปี: 5 คน หรือร้อยละ 20

51 ขึ้นไป: 1 คน หรือร้อยละ 4

5.4 การศึกษา

ต่ำกว่าปริญญาตรี: 0 คน หรือร้อยละ 0

ปริญญาตรี: 16 คน หรือร้อยละ 64

ปริญญาโท: 4 คน หรือร้อยละ 16

ปริญญาเอก: 5 คน หรือร้อยละ 20

5.5 ความพึงพอใจด้านเนื้อหาและสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร

ประเด็นความคิดเห็น	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	คะแนนเฉลี่ย
ด้านเนื้อหา						
1. ท่านได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี 5G เพิ่มขึ้น	8	15	2	0	0	4.24
ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร						
1. สถานที่และสภาพแวดล้อมมีความเหมาะสม	7	16	2	0	0	4.2
2. ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	7	14	4	0	0	4.12
3. อาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ มีความเหมาะสม	7	13	3	1	1	3.96

5.6 ท่านอยากให้มีการจัดอบรมในครั้งถัดไปหรือไม่

อยาก: 23 คน หรือร้อยละ 92

ไม่อยาก: 1 คน หรือร้อยละ 4

ไม่ออกความเห็น: 1 คน หรือร้อยละ 4

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/บรรยายพิเศษ ครั้งที่ 2

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/บรรยายพิเศษ ครั้งที่ 2

---

1. กำหนดการและกิจกรรม

วันที่ 23 พฤศจิกายน 2562 เวลา 09.00 - 16.00 น.

สถานที่ ห้องประชุมชั้น 2 อาคาร 4 คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลา	หัวข้อการบรรยาย
8.30-9.00	ลงทะเบียนเข้าร่วมงาน
9.00-9.10	กล่าวต้อนรับผู้เข้าร่วมงานเสวนาทางวิชาการ โดย 1) รองคณบดี (รองศาสตราจารย์ ดร.เกษม ชูจารุกุล) คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
9.20-10.20	President Talk: Visions of 5G for Thailand โดย 1) คุณอัจฉรินทร์ พัฒนพันธ์ชัย ปลัดกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม 2) ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ อธิการบดี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 3) นายแพทย์ประวิทย์ ลี่สถาพรวงศา กรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ 4) Mr. Sameer Sharma Senior Advisor, ITU Regional office for Asia-Pacific 5) คุณรังสรรค์ จันทร์นฤกุล รองกรรมการผู้จัดการใหญ่ หน่วยธุรกิจสื่อสารไร้สาย บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) 6) คุณราจีฟ บาวา รองประธานเจ้าหน้าที่บริหาร กลุ่มกิจการองค์กรและพัฒนาธุรกิจ บริษัท โทเทิ่ล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชัน จำกัด (มหาชน) 7) ดร.เจษฎา ศิวรักษ์ หัวหน้าฝ่ายรัฐกิจและธุรกิจสัมพันธ์ บริษัท อีริคสัน (ประเทศไทย) จำกัด 8) Mr. Ma Xiao รองกรรมการผู้จัดการ บริษัท หัวเว่ย เทคโนโลยี่ (ประเทศไทย)

เวลา	หัวข้อการบรรยาย
10.20-12.00	การเสวนาทางวิชาการ ช่วงที่ 1 เรื่อง “Regulation and Real Applications Perspectives for 5G Technology” โดย 1) คุณรังสรรค์ จันทร์นฤกุล รองกรรมการผู้จัดการใหญ่ หน่วยธุรกิจสื่อสารไร้สาย บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) 2) ดร.สุพจน์ เธียรวุฒิ กรรมการบริหารและเลขาธิการสมาคม สมาคมโทรคมนาคมแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ และ ผู้อำนวยการโครงการ CU Transformations จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 3) คุณเสน่ห์ สายวงศ์ ผู้อำนวยการสำนักมาตรฐานและเทคโนโลยีโทรคมนาคม 4) ดร.เอก จินดาพล ผู้อำนวยการและผู้เชี่ยวชาญพิเศษฝ่ายกลยุทธ์เทคโนโลยีเพื่อการสื่อสาร บริษัท โทเทิ่ล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชัน จำกัด (มหาชน) 5) คุณวรกาน ลิขิตเดชาศักดิ์ ผู้อำนวยการอาวุโสด้านโซลูชัน บริษัท หัวเว่ย เทคโนโลยี่ (ประเทศไทย) ผู้ดำเนินรายการ 1) รองศาสตราจารย์ ดร.นิศาชล ตั้งเสงี่ยมวิสัย อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยเชษฐ์ สายวิจิตร อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
12.00-13.00	พักรับประทานอาหาร
13.00-14.00	การเสวนทางวิชาการ ช่วงที่ 2 เรื่อง “5G Technology for Smart City, Public Safety and Disaster Prevention” โดย 1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล รองคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2) พล.อ.อ. สมนึก สวัสดิ์ถึก ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณะภัย 3) คุณพชรธรรม์ พลอัครวัตน์ ผู้จัดการอาวุโสด้านผลิตภัณฑ์โครงข่ายไร้สาย

เวลา	หัวข้อการบรรยาย
	บริษัท หัวเว่ย เทคโนโลยี่ (ประเทศไทย) 4) ดร.ถิรพิรุฬห์ ทองคำวิฑูรย์ วิศวกรปฏิบัติการระดับสูง สำนักบริหารคลื่นความถี่ คณะกรรมการกิจการกระจายเสียงกิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ 5) ดร.พีรเดช ณ น่าน Digital Futurist and Technology Columnist และ กรรมการบริหารหลักสูตรปริญญาเอก Information Technology Management คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 6) ดร.วโรดม คำแผ่นชัย วิศวกร ระดับ 6 กองวิจัย ฝ่ายวิจัยและพัฒนาระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ผู้ดำเนินรายการ 1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกรี สินธุภิญโญ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
14.00-15.00	การเสวนาทางวิชาการ ช่วงที่ 3 เรื่อง “ความสำคัญของเทคโนโลยี 5G ต่อเศรษฐกิจและสังคมไทย” โดย 1) ศาสตราจารย์ ดร.พิรงรอง รามสูต รองอธิการบดี กำกับดูแลด้านสื่อสารบริการสังคมและพันธกิจสากล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2) ศาสตราจารย์ ดร.โสรัจจ์ หงศ์ลดารมภ์ อาจารย์ประจำภาควิชาปรัชญา คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 3) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรสุทธิ์ สุจริตตานนท์ อาจารย์ประจำคณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 4) ดร.ปิยะบุตร บุญอร่ามเรือง อาจารย์ประจำคณะนิติศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้ดำเนินรายการ 1) ดร.ถิรพิรุฬห์ ทองคำวิฑูรย์ วิศวกรปฏิบัติการระดับสูง สำนักบริหารคลื่นความถี่ คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม แห่งชาติ
15.00-16.00	การเสวนาทางวิชาการ ช่วงที่ 4 เรื่อง “การประยุกต์เทคโนโลยี 5G กับรถยนต์และระบบขนส่ง”

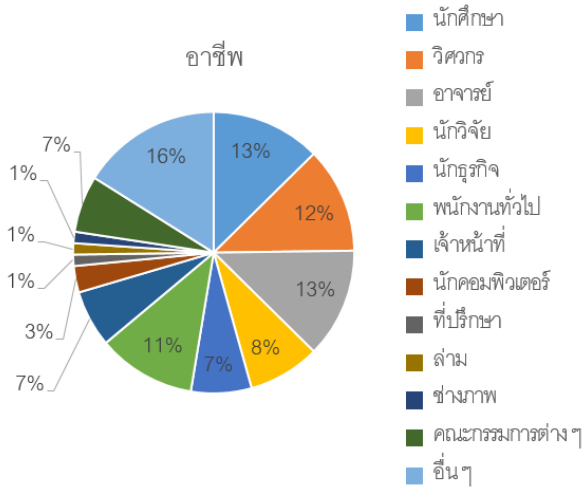
เวลา	หัวข้อการบรรยาย
	โดย 1) ดร.ภาสกร ประถมบุตร รองผู้อำนวยการสำนักงาน (กลุ่มงานโครงการพิเศษ และผู้อำนวยการศูนย์พัฒนาดิจิทัลและนวัตกรรม) สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล 2) ดร.ทิชากร วงศ์ภิรมย์ศานติ์ นักวิจัยบริษัท Nutonomy ประเทศสิงคโปร์ 3) ดร.อภินันทน์ ตั้นพันธุ์ Chief Technology Officer บริษัท สมาร์ต เซนส์ อินดัสเตรียล ดีไซน์ จำกัด 4) รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ นายกสมาคมระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะไทย 5) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นักสิทธ์ นุ่มวงษ์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้ดำเนินรายการ: 1) ดร.ชาญณรงค์ บาลมงคล อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
16.00-16.30	ปิดงานเสวนา

2. รายละเอียดผู้เข้าร่วม

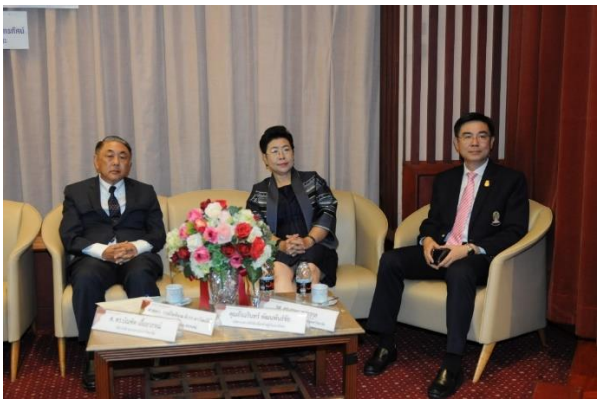
จำนวนผู้เข้าร่วมงาน 230 คน แบ่งตามอาชีพได้ดังนี้

อาชีพผู้เข้าร่วมงาน	จำนวน
นักศึกษา	29
วิศวกร	29
อาจารย์	28
นักวิจัย	19
พนักงาน	26
นักธุรกิจ	16
เจ้าหน้าที่	15

อาชีพผู้เข้าร่วมงาน	จำนวน
นักคอมพิวเตอร์	7
ที่ปรึกษา	3
ล่าม	3
ช่างภาพ	3
คณะกรรมการต่าง ๆ	15
อื่น ๆ	37
รวม	230



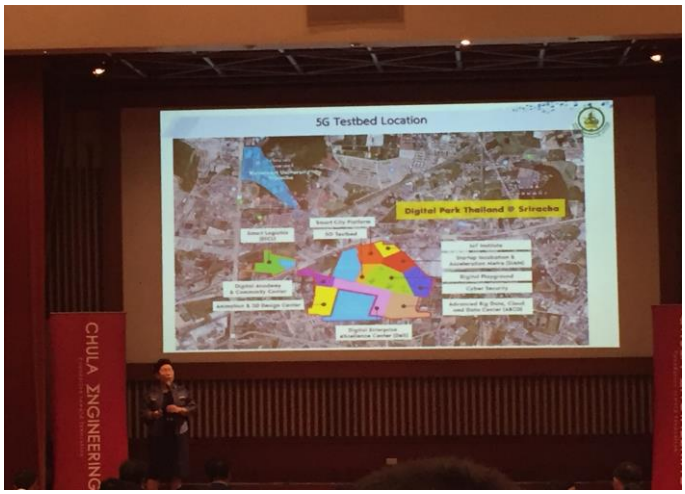
3. ภาพบรรยากาศ



4. สรุปเนื้อหาของผู้บรรยาย

ช่วง President talk : Vision of 5G for Thailand

ผู้บรรยาย : คุณอัจฉรินทร์ พัฒนพันธ์ชัย ปลัดกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม



สรุปการบรรยาย :

คุณอัจฉรินทร์ พัฒนพันธ์ชัย กล่าวถึงมุมมองของเทคโนโลยีเพื่อขับเคลื่อน 5G การดำเนินการสำคัญเรื่อง 5G ในบางประเทศอย่างเช่น ประเทศเกาหลีใต้ จีน สิงคโปร์ อเมริกา แต่ในประเทศไทยยังไม่มีการกล่าวถึงเกี่ยวกับเรื่อง 5G ประโยชน์ของ 5G ไม่ใช่แค่เพียงการชมภาพยนตร์ หรือฟังเพลงเพียงอย่างเดียวเท่านั้น เพราะว่าประเทศไทยยังอยู่ในช่วงการประมูล 4G เท่านั้น ประโยชน์ของ 5G ได้แก่ การสื่อสารไร้สายความเร็วสูง การบริการที่ไม่มีความผิดพลาด และการสื่อสารกับอุปกรณ์จำนวนมาก ปัญหาของ 5G ได้แก่ การลงทุนที่จะเกิดขึ้นร้อยละ 60 - 30 ซึ่งมีมูลค่าสูงมาก เนื่องจากมีการใช้ความถี่สูงทำให้ต้องใช้เสาส่งสัญญาณเป็นจำนวนมาก ทางกระทรวงจึงเสนอว่าการลงทุนเพิ่มจำนวนเสาจะต้องทำให้เกิดการลงทุนที่มีประโยชน์สูงสุด ถ้าจะทำให้คุ้มค่ากับการลงทุน จะต้องติดตั้งเสาส่งสัญญาณที่มีจำนวนมากนี้เพียงแค่ในสถานที่ที่จำเป็น และต้องทำให้ผู้ให้บริการเครือข่ายมือถือใช้เสาส่งสัญญาณร่วมกัน

ในขณะนี้ ทางกระทรวงฯ กำลังทำแบบจำลองทดลองการทำงานของระบบ 5G โดยเลือกพื้นที่ในการทดลองการทำงานคือ เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกหรือ EEC (Eastern Economic Corridor) เพราะเป็นพื้นที่ที่น่าจะเหมาะสมที่สุดในการทดลองการทำงานของ 5G ได้ โดยมีการทดสอบในสถานการณ์ช่วงฤดูฝน ช่วงที่รถมีการขับเคลื่อน เพื่อศึกษาว่าการใช้งานจริงของ 5G จะเป็นอย่างไร แล้วนำตัวอย่างในการศึกษามาพัฒนาเพื่อใช้กับระบบ 5G

ช่วง President talk : Vision of 5G for Thailand

ผู้บรรยาย : นายแพทย์ประวิทย์ ลี่สถาพรวงศา

กรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม

สรุปการบรรยาย :

นายแพทย์ประวิทย์ ลี่สถาพรวงศา ได้กล่าวถึงการเรียกคืนคลื่นความถี่ 700 เมกะเฮิรตซ์นั้นไม่มีความยุ่งยาก แต่สิ่งที่ยากคือการจัดสรรคลื่น 5G ที่มีเทคโนโลยี IoT big data และ AI ในการพัฒนาไปพร้อมกับการสร้าง 5G ซึ่งหากมี 5G ต้องมองให้ลึกถึงระบบความปลอดภัยของ 5G และ 5G จะประสบความสำเร็จในยุคสังคมดิจิทัล ซึ่งทุกหน่วยงานจะต้องเปลี่ยนแปลงแนวคิดใหม่ เพื่อปรับตัวให้มีความพร้อมกับยุคสมัยใหม่ แม้ว่ากสทช. จะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ 5G มีความก้าวหน้า แต่ความจริงแล้วทุก ๆ คนมีส่วนร่วมต่อการพัฒนา 5G มิใช่กสทช. เพียงฝ่ายเดียว

ช่วง President talk : Vision of 5G for Thailand

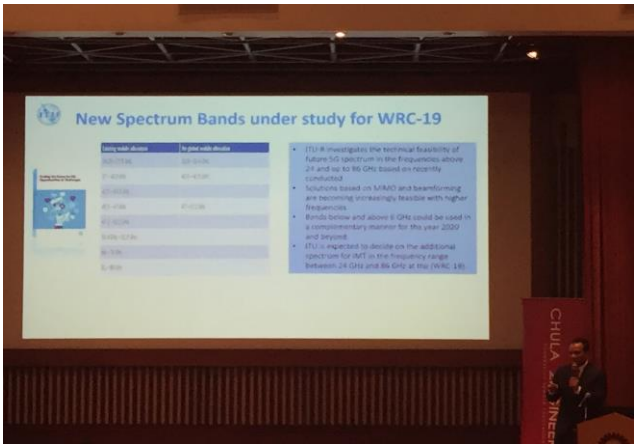
ผู้บรรยาย : ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ อธิการบดี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปการบรรยาย :

ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ กล่าวถึงเรื่องอนาคตของมหาวิทยาลัยไทยในด้านการศึกษา ประวัติศาสตร์ของมนุษยชาติ มีใจความว่ามนุษย์ไม่ได้แข็งแกร่งที่สุด แต่สามารถอยู่รอดและเอาชนะสัตว์ร้ายได้ เป็นเพราะมนุษย์รู้จักคิด รู้จักและเข้าใจโลกเทคโนโลยี จึงทำให้มนุษย์ชนะสิ่งต่าง ๆ ได้ วิวัฒนาการของมนุษย์ในอนาคต ถ้าอนาคตสามารถเอาชนะ inflowtechnology กับ microtechnology ถ้าเปรียบเทียบกับมหาวิทยาลัยไทยจะอ่อนกว่า เพราะทิศทางการศึกษาของไทยกับของโลกต่างกัน เมื่อประเทศไทยจะทำการพัฒนาสังคมให้เจริญก้าวหน้า ต้องมีหลายคนในการช่วยเหลือด้วยการมาเป็นพาร์ตเนอร์ซึ่งกันและกัน

ช่วง President talk : Vision of 5G for Thailand

ผู้บรรยาย : Mr. Sameer Sharma Senior advisor at ITU regional office for asia-pacific



สรุปการบรรยาย :

Mr.Sameer Sharma กล่าวถึงเกี่ยวกับ Setting the Scene for 5G: Opportunities & challengers ซึ่งได้กล่าวถึง 5G Use Cases ดังต่อไปนี้

1. Enhanced mobile broadband (eMBB) ที่เป็นเรื่องของความเร็วการส่งข้อมูล
2. Massive machine–type communications (mMTC) จำนวนอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อปริมาณมหาศาล
3. Ultra–reliable and low–latency communications (URLLC) ความหน่วงในระบบ 5G

ช่วง President talk : Vision of 5G for Thailand

ผู้บรรยาย : ดร. เจษฎา ศิวรักษ์ หัวหน้าฝ่ายรัฐกิจและธุรกิจสัมพันธ์ บริษัท อีริคสัน (ประเทศไทย) จำกัด

สรุปการบรรยาย :

ดร.เจษฎา ศิวรักษ์ กล่าวถึงวิสัยทัศน์ของ 5G ในประเทศไทย ระบบ 5G สร้างมาเพื่อมาเป็นดิจิทัลพื้นฐานตัวใหม่ที่ไม่ใช่การใช้งานอินเทอร์เน็ตแบบเดิม ในยุคนี้ ผู้นิยมใช้การโทรศัพท์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐานของ 5G ซึ่งพบว่าจำนวนผู้ใช้ในอนาคตจะมากขึ้นและราคาการใช้บริการจะถูกลง การพัฒนาการของ 5G จะมาพร้อมการพัฒนาของ IoT มีการให้บริการในระบบ 5G จะมีดังนี้

1. Connectivity and Infrastructure Provisioning
2. Service Enablement
3. Application & Service Provisioning

5G ในรูปแบบใหม่จะเหมาะกับกลุ่มผู้ทำอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่จะนำ 5G ไปใช้ และมีผลกระทบโดยตรงคือ

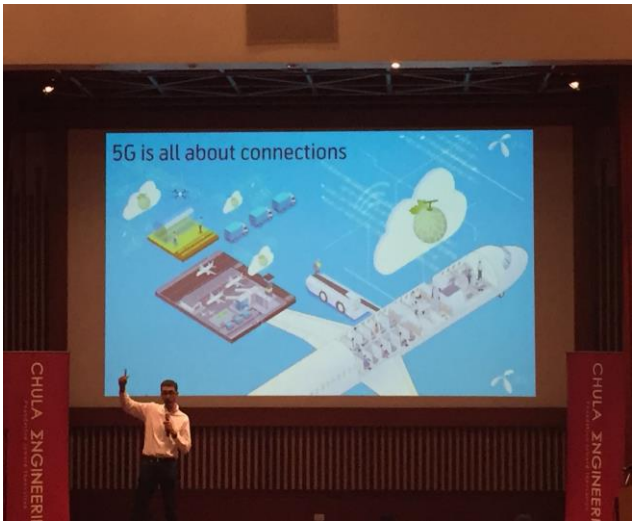
1. โรงงาน
2. พลังงาน
3. ความปลอดภัยในสาธารณะ

ระบบ 5G จะมาพร้อมกับคุณประโยชน์ในการใช้งานมากมายแต่ต้องยอมรับว่าค่าใช้จ่ายในการบริการแต่ละครั้งจะสูง และสิ้นเปลืองพลังงานในการใช้งานของแบตเตอรี่ในแต่ละครั้ง โดยในอนาคตหากมีการนำ 5G มาใช้งานในประเทศไทยจะมีผลกระทบดังนี้

1. ความถี่ที่หลากหลายและเทคโนโลยีที่หลากหลาย
2. เกิดอุตสาหกรรมใหม่เกิดขึ้น
3. มีการนำภาคอุตสาหกรรมอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง
4. การสื่อสารแบบใช้โครงข่ายเดียวกัน

ช่วง President talk : Vision of 5G for Thailand

ผู้บรรยาย : ราจีฟ บาวา รองประธานเจ้าหน้าที่บริหาร กลุ่มกิจการองค์กรและพัฒนาธุรกิจ
บริษัท โทเทิ่ล แอคเซ็ส คอมมูนิเคชัน จำกัด (มหาชน) หรือ DTAC



สรุปการบรรยาย :

คุณราจีฟ บาวา กล่าวถึงความแรงของสัญญาณ 5G ที่มากกว่า 4G และมีประโยชน์มากกว่า ความเร็วที่เหนือกว่า และยังรวมไปถึงการสื่อสารที่เชื่อมโยงแบบเป็นโครงข่ายที่แข็งแรงกว่า และ Dtac กำลังสร้างโครงข่าย 5G แห่งแรก ดังรูป

ช่วง President talk : Vision of 5G for Thailand

ผู้บรรยาย : คุณรังสรรค์ จันทร์นฤกุล รองกรรมการผู้จัดการใหญ่ หน่วยธุรกิจสื่อสารไร้สาย
บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

สรุปการบรรยาย :

คุณรังสรรค์ จันทร์นฤกุล กล่าวถึงประเทศไทยต้องมีโครงสร้างพื้นฐานเพื่อความมั่นคง และทำให้ปลอดภัย ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี กับวิสัยทัศน์ในการให้บริการด้วยเทคโนโลยี 5G มีดังนี้

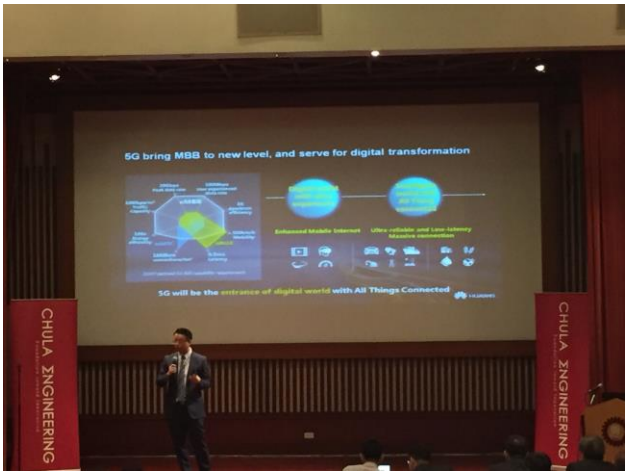
1. ด้านความมั่นคง
2. ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน
3. ด้านพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์
4. ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม
5. ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
6. ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ

ปัจจัยสำคัญในการผลักดัน 5G ให้เกิดขึ้น มีดังนี้

1. อุปกรณ์โครงข่าย โครงสร้างพื้นฐาน คลื่นความถี่ และอุปกรณ์
2. ความพร้อมในการลงทุน
3. บริการที่จะเกิดขึ้น
4. นโยบายและกฎระเบียบที่จะส่งเสริม

ช่วง President talk : Vision of 5G for Thailand

ผู้บรรยาย : Mr. Ma Xiao รองกรรมการผู้จัดการ บริษัท หัวเว่ย เทคโนโลยี (ประเทศไทย)



สรุปการบรรยาย :

Mr. Ma Xiao กล่าวถึงความต้องการในการใช้งาน 5G มากกว่า 4G เพราะว่า 4G ยังไม่ตอบสนองต่อความต้องการได้เพียงพอ ถ้าประเทศไทยต้องการเทคโนโลยีที่ก้าวหน้ามากกว่านี้ และในขณะนี้ทาง Huawei 5G patents & Standards บริษัท Huawei พยายามพัฒนาโทรศัพท์มือถือให้สามารถรองรับ 5G ได้ในอนาคต เพราะ Huawei เห็นถึงความสำคัญของ 5G ในอนาคต เนื่องจากอนาคตของ 5G ในประเทศไทยยุค 4.0 กำลังมีบทบาทที่สำคัญ

การเสวนาทางวิชาการช่วงที่ 1 : เรื่อง “regional and real application aspects for 5G Technology”

ผู้บรรยาย : 1. คุณรังสรรค์ จันทร์นฤกุล

2. ดร. สุพจน์ เธียรวุฒิ
3. คุณเสน่ห์ สายวงศ์
4. ดร. เอก จินดาพล
5. คุณวรกาน ลิขิตเดชาศักดิ์

สรุปการบรรยาย :

1. หน้าที่หลักของกสทช คืออะไร?

คุณเสน่ห์ สายวงศ์ (กสทช.) : กสทช. มีหน้าที่หลักในด้านที่เกี่ยวกับคลื่นความถี่ จึงเหมือนเป็นผู้สนับสนุนเกี่ยวกับ 5G ในอนาคต ซึ่งกสทช. จะเน้นเรื่องคลื่นที่จะนำมาใช้ในประเทศไทย และการนำคลื่นเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น ภาคการเงิน การเกษตร เป็นต้น

2. มีการเตรียมความพร้อมเกี่ยวกับ 5G อย่างไร?

TOT : ทาง TOT เตรียมความพร้อมเกี่ยวกับ ecosystem และจะเตรียมความพร้อมเกี่ยวกับแอปพลิเคชันต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะใช้ในภาคอุตสาหกรรมซึ่งจะเป็นแรงขับเคลื่อนในการนำไปใช้งานที่สำคัญ ส่วนเรื่องที่ตามมาคือเรื่องที่เกี่ยวกับการบริการต่าง ๆ เช่น การสมัครงาน ค่าใช้จ่าย เป็นต้น

Dtac : ทาง Dtac จะเปิดนวัตกรรมใหม่ ๆ ให้ภาคธุรกิจอื่น ๆ ด้วย ยกตัวอย่างเช่น เกษตรกรที่เข้ามาร่วมโครงการเกษตรกรแม่นยำ ซึ่งจะทำหน้าที่วัดความชื้น ความร้อน เป็นต้น และศึกษาช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวของ ฟาร์มซึ่งต่างจากการทำฟาร์มของคนสมัยก่อน ผลสรุปคือมีผลผลิตที่ดีขึ้นจากเดิม

ดร.สุรพจน์ กล่าวเกี่ยวกับความสำคัญของการพัฒนา use case ในการพัฒนาของ 5G การทดสอบการทำงานของ 5G ในเวลาเพียง 270 วัน ไม่สามารถวัดได้ว่าจะได้ผลเป็นอย่างไร เพราะไม่สามารถทราบจำนวนที่แน่นอนของเสาที่จะติดตั้ง การทดลองควรใช้เวลาอย่างน้อย 2 ปีในการทดสอบการใช้งาน และปัจจุบัน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยกำลังทำ chula transfromation โดยทางจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยต้องการให้นักเรียนสามารถเข้ามาศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้โดยผ่านการเรียนทางออนไลน์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีความพร้อมในการใช้พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นกรณีศึกษาเพราะจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีการใช้งานรถสาธารณะที่ใช้พลังงานไฟฟ้า

3. เมื่อเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์เดิมยังสามารถใช้งานได้อยู่หรือไม่?

คุณวรกาน (Huawei) : ในปีหน้าจะมีการนำมือถือที่สามารถรองรับ 5G ได้ออกวางจำหน่ายในท้องตลาด 5G นั้นต่างจากแทคโนโลยีที่มีมาก่อนเป็นอย่างมาก ใน 5G จะมีการพัฒนาให้สามารถเชื่อต่อแบบ Device to Device ให้มากขึ้น อินเทอร์เน็ตจะมีถึง 100 เมกะบิต ในตอนนี้ Huawei มีเทคโนโลยีที่พอทำได้เกี่ยวกับการรองรับ 5G

4. วิธีการกำหนดคลื่นความถี่ในการใช้งาน 5G ในประเทศไทยเป็นอย่างไร?

กสทช. : ปัจจัยสำคัญในการกำหนดคลื่นความถี่สำหรับระบบ 5G ในประเทศไทย

1) ทิศทางของนานาชาติในที่ประชุม ITU
2) ความต้องการและประเภทของแอปพลิเคชันในประเทศ
3) ความพร้อมของอุปกรณ์ในตลาด (สถานีฐานและลูกข่าย)
4) โอกาสเกิดการรบกวนกับกิจการเดิมที่มีใช้งานอยู่

การเสวนาทางวิชาการ ช่วงที่ 2 : เรื่อง “5G technology for smart city, public safety and disaster prevention”

ผู้บรรยาย : 1. ผศ. ดร. สรรเพชญ ซื้อนิธิไพศาล

2. คุณพชรธรรม์ พลอัครวัตน์

3. พล.อ.อ. สมนึก สวัสดิ์ถึก

4. ดร.ถิรพิรุฬห์ ทองคำวิฑูรย์

5. ดร. พีรเดช ณ น่าน

6. ดร. วโรดม คำแผ่นชัย

สรุปการบรรยาย :

1. สถานการณ์ 5G ในไทยจะมีแนวโน้มเป็นอย่างไร?

ดร.ถิรพิรุฬห์ ทองคำวิฑูรย์ กล่าวถึงเรื่องการร่วมผลักดันระบบ 5G กับต่างประเทศ ซึ่งมีผู้ร่วมอุดมการณ์กับต่างประเทศด้วยเช่นกัน นอกจากระบบ 5G จะมีความเร็วเพิ่มขึ้นมากจาก 4G ยังสามารถเชื่อมการสื่อสารในบริเวณที่มีจำนวนประชากรหนาแน่นได้เป็นอย่างดี ระบบ 5G สามารถปฏิวัติการถ่ายทอดสดกีฬาผ่านระบบ 3D ที่มีคุณภาพสูง เพราะสามารถเลือกตำแหน่งในการชมได้ จากระยะไกล เช่น ที่บ้าน เป็นต้น ซึ่งสิ่งนี้อาจมีประโยชน์ในการทำข่าว เนื่องจากสามารถชมทุกมิติที่อยากทราบข้อมูลได้ โดยใช้ระบบ 5G ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งสามารถกล่าวสรุปคำว่า real time เป็นภาษาอังกฤษได้ดังนี้ Many people can use the network at the same time without any lacking (Latency)

ดร. พีรเดช ณ น่าน กล่าวถึง 3 Use Cases ใหญ่ ๆ สิ่งที่น่าสนใจของระบบ 5G ในเรื่องความเร็วของอินเทอร์เน็ต มีการนำความเร็วของระบบ 5G ไปทดลองโดยใช้กับการแข่งรถ เพื่อศึกษาว่า 5G จะมีความเร็วเป็นอย่างไรเมื่อใช้กับความเร็วระดับรถแข่ง ปัจจัยสู่ความสำเร็จของ Innovation คือ

1) Research & Development

2) Standard

3) Business

การพัฒนาเกี่ยวกับอินเทอร์เน็ตมีมาเรื่อย ๆ จนมาถึงระบบ 5G ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้ รวมถึงจะมีเทคโนโลยีหลายอย่างรองรับการทำงานของระบบ 5G รวมถึงได้มีการกล่าวถึง Artificial Intelligence (AI) อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรม การแพทย์ และ operator and solution

2. เครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในระบบ 5G มีอะไรบ้าง?

คุณพชรธรรม์ พลอัครวัตน์ กล่าวถึงเรื่อง IoT ที่เกี่ยวกับการเชื่อมต่ออุปกรณ์สื่อสารจำนวนมากโดยใช้ระบบ 5G ซึ่งระบบ 4G ถูกออกแบบมาเพื่อให้มนุษย์ใช้งานเท่านั้น แต่ระบบ 5G นั้นถูกออกแบบมาเพื่อให้มนุษย์และอุปกรณ์ใช้งานร่วมกันได้ ซึ่งสิ่งนี้เป็นข้อแตกต่างที่เด่นชัดของระบบ 5G กับ ระบบ 4G จึงทำให้ในอนาคตจะเกิด smart city network คลอบคลุมทั้งพื้นที่ จึงต้องมีการประสานงานเยอะมาก ดังนั้นจึงต้องเกิดความร่วมมือกันภายในประเทศไทย

3. มีการประยุกต์ใช้ IoT กับพลังงานอย่างไร?

ดร. วโรดม คำแผ่นชัย กล่าวถึงการนำ IoT มาพัฒนาโดยการใช้ blockchain และ AI มาร่วมประมวลผลการใช้ไฟฟ้าในบ้าน รวมถึงการจ่ายไฟฟ้าในกลุ่มอาคารที่มีโซลาเซลล์ โดยอาคารโดยรอบสามารถใช้ไฟฟ้าจากอาคารหลักที่มีโซลาเซลล์ และไฟฟ้าที่เหลือมาขายคืนให้กับการไฟฟ้า

4. 5G กับการป้องกันภัยพิบัติของประเทศเป็นอย่างไรบ้าง?

พล.อ.อ. สมนึก สวัสดิ์ถึก กล่าวว่าขึ้นอยู่กับบริบทของการทำงาน และประเภทของงาน เช่น การแจ้งเตือนภัยพิบัติล่วงหน้า เพื่อสร้างความพร้อมให้กับประชาชน ซึ่ง 5G สามารถเชื่อมโยงกับข้อมูล big data ได้ เมื่อทำการแจ้งเตือนการเกิดภัยพิบัติจะส่งไปให้หน่วยราชการให้เตรียมความพร้อม เพื่อช่วยเหลือฉุกเฉินให้ทันท่วงที

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล ได้แบ่งปันประสบการณ์ด้าน IoT ที่เคยทำซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับหมอกควันพิษ โดยศึกษาการทำเซนเซอร์วัดหมอกควัน โดยเป็นตัวอย่าง IoT ที่นำมาใช้จริงในภาครัฐ

การเสวนาทางวิชาการ ช่วงที่ 3 : เรื่อง “ความสำคัญของเทคโนโลยี 5G ต่อเศรษฐกิจและสังคมไทย”

ผู้บรรยาย : 1. ศ. ดร. พิรงรอง รามสูต

2. ศ. ดร. โสรัจจ์ หงศ์ลดารมภ์

3. ผศ. ดร. พัชรสุทธิ์ สุจริตตานนท์

4. ดร. ปิยะบุตร บุญอร่ามเรือง

สรุปการบรรยาย :

1. แนวคิดทัศนคติเกี่ยวกับผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ที่เกิดจาก 5G และ 5G จะสามารถยกระดับเศรษฐกิจของประเทศไทยได้อย่างไร?

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรสุทธิ์ สุจริตตานนท์ ได้กล่าวถึงความสำคัญของอินเทอร์เน็ต และในประเทศไทยประชาชนสามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ถึงร้อยละ 60 โดยในช่วงเปลี่ยนจาก 2G ไป 3G การเข้าถึงอินเทอร์เน็ตเพิ่มขึ้นมากเนื่องจากเป็นยุคแรกที่เข้าถึงอินเทอร์เน็ตผ่านโทรศัพท์มือถือได้ ในช่วงเปลี่ยนจาก 3G ไป 4G อินเทอร์เน็ตมีความเร็วเพิ่มขึ้น เกิดบริการใหม่ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น และในช่วงเปลี่ยนจาก 4G ไป 5G เกิดโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับนวัตกรรมใหม่ ๆ

2. จะทำอย่างไรให้ประชาชนสามารถใช้นวัตกรรมให้เกิดประโยชน์สูงสุด?

ศาตราจารย์ ดร.โสรัจจ์ หงศ์ลดารมภ์ กล่าวถึงผลกระทบด้านจริยศาสตร์ที่ไม่ควรละเมิด คือการใช้เซนเซอร์ในการตรวจข้อมูลของผู้ใช้บริการ แล้วนำไปใช้ในทางที่ไม่ดี หรือเซนเซอร์ที่ใช้ในตู้เย็นเพื่อเตือนผู้ใช้ว่าของใช้ในตู้เย็นใกล้จะหมด จะเกิดอะไรขึ้นถ้ามีกล้องคอยตรวจสอบผู้ที่อยู่ในบ้าน และคอยเก็บข้อมูลของผู้ที่อยู่ในบ้านไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งอาจส่งผลดีถ้านำไปใช้ในทางที่ถูก

ประเทศจีนกำลังก้าวล้ำหน้าประเทศอื่น ๆ ทั่วโลกในการจัดเก็บข้อมูลของผู้คนอย่างแม่นยำ ซึ่งใช้ในการสแกนบุคคลในประเทศที่อาจจะมองเป็นเหมือนการละเมิดสิทธิส่วนบุคคลของคนในประเทศได้

3. การเข้ามาของเทคโนโลยี 5G จะส่งผลกระทบอย่างไร?

ศาสตราจารย์ ดร. พิรงรอง รามสูต กล่าวถึงบริษัทที่จะได้ประโยชน์มากที่สุด เมื่อ 5G เข้ามาคือ บริษัทด้านเทเลคอม บริษัท IT และบริษัทมีเดีย ซึ่ง 5G อาจจะสามารถช่วยลดความยากจนได้โดยการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคลเหล่านั้นเพื่อควบคุมพฤติกรรมของประชาชน การส่งข้อมูลผ่านไลน์ค่อนข้างไม่ปลอดภัยถ้าใช้ 3G แต่ถ้าใช้ Wi-Fi จะมีความปลอดภัยกว่า และได้ตั้งคำถามว่า 5G จะมีความปลอดภัยในการใช้งานข้อมูลหรือไม่ ประเด็นของ 5G ไม่ใช่แค่การช่วยให้เวลาในการสื่อสารสั้นลง และการที่ประชาชนมีการเข้าถึง 5G ที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อการเรียนรู้ทางออนไลน์ได้มากน้อยเพียงใด

4. การแข่งขันด้านธุรกิจแบบใหม่ใน 5G จะเป็นอย่างไร?

ดร.ปิยะบุตร บุญอร่ามเรือง กล่าวว่าถ้ากล่าวถึงวิธีการใช้งานจะแตกต่างกันไปเยอะมาก เช่น กฎหมายที่เคยใช้ในอดีตจะเปลี่ยนไป 5G จะมีการใช้คลื่นความถี่ที่เปลี่ยนไปจากเดิม โดยที่กฎหมายตอนนี้ยังไม่แน่นอน และถ้ามีการแข่งขันเกิดขึ้นจริง กฎหมายน่าจะเหมาะสมมากขึ้น

การเสวนาทางวิชาการ ช่วงที่ 4 : เรื่อง “การประยุกต์เทคโนโลยี 5G กับรถยนต์และระบบขนส่งอัจฉริยะ”

ผู้บรรยาย : 1. ดร. ภาสกร ประถมบุตร

2. ดร. ทิชากร วงศ์ภิรมย์ศานติ์

3. ดร. อภินันทน์ ตั้นพันธุ์

4. รศ. ดร. สรวิศ นฤปิติ

5. ผศ. ดร. นักสิทธ์ นุ่มวงษ์

สรุปการบรรยาย :

1. ระบบขนส่งอัจฉริยะโดยใช้ระบบ 5G เป็นอย่างไร?

รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ กล่าวถึงการทำเกี่ยวกับเทคโนโลยีภาคการขนส่งกับ 5G มีความเกี่ยวข้องกันอย่างไร หากผู้ใช้ต้องการสื่อสารกับผู้ใช้อื่นในระหว่างทาง ผู้ใช้จะต้องมีการสื่อสารกันกับผู้ใช้อื่น ๆ ซึ่งจะต้องมีการสื่อสารกับผู้ใช้อื่นหลาย ๆ คน ดังนั้นการนำ 5G มาใช้ในการสื่อสารระหว่างผู้ใช้จะให้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้นกว่าเดิม โดยทำให้รถของผู้ใช้มีความอัจฉริยะในการตัดสินใจ เช่น เมื่อเกิดอุบัติเหตุจะตัดสินใจในการเดินทางโดยใช้ระบบ 5G เข้ามาเกี่ยวข้อง

2. ในอนาคตจะนำตัวยานยนต์มาพัฒนากับ 5G ได้อย่างไร?

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นักสิทธ์ นุ่มวงษ์ กล่าวถึงการทำให้ยานยนต์เคลื่อนที่ไปได้โดยเพิ่มความสามารถในการรักษาความปลอดภัยโดยใช้ระบบ 5G ซึ่งต้องพิจารณาความปลอดภัยของยานพาหนะ สภาพแวดล้อมของถนนทั้งพื้นถนนหรือ สิ่งกีดขวาง และผู้ขับขี่ยานพาหนะ

การนำ 5G มาใช้จะสามารถช่วยในเรื่องการรักษาความปลอดภัยในการขับรถได้ โดยใช้เซนเซอร์หรือการเบรกอัตโนมัติก่อนจะเกิดอุบัติเหตุ

ดร.ทิชากร วงศ์ภิรมย์ศานติ์ กล่าวถึงอุบัติเหตุที่สามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาโดยยากต่อการคาดการณ์ว่าจะเกิดขึ้นตอนไหน ดังนั้นการนำระบบ 5G มาใช้งานจะสามารถช่วยในการยับยั้งอุบัติเหตุที่คาดการณ์ไม่ได้ เพราะรถจะหยุดได้เอง ซึ่งจะมีการส่งข้อมูลถึงยานพาหนะที่ผู้ใช้ขับขี่อยู่ว่าควรเบรกอย่างไร เบรกเมื่อไหร่ โดยที่ยานพาหนะจะทำการแจ้งเตือนเมื่อเกิดปัญหานั้น ซึ่งบางคนมีพฤติกรรมชอบขับรถชิดกับรถคันหน้ามาก ซึ่งจะทำให้เบรกไม่ทันเมื่อเกิดอุบัติเหตุกะทันหัน ดังนั้นการนำระบบ 5G มาใช้เพื่อช่วยเตือนเกี่ยวกับระยะเบรกจะช่วยลดอุบัติเหตุที่มักจะเกิดขึ้นบนท้องถนนได้

ดร.อภินันทน์ ตั้นพันธุ์ กล่าวถึงความสนใจของลูกค้าในระบบการขนส่ง ซึ่งถ้านำ 5G มาใช้จะสามารถนำมาใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน รวมถึงการนำเซนเซอร์มาใช้งานเมื่อมีระบบ 5G ในอนาคต โดยมองภาพว่าในอนาคตยานพาหนะจะต้องมีการสื่อสารซึ่งกันและกัน

รถยนต์แต่ละคันจะมีการส่งสัญญาณเพื่อตรวจสอบมีรถคันใดอยู่รอบข้าง เพื่อส่งสัญญาณสื่อสารซึ่งกันและกัน สิ่งที่มองในอนาคตเกี่ยวกับขอบเขตการทำงานเมื่อนำระบบ 5G มาใช้ เช่น ผู้ขับขี่สามารถทำกิจกรรมได้หลากหลายในขณะขับรถ

ดร. ภาสกร ประถมบุตร กล่าวว่าทำไมถึงต้องพัฒนาระบบ 5G ขึ้นมาด้วย เนื่องจากสมัยก่อนมีการใช้รถกับระบบ DSRC ซึ่งมีปัญหาค่อนข้างมากดังนี้

1) DSRC ต้องการ RSU จำนวนมาก ซึ่งยากที่นำมาปรับใช้ต่างจากโทรศัพท์มือถือที่มีใช้งานกันอยู่แล้ว

2) ในการส่งข้อมูลระยะ 300 เมตร ของ DSRC ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ต้องทำงานร่วมกับ LTE หรือ 5G ที่ไกลขึ้น (2 - 3 กม.)

3) ยังไม่มีผู้ผลิตรถประกาศลงทุนในตลาด V2X ในสหรัฐอเมริกาแต่ผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์มือถือค่ายสื่อสารพร้อมที่จะร่วมสร้าง ecosystem

4) ด้านความปลอดภัยนั้น DSRC ใช้ PKI โดยอาศัย RSU ที่เชื่อมกับเซิร์ฟเวอร์ซึ่งทำให้เกิดจริงได้ยาก

5) พื้นฐาน DSRC มาจาก Wi-Fi ที่ใช้กับอุปกรณ์ที่เคลื่อนช้า ซึ่งไม่เหมาะกับยานพาหนะ

6) V2V ต้องส่ง ตำแหน่ง ความเร็ว ความเร่ง และ heading จำนวน 10 ครั้งต่อวินาที และไม่เกิดความผิดพลาด ซึ่ง DSRC ไม่สามารถทำได้ และข้อมูลจำนวนมหาศาลจะปนกัน

นอกจากนี้ยังกล่าวว่าทำไมต้องใช้ 5G ดังนี้

1) พิจารณา 5G เป็นเหมือนเซนเซอร์หรือองค์ประกอบหนึ่งในรถขับเคลื่อนอัตโนมัติ

2) สามารถเชื่อมกับอุปกรณ์อื่นโดยเฉพาะผู้ใช้ได้ ไม่ใช่เฉพาะ V2V หรือ V2I

5. สรุปแบบสอบถาม

5.1 จำนวนผู้กรอกแบบสอบถาม

43 คน

5.2 เพศ

ชาย: 33 คน หรือร้อยละ 77

หญิง: 10 คน หรือร้อยละ 23

5.3 อายุ

20 - 30 ปี: 8 คน หรือร้อยละ 18

31 - 40 ปี: 6 คน หรือร้อยละ 14

41 - 50 ปี: 16 คน หรือร้อยละ 37

51 ขึ้นไป: 13 คน หรือร้อยละ 31

5.4 การศึกษา

ต่ำกว่าปริญญาตรี: 1 คน หรือร้อยละ 2

ปริญญาตรี: 16 คน หรือร้อยละ 37

ปริญญาโท: 22 คน หรือร้อยละ 51

ปริญญาเอก: 4 คน หรือร้อยละ 10

5.5 ความพึงพอใจด้านเนื้อหาและสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร

ประเด็นความคิดเห็น	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	คะแนนเฉลี่ย
ด้านเนื้อหา						
1. ท่านได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี 5G เพิ่มขึ้น	9	24	9	1	0	3.95
ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร						
1. สถานที่และสภาพแวดล้อมมีความเหมาะสม	11	24	8	0	0	4.07
2. ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	9	25	6	2	1	3.91
3. อาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ มีความเหมาะสม	12	20	7	2	2	3.88

5.4 ท่านอยากให้มีการจัดอบรมในครั้งถัดไปหรือไม่

อยาก: 33 คน หรือร้อยละ 78

ไม่อยาก: 1 คน หรือร้อยละ 2

ไม่ออกความเห็น: 9 คน หรือร้อยละ 20

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 1

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 1

1. กำหนดการและกิจกรรม

วันที่ 27 มีนาคม 2562 เวลา 08.30 - 15.00 น.

สถานที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร

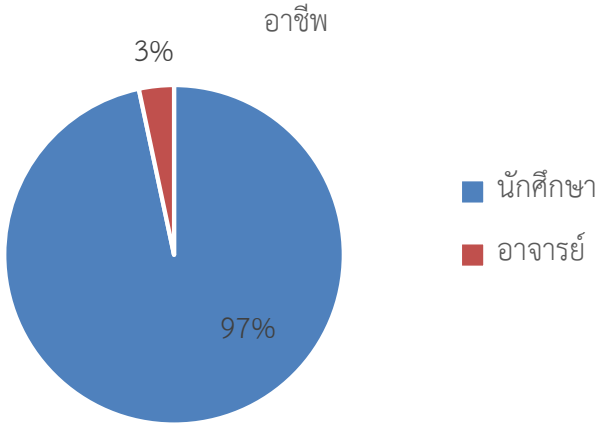
เวลา	หัวข้อการบรรยาย
08.30 - 09.00	ลงทะเบียน และรับเอกสารการอบรม
09.00 - 09.15	ประธานกล่าวเปิดงาน
09.15 - 10.15	ภาพรวมความก้าวหน้าเทคโนโลยีไร้สาย 5G - การสื่อสารไร้สายในยุคต่าง ๆ - แนวทางการใช้งานการสื่อสารไร้สายยุคที่ 5 - เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สารที่นำมาใช้ใน 5G โดย รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
10.15 - 11.15	ความรู้เบื้องและการทดสอบเทคโนโลยี 5G - โครงข่ายเน็ตเวิร์คสำหรับเทคโนโลยี 5G - อุปกรณ์ทดสอบสำหรับเทคโนโลยี 5G โดย ผศ.ดร.วิทวัส สิฏฐกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
11.15 - 12.15	ประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Millimeter Wave และ Massive MIMO ใน 5G - ทำไม 5G ต้องใช้ Millimeter wave - คุณลักษณะของ Millimeter wave - การประยุกต์ใช้ Millimeter wave ใน 5G - ประโยชน์ของ Massive MIMO ใน 5G โดย ดร.พิสิฐ วนิชชานันท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
12.15 - 13.00	รับประทานอาหารกลางวัน
13.00 - 14.00	การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Channel Coding ใน 5G - Channel Coding ในมาตรฐานต่างๆ - หลักการทำงาน IR-HARQ ในการสื่อสารไร้สาย - การประยุกต์ใช้ Channel Coding ใน 5G โดย ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
14.00 - 15.00	การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Channel Coding ใน 5G (ต่อ) - ตัวอย่างการเข้ารหัสและถอดรหัส LDPC codes และ Polar codes - สาธิตการใช้งานโปรแกรมจำลองรหัสช่องสัญญาณ โดย รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ และนายพฤกษ์ สระศรีทอง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ กำหนดการข้างต้นอาจมีการปรับได้ตามสถานการณ์ ความพร้อม และความเหมาะสม

2. รายละเอียดผู้เข้าร่วม

จำนวนผู้เข้าร่วมงาน 60 คน แบ่งตามอาชีพได้ดังนี้

อาชีพผู้เข้าร่วมงาน	จำนวน
นักศึกษา	58
อาจารย์	2



3. ภาพบรรยากาศ

4. สรุปเนื้อหาของผู้บรรยาย

หัวข้อบรรยาย : ภาพรวมความก้าวหน้าเทคโนโลยีไร้สาย 5G

ผู้บรรยาย : รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ

สรุปการบรรยาย :

ในอดีตนั้น หน่วยงานที่รับผิดชอบการวางชุมสายโทรศัพท์ในเขตนครหลวงและดูแลกิจการโทรศัพท์ของทั้งประเทศไทยคือ องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยหรือ ท.ศ.ท ที่ถือกำเนิดขึ้นเมื่อปี 2497 หลังจากนั้นในปี 2545 องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยได้แปรรูปมาเป็นบริษัทมหาชนจำกัดชื่อ บริษัท ทศท คอร์ปอเรชัน จำกัด (มหาชน) (TOT Corporation Public Company Limited) สังกัดกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม จากนั้นในปี 2548 จึงได้เปลี่ยนมาใช้ชื่อเป็น บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) (TOT Public Company Limited) โดยบริษัท ทีโอที เพิ่งได้มีการเฉลิมฉลองวันครบรอบ 65 ปีวันก่อตั้งองค์กรเมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2562 ที่ผ่านมาเหตุการณ์สำคัญของการสื่อสารในประเทศไทยมามารถเรียงลำดับได้ดังนี้

- ในปี 2529 องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยได้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นครั้งแรกในประเทศไทยภายใต้เทคโนโลยี 1G ที่ความถี่ 470 MHz
- ในปี 2533 บริษัทแอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (Advanced Info Services Public Company Limited) หรือ เอไอเอส (AIS) ได้รับสัมปทานความถี่จากองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย สำหรับการให้บริการระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 900 MHz เป็นเวลา 20 ปี
- ในปี 2537 ได้เริ่มมีการเปิดให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบดิจิทัล จีเอสเอ็ม ภายใต้เทคโนโลยี 2G
- ในปี 2555 ได้เริ่มจัดตั้งการประมูลคลื่นความถี่ 2.1 GHz สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 3G โดยการประมูลครั้งนี้มีผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3 บริษัทคือ DTAC TRUE AIS ซึ่งการประมูลในครั้งนี้จะมีการเคาะราคาทั้งหมด 7 รอบ ซึ่งมีผลทำให้ราคารวมทั้ง 9 สล็อตอยู่ที่ 41,625 ล้านบาท ซึ่งสูงจากราคาตั้งต้นเพียงร้อยละ 2.78 เท่านั้น ผลการประมูลคือแต่ละบริษัทได้รับสัมปทานไปอย่างเท่าเทียมกันที่ 3 สล็อต แบนด์วิดธ์ 15 MHz เป็นระยะเวลา 15 ปี
- ในปี 2558 เป็นวันสิ้นสุดสัญญาสัมปทานคลื่นความถี่ 900 MHz ระหว่าง AIS กับ TOT หรือที่เรารู้จักกันในชื่อ Cellular 900, GSM 900, GSM Advance, AIS 2G โดยที่ตลอด 25 ปี (รวมต่ออายุ 5 ปี) ที่ผ่านมา AIS ยังส่งส่วนแบ่งรายได้ให้ TOT เป็นเงินรวมกว่า 240,000 ล้านบาท

- ในปี 2558 มีการจัดตั้งการประมูลคลื่นความถี่ 1.8 GHz ซึ่งใช้รอบในการประมูลจำนวน 86 รอบ และมีราคาประมูลรวมของคลื่นความถี่ 2 ชุด เท่ากับ 80,778 ล้านบาท โดยมีผู้ชนะการประมูลในชุดคลื่นความถี่ 1710 - 1725 MHz คู่กับ 1805 - 1820 MHz คือ บริษัท ทรู มูฟ เอช ยูนิเวอร์แซล คอมมิวนิเคชัน จำกัด ราคาสุดท้ายที่เสนอคือ 39,792 ล้านบาท และผู้ชนะการประมูลในชุดคลื่นความถี่ 1725 - 1740 MHz คู่กับ 1820 - 1835 MHz คือ บริษัท แอดวานซ์ ไวร์เลส เน็ทเวอร์ค จำกัด โดยราคาสุดท้ายที่เสนอคือ 40,986 ล้านบาท โดยได้รับสัมปทานรายละ 15 MHz เป็นระยะเวลา 18 ปี
- ในปี 2558 ภายหลังจากสัมปทานคลื่น 900 MHz ของ AIS หมดลงเมื่อต้นปี 2558 จึงได้มีการจัดประมูลคลื่นความถี่ 900 MHz ใหม่อีกครั้ง อันเนื่องมาจากคลื่นความถี่ย่านนี้เป็นคลื่นความถี่ยอดฮิต จึงทำให้มูลค่าการประมูลครั้งนี้พุ่งขึ้นไปสูงเป็นประวัติการณ์ถึง 1.5 แสนล้านบาท (สูงที่สุดเป็นอันดับ 2 ของโลก) ผู้ที่ได้รับสัมปทานไปคือ JAS และ TRUE รายละ 10 MHz ระยะเวลา 15 ปี โดยเสนอราคาประมูลที่ 75,654 ล้านบาทและ 76,298 ล้านบาท ตามลำดับ (อย่างไรก็ตามภายหลัง JAS Mobile ไม่สามารถดำเนินการต่อได้)
- ในปี 2561 ได้มีการจัดการประมูลคลื่น 1800 MHz งวดที่ 2 โดยมีผู้เข้าร่วมสองรายคือ AIS และ DTAC โดยมีใบอนุญาตเปิดให้ประมูลถึง 9 ใบอนุญาต ใบละ 5 MHz แต่สองบริษัทเคาะประมูลไปกันแค่คนละใบเท่านั้น ราคาประมูลรวมทั้งสิ้น 25,022 ล้านบาท

จากนั้นผู้บรรยายได้ให้ความรู้ถึงวิวัฒนาการของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคต่าง ๆ โดยโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ถือกำเนิดขึ้นในปี 1980 โดยโทรศัพท์ในบุกเบิกนี้จะถูกเรียกว่า 1G ซึ่งจะเน้นไปที่การสื่อสารผ่านเสียงเท่านั้น การส่งสัญญาณเสียงในยุค 1G เป็นแบบแอนะล็อกจึงทำให้ความปลอดภัยของการสื่อสารมีค่าต่ำ ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะถูกดักฟังการสนทนาได้โดยง่าย ในปี 1992 โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้เปลี่ยนผ่านเข้าสู่ยุค 2G ด้วยมาตรฐาน GSM (Global System for Mobile Communications) ในยุค 2G เริ่มมีการพัฒนารูปแบบการส่งสัญญาณเสียงแบบแอนะล็อกมาเป็นดิจิทัล โดยอาศัยการเข้ารหัส TDMA (Time Division Multiple Access) ซึ่งเป็นการเพิ่มช่องทางการสื่อสารทำให้รองรับปริมาณผู้ใช้งานที่มีมากขึ้นได้ แอปพลิเคชันที่เพิ่มเข้ามาในยุค 2G คือผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถส่งข้อความผ่านทาง SMS (Short message service) ได้ หลังจากนั้นในปี 2001 โทรศัพท์มือถือได้ก้าวมาสู่ยุค 3G ซึ่งมีความปลอดภัยในการส่งข้อมูลที่สูงขึ้น เนื่องจากมีการใช้เทคโนโลยี CDMA (Code Division Multiple Access) ซึ่งเป็นการสื่อสารกันด้วยสัญญาณที่ถูกเข้ารหัส โดยจะมีเพียงเครื่องส่งและเครื่องรับเท่านั้นที่จะสามารถถอดรหัสสัญญาณดังกล่าวได้ อีกทั้งผู้ใช้งานยังสามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ always on ได้ อีกทั้งในยุค 3G ยังเป็นยุคที่มีการถือกำเนิดของสมาร์ตโฟน (Smartphone) จากหลาย ๆ บริษัท ไม่ว่าจะเป็น Apple หรือ Samsung เป็นต้น หลังจากในปี 2010 การสื่อสารได้ถูกเปลี่ยนผ่านเข้าสู่ยุค 4G โดยความสำคัญในยุคนี้คือมีการใช้เทคโนโลยี OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) แทนที่เทคโนโลยี TDMA และ CDMA เดิม ด้วยเทคโนโลยีดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพการส่งข้อมูลมีค่าสูงขึ้นภายใต้แบนด์วิดธ์ (Bandwidth) ที่จำกัด ส่งผลให้สามารถส่งและรับข้อมูลด้วยความเร็วสูงขึ้นอย่างมาก ดังนั้นในยุค 4G จึงมีการใช้งาน video streaming และ social media ต่าง ๆ รวมถึงเทคโนโลยี Internet of Thing (IoT) อย่างแพร่หลาย จากอดีตที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าเจเนอเรชันของโทรศัพท์มือถือมีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในทุก ๆ 10 ปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันที่ก้าวเข้าสู่ปี 2019 ที่ซึ่งเทคโนโลยี 5G กำลังจะถูกนำเข้ามาใช้และมีบทบาทต่อชีวิตประจำวันเร็ว ๆ นี้

ความคาดหวังจากการมาถึงของ 5G คือต้องสามารถรองรับปริมาณ Data traffic ที่เพิ่มมากขึ้นในอนาคตให้ได้ ซึ่งจากการสำรวจพบว่าในปัจจุบันมีการใช้ข้อมูล Data traffic ในโทรศัพท์เคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นอย่างมาก อันเนื่องจากการเข้ามาของการถ่ายทอดสดผ่านทางอินเทอร์เน็ต รวมไปถึงความต้องการภาพและวิดีโอที่มีความละเอียดสูงขึ้น

ในปัจจุบันนี้ หลายประเทศได้เริ่มมีการประมูลคลื่นความถี่สำหรับเทคโนโลยี 5G แล้ว เช่น เกาหลีใต้ ได้เริ่มมีการประมูลคลื่น 3.5 GHz และ 28 GHz ที่มีมูลค่าการประมูลสูงถึง 3.6 ล้านล้านวอน อีกทั้งในสหราชอาณาจักรนั้นได้มีการประมูลคลื่นในย่าน 3410 MHz – 3580 MHz มูลค่ารวมสูงถึง 205 ล้านปอนด์ รวมไปถึงประเทศในยุโรปตะวันตก เช่น ออสเตรีย เบลเยี่ยม ฝรั่งเศส เยอรมนี เนเธอร์แลนด์ และสวิตเซอร์แลนด์ ก็ได้เริ่มต้นมีการประมูลคลื่นสำหรับเทคโนโลยี 5G ไปแล้วเช่นกัน สำหรับประเทศไทยนั้น ยังคงตามหลังประเทศข้างต้นอยู่หลายช่วงตัว ซึ่งขณะนี้หลาย ๆ องค์กรและมหาวิทยาลัยในประเทศไทยกำลังอยู่ในช่วงทดสอบการใช้งาน เช่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้มีการทดสอบติดตั้ง ศูนย์ทดลองทดสอบเทคโนโลยี 5G โดยมีเป้าหมายเพื่อเป็นแพลตฟอร์มเปิดสำหรับการทดลองทดสอบและวิจัยเทคโนโลยี 5G เป็นระยะเวลา 2 ปี และเพื่อพัฒนาบุคลากรให้มีความพร้อมรองรับการขยายตัวของอุตสาหกรรมในอนาคต โดยการติดตั้งศูนย์ทดสอบ 5G ได้รับความร่วมมือจากผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เช่น DTAC TRUE CAT TOT และ AIS

หัวข้อบรรยาย : ความรู้เบื้องและการทดสอบเทคโนโลยี 5G
ผู้บรรยาย : ผศ.ดร.วิทวัส สิฏฐกุล

สรุปการบรรยาย :

จากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่พบว่า สิ่งที่ผู้ใช้งานส่วนใหญ่คาดหวังจากการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่บนเครือข่าย 5G แบ่งเป็น 3 แบบคือ ความต้องการเข้าถึงข้อมูลความเร็วสูง ๆ (enhanced mobile broadband) การสื่อสารข้อมูลที่มีเสถียรภาพสูงหรือความหน่วงต่ำ (ultra-reliable and low latency communications) และการเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนมากหรือการใช้งานอุปกรณ์ IoT (massive machine type communication) โดยสามารถเรียกกลุ่มผู้ใช้งานทั้งสามกลุ่มข้างต้นอย่างย่อว่ากลุ่ม eMBB mMTC และ URLLC ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเนื่องจากมีกลุ่มผู้ใช้งาน 3 กลุ่ม ดังนั้นการออกแบบมาตรฐาน 5G จะไม่สามารถรองรับความต้องการของคนทุกส่วนได้พร้อมกันหมด แต่สามารถปรับคุณลักษณะให้เหมาะสมแก่กลุ่มผู้ใช้งานหนึ่ง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สิ่งจำเป็นที่จะต้องได้รับการพัฒนาสำหรับเทคโนโลยี 5G คือ

1. อุปกรณ์รองรับ 5G ในขณะนี้บริษัทจำหน่ายอุปกรณ์เชื่อมต่อและโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้มีการเตรียมอุปกรณ์เพื่อรองรับเทคโนโลยี 5G ไว้เสร็จสิ้นแล้ว การเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ภายในโทรศัพท์เคลื่อนที่หลัก ๆ ได้แก่ สายอากาศ ซึ่งในระบบ 4G ดั้งเดิมนั้นเป็น 4x4 MIMO แต่ในเทคโนโลยี 5G นั้น เป็นแบบเสาอากาศแบบ Massive MIMO ซึ่งปัญหาหลัก ๆ สำหรับผู้ใช้งานเลยคือโทรศัพท์บางรุ่นที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอาจไม่สามารถนำไปแก้ไขเปลี่ยนสายอากาศเพื่อรองรับเทคโนโลยี 5G ได้

2. คลื่นความถี่ ในปัจจุบันนี้ในประเทศไทยยังไม่ได้มีการประมูลคลื่นความถี่สำหรับเทคโนโลยี 5G ทั้งนี้มีการคาดการณ์ไว้ว่าย่านสเปกตรัมหรือความถี่ของเทคโนโลยี 5G นั้น จะมีค่าสูงขึ้นโดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มขนาดแบนด์วิดธ์ของการรับส่งข้อมูล

3. แอปพลิเคชัน การเกิดขึ้นของเทคโนโลยี 5G นั้นจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาแอปพลิเคชันใหม่ ๆ มากมาย ตัวอย่างแอปพลิเคชั่นที่เกิดขึ้นจริงแล้ว เช่น การซื้อภาพยนต์ออนไลน์ผ่านทาง iTunes และการรับชมภาพยนต์ผ่านแอปพลิเคชั่น NETFLIX แทนที่การซื้อภาพยนต์ที่ร้านจำหน่าย

สำหรับกระบวนการทดสอบการใช้งาน 5G ก่อนที่ระบบสื่อสารจะเปลี่ยนผ่านเข้าสู่ 5G เต็มรูปแบบนั้น วิศวกรจะต้องทำการทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญเช่น Peak data rate Peak spectrum efficiency User experience data rate Area traffic capacity Mobility Latency และ Interruption time ให้เป็นไปตามสเปกตามตารางด้านล่าง

Requirements for eMBB	**Values(s)**
Peak data rate	Downlink 20 Gbit/s; Uplink 10 Gbit/s
Peak spectrum efficiency	Downlink 30 Gbit/s/Hz; Uplink 15 Gbit/s/Hz
User experience data rate	100 Mb/s – Dense urban
Area traffic capacity	10 Mb/s/m^2 - Indoor
Mobility	Up to 500 km/h
Latency	4 ms (user plan); 10 ms (control plan)
Interruption time	0 ms
Requirements for URLLC	**Values(s)**
Latency	1 ms (user plan); 4 ms (control plan)
Interruption time	0
Reliability	99.999% within 1 ms
Requirements for mMTC	**Values(s)**
Connection density	1 million/km^2
General Requirements	**Values(s)**
Bandwidth	At least 100 MHz

วิธีการทดสอบระบบ 5G เบื้องต้น ที่วิศวกรจำเป็นต้องทราบคือ

1. การทดสอบการใช้งานสเปกตรัมหรือย่านความถี่ โดยวิศวกรต้องมีการตรวจเช็กว่าอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อมีการใช้งานในย่านความถี่ตรงตามที่ได้รับสัมปทานไว้หรือไม่

2. การทดสอบ beamforming เนื่องด้วยภายใต้เทคโนโลยี 5G นั้น สถานีฐานสามารถใช้วิธีการบังคับปรับเปลี่ยนลำแสงของคลื่น (beamforming) เพื่อเพิ่มคุณภาพในการส่งสัญญาณ ดังนั้นสำหรับการทดสอบคุณภาพของกระบวนการ beamforming วิศวกรต้องมีการตรวจวัดลำแสงคลื่นที่ส่งเข้าอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อว่ามีความถูกต้องและตรงตามตำแหน่งของอุปกรณ์หรือไม่ มีการแทรกสอดของลำแสงคลื่นจากสถานีฐานอื่นหรือไม่ พร้อมปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3. การทดสอบรูปแบบคลื่น เนื่องด้วยกระบวนการส่งข้อมูลของเทคโนโลยี 5G มีการใช้การมอดูเลชันแบบใหม่ CP-OFDM/OFDMA แตกต่างจากเทคโนโลยี 4G เดิม ฉะนั้นวิศวกรจึงจำเป็นต้องมีการทดสอบโดยการตรวจเช็ครูปแบบคลื่นว่าตรงตามมาตรฐานและสัมพันธ์ตามกระบวนการมอดูเลชันที่เลือกใช้หรือไม่

4. การทดสอบคลื่นความถี่ Millimeter wave เนื่องด้วยอุปกรณ์การเชื่อมต่อที่ใช้งานคลื่นความถี่สูง ๆ โดยเฉพาะย่าน Millimeter wave จะมีขนาดเล็กมาก เพราะฉะนั้นโดยส่วนใหญ่จะมีการทดสอบอุปกรณ์การเชื่อมต่อผ่านทาง Over the Air (OTA)

5. การทดสอบเครือข่าย (network) ด้วยความที่เทคโนโลยี 5G สามารถใช้กระบวนการ network slicing ดังนั้น วิศวกรจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโครงข่ายว่ามีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงการใช้แอปพลิเคชันหรือไม่

หัวข้อบรรยาย : ประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Millimeter Wave และ Massive MIMO ใน 5G

ผู้บรรยาย : ดร.พิสิฐ วนิชชานันท์

สรุปการบรรยาย :

ย่านความถี่ที่ถูกคาดหมายว่าจะถูกนำมาใช้สำหรับ 5G คือความถี่ย่าน Millimeter wave ซึ่งการใช้คลื่นความถี่สูงในย่าน Millimeter wave จะทำให้แบนด์วิดธ์ (Bandwidth) มีขนาดที่กว้างกว่าย่านความถี่ดั้งเดิม ดังนั้นจึงทำให้การสื่อสารในยุค 5G มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่สูงกว่าเทคโนโลยี 4G มาก คุณลักษณะของย่านความถี่ Millimeter wave สามารถพิจารณาจากสภาวะการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระดับน้ำทะเลของคลื่นย่าน Millimeter wave ซึ่งพบว่าจะมีบางช่วงของความถี่ที่มีการดูดซับทางแม่เหล็กไฟฟ้าสูงหรือมีการลดทอนสูง เนื่องมาจากไอน้ำและออกซิเจนในชั้นบรรยากาศ ยกตัวอย่างเช่น ในบริเวณ 24 60 184 และ 325 GHz เป็นต้น โดยความถี่เหล่านี้จะไม่ได้ถูกเพิกเฉยไปอย่างเปล่าประโยชน์ แต่จะถูกนำไปใช้ประโยชน์กับการส่งสัญญาณในระยะทางใกล้ ๆ หรือภายใน indoor ที่คาดว่าจะมีการลดทอนเนื่องจากไอน้ำและออกซิเจนที่น้อยลง ในทางตรงกันข้าม ในย่านที่มีการดูดซับทางแม่เหล็กไฟฟ้าต่ำหรือมีการลดทอนต่ำ จะถูกนำไปใช้กับการส่งข้อมูลระยะทางไกลหรือใช้สำหรับการส่งข้อมูลระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน มากกว่านั้นคลื่นย่าน Millimeter wave มีคุณสมบัติคล้ายแสง กล่าวคือมีคุณภาพการส่งผ่านสัญญาณที่ดีเมื่อมีการส่งคลื่นเป็นเส้นตรง (Line of Sight) ซึ่งหากมีสิ่งกีดขวางและมีการตกกระทบเกิดขึ้นจะมีการลดทอนของคุณภาพลงอย่างมาก และอันเนื่องมาจากคลื่นในย่านดังกล่าวมีคุณสมบัติคล้ายแสง ดังนั้นการส่งคลื่นในย่านนี้สามารถใช้เลนส์หรือใช้เส้นใยแก้วนำแสง (Fiber optic) ในการช่วยกระจายคลื่นออกไปได้ อีกหนึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นในย่าน Millimeter wave คือมีการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์เคลื่อนดอปเปลอร์ (Doppler shift) กล่าวคือเมื่อวัตถุที่สะท้อนหรือเครื่องรับสัญญาณมีการเคลื่อนที่ จะส่งผลให้ความถี่ภายหลังการกระทบจะมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความเร็วและทิศทางของวัตถุที่เคลื่อนที่ ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้ถือเป็นปัญหาที่รุนแรงสำหรับการใช้งานคลื่น Millimeter wave เพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางความถี่ที่มีนัยสำคัญแม้กระทั้งเครื่องรับเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับการเดินของมนุษย์ อย่างไรก็ตาม เป็นที่ทราบกันอย่างดีว่าคลื่นในย่านนี้ถือเป็นคลื่นย่าน unlicensed กล่าวคือเป็นคลื่นความถี่ที่ไม่ต้องขอรับอนุญาตหรือคลื่นความถี่ที่ใช้งานร่วมกัน และในส่วนมาตรฐานการใช้คลื่นในย่าน Millimeter wave (57 – 64 GHz) นั้นจะประกอบไปด้วย

1. WirelessHD 1.0 (UltraGig) ริเริ่มใช้เมื่อปี 2008 มีวัตถุประสงค์สำหรับการใช้ video streaming
2. IEEE 802.11ad (WiGig) ริเริ่มใช้เมื่อปี 2012 ซึ่งปัจจุบันมาตรฐานถูกนำไปรวมกับ Wi-Fi แล้ว
3. IEEE 802.11ay เป็นมาตรฐานใหม่ที่ถูกริเริ่มเมื่อปี 2017 - 2018 โดยมีแบนด์วิดท์เพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 4 เท่า ส่งผลให้ความเร็วในการเข้าถึงข้อมูลมากขึ้นจากมาตรฐานเดิมอย่างมาก

มาตรฐานหัวข้อที่ 1 และ 2 ถูกใช้ในการสื่อสารในระยะใกล้หรือ indoor เนื่องจากให้ระยะทางในการส่งประมาณ 10 – 20 เมตร แตกต่างจากมาตรฐานใหม่ในหัวข้อที่ 3 ที่จะเพิ่มระยะการส่งข้อมูลได้มากขึ้นถึง 300 – 500 เมตร ซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน ตัวอย่างอุปกรณ์ที่มีการใช้คลื่นย่าน Millimeter wave ปัจจุบัน เช่น WirelessHD ในผลิตภัณฑ์ Dell Alienware laptops Epson Projector 3020e และ Sony Personal 3D Viewer HMZ-T3W เป็นต้น สำหรับมาตรฐาน IEEE 802.11ad ถูกนำมาใช้ในรูปแบบ Chipsets ในหลาย ๆ ผลิตภัณฑ์ เช่น Qualcomm Wilocity Tensorcom และ Nitero Chipset เป็นต้น สุดท้ายในส่วนการใช้งานคลื่น Millimeter wave สำหรับเทคโนโลยี 5G ในอนาคตนั้น

สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชันที่เคยมีมาดั้งเดิมให้ดียิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น Cloud storage Monitoring sensor network Real-time gaming และ Video streaming เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชันใหม่ ๆ เช่น Autonomous driving Augmented reality Virtual reality และ Tactile internet อีกด้วย

หัวข้อบรรยาย : การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Channel Coding ใน 5G
ผู้บรรยาย : ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์

สรุปการบรรยาย :

การสื่อสารในยุค 5G เรียกร้องประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลที่สูง ดังนั้นจะต้องมีการนำรหัสช่องสัญญาณมาใช้เพื่อแก้ไขความผิดพลาดของบิตข้อมูลจากความผิดปกติของช่องสัญญาณ หมายเหตุว่ารหัสช่องสัญญาณไม่ได้ถูกใช้เฉพาะการสื่อสารไร้สาย 5G เท่านั้น ยังมีแอปพลิเคชันอื่น ๆ ที่มีการใช้เทคโนโลยีการเข้ารหัสช่องสัญญาณ ตัวอย่างเช่น

- **หน่วยความจำคอมพิวเตอร์ RAM, DRAM** มีการใช้งานรหัสแฮมมิ่ง (Hamming Codes: 1950)
- **การสื่อสารดาวเทียม** มีการใช้งานรหัสคอนโวลูชัน (Convolution Codes: 1955)
- **การสื่อสารระหว่างยานอวกาศนิวฮอร์ไรซอนส์** มีการใช้งานรหัสเทอร์โบ (Turbo Codes: 1993)
- **ระบบบันทึกข้อมูล HDD และ SSD** มีการใช้งานรหัสแอลดีพีซี (LDPC codes: 1962)

ทั้งนี้ผู้บรรยายจะเน้นไปที่การใช้รหัสช่องสัญญาณสำหรับการสื่อสารไร้สาย 5G เท่านั้น โดยเป็นที่ทราบกันดีว่าการสื่อสารระหว่างสถานีฐานและโทรศัพท์เคลื่อนที่ประกอบไปด้วยข้อมูล 2 ชนิด ชนิดแรกคือ User data ซึ่งเป็นข้อมูลที่แท้จริงของผู้ใช้งานที่พยายามส่งไปที่ผู้รับปลายทาง ชนิดที่สองคือ Control data ซึ่งเป็นข้อมูลที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ส่งข้อความตอบกลับไปยังสถานีฐานว่าได้รับข้อมูลถูกต้องหรือไม่ หรือสภาพสัญญาณรบกวนบริเวณนั้น ๆ เป็นต้น สำหรับการเลือกใช้รหัสช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับ 5G นั้น ถูกกำหนดโดยองค์กร 3GPP

ซึ่งเป็นองค์กรที่ประกอบไปด้วยสมาชิกจากบริษัทชั้นนำด้านโทรคมนาคม ที่มุ่งเน้นงานที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีโครงข่ายโทรคมนาคมของโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยทำการแบ่งกลุ่มเทคนิคออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. Radio access network (RAN) มีหน้าที่ในการกำหนดมาตรฐานของ Layer 1
2. Core network & terminals (CT) มีหน้าที่ในการกำหนดมาตรฐานของ Layer 3
3. Service & systems aspects (SA) มีหน้าที่ในการดูแลและให้บริการแอปพลิเคชัน Layer 6 – 7

แผนงานของ 3GPP สำหรับการกำหนดมาตรฐานของเทคโนโลยี 5G สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 เฟส ในเฟสแรกได้ดำเนินการเสร็จสิ้นไปแล้วระหว่างปี 2016 - 2017 โดยในเฟสแรกนี้เริ่มต้นจากการศึกษาพฤติกรรมการใช้งานของ 5G ตามการคาดการณ์ของ ITU โดยในอนาคตมีการคาดการณ์ไว้ว่า ผู้ใช้งานจะถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ๆ คือ เน้นความเร็วสูง ความหน่วงต่ำ และการใช้งาน IoT หลังจากการศึกษาเสร็จสิ้น ในลำดับถัดมาจะมีการออกแบบโครงข่ายเน็ตเวิร์คเพื่อรองรับกลุ่มผู้ใช้งานทั้ง 3 กลุ่มข้างต้น โดยกลุ่มที่รับชอบในส่วนนี้คือ CT และ RAN จากนั้นจะเป็นการศึกษาถึงข้อกำหนดของ layer 1 – 2 ว่าควรจะออกแบบอย่างไรจึงจะรองรับการออกแบบข้างต้นได้ โดยการคัดเลือกและออกแบบรหัสช่องสัญญาณก็ถือว่าอยู่ในขั้นตอนนี้เช่นกัน ทั้งนี้การประชุมของกลุ่ม RAN WG1 มีจุดประสงค์เพื่อคัดเลือกและออกแบบ “รหัสช่องสัญญาณ” ให้มีความเหมาะสมกับเทคโนโลยี 5G มากที่สุด ซึ่งกลุ่มนี้ได้เริ่มศึกษารหัสช่องสัญญาณสำหรับมาตรฐาน 5G ในการประชุม RAN WG1 Meeting #84bis และเสร็จสิ้นในการประชุม RAN WG1 Meeting #91 (ประชุมจำนวน 14 ครั้ง ระยะเวลา 1 ปี 9 เดือน) โดยได้ข้อสรุปว่าจะมีการนำรหัสแอลดีพีซีมาใช้สำหรับข้อมูลในส่วน User data และมีการใช้รหัสโพลาร์สำหรับการส่งข้อมูลในส่วน Control data จากนั้นจึงเกิดมาตรฐานที่ชื่อว่า 3GPP NR ขึ้นมา และจะนำส่งไปพิจารณาที่ IMT-2020 ต่อไป

ในส่วนการออกแบบของรหัสแอลดีพีซีใน 5G นั้น จะต้องออกแบบให้รองรับการทำงาน IR-HARQ (Hybrid ARQ with Incremental Redundancy) ซึ่งกระบวนการทำงาน IR-HARQ กำเนิดมาจากเทคนิค Hybrid ARQ ที่เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างเทคนิค ARQ error-control และการเข้ารหัสช่องสัญญาณด้วยอัตรารหัสที่ปรับค่าได้ ความพิเศษของเทคนิค IR-HARQ ที่แตกต่างจากเทคนิค Hybrid ARQ คือเมื่อภาครับได้รับการแจ้งเตือนว่ามีความผิดพลาดของข้อมูลที่ได้รับขึ้น ภาครับจะทำการส่งการแจ้งเตือน NACK กลับไปยังภาคส่ง โดยภาคส่งจะมีการเข้ารหัสข้อมูลเดิมด้วยอัตรารหัสที่ต่ำลงเพื่อเพิ่มจำนวนบิตพาริตีให้มากขึ้น และทำการส่งเฉพาะบิตพาริตีอันใหม่ที่ไม่ซ้ำซ้อนกับชุดก่อนหน้ามาที่ภาครับ กระบวนดังกล่าวจะเป็นการลดความซ้ำซ้อนในการส่งข้อมูลเดิมซ้ำ เพราะฉะนั้นเงื่อนไขที่สำคัญสำหรับการออกแบบรหัสแอลดีพีซีคือจะต้องรองรับการทำงาน IR-HARQ กล่าวคือต้องมีการใช้โครงสร้างรหัสแอลดีพีซีหรือเมทริกซ์ **H** เพียงชุดเดียวสำหรับทุกอัตรารหัส อีกทั้งต้องสามารถเข้ารหัสข้อมูลเพื่อหาบิตพาริตีบางส่วนได้โดยไม่จำเป็นต้องหาบิตพาริตีทั้งหมด ซึ่งจากผลการทดสอบเบื้องต้นจากโปรแกรมจำลอง MATLAB พบว่ารหัสแอลดีพีซีที่ออกแบบตามมาตรฐาน 5G ให้สมรรถนะอัตราบิตผิดพลาดที่ต่ำกว่ารหัสแอลดีพีซีตามมาตรฐาน IEEE 802.11 ปัจจุบัน ในส่วนสุดท้ายผู้บรรยายได้กล่าวถึงรหัสโพลาร์ โดยกระบวนการเข้ารหัสโพลาร์จะอาศัยการแทรกบิตโฟรเซ่นไปยังข้อมูลในตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด โดยตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดคือบริเวณช่องสัญญาณที่มีอัตราบิตผิดพลาดที่สูง เพราะฉะนั้นข้อมูลที่แท้จริงของผู้ใช้งานจะถูกเลือกส่งไปยังช่องสัญญาณที่มีอัตราบิตผิดพลาดที่ต่ำกว่า ซึ่งจากผลการทดสอบผ่านการจำลองพบว่ารหัสโพลาร์จะมีอัตราบิตผิดพลาดที่ต่ำกว่ารหัสแอลดีพีซีที่ความยาวข้อมูลสั้น ๆ

5. สรุปแบบสอบถาม

5.1 จำนวนผู้กรอกแบบสอบถาม

54 คน

5.2 เพศ

ชาย: 36 คน หรือร้อยละ 67

หญิง: 18 คน หรือร้อยละ 33

5.3 อายุ

20 - 30 ปี: 54 คนร้อยละ หรือ 100

31 - 40 ปี: 0 คนร้อยละ หรือ 0

41 - 50 ปี: 0 คนร้อยละ หรือ 0

51 ขึ้นไป: 0 คนร้อยละ หรือ 0

5.4 การศึกษา

ต่ำกว่าปริญญาตรี: 0 คน หรือร้อยละ 0

ปริญญาตรี: 52 คน หรือร้อยละ 96

ปริญญาโท: 1 คน หรือร้อยละ 2

ปริญญาเอก: 1 คน หรือร้อยละ 2

5.5 ความพึงพอใจด้านเนื้อหาและสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร

ประเด็นความคิดเห็น	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	คะแนนเฉลี่ย
ด้านเนื้อหา						
1. ท่านได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี 5G เพิ่มขึ้น	28	25	1	0	0	4.5
ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร						
1. สถานที่และสภาพแวดล้อมมีความเหมาะสม	40	14	0	0	0	4.74
2. ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	26	22	6	0	0	4.37
3. อาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ มีความเหมาะสม	42	12	0	0	0	4.78

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 2

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 2

1. กำหนดการและกิจกรรม

วันศุกร์ที่ 29 มีนาคม 2562 เวลา 09:00 – 16:00 น.
สถานที่ ห้องประชุม 3 ชั้น 3 สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพมหานคร

เวลา	รายละเอียด
08.30 – 09.00 น.	ลงทะเบียนเข้าร่วมงาน
09.00 – 09.10 น.	กล่าวเปิดการงาน
09:10 – 09:30 น.	**Why 5G?**
09:30 – 10:00 น.	Group activity#1
10:00 – 10:30 น.	**What is 5G? MIMO, LDPC**
10:30 – 10:45 น.	พักทานอาหารว่าง
10:45 – 11:30 น.	**What is 5G? MIMO, LDPC** (Cont.)
11:30 – 12:00 น.	**4G VS. 5G**
12:00 – 13:00 น.	พักทานอาหารกลางวัน
13:00 – 13:30 น.	**5G Frequency bands**
13:30 – 14:30 น.	Group activity#2
14:35 – 14:45 น.	พักทานอาหารว่าง
14:45 – 15:15 น.	**5G Benefits**
15:15 – 15:40 น.	**5G Commercial Use Cases**
15:40 – 16:00 น.	Open Session for Q&A and Sharing Ideas

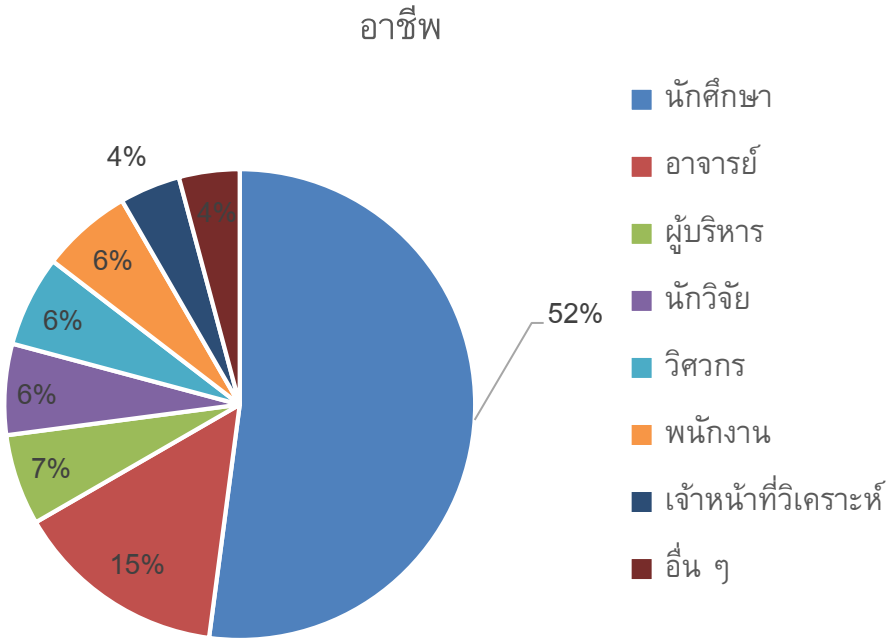
หมายเหตุ กำหนดการข้างต้นอาจมีการปรับได้ตามสถานการณ์ ความพร้อม และความเหมาะสม

2. รายละเอียดผู้เข้าร่วม

จำนวนผู้เข้าร่วมงาน 48 คน แบ่งตามอาชีพได้ดังนี้

อาชีพผู้เข้าร่วมงาน	จำนวน
นักศึกษา	25
อาจารย์	7
ผู้บริหาร	3

อาชีพผู้เข้าร่วมงาน	จำนวน
นักวิจัย	3
วิศวกร	3
พนักงาน	3
เจ้าหน้าที่วิเคราะห์	2
อื่น ๆ	2



3. ภาพบรรยากาศ

4. สรุปเนื้อหาของผู้บรรยาย

ดร. สุพจน์ เธียรวุฒิ

ผู้อำนวยการโครงการ CU Transformation และผู้ช่วยอธิการบดีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงการการทดลองทดสอบ 5G ที่มีความร่วมมือกับกสทช. ซึ่งกสทช. ทำงานร่วมกับผู้ให้บริการทุกราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอไอเอส ซึ่งถือเป็นพันธมิตรกับคณะวิศวกรรมศาสตร์มาอย่างยาวนาน ในโครงการนี้จะมีความร่วมมือในเรื่องของการเชิญชวนผู้ให้บริการมาร่วมสร้างโอกาส 5G ให้เกิดขึ้นในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมาช่วยการพัฒนา use case อีกทั้งยังต้องมาช่วยกันพิจารณาว่า 5G จะใช้ประโยชน์อย่างไรให้เหมาะสมกับประเทศไทย ซึ่งในคณะวิศวกรรมศาสตร์ได้นำรายชื่อโครงการมากกว่าสิบโครงการ โดยในโครงการมีงานวิจัยของอาจารย์มารองรับ เช่น ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่เกี่ยวกับแขนกลหุ่นยนต์ หรือรถขนส่งอัตโนมัติ เป็นต้น โดยจะนำเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่มีอยู่มาใช้ในเรื่องของ smart city และลองศึกษาว่าเมื่อนำ 5G มาใช้จะทำให้การทำงานต่าง ๆ มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้นเท่าไหร่ ซึ่งจะมีเรื่องของ telehelp ที่เคยทำร่วมกับจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมีเรื่องการทดสอบการทำ smart home โดยจะมีเสาส่งสัญญาณมาให้ และหาวิธีการให้ผู้ประกอบการใช้ประโยชน์จากเสาร่วมกัน ไม่จำเป็นจะต้องไปตั้งเสาส่งสัญญาณกระจัดกระจาย ทั้งหมดนี้เป็นการทดลองทดสอบ ซึ่งการทดลองทดสอบจะถูกนำเสนอให้เป็นองค์ความรู้ของประเทศไทยส่งผ่านทางกสทช. อีกโครงการหนึ่งที่ต้องทำคือการเผยแพร่องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ 5G เพราะฉะนั้นความร่วมมือในวันนี้เป็นก้าวแรกที่บริษัทเอไอเอสได้จัดวิทยากรมาบรรยายเกี่ยวกับเรื่องความรู้พื้นฐาน 5G

คุณวสิษฐ์ วัฒนศัพท์

หัวหน้าฝ่ายงานปฏิบัติการสนับสนุนด้านเทคนิคทั่วประเทศ บริษัทเอไอเอส

คุณวสิษฐ์ วัฒนศัพท์ มีความยินดีเป็นอย่างยิ่งที่ได้รับเกียรติจากทางจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยให้มาร่วมแบ่งปันความรู้เกี่ยวกับ 5G โดยคลาสนี้เป็นคลาสแรก 5G นั้นเริ่มต้นในวันที่ 22 พฤศจิกายน 2561 เป็นครั้งแรกที่นำ 5G มาไลฟ์บรอดแคสต์ในประเทศไทย มีการนำ use case ต่าง ๆ มาแสดง use case ของเอไอเอสหลัก ๆ คือต้องการสร้างความตระหนักให้ชาวไทยรู้ว่า ถ้า 5G มาแล้วจะเกิดอะไรขึ้น ซึ่งสิ่งที่เกิดขึ้นคือ 5G เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มี characteristic ที่แตกต่างจากมือถือในยุค 4G 3G 2G หรือ 1G ที่ใช้กัน ซึ่งวิทยากรจะมาบรรยายให้ฟังในวันนี้

ในฐานะผู้บริหาร ถ้า 5G เกิดขึ้นในประเทศไทย มีการประมูลความถี่ที่มีราคาแพง ตั้งแต่มีการ grow out เน็ตเวิร์คใหม่ทั้งประเทศ แต่ผู้ใช้ยังไม่รู้สึกว่ามีอะไรใหม่ ซึ่งอันนี้น่าจะเป็นปัญหากับผู้ให้บริการส่วนใหญ่ สิ่งที่สำคัญคือจะต้องพิราณาว่ากลุ่ม user ถัดไปของ 5G คือใคร ซึ่งคำตอบคือ vertical industry ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นภาคอุตสาหกรรม อย่างที่ท่านอาจารย์สุพจน์เรียนให้ทราบคือ telehelp หรือทางด้านอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากโทรศัพท์มือถือ เพราะฉะนั้น สิ่งที่เอไอเอสพยายามจะทำอยู่คือสร้างความตระหนักให้กับประเทศไทยว่า จะเกิดอะไรขึ้น ถ้า 5G เข้ามา ทางกสทช. แจ้งว่าอีกประมาณ 2 ปี 5G น่าจะ grow out ในประเทศไทย และคำถามที่จะเกิดขึ้นคือชาวไทยเตรียมพร้อมแล้วหรือยัง? เพราะฉะนั้น ก่อนหน้านี้ที่ประสบกับเรื่องของ “ดิจิทัลดิสรัปชัน” เมื่อดิจิทัลเข้ามาส่งผลให้หนังสือพิมพ์ และนิตยสารปิดตัวลง ซึ่งในขณะนั้นไม่มีใครทราบมาก่อนว่าจะเกิดอะไรขึ้น แต่ใน

ครั้งนี้ผู้ให้บริการพยายามที่จะสื่อสารออกไปให้ทุกคนฟัง ซึ่งจะมีการบรรยายการเวิร์กชอปแบบนี้อีก เพื่อที่แจ้งให้ทราบว่าในอีก 2 ปี 5G จะเข้ามาในประเทศไทยซึ่งมีคุณสมบัติเด่น ๆ อะไรบ้าง

ด้านคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มาช่วยระดมความคิดเกี่ยวกับการสร้าง use case ผู้ประกอบการจะได้ทราบว่าจะต้องปรับตัวอย่างไร นักศึกษาจะทราบว่าเมื่อจบการศึกษาแล้วการออกไปเริ่มทำงานจะต้องพบเจอกับอะไรบ้าง และผู้จัดงานเชื่อว่าการบรรยายในวันนี้จะให้ประโยชน์กับทุกท่านที่เข้าร่วมฟังและหวังว่าจะมีการจัดอบรมอีกในครั้งต่อไป

คุณพงษ์เทพ เจียรอุดมทรัพย์

Engineering specialist บริษัทเอไอเอส

ก่อนหน้านี้ โครงการนี้เป็นความร่วมมือของเอไอเอสกับจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่จะช่วยแบ่งปันความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี 5G ซึ่งตอนนี้ถูกกล่าวถึงกันมากพอสมควร ซึ่งทิศทางของเทคโนโลยี 5G ในอนาคตภายในปีนี้หรือปีหน้าและในปีถัดไปจะเริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น ในหัวข้อบรรยายในวันนี้ จะเป็นหัวข้อที่กล่าวถึงรายละเอียดของเทคโนโลยี 5G ในระดับพื้นฐานทั่วไป ซึ่งผู้เข้าร่วมรับฟังวันนี้มีหลากหลายสาขาอาชีพ ไม่ว่าจะเป็นอาจารย์ นักศึกษาปริญญาเอก โท และตรี ซึ่งโดยเนื้อหาน่าจะเรียนรู้และเข้าใจได้ไม่ยาก ส่วนในรายละเอียดที่มากกว่านี้ เอไอเอสมีความร่วมมือกับทางจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังนั้นอาจจะมีการจัดเซสชันที่มีรายละเอียดมากกว่านี้ที่เป็นลักษณะเชิงเทคนิคมากขึ้น ซึ่งอาจจะต้องเป็นในการบรรยายถัดไป สำหรับการบรรยายนี้จะกล่าวถึงในส่วนที่เป็น 5G พื้นฐาน ในเนื้อหาจะมีส่วนที่เป็นทั้ง ทฤษฎีทั่วไปและส่วนที่เป็นกิจกรรมกลุ่มเพื่อระดมความคิด

หัวข้อที่จะบรรยายในวันนี้จะกล่าวถึงเหตุผลในการเกิดขึ้นของ 5G และอธิบายว่า 5G คืออะไร? นอกจากนี้จะมีการเปรียบเทียบระหว่าง 4G และ 5G แล้วจะมีการให้ความรู้เรื่องความถี่ ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญอันหนึ่งที่จะทำให้เทคโนโลยี 5G สามารถนำมาใช้ได้ รวมถึงประโยชน์ และ use case ต่าง ๆ ที่จะนำ 5G ไปใช้ได้ ซึ่งจะมาพิจารณาในรายละเอียดในวันนี้

เริ่มต้นด้วยหัวข้อแรกที่มาของ 5G ในสไลด์แสดงแนวโน้มของการใช้ mobile internet ซึ่งแอปพลิเคชันที่ใช้ผ่านโทรศัพท์มือถือที่ส่วนใหญ่จะเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตอยู่แล้ว ถ้าไม่เชื่อมต่อไวไฟ จะเชื่อมต่อผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ การใช้งาน data ในส่วนนี้ ถ้าเป็น mobile internet เริ่มเห็นชัดเจนตั้งแต่เทคโนโลยี 3G เมื่อ 3G เข้ามาเริ่มเห็นแนวโน้ม เพราะว่าเทคโนโลยี 3G สามารถรองรับการใช้งาน mobile internet ได้ดี หลังจาก 3G จะมีอุปกรณ์อะไรที่มารองรับมากขึ้น มีแอปพลิเคชันใช้งานมากขึ้น data มีการเติบโตต่อเนื่องมาตลอด ซึ่งแนวโน้มในตอนนี้ประมาณการเป็นตัวเลขที่ได้จาก cisco ซึ่งประมาณ volume ของ data ในยุคก่อนเป็น Mbps ถัดมาเพิ่มเป็น Gbps ในยุคหลังจะเริ่มมี Tbps หรือ Pbps และในปัจจุบันเริ่มเป็น Ebps เทคโนโลยีที่ใช้อยู่ทุกวันนี้ เป็นเทคโนโลยี 4G ซึ่งเป็นตัวที่ดีที่สุดของประเทศไทย ในปัจจุบันมีคนกล่าวถึงเทคโนโลยี 6G ที่ยังไม่รู้ว่าจะมีลักษณะเป็นอย่างไร เพราะ 5G ยังไม่แล้วเสร็จ ตัวขับเคลื่อนที่สำคัญของเทรนด์ mobile internet มีอยู่ 3 อย่างได้แก่ การเกิดขึ้นของเทคโนโลยีไร้สาย อุปกรณ์ที่ใช้งานอินเทอร์เน็ตได้เช่น สมาร์ตโฟน แทบเล็ต และแอปพลิเคชันในอุปกรณ์ ซึ่ง 3 อย่างนี้เป็นสิ่งที่ขับเคลื่อน การใช้งาน mobile internet เมื่อพิจารณาในปัจจุบันยังพบว่าตัวขับเคลื่อน 3 อย่างนี้มีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งขับเคลื่อนให้มีการใช้ data สูงขึ้น ตัวอย่างของเอไอเอส ถ้าพิจารณาปริมาณการ

ใช้ data เห็นแนวโน้มว่าเติบโตขึ้นตลอด ตั้งแต่มีบริการ 3G ในทุกไตรมาสที่ประกาศออกมา ปริมาณ volume ของ data ถ้ามองต่อ user ต่อเดือนมีความเติบโตขึ้น ตอนนี้ตัวเลขของไตรมาสที่ 4 ในปี 2018 มีจำนวนเฉลี่ยของ volume/user/month อยู่ที่ประมาณ 11 GB จากในยุคก่อนที่มีเพียง 5 - 6 GB พบว่าเติบโตค่อนข้างเร็ว วิธีการที่ทำให้ปริมาณ data เติบโต คือพยายายามทำให้จำนวน user ที่ใช้งานให้มีจำนวนมากขึ้น ปัจจุบันถ้าจะกล่าวถึงจำนวน user ที่ใช้สมาร์ตโฟนผูกกับเบอร์โทรศัพท์ จะพบว่าส่วนใหญ่ค่อนข้างจะเริ่มมีปริมาณคงที่โอกาสที่จำนวน user จะเติบโตค่อนข้างยาก

แนวโน้มต่อไปที่จะเห็นชัดเจนขึ้นในเรื่องของจำนวน user คือแอปพลิเคชันที่เรียกว่า IoT โดยจะพิจารณา user ที่เป็นสิ่งของ (Thing) เมื่อกล่าวถึงสิ่งของสเกลจะกว้างมาก เพราะว่าสิ่งของจะเป็นอุปกรณ์ใด ๆ ละนี่คือการเพิ่มจำนวน user อีกทางหนึ่ง อีกเทรนด์หนึ่งกล่าวว่าทำให้ user ใช้ data ให้มากขึ้นผ่านทางแอปพลิเคชันต่าง ๆ ในโทรศัพท์มือถือ พบว่าวิธีนี้ไม่ต้องกระตุ้นมากเนื่องจากเป็นพฤติกรรมของ user ในปัจจุบันอยู่แล้วที่มีการใช้งานชมภาพยนต์ ชมสตรีมมิงซึ่งข้อมูลประเภทนี้จะมีทั้งข้อมูลภาพและข้อมูลเสียง การใช้งานเกี่ยวกับวิดีโอปัจจุบันนี้เทคโนโลยีจะเป็นระดับอัลตราไฮเดฟ 4K หรือ 8K ทำให้การใช้งาน data มีปริมาณเพิ่มขึ้นโดยที่ไม่ต้องไปกระตุ้นมาก เมื่อมีผู้ใช้งานมากขึ้น เทคโนโลยีวิดีโอคอนเทนต์จะทำให้ปริมาณ data เติบโตค่อนข้างมาก นอกเหนือจากวิดีโอคอนเทนต์ จะมีเทคโนโลยีเกี่ยวกับวิดีโอ ที่ถูกกล่าวถึงกันค่อนข้างมากคือ VR แนวคิดของ VR คือ พาผู้ใช้เข้าไปอยู่ในโลกเสมือนผ่านอุปกรณ์ ส่วนใหญ่วิธีการที่นิยมใช้จะเป็นการสวมแว่นตา อาจจะมีเซนเซอร์ หรือถุงมือเพิ่มเติมเพื่อนำไว้ใช้ทำอย่างอื่นได้ การใช้งานวิดีโอคอนเทนต์ประเภทนี้ ต้องการแบนด์วิดธ์มากกว่าปัจจุบัน ถ้าเทคโนโลยีนี้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในอนาคตปริมาณ data จะเติบโตขึ้นมาก และอีกเทคโนโลยีที่กล่าวถึงคือ AR ซึ่งจะคล้าย VR แนวคิดของ AR คือ พาวัตถุเสมือนมาสู่โลกความจริง เช่น โฮโลแกรม ซึ่งเทคโนโลยีนี้เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ data traffic สูง เพราะฉะนั้นโดยสรุปถ้ากล่าวถึงเทรนด์ต่อไป ในการเพิ่ม user จะเป็นเรื่องของ IoT ส่วนการเพิ่มปริมาณ data เป็นเรื่องของวิดีโอคอนเทนต์ที่มีการใช้งานเพิ่มมากขึ้น รวมถึง VR และ AR

เมื่อ 5G เข้ามา ข้อมูลจาก GSMC ที่สรุปเป็นตัวเลขเพื่อให้เห็นภาพว่าตอนนี้ทั่วโลกมีการดำเนินการถึงจุดไหนแล้วซึ่งปัจจุบันอยู่ที่ระหว่างปี 2019 - 2020 ในประเทศไทย ผู้ใช้ 4G ค่าเฉลี่ยอยู่ประมาณเกือบร้อยละ 39 ผู้ใช้ 3G อยู่ที่ประมาณร้อยละ 31 และผู้ใช้ 2G อยู่ที่ประมาณร้อยละ 26 ถัดมาพิจารณาเทรนด์ของเทคโนโลยี โดยเทรนด์ของ 4G เติบโตมาเรื่อย ๆ ตั้งแต่เริ่มมี 4G ส่งผลให้ผู้ใช้ 2G ค่อย ๆ ลดลง และ 2G จะยกเลิกบริการภายใน 31 ตุลาคม 2562 เพราะฉะนั้น 2G จะค่อย ๆ หายไป 3G จะเป็นเทรนด์แบบเดียวกัน เมื่อ 5G เข้ามาจะค่อย ๆ มี user มาใช้งาน 5G ส่วนที่มี user จำนวนมากจะเป็น 4G และ 3G ส่วน 5G จะเป็นตัวเข้ามาเสริมในช่วงเริ่มแรก

ช่วงกิจกรรมกลุ่มจะมีโจทย์ให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้ระดมความคิดในการสร้างบริการที่รองรับคุณสมบัติต่าง ๆ ของ 5G ได้แก่ throughput latency และ reliability

หัวข้อถัดมาจะกล่าวถึงความหมายของ 5G แต่เนื่องเนื้อหาที่มีจำนวนมาก ดังนั้นการบรรยายในวันนี้จึงไม่ได้ลงรายละเอียดมากและจะบรรยายในเชิง general overview เพื่อให้เห็นภาพรวม หรือกรอบของเทคโนโลยี 5G ว่าจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอะไรได้บ้าง เมื่อกล่าวถึง 5G คือ generation หนึ่งที่กำลังจะไปถึงในอีกประมาณ 1 - 2 ปีหลังจากนี้ หรือคือ generation ยุคถัดไป ถ้าพิจารณาย้อนกลับไปสมัยก่อน ในยุค 1G การบริการคือ มีการโทรด้วยเสียงเพียงอย่างเดียว ที่สำคัญคือเป็นแบบไร้สายก็เพียงพอ ถือเป็นยุคแรกที่กล่าวถึง 1G คุณภาพเสียงยุค

แอนะล็อกด้อยกว่าดิจิทัล รวมถึงเรื่องความปลอดภัย ในยุค 1G การสนทนาสามารถถูกดักฟังได้ มาถึงยุคที่ 2 เริ่มเข้าสู่ยุคดิจิทัล เรื่องความปลอดภัยก็ดีขึ้นตามมา เพราะมีระบบจัดการ ซึ่งจะปลอดภัยกว่ายุคที่ 1 มาก รวมถึงบริการที่นำมาใช้นอกเหนือจากการสนทนาด้วยเสียง จะเป็นการส่งข้อความสั้น ๆ หรือ sms ซึ่งในสมัยก่อนใช้กันแพร่หลาย มีบริการเสริมที่เพิ่มเข้ามาเช่น บริการฝากข้อความ ยุคที่ 2 เป็นยุคเปลี่ยนผ่าน คือมีการเพิ่มฟังก์ชันที่เป็น data service เข้ามา ช่วงกลาง ๆ ยุคมีการพัฒนา GPRS ทำให้ใช้ data ได้ ในยุคที่ 2 ยังสามารถมีการโรมมิงได้ทั่วโลก และก้าวเข้าสู่ยุค 3G ซึ่งยุค 3G จะเน้น data เป็นหลัก ซึ่งต้องทำให้ throughput สูง และ latency ต่ำ เมื่อ 3G เข้ามาเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลง มีการใช้ data เพิ่มขึ้น เพราะว่ามี smart device เข้ามายุคนั้นพอดี และเปิดโอกาสให้มีคนพัฒนาแอปพลิเคชันที่ใช้กับสมาร์ตโฟนได้ จึงมีการพัฒนาแอปพลิเคชันขึ้นมาจำนวนมาก ทำให้ใช้ data มากขึ้นตามา เมื่อปริมาณ data ที่ใช้มากขึ้น 3G เริ่มรองรับไม่ไหว ทำให้เกิดเป็นเทคโนโลยี 4G ซึ่งเป็นยุคปัจจุบันนี้ แนวคิด 4G ยังคงเหมือนเดิมคือทำให้ throughput สูง และ latency ต่ำลง เมื่อก้าวเข้าสู่ยุค 5G แนวคิดยังยังคงเหมือนเดิมคือ ทำให้ throughput สูงขึ้น และ latency ต่ำลง แต่ 5G จะพิเศษกว่า คือถ้าพิจารณาในมุมมองของผู้ที่กำหนดมาตรฐาน จะไม่ได้มองเพียง throughput หรือ latency แต่จะเริ่มโฟกัสที่บริการใหม่หรือ business model แบบใหม่ ซึ่งในยุคก่อนผู้ที่กำหนดมาตรฐานไม่ได้มองในเรื่องนี้ ซึ่ง 5G เป็นมาตรฐานยุคใหม่ที่จะเริ่มพิจารณาในเรื่องนี้เพิ่มขึ้น เพราฉะนั้นถ้าไปศึกษามาตรฐานของ 5G จะกล่าวถึง business model แบบใหม่ บริการใหม่ ๆ เพิ่มเข้ามา ซึ่งนำมารองรับในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ

ถ้าพิจารณาคุณสมบัติของ 5G ซึ่งอาจจะเป็นเชิงเทคนิคเพิ่มเข้ามา เทคโนโลยี 5G มาพร้อมกับ cloud platform เมื่อกล่าวถึง cloud platform คือการฝากรูปหรือฝากไฟล์ไว้บน cloud ซึ่งความหมายคือสร้างเน็ตเวิร์คที่มีเซิร์ฟเวอร์อยู่ทั่วโลก แล้วสร้างระบบที่เรียกว่า virtualization ซึ่งเทคโนโลยีนี้สามารถสร้างคอมพิวเตอร์หรือเซิร์ฟเวอร์ในรูปแบบเสมือนได้ ในยุคก่อนถ้าซื้อคอมพิวเตอร์หรือเซิร์ฟเวอร์มาแล้วลงโปรแกรมให้กับคอมพิวเตอร์ แต่เมื่อเป็น virtualization เมื่อซื้อเซิร์ฟเวอร์มา 1 เครื่อง ใส่ virtualization เข้าไปจะสามารถสร้าง virtual computer ได้มากกว่า 1 เครื่อง ขึ้นกับเซิร์ฟเวอร์ที่ซื้อมา ความหมาย virtual computer คือใช้อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์บางอย่างร่วมกันภายใต้เซิร์ฟเวอร์ 1 เครื่อง แต่ต้องมีเทคโนโลยี virtualization มาช่วย ดังนั้นภาพของ cloud คือฟิซิคัลเซิร์ฟเวอร์ 1 เครื่อง ติดไว้ที่ใด ๆ แล้วแบ่ง virtualization นี่เป็นลักษณะของเทคโนโลยี virtualization ซึ่ง 5G ต้องใช้เทคโนโลยีนี้ เพราะ virtualizationกับ cloud

อีกหนึ่งเทคโนโลยีที่น่าสนใจที่จะบรรยายให้ฟังพอสังเขป คือ network slicing เป็นคำใหม่ที่เพิ่งจะนิยามในเทคโนโลยี 5G แนวคิดของ network slicing มาปรากฏใน 5G ได้ เพราะว่าอาศัย virtualization หรือ cloud technology เมื่อสามารถทำเน็ตเวิร์คที่เป็น virtualization ได้ หมายความว่าต่อไปนี้บน 5G เน็ตเวิร์คจะสามารถสร้าง virtual network บนฟิซิคัลที่มี เป็นเหมือนโดเมนเน็ตเวิร์คอันหนึ่ง ให้บริการตามเซอร์วิสที่ผู้ใช้ต้องการใช้จริง ๆ ถ้าเป็นยุคเทคโนโลยี 4G เมื่อ data ที่เป็น voice หรือ sms อยู่บนอุปกรณ์เดียวกันทั้งหมด และพิจารณาเป็นเน็ตเวิร์คเดียวกัน เพียงแต่ว่าข้างในเน็ตเวิร์คจะมีวิธีแยกเซอร์วิสให้ แต่ว่าการส่งผ่าน อุปกรณ์ฟิสิคัลเหมือนกันทุกอย่าง แต่เมื่อทำเป็น virtualization จะมีฟิสิคัลเดียวแต่สร้างเป็นเน็ตเวิร์คย่อย ๆ ได้ และนำเน็ตเวิร์คย่อย ๆ มารวมกัน ตั้งเป็นเน็ตเวิร์คเพลนเพื่อให้บริการเซอร์วิส เช่น ให้บริการเซอร์วิสสำหรับใช้งานแอปพลิเคชันเรียนออนไลน์ สามารถสร้างเทมเพลตนี้ขึ้นมา และสามารถสร้างเป็น virtual network ขึ้นมาสำหรับ user ที่จะใช้ในขณะนั้น

ซึ่งต้องพิจารณาว่าคุณสมบัติของแอปพลิเคชัน เช่น throughput สูง virtualization ที่สร้างต้องให้ throughput สูงได้ ถ้าไม่ได้จะไม่ตอบสนองกับเซอร์วิสนี้ network slicing คือ สามารถสร้าง virtual network ตามตามเซอร์วิสที่ user ต้องการใช้ซึ่งใน 3G และ 4G ทำไม่สามารถทำได้ นี่คือกุญแจสำคัญของ network slicing เพื่อให้เห็นภาพว่า 5G สามารถตอบสนองความต้องการของ user ได้ดีขึ้นในแง่ของการใช้เซอร์วิสอย่างมีคุณภาพ

แนวคิดหนึ่งที่น่าสนใจที่เรียกว่า multi access edge computing จะมีคำที่สำคัญอันนึง คือ edge computing ซึ่งหลักการคือ cloud computing คือการนำเน็ตเวิร์ค cloud หรืออาจจะเป็น virtualization ไปไว้ใกล้ ๆ user ให้มากที่สุด (ไปไว้ขอบ ๆ) เหตุผลที่ทำแบบนี้เพราะว่า ต้องการให้เซอร์วิสที่ต้องการ latency น้อย ๆ อย่างเช่น แอปพลิเคชัน เกม และคำว่า multi access คือการที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงผ่านเทคโนโลยีอุปกรณ์ใด ๆ อาจจะเป็น fixed wire หรือ wireless แล้วใช้แนวคิดนี้เพื่อให้บริการกับเซอร์วิสที่ต้องการ latency ต่ำ ๆ และอีกอย่างหนึ่งที่น่าสนใจคือ 5G มีคุณสมบัติรองรับอุปกรณ์ที่เป็น IoT ปริมาณมหาศาล ถ้าพิจารณา 5G จะพบว่าครอบคลุมเทรนด์ใหม่ ๆ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของ throughput latency และการรองรับอุปกรณ์มาก ๆ การให้บริการเซอร์วิสตรงความต้องการของ user ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญของ 5G

ใน 5G มาตรฐานถูกกำหนดโดยองค์กรหลัก 2-3 องค์กร หนึ่งในนั้นคือองค์กรที่เรียกว่า ITU ซึ่ง ITU ออกมาตรฐานที่เกี่ยวกับ 5G และกำหนดสเปก 1 ฉบับ หนึ่งในนั้นจะมีกล่าวถึงเซอร์วิสใน 5G เซอร์วิสที่พิจารณาจะมีอยู่ 3 แกน แกนบนเรียกว่า enhanced mobile broadband ในทางเทคนิคจะใช้ชื่อย่อ eMBB ซึ่งเป็นเซอร์วิสประเภท gigabyte in a second หมายถึงเซอร์วิสที่ให้ throughput ที่สูงใน 5G จะกำหนดให้ eMBB ต้องสามารถดาวน์โหลดข้อมูลหลัก gigabyte ภายให้ไม่กี่วินาที eMBB คือแกนที่กล่าวถึง throughput เป็นหลักซึ่งปัจจุบันนี้ 4G ทำได้ แต่การเปรียบเทียบ throughput หรือความเร็วในการดาวน์โหลดกับ 5G จะพบว่า 4G อาจจะทำไม่ถึงหลักวินาทีเหมือนใน 5G แต่ว่าความเร็วอยู่ในระดับที่ใช้งานได้ดี เพราะฉะนั้นสิ่งที่เน้นในแกนนี้คือดาวน์โหลดข้อมูลได้เร็วขึ้น

ถัดมาคือแกน URLLC ซึ่งแกนนี้เพิ่งเกิดขึ้นมาใน 5G ในยุคก่อนไม่เคยมีการนิยามเซอร์วิสลักษณะนี้ไว้ชัดเจน ซึ่งในการสื่อสารจะมีคำว่า latency และพัฒนาให้ latency ลดค่าลงไปเรื่อย ๆ แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่ได้นิยามเซอร์วิสนี้อย่างชัดเจนในการสื่อสารยุคก่อน สำหรับใน 5G ได้มีการนิยามไว้ชัดว่าแกนนี้เรียกว่า ultra-reliable and low latency communications หรือ URLLC ซึ่งกุญแจสำคัญของแกนนี้มี มีอยู่ 2 อย่างคือ ultra-reliable และ low latency หมายความว่าแกนนี้เน้น 2 อย่าง คือความถูกต้องของข้อมูล และ low latency ซึ่งปกติเมื่อวัดค่าจะวัดเป็นเวลา สมมติว่าในกรณีนี้วัดแบบ round trip time ซึ่งคือการส่งข้อมูลไปและส่งกลับ วิธีวัดคือวัดเวลาในการส่งข้อมูลไปหนึ่งชุดถึงปลายทาง แล้ววัดเวลาที่ปลายทางต้องตอบสนองกลับมาว่าได้รับ ซึ่งเวลารวมได้จากนำเวลาที่ส่งไปและกลับรวมกันซึ่งจะได้ค่า latency ที่เป็น 2 ทิศทาง แกนนี้จะเน้นเรื่อง low latency เพราะฉะนั้นความหมายคือค่า latency ต้องน้อยมาก ๆ ถ้าพิจารณาเซอร์วิสที่เหมาะในการใช้แกนนี้คือต้องมีคำว่า critical แกนนี้นำมารองรับเซอร์วิสที่มีคำว่า critical สิ่งที่เป็น critical ตัวอย่างเช่น self-driving car หรือรถยนต์ขับเคลื่อนเองอัตโนมัติ ถ้าเน็ตเวิร์คไม่มีคุณสมบัติ reliable ที่ดีเยี่ยมกับ low latency อุบัติเหตุอาจจะเกิดขึ้นได้ เมื่อรถเคลื่อนที่จะต้องมีการสื่อสารกับสิ่งอื่นรอบข้าง ซึ่งในรถจะมีอุปกรณ์เซนเซอร์ติดตั้งไว้ บางเซนเซอร์ต้องไปสื่อสารกับอุปกรณ์รอบข้าง ซึ่งอาจจะเป็นรถ สัญญาณไปจราจร จักรยานหรือผู้คนที่อยู่บริเวณรอบข้างถนน ทั้งหมดนี้จะสื่อสารกันเอง

และจะตัดสินใจหลังจากสื่อสาร ส่วนสำคัญของ self-driving car หรือ automotive car คือจะต้องไม่มีอุบัติเหตุเมื่อขับขี่ เช่น ถ้าขับขี่อยู่มีคนปั่นจักรยานมาตัดหน้า ถ้ามีการสื่อสารกันก่อนรถจะต้องเบรกได้อัตโนมัติ ถ้าเน็ตเวิร์คไม่เสถียรเพียงพอ และเมื่อสื่อสารตอบสนองกันไม่ท่วงที อุบัติเหตุอาจจะเกิดขึ้น ถัดมาคือ mission critical application ตัวนี้สามารถพิจารณาเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรมทางการแพทย์ ซึ่งตอนนี้มีการนำ 5G ไปทดสอบการทำผ่าตัดที่เรียกว่า remote surgery ใช้แพทย์ที่อยู่ห่างไกลจากคนไข้ ผ่าตัดรักษาคนไข้ได้ซึ่งเรื่องนี้ critical มาก เพราะไม่มีใครอยากนำชีวิตเข้าไปเสี่ยง และอีกแอปพลิเคชัน ซึ่งเริ่มเข้ามาแล้ว คือ industry automation ที่นำไปทำในอุตสาหกรรมการผลิตซึ่งอยู่ในกลุ่ม develop ปัจจุบัน industry จะเรียกว่า industry 4.0 ซึ่งจะเป็นเทรนด์ใหม่ของอุตสาหกรรมภาคการผลิต 4.0 คือทุกอย่างจะเป็นระบบอัตโนมัติทั้งหมด ข้างในจะมีแขนกล เซนเซอร์ หุ่นยนต์ ซึ่งจะมองในแง่ของการลดจำนวนคน ทุกอย่างพยายามทำให้เป็นระบบอัตโนมัติหมด เพราะฉะนั้นอุตสาหกรรมนี้ เมื่อทำงานจะประกอบด้วยเซนเซอร์แขนกลที่จะต้องสื่อสารกันและกระบวนการทุกอย่างจะต้องทำงานด้วยความรวดเร็ว แม่นยำถูกต้อง เพราะไม่เช่นนั้นไลน์การผลิตจะมีปัญหา ฉะนั้นจึงมีการนิยาม URLLC ขึ้นมารองรับ 3 อุตสาหกรรมหลัก ๆ URLLC ที่เพิ่งเพิ่มเข้ามาใน 5G ในยุคก่อนไม่ได้กล่าวถึงแกนนี้เท่าไหร่ อีกแกนหนึ่งทางซ้ายมือ แกนนี้เรียกว่า massive machine type communications หรือเรียกอีกชื่อนึงว่า massive IoT กลุ่มนี้กล่าวถึงเซอร์วิส IoT ที่ต้องการจำนวนอุปกรณ์ IoT จำนววนมาก เซอร์วิสหลักในปัจจุบันนี้ที่พิจารณากันคือ smart city อันนี้เป็นเทรนด์หนึ่ง ในประเทศไทยมีหลายที่ที่ทดลองอยู่ เช่น นิคมอุตสาหกรรมอมตะนครวางแผนจะทำ smart city ในนิคม เมื่อกล่าวถึงพื้นที่ใหญ่ ๆ จำนวนอุปกรณ์ที่นำมาใช้เพื่อรองรับ smart city เพื่อทำให้เมืองน่าอยู่ จะพิจารณาตั้งแต่เรื่องการดูแลเรื่องพลังงาน สิ่งแวดล้อม ซึ่งจะประกอบด้วย อุปกรณ์ IoT เซนเซอร์จำนวนมาก ถ้า smart city เกิดได้ จะมี smart city เกิดขึ้นเรื่อย ๆ และภาพของ massive IoT จะชัดขึ้นเรื่อย ๆ เน็ตเวิร์ค 5G จะเป็นเน็ตเวิร์คที่ถูกนิยามมาเพื่อรองรับ smart city ถ้าพิจารณาในภาพเล็กลงมาจาก smart city จะเป็น smart home/smart building ในอนาคตพิจารณาว่าทุกบ้านจะมีอุปกรณ์ smart home device IoT อย่างน้อยประมาณ 10 – 20 เครื่อง ดังนั้นปริมาณการเชื่อมต่อจะมีจำนวนมาก เพราะฉะนั้นจึงมีแกนนี้เพิ่มเข้ามา ปัจจุบัน 4G สามารถรองรับการเชื่อมต่อจำนวนมากได้ อย่างเช่น NB IoT ใน 4G แต่อย่างไรก็ตามใน 5G จะกล่าวเน้นปริมาณการเชื่อมต่อที่มากขึ้น และจะมีการกล่าวถึงการออกแบบเน็ตเวิร์คที่ทำให้อุปกรณ์ IoT ใช้พลังงานต่ำลง เพราะว่าเน็ตเวิร์คที่ใช้สื่อสารกับกับอุปกรณ์ ถ้าเน็ตเวิร์คออกแบบให้ต้องสื่อสารกันบ่อยครั้ง หมายความว่าต้องใช้พลังงานมาก แบตเตอรี่จะหมดเร็วขึ้น ดังนั้นใน 5G จะทำได้ดีกว่า 4G ในแกนนี้ด้วยการ weight พลังงานกับจำนวนอุปกรณ์ที่รองรับ ที่กล่าวข้างต้นคือกุญแจหลักของเซอร์วิส 5G ที่พิจารณา 3 แกนคือ throughput latency และ IoT

จากนั้นผู้บรรยายได้เปิดคลิปวิดีโอให้รับชม สิ่งที่น่าสนใจในวิดีโอคือ cloud robot 3 ตัว ที่ช่วยบาลานซ์ให้ลูกบอลอยู่ตรงกลาง วิธีการทำงานคือ แขนกล 3 แขนนี้จะต้องคอยส่งข้อมูลบางอย่างให้กับเซิร์ฟเวอร์ โดยเซิร์ฟเวอร์ไปติดตั้งอยู่ในตู้เบสใกล้ ๆ ซึ่งอันนี้คือการใช้แนวคิดของ edge computing เพื่อต้องการลด latency เนื่องจากเทคโนโลยี 5G ให้ latency ต่ำไม่เพียงพอ ต้องใช้อย่างอื่นเสริมด้วยการนำเซิร์ฟเวอร์ที่ประมวลผลนำข้อมูลจากแขนกลส่งขึ้นไป แล้วส่งคำสั่งกลับลงมาให้แขนกลอื่น ๆ บาลานซ์จนลูกบอลอยู่ตรงกลาง จากตัวอย่างพบว่า 4G จะใช้เวลานานกว่าจะส่งข้อมูลสื่อสารกัน แล้วสั่งลงมาให้แขนกลปรับซ้ายขวา แต่เมื่อเปลี่ยนเป็น 5G ใช้เวลาน้อยกว่า

และยังมีอีก use case ให้พิจารณาเปรียบเทียบกัน เพราะว่าของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยนำ use case ของหัวเว่ยมาทดสอบ สิ่งที่น่าสนใจคือโดรน การควบคุมโดรน ในยุคก่อนต้องอยู่ในพื้นที่ที่ส่งสัญญาณสื่อสารกันได้ แต่ในขณะนี้เชื่อมต่อผ่านเน็ตเวิร์ค 5G โดรนอาจจะบินจากตรงไหนก็ได้ ไม่ต้องอยู่ในพื้นที่เดียวกับผู้ควบคุม สามารถนำไปประยุกต์เป็นรีโมทคอนโทรลได้

อธิบายความเพิ่มเติมเพื่อให้มองภาพชัดเจนยิ่งขึ้น เมื่อลองพิจารณาให้ดีจะพบว่า AR และ VR อยู่กลางแกน ความหมายคือเป็นเซอร์วิสที่ต้องการเน้นมากกว่า 1 แกน คือต้องการทั้งแกน eMBB และแกน URLLC

ถัดมา Vertical industry ความหมายคือกลุ่มอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่แบ่งออกมาในมาตรฐาน เนื่อง 5G มีองค์กรที่มาเกี่ยวข้องหลายองค์กร ได้มีองค์กรหนึ่งนิยาม Vertical industry ขึ้นมา เมื่อกล่าวถึง 5G จะพิจารณาละเอียดเป็นไลน์อุตสาหกรรม Vertical industry ต่าง ๆ

5GPPP เป็นอีกองค์กรหนึ่งที่อยู่ในยุโรป ได้มีการนิยามกลุ่ม use case ซึ่งนิยามไว้ 5 อย่างได้แก่ connected vehicle urban broadband IoT และ tactile internet บางคำอาจจะไม่เคยทราบความหมายมาก่อน เช่น tactile internet คือเซอร์วิสที่ต้องการ low latency เมื่อกล่าวถึง tactile คือต้องการการตอบสนองแบบรวดเร็วทันทีซึ่งจะเรียกว่า tactile internet ส่วน urban คือการใช้งานปกติทั่วไปในเขตเมือง ซึ่งส่วนใหญ่จะเน้นที่ throughput สูง ในมาตรฐานได้แมป vertical industry เข้ามาใน use case สำหรับใน 5GPPP ได้แมปไว้แล้ว เช่น ถ้าเป็น automotive แมปกับ connected vehicle

ถัดมาจะอธิบายแนวคิด network slicing องค์กรที่นิยามแนวคิดนี้คือ 5GPPP ซึ่งเป็นองค์กรจากยุโรป หลักการ network slicing คือ จะพิจารณาอุปกรณ์เน็ตเวิร์คที่ให้บริการเป็นฟิสิคัล ซึ่งฟิสิคัลคือฮาร์ดแวร์ที่ติดตั้ง เช่น ผู้ให้บริการ 5G มีอุปกรณ์เน็ตเวิร์ค เบสสเตชัน ข้อมูลผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ เชื่อมเป็นโครงข่าย เรียกว่าฟิสิคัล จากนั้น ใช้ cloud หรือ virtualization มาสร้าง virtual network จากอุปกรณ์ฟิสิคัล และสร้างขึ้นมาเป็น slicing network ตัวอย่าง slicing มีอยู่ 2 แพลน เช่น slice ที่ 1 พิจารณาว่า slice นี้มีอุปกรณ์เพื่อรองรับอุตสาหกรรมหรือเซอร์วิสประเภท automotive หรือ factory ส่วน slice 2 คือ IoT ซึ่งไม่เน้น throughput สูงเพราะไม่ได้ส่งข้อมูลเยอะ และ latency ไม่มีความจำเป็นเพราะไม่เน้นให้ต้องเรียลไทม์ แต่กลุ่มนี้เน้นจำนวนการเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนมาก ในการใช้งาน slicing ระบบจะจัดการสร้าง virtual network ให้เหมาะสมตามความต้องการของผู้ใช้งาน

ใน ITU นิยามเน็ตเวิร์คไว้ 3 แกน แต่ว่า 5G use case แรกที่ใช้ในเชิงพาณิชย์เรียกว่า FWA (fixed wireless access) ปกติการใช้งานบรอดแบนด์อินเทอร์เน็ตตามบ้านในปัจจุบันใช้ผ่านสาย ซึ่งอาจเป็นสายทองแดง หรือสายใยแก้วนำแสง แต่สำหรับ FWA ใช้ผ่านคลื่นวิทยุ โดยที่ผู้บริการสามารถให้บริการแก่ผู้ใช้งานได้โดยผ่านเทคโนโลยี 5G ซึ่งในปัจจุบันพบว่าการให้บริการแบบ FWA จะมีความเร็วมากกว่าการให้บริการผ่านสาย ส่งผลให้ผู้ให้บริการสามารถลดค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงสาย

3GPP เป็นองค์กรที่คอยกำหนดมาตรฐานให้กับผู้ที่จะเข้ามาใช้งานเทคโนโลยี 5G โดยการกำหนดมาตรฐานเพื่อให้ผู้ผลิตอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้งานในเครือข่าย 5G ได้มีแหล่งอ้างอิงเดียวกัน โดยในมาตรฐานของ 3GPP มีการนิยามความถี่บน 5G แบนด์กว้าง 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงความถี่ 450 MHz – 6,000 MHz ซึ่งเรียกแบนด์นี้ว่า sub-6GHz และช่วงความถี่ตั้งแต่ 24 GHz ขึ้นไป ซึ่งในขณะนี้นิยามไว้ถึงระดับ 52 GHz แต่ในอนาคตอาจพิจารณาถึง 100 GHz

โดยเรียกย่านนี้ว่าเป็น mmWave ถือว่าเป็นความถี่สูงที่เพิ่งเริ่มนำมาใช้งานเน็ตเวิร์คที่เป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ คุณสมบัติของคลื่นความถี่จะมีผลต่อการใช้งานซึ่งหากเปรียบเทียบข้อดีของทั้ง 2 แบบ พบว่าในกรณี sub-6GHz ข้อดีคือเป็นคลื่นความถี่ไม่สูงมากส่งผลให้ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการในบริเวณกว้าง และสำหรับในกรณี mmWave ที่มีความถี่สูงมากจะมีข้อดีคือ เมื่อนำมาแบ่งเป็นแบนด์วิดธ์จะได้ช่วงแบนด์วิดธ์กว้างกว่างในย่านความถี่ต่ำ แต่หากพิจารณาข้อเสียของ mmWave ประเด็นสำคัญคือ เมื่อความยาวคลื่นต่ำจะส่งผลให้สามารถครอบคลุมพื้นที่การให้บริการได้น้อย

5. ผลสรุปแบบสอบถาม

5.1 จำนวนผู้กรอกแบบสอบถาม

24 คน

5.2 เพศ

ชาย: 16 คน หรือร้อยละ 67

หญิง: 8 คน หรือร้อยละ 33

5.3 อายุ

20 - 30 ปี: 9 คน หรือร้อยละ 38

31 - 40 ปี: 7 คน หรือร้อยละ 29

41 - 50 ปี: 5 คน หรือร้อยละ 21

51 ขึ้นไป: 3 คน หรือร้อยละ 12

5.4 การศึกษา

ต่ำกว่าปริญญาตรี: 0 คน หรือร้อยละ 0

ปริญญาตรี: 7 คน หรือร้อยละ 29

ปริญญาโท: 12 คน หรือร้อยละ 50

ปริญญาเอก: 5 คน หรือร้อยละ 21

5.5 ความพึงพอใจด้านเนื้อหาและสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร

ประเด็นความคิดเห็น	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	คะแนนเฉลี่ย
ด้านเนื้อหา						
1. ท่านได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี 5G เพิ่มขึ้น	8	15	1	0	0	4.29
ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร						

ประเด็นความคิดเห็น	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	คะแนนเฉลี่ย
1. สถานที่และสภาพแวดล้อมมีความเหมาะสม	13	11	0	0	0	4.53
2. ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	11	10	3	0	0	4.33
3. อาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ มีความเหมาะสม	9	12	3	0	0	4.25

5.6 ท่านอยากให้มีการจัดอบรมในครั้งถัดไปหรือไม่

อยาก: 22 คน หรือร้อยละ 92

ไม่อยาก: 0 คน หรือร้อยละ 0

ไม่ออกความเห็น: 2 คน หรือร้อยละ 8

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 3

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 3

1. กำหนดการและกิจกรรม

วันที่ 22 เมษายน 2562 เวลา 9.00 - 15.00

สถานที่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

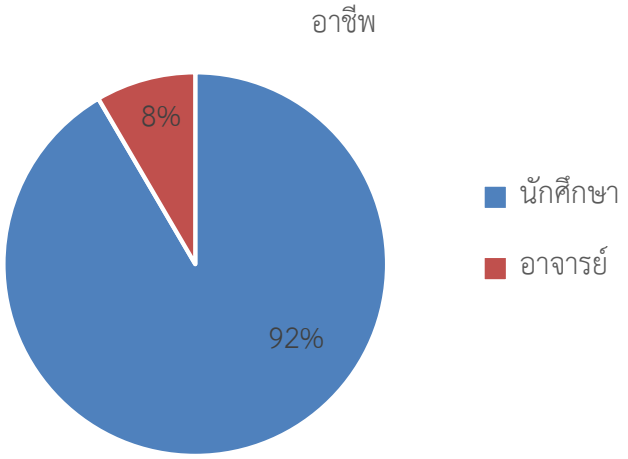
เวลา	หัวข้อการบรรยาย
08.30 - 09.00	ลงทะเบียน และรับเอกสารการอบรม
09.00 - 09.15	ประธานกล่าวเปิดงาน
09.15 - 10.15	ประวัติความเป็นมาของการสื่อสารไร้สาย - การสื่อสารไร้สายในยุคที่ 1 ถึง 5 - กิจกรรมเทคโนโลยี 5G ของมหาวิทยาลัยในประเทศไทย โดย รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
10.15 - 11.15	ความรู้เบื้องและการทดสอบเทคโนโลยี 5G - แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยี 5G - ความก้าวหน้าของเทคโนโลยี 5G ทั่วโลก โดย รศ.ดร.ปิยะ โควินทวีวัฒน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
11.15 - 12.15	ประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Millimeter Wave และ Massive MIMO ใน 5G - ทำไม 5G ต้องใช้ Millimeter wave - คุณลักษณะของ Millimeter wave - การประยุกต์ใช้ Millimeter wave ใน 5G - ประโยชน์ของ Massive MIMO ใน 5G โดย ดร.พิสิฐ วนิชชานันท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
12.15 - 13.00	รับประทานอาหารกลางวัน
13.00 - 14.00	การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Channel Coding ใน 5G - Channel Coding ในมาตรฐานต่าง ๆ - หลักการทำงาน IR-HARQ ในการสื่อสารไร้สาย - การประยุกต์ใช้ Channel Coding ใน 5G โดย ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
14.00 - 15.00	การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Channel Coding ใน 5G (ต่อ) - ตัวอย่างการเข้ารหัสและถอดรหัส LDPC codes และ Polar codes - สาธิตการใช้งานโปรแกรมจำลองรหัสช่องสัญญาณ โดย รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ และนายพฤกษ์ สระศรีทอง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ กำหนดการข้างต้นอาจมีการปรับได้ตามสถานการณ์ ความพร้อม และความเหมาะสม

2. รายละเอียดผู้เข้าร่วม

จำนวนผู้เข้าร่วมงาน 83 คน แบ่งตามอาชีพได้ดังนี้

อาชีพผู้เข้าร่วมงาน	จำนวน
นักศึกษา	76
อาจารย์	7



3. ภาพบรรยากาศ

4. สรุปเนื้อหาของผู้บรรยาย

หัวข้อบรรยาย : ภาพรวมความก้าวหน้าเทคโนโลยีไร้สาย 5G

ผู้บรรยาย : รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ

สรุปการบรรยาย :

องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยหรือ ท.ศ.ท ได้ถือกำเนิดขึ้นเมื่อปี 2497 โดยมีหน้าที่ดำเนินกิจการเกี่ยวกับโทรศัพท์และการสื่อสาร จากนั้นในปี 2529 ประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่ยุคการสื่อสารไร้สายบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 1G โดย ท.ศ.ท เริ่มต้นให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยระบบ NMT (Nordic Mobile Telephone System) จึงเป็นที่มาของชื่อระบบ NMT470 ซึ่งนับเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบแรกของประเทศไทย จากนั้นในปี 2533 บริษัทแอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (Advanced Info Services Public Company Limited) หรือ เอไอเอส (AIS) ได้รับสัมปทานความถี่จาก ท.ศ.ท สำหรับการให้บริการระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 900 MHz เป็นเวลา 20 ปี จนกระทั้งในปี 2537 ประเทศไทยได้เริ่มมีการเปิดให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบดิจิทัลระบบจีเอสเอ็ม ภายใต้เทคโนโลยี 2G หลังจากนั้นองค์การ ท.ศ.ท ได้แปรรูปมาเป็นบริษัทมหาชนจำกัดชื่อ บริษัท ทศท คอร์ปอเรชัน จำกัด (มหาชน) (TOT Corporation Public Company Limited) สังกัดกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมในปี 2545 และได้เปลี่ยนมาใช้ชื่อเป็น บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) (TOT Public Company Limited) โดยบริษัท ทีโอที ในปี 2548 โดยใช้ชื่อดังกล่าวจนถึงปัจจุบัน ประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่การสื่อสารไร้สายยุคที่ 3 หรือ 3G โดยในปี 2555 ได้เริ่มจัดตั้งการประมูลคลื่นความถี่ 2.1 GHz สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 3G การประมูลครั้งนี้มีผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3 บริษัทคือ DTAC TRUE AIS ซึ่งการประมูลในครั้งนี้จะมีการเคาะราคาทั้งหมด 7 รอบ โดยมีราคารวมทั้ง 9 สลอตอยู่ที่ 41,625 ล้านบาท ซึ่งสูงจากราคาตั้งต้นเพียงร้อยละ 2.78 เท่านั้น ผลการประมูลคือแต่ละบริษัทได้รับสัมปทานไปอย่างเท่าเทียมกันที่ 3 สลอต แบนด์วิดธ์ 15 MHz เป็นระยะเวลา 15 ปี อีกทั้งในปี 2558 เป็นวันสิ้นสุดสัญญาสัมปทานคลื่นความถี่ 900 MHz ระหว่าง AIS กับ TOT หรือที่เรารู้จักกันในชื่อ Cellular 900, GSM 900, GSM Advance, AIS 2G โดยที่ตลอด 25 ปี (รวมต่ออายุ 5 ปี) ที่ผ่านมา AIS ได้ส่งส่วนแบ่งรายได้ให้ TOT เป็นเงินรวมกว่า 240,000 ล้านบาท ในปี 2558 ได้เริ่มจัดตั้งการประมูลคลื่นความถี่ 1.8 GHz ซึ่งใช้รอบในการประมูลจำนวน 86 รอบ และมีราคาประมูลรวมของคลื่นความถี่ 2 ชุด เท่ากับ 80,778 ล้านบาท โดยมีผู้ชนะการประมูลในชุดคลื่นความถี่ 1710 - 1725 MHz คู่กับ 1805 - 1820 MHz คือ บริษัท ทรู มูฟ

เอช ยูนิเวอร์แซล คอมมิวนิเคชัน จำกัด ราคาสุดท้ายที่เสนอคือ 39,792 ล้านบาท และผู้ชนะการประมูลในชุดคลื่นความถี่ 1725 - 1740 MHz คู่กับ 1820 - 1835 MHz คือ บริษัท แอดวานซ์ ไวร์เลส เน็ทเวอร์ค จำกัด โดยราคาสุดท้ายที่เสนอคือ 40,986 ล้านบาท โดยได้รับสัมปทานรายละ 15 MHz เป็นระยะเวลา 18 ปี ภายหลังจากสัมปทานคลื่น 900 MHz ของ AIS หมดลงเมื่อต้นปี 2558 จึงได้มีการจัดประมูลคลื่นความถี่ 900 MHz ใหม่อีกครั้ง อันเนื่องมาจากคลื่นความถี่ย่านนี้เป็นคลื่นความถี่ยอดฮิต จึงทำให้มูลค่าการประมูลครั้งนี้พุ่งขึ้นไปสูงเป็นประวัติการณ์ถึง 1.5 แสนล้านบาท โดยสูงที่สุดเป็นอันดับ 2 ของโลก ผู้ที่ได้รับสัมปทานไปคือ JAS และ TRUE รายละ 10 MHz ระยะเวลา 15 ปี โดยเสนอราคาประมูลที่ 75,654 ล้านบาทและ 76,298 ล้านบาท ตามลำดับ อย่างไรก็ตามภายหลัง JAS Mobile ไม่สามารถดำเนินการต่อได้ ในปี 2561 ได้มีการจัดการประมูลคลื่น 1800 MHz งวดที่ 2 โดยมีผู้เข้าร่วมสองรายคือ AIS และ DTAC โดยมีใบอนุญาตเปิดให้ประมูลถึง 9 ใบอนุญาต ใบละ 5 MHz แต่สองบริษัทเคาะประมูลไปกันแค่คนละใบเท่านั้น ราคาประมูลรวมทั้งสิ้น 25,022 ล้านบาท ในปัจจุบันนี้ หลายประเทศได้เริ่มมีการประมูลคลื่นความถี่สำหรับเทคโนโลยี 5G กันบ้างแล้ว ยกตัวอย่างเช่น เกาหลีใต้ ได้เริ่มมีการประมูลคลื่น 3.5 GHz และ 28 GHz มูลค่าการประมูลสูงถึง 3.6 ล้านล้านวอน อีกทั้งในสหราชอาณาจักรก็ได้มีการประมูลคลื่นในย่าน 3410 – 3580 MHz มูลค่ารวมสูงถึง 205 ล้านปอนด์ รวมไปถึงประเทศในยุโรปตะวันตก เช่น ออสเตรีย เบลเยี่ยม ฝรั่งเศส และสวิตเซอร์แลนด์ ก็ได้เริ่มมีการประมูลคลื่นสำหรับเทคโนโลยีไปแล้วเช่นกัน

หัวข้อบรรยาย : ความรู้เบื้องและการทดสอบเทคโนโลยี 5G
ผู้บรรยาย : รศ.ดร.ปิยะ โควินทวีวัฒน์

สรุปการบรรยาย :

โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ถือกำเนิดขึ้นครั้งแรกในปี 1980 โทรศัพท์ในยุคบุกเบิกนี้ถูกเรียกว่าโทรศัพท์ยุค 1G ซึ่งจะเน้นไปที่การสื่อสารผ่านเสียงเท่านั้น โทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 1G เป็นแบบแอนะล็อกจึงทำให้ความปลอดภัยในการสื่อสารมีต่ำและเสี่ยงต่อการถูกดักฟังได้ง่าย ดังนั้นในปี 1992 โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้เปลี่ยนผ่านเข้าสู่ยุค 2G ด้วยมาตรฐาน GSM (Global System for Mobile Communications) ในยุค 2G เริ่มมีการพัฒนารูปแบบการส่งสัญญาณเสียงแบบแอนะล็อกมาเป็นดิจิทัลทำให้ความปลอดภัยในการสื่อสารมีค่ามากขึ้น อีกทั้งยังทำให้รองรับปริมาณผู้ใช้งานที่มีมากขึ้นได้อีกด้วย ความพิเศษของการใช้เทคโนโลยี 2G คือสามารถส่งข้อความผ่านทาง SMS

(Short message service) ได้ หลังจากนั้นในปี 2001 โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ก้าวเข้ามาสู่ยุค 3G ซึ่งมีความปลอดภัยในการส่งข้อมูลที่สูงขึ้น เนื่องจากมีการใช้เทคโนโลยี CDMA (Code Division Multiple Access) ซึ่งเป็นการสื่อสารกันด้วยสัญญาณที่ถูกเข้ารหัส โดยจะมีเพียงเครื่องส่งและเครื่องรับเท่านั้นที่จะสามารถถอดรหัสสัญญาณดังกล่าวได้ อีกทั้งผู้ใช้งานยังสามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ด้วยเช่นกัน ในที่นี้ยุค 3G เป็นยุคที่มีการกำเนิดขึ้นของสมาร์ตโฟน (Smartphone) จากหลาย ๆ บริษัท ไม่ว่าจะเป็น Apple หรือ Samsung เป็นต้น ที่ทำให้โทรศัพท์เป็นมากกว่าเครื่องมือสื่อสาร โดยสามารถฟังเพลง ดูภาพยนต์ เขียนตอบอีเมล หรือจัดตารางนัดหมายต่าง ๆ ได้อีกด้วย จากนั้นไม่นานในปี 2010 โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ก้าวเข้าสู่ยุค 4G ที่มีการพัฒนาทางด้านการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตความเร็วที่สูงขึ้น ทำให้สามารถให้สามารถส่งและรับข้อมูลด้วยความเร็วสูงได้เป็นอย่างดี ในยุค 4G นี้มีความเฟื่องฟูทางด้านการใช้งาน มัลติมีเดียคุณภาพสูง video streaming และ social media รวมถึงมีการเกิดขึ้นของเทคโนโลยี Internet of Thing (IoT) อย่างแพร่หลาย จากอดีตที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าเจเนอเรชันของโทรศัพท์มือถือมีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญใน 10 ปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันที่ก้าวเข้าสู่ปี 2019 ที่ซึ่งเทคโนโลยี 5G กำลังจะถูกนำเข้ามาใช้และมีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์ในเร็ว ๆ นี้ ความแตกต่างโดยคร่าวระหว่างเทคโนโลยีปัจจุบัน 4G กับเทคโนโลยี 5G มีดังนี้

- **Latency** การตอบสนองที่ไวขึ้น สามารถสั่งงานควบคุมสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว โดยตามทฤษฎีค่าความหน่วงของ 4G จะอยู่ที่ 10 ms ซึ่งเมื่อใช้งานจริงจะอยู่ที่ประมาณ 20 - 30 ms แต่เมื่อเป็น 5G จะลดลงไปถึง 10 เท่า เหลือน้อยกว่า 1 ms ทางทฤษฎี ซึ่งคาดว่าเมื่อใช้งานจริงจะอยู่ที่ประมาณ 3 - 4 ms
- **Data Traffic** รองรับการรับส่งข้อมูลที่มากกว่า โดยใน 4G เดิมจะสามารถรับส่งข้อมูลต่อเดือนได้ราว 7.2 Exabytes ต่อเดือน แต่เมื่อขึ้นเป็น 5G จะเพิ่มขึ้นราว 7 เท่า หรือ 50 Exabytes ต่อเดือน
- **Peak Data Rates** ความเร็วเพิ่มขึ้นสูงสุด 20 Gbps หรือราว 20 เท่าจากเดิม
- **Available Spectrum** ความถี่สำหรับใช้งาน เพิ่มขึ้นจากตอน 4G ที่มีให้ใช้เพียง 3 GHz แต่เมื่อเป็น 5G จะสามารถใช้งานคลื่นได้จนถึงความถี่ 30 GHz
- **Connection Density** ความหนาแน่นของการใช้งาน เพิ่มขึ้น 10 เท่าจากที่สามารถรับคนได้ราว 1 แสนคนต่อพื้นที่ 1 ตร.กม. เพิ่มขึ้นเป็น 1 ล้านคนต่อพื้นที่ 1 ตร.กม.

อย่างไรก็ตามค่าพารามิเตอร์ข้างต้นจำเป็นต้องมีการทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานก่อนเปิดให้ใช้งานจริง ๆ ในปี 2564 มากกว่านั้น การมาถึงของเทคโนโลยี 5G จำเป็นต้องการตรวจสอบจำนวนอุปกรณ์เชื่อมต่อว่าสามารถทำให้การใช้งานเทคโนโลยี 5G เกิดประโยชน์สูงสุดหรือไม่ ซึ่งเป็นที่ทราบกันอย่างที่ดีว่าในอนาคตนั้น นอกจากการสื่อสารระหว่างมนุษย์แล้ว การสื่อสารระหว่างมนุษย์กับสิ่งของหรือที่เรียกว่า Internet of Things (IoT) ก็จะต้องถูกพิจารณาด้วยเช่นกัน โดยหลายปีที่ผ่านมานี้ การใช้งาน IoT สามารถสร้างความสะดวกสบายในที่พักอาศัย เช่น ระบบ เปิดปิดแอร์ ทีวี หรือ การจัดการรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ เป็นต้น นอกเหนือจากตัวอย่างข้างต้น แอปพลิเคชันใหม่ ๆ เช่น รถยนต์ที่ขับเคลื่อนอัตโนมัติ การใช้โดรนบินส่งสิ่งของ ทีวีอัจฉริยะ ก็มีแนวโน้มจะเป็นจริงขึ้นได้จากการมาถึงเทคโนโลยี 5G ในอนาคตเช่นกัน ดังนั้นด้วยความที่เครือข่ายไร้สายในยุค 5G มีช่วงแบนด์วิดธ์กว้าง ตอบสนองรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถสื่อสารได้ลื่นไหลไม่สะดุด จึงทำให้เทคโนโลยี 5G สามารถรองรับกับแอปพลิเคชันที่ข้างต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หัวข้อบรรยาย : ประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Millimeter Wave และ Massive MIMO ใน 5G

ผู้บรรยาย : ดร.พิสิฐ วนิชชานันท์

สรุปการบรรยาย :

ย่านความถี่ Millimeter wave ได้ถูกคาดว่าจะถูกนำมาใช้กับการสื่อสารไร้สายในยุค 5G โดยย่านความถี่ Millimeter wave มีความถี่ตั้งแต่ 30 - 300 GHz ซึ่งมีความยาวคลื่นสั้นที่อยู่ในช่วง 1 mm ถึง 10 mm คุณลักษณะของคลื่นย่าน Millimeter wave สามารถพิจารณาได้จากสภาวะการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระดับน้ำทะเล โดยคลื่นในย่าน Millimeter wave จะมีบางช่วงของความถี่ที่มีการดูดซับทางแม่เหล็กไฟฟ้าสูงหรือมีการลดทอนสูง ยกตัวอย่างเช่น ในบริเวณ 24 60 184 และ 325 GHz ซึ่งสาเหตุมาจากการถูกลดทอนเนื่องมาจากไอน้ำและออกซิเจนในชั้นบรรยากาศ ความถี่ข้างต้นจะไม่ได้ถูกเพิกเฉยไปอย่างเปล่าประโยชน์ แต่จะถูกนำไปใช้ประโยชน์กับการส่งสัญญาณในระยะทางใกล้ ๆ ที่คาดว่าจะมีการลดทอนเนื่องจากไอน้ำและออกซิเจนน้อย ในทางตรงกันข้าม ย่านที่มีการดูดซับทางแม่เหล็กไฟฟ้าต่ำหรือมีการลดทอนต่ำ จะถูกนำไปใช้สำหรับการส่งข้อมูลระยะทางไกลหรือใช้สำหรับการส่งข้อมูลระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน นอกจากนี้คลื่นในย่าน Millimeter wave ยังมีคุณสมบัติคล้ายแสง โดยจะมีคุณภาพการส่งผ่านสัญญาณที่ดีเมื่อมีการส่งแบบ Line of Sight (LoS) ซึ่งข้อเสียเปรียบคือหากมีสิ่งกีดขวางและมีการตกกระทบเกิดขึ้นจะมีการลดทอนของคุณภาพลงอย่างมาก ดังนั้นการส่งคลื่นในย่าน Millimeter wave สามารถใช้เลนส์หรือใช้เส้นใยแก้วนำแสง (Fiber optic) เพื่อช่วยกระจายคลื่นออกไปได้ อีกหนึ่งปัญหาของการใช้คลื่นในย่าน Millimeter wave คือเมื่อวัตถุที่สะท้อนหรือเครื่องรับสัญญาณมีการเคลื่อนที่ จะส่งผลให้ความถี่ภายหลังการกระทบจะมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความเร็วและทิศทางของวัตถุที่เคลื่อนที่หรือที่เรียกกันว่าปรากฏการณ์ “เคลื่อนดอปเปลอร์ (Doppler shift)” ปัญหาดังกล่าวนี้ถือเป็นปัญหาที่ค่อนข้างรุนแรงสำหรับการใช้งานคลื่น Millimeter wave เพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางความถี่ที่มีนัยสำคัญแม้กระทั้งเครื่องรับเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับการเดินของมนุษย์ ทั้งนี้คลื่นในย่าน Millimeter wave นี้ถือเป็นคลื่นย่าน unlicensed ที่ไม่ต้องขอรับอนุญาตหรือคลื่นความถี่ที่ใช้งานร่วมกัน และในส่วนมาตรฐานการใช้คลื่นในย่าน Millimeter wave (57 – 64 GHz) นั้นจะประกอบไปด้วย

1. WirelessHD 1.0 (UltraGig) ริเริ่มใช้เมื่อปี 2008 มีวัตถุประสงค์สำหรับการใช้ video streaming

2. IEEE 802.11ad (WiGig) ริเริ่มใช้เมื่อปี 2012 ซึ่งปัจจุบันมาตรฐานถูกนำไปรวมกับ Wi-Fi แล้ว

3. IEEE 802.11ay เป็นมาตรฐานใหม่ที่ถูกริเริ่มเมื่อปี 2017 - 2018 โดยมีแบนด์วิดธ์เพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 4 เท่า ส่งผลให้ความเร็วในการเข้าถึงข้อมูลมากขึ้นจากมาตรฐานเดิมอย่างมาก

หมายเหตุว่ามาตรฐาน WirelessHD 1.0 (UltraGig) และ IEEE 802.11ad (WiGig) จะถูกใช้ในการสื่อสารระยะทางใกล้หรือภายในห้อง เนื่องจากให้ระยะทางในการส่งประมาณ 10 – 20 เมตร แตกต่างจากมาตรฐาน IEEE 802.11ay ที่จะช่วยเพิ่มระยะการส่งข้อมูลได้มากขึ้นถึง 300 – 500 เมตร ฉะนั้นจึงเหมาะแก่การนำไปใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน ในปัจจุบันได้มีอุปกรณ์บางอย่างที่มีการใช้คลื่นในย่าน Millimeter wave เช่น WirelessHD ในผลิตภัณฑ์ Dell Alienware laptops Epson Projector 3020e และ Sony Personal 3D Viewer HMZ-T3W เป็นต้น สำหรับมาตรฐาน IEEE 802.11ad จะถูกนำมาใช้ในรูปแบบ Chipsets ในหลายผลิตภัณฑ์ เช่น Qualcomm Wilocity และ Tensorcom เป็นต้น ในการส่งออกคลื่น Millimeter wave ใน 5G นั้น จะมีการใช้สายอากาศแบบ Massive MIMO (multiple-input and multiple-output) โดยหลักการพื้นฐานของสายอาศแบบ Massive MIMO คือการใช้สายอากาศหลายตัวในการส่งและรับข้อมูล การใช้สายอากาศหลายตัวสำหรับการส่งและรับข้อมูลเช่นนี้สามารถทำให้รองรับการใช้งานของโทรศัพท์เคลื่อนที่บริเวณพื้นที่เฉพาะเจาะจงในปริมาณมากขึ้นได้ อีกหนึ่งความพิเศษของสายอากาศ Massive MIMO คือสามารถใช้หลักการบังคับลำคลื่น (beamforming) เพื่อเพิ่มคุณภาพในการส่งสัญญาณได้อีกด้วย

หัวข้อบรรยาย : การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Channel Coding ใน 5G

ผู้บรรยาย : ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์

สรุปการบรรยาย :

จากการประเมินของ International Telecommunication Union (ITU) พบว่าผู้ใช้งาน 5G จะถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลักดังนี้ กลุ่มแรกคือกลุ่มที่ต้องการเข้าถึงข้อมูลความเร็วสูง ๆ (enhanced mobile broadband) กลุ่มที่สองคือกลุ่มที่ต้องการใช้งาน IoT (Massive Machine type communication) และกลุ่มสุดท้ายคือกลุ่มที่ต้องการสื่อสารที่มีเสถียรภาพสูงหรือการสื่อสารที่มีความหน่วงต่ำ (ultra-reliable and low latency

communications) สำหรับการออกแบบมาตรฐาน 5G นั้นจะถูกรับผิดชอบโดยองค์กรที่มีชื่อว่า 3rd Generation Partnership Project (3GPP) ซึ่งเป็นองค์กรที่ประกอบไปด้วยสมาชิกจากบริษัทชั้นนำทางด้านโทรคมนาคมทั่วโลก โดยองค์กร 3GPP จะถูกแบ่งย่อยออกเป็นเป็น 3 กลุ่มการทำงานดังนี้

- Radio access network (RAN) มีหน้าที่ในการกำหนดมาตรฐานของ Layer 1
- Core network & terminals (CT) มีหน้าที่ในการกำหนดมาตรฐานของ Layer 3
- Service & systems aspects (SA) มีหน้าที่ในการดูแลและให้บริการแอปพลิเคชัน Layer 6 - 7

แผนงานของ 3GPP สำหรับการกำหนดมาตรฐานของเทคโนโลยี 5G สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 เฟส ในเฟสแรกดำเนินการเสร็จสิ้นไปแล้วระหว่างปี 2016 - 2017 โดยเฟสแรกจะเป็นการเริ่มต้นศึกษาพฤติกรรมการใช้งานของ 5G และความต้องการพื้นฐานที่ถูกคาดหวังจากหลายภาคส่วน ในลำดับถัดมาจะมีการออกแบบโครงข่ายเน็ตเวิร์คหรือสถาปัตยกรรมของระบบที่รองรับการบริการต่าง ๆ ซึ่งดำเนินการโดยกลุ่ม SA WG2 และ RAN เฉพาะงานที่เกี่ยวข้องกับคลื่นวิทยุ จากนั้นจะเป็นการออกแบบฟังก์ชันการทำงานและโปรโตคอลที่อยู่ในส่วนของการเชื่อมต่อทางกายภาพ โดย RAN และ CT เฉพาะงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับคลื่นวิทยุจะเป็นผู้ดำเนินการในส่วนนี้ ทั้งนี้เทคโนโลยีทางโทรคมนาคมที่จะนำมาใช้การสื่อสารไร้สายยุค 5G ประกอบไปด้วย

- Scalable OFDM-based air interference
- Flexible slot-based framework
- Advance channel coding
- Massive MIMO
- Mobile mmWave

ผู้บรรยายได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับเทคโนโลยีทางด้าน Advance channel coding หรือเป็นการเข้ารหัสช่องสัญญาณที่จะถูกนำมาใช้สำหรับเทคโนโลยีไร้สายยุค 5G ความว่า โดยปกติแล้วข้อมูลที่อ่านออกมาจากช่องสัญญาณสื่อสารใด ๆ เช่น ช่องสัญญาณของโทรศัพท์เคลื่อนที่ แฟลชไดรฟ์ และฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ต่างมีความผิดพลาดเกิดขึ้นทั้งสิ้น ดังนั้นเพื่อที่จะสามารถแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้นั้น จำเป็นต้องมีการเข้ารหัสข้อมูลด้วยรหัสชนิดต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น รหัสเทอร์โบ รหัสแอลดีพีซี และรหัสโพลาร์ เป็นต้น ในส่วนของการสื่อสารบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 5G นั้น การส่งสัญญาณระหว่างสถานีฐานและโทรศัพท์เคลื่อนที่ประกอบไปด้วยข้อมูลอยู่ 2 ชนิด ชนิดแรกคือ User data ซึ่งเป็นข้อมูลที่แท้จริงของผู้ใช้งานที่พยายามส่งไปที่ผู้รับปลายทาง ชนิดที่สองคือ Control data ซึ่งเป็นข้อมูลที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ส่งข้อความตอบกลับไปยังสถานีฐานว่าได้รับข้อมูลถูกต้องหรือไม่ หรือสภาพความรุนแรงของสัญญาณรบกวนบริเวณนั้น เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในการประชุมของกลุ่ม RAN WG1 มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบ “รหัสช่องสัญญาณ” ให้มีความเหมาะสมกับการสื่อสารไร้สายยุค 5G ซึ่งกลุ่ม RAN WG1 ได้เริ่มศึกษารหัสช่องสัญญาณสำหรับมาตรฐาน 5G ในการประชุม RAN WG1 Meeting #84bis และเสร็จสิ้นในการประชุม RAN WG1 Meeting #91 (ประชุมจำนวน 14 ครั้ง ระยะเวลา 1 ปี 9 เดือน) โดยได้ข้อสรุปว่าจะมีการนำรหัสแอลดีพีซี (LDPC codes: 1962) มาใช้สำหรับข้อมูลในส่วน User data หมายเหตุว่า รหัสแอลดีพีซีที่ออกแบบนั้นต้องสามารถรองรับการทำงาน IR-HARQ (Hybrid ARQ with Incremental Redundancy) ในส่วนการส่งข้อมูล Control data จะมีการใช้งานรหัสโพลาร์ (Polar codes: 2009) ด้วยเหตุผลว่ารหัสโพลาร์จะทำงาน

ได้ดีกว่ารหัสแอลดีพีซีเมื่อความยาวข้อมูลมีขนาดสั้น ภายหลังจากได้ข้อสรุปจากการประชุมแล้วจึงเกิดมาตรฐานที่ชื่อว่า 3GPP NR และจะถูกนำส่งไปพิจารณาให้เกิดเป็นมาตรฐาน IMT-2020 ต่อไป

5. ผลสรุปแบบสอบถาม

5.1 จำนวนผู้กรอกแบบสอบถาม

69 คน

5.2 เพศ

ชาย: 51 คน หรือร้อยละ 74

หญิง: 18 คน หรือร้อยละ 26

5.3 อายุ

20 - 30 ปี: 69 คน หรือร้อยละ 100

31 - 40 ปี: 0 คน หรือร้อยละ 0

41 - 50 ปี: 0 คน หรือร้อยละ 0

51 ขึ้นไป: 0 คน หรือร้อยละ 0

5.4 การศึกษา

ต่ำกว่าปริญญาตรี: 0 คน หรือร้อยละ 0

ปริญญาตรี: 69 คน หรือร้อยละ 100

ปริญญาโท: 0 คน หรือร้อยละ 0

ปริญญาเอก: 0 คน หรือร้อยละ 0

5.5 ความพึงพอใจด้านเนื้อหาและสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร

ประเด็นความคิดเห็น	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	คะแนนเฉลี่ย
ด้านเนื้อหา						
1. ท่านได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี 5G เพิ่มขึ้น	20	44	5	0	0	4.23
ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร						
1. สถานที่และสภาพแวดล้อมมีความเหมาะสม	25	40	4	0	0	4.19
2. ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	19	43	6	1	0	4.16

ประเด็นความคิดเห็น	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	คะแนนเฉลี่ย
3. อาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ มีความเหมาะสม	16	37	12	3	1	3.93

5.6 ท่านอยากให้มีการจัดอบรมในครั้งถัดไปหรือไม่

อยาก: 58 คน หรือร้อยละ 84

ไม่อยาก: 1 คน หรือร้อยละ 2

ไม่ออกความเห็น: 10 คน หรือร้อยละ 14

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 4

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 4

1. กำหนดการและกิจกรรม

วันที่ 8 พฤษภาคม 2562 เวลา 9.00 - 16.00

สถานที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

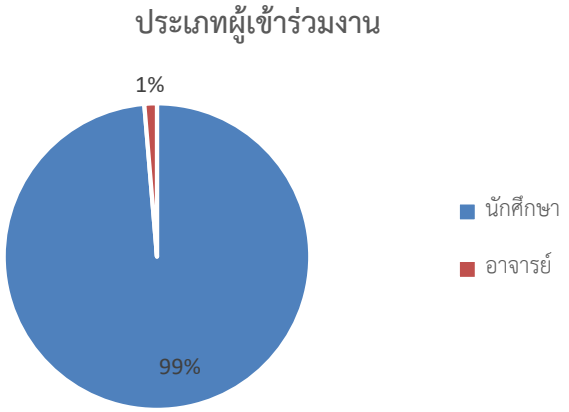
เวลา	หัวข้อการบรรยาย
08.30 - 09.00	ลงทะเบียนและรับเอกสารการอบรม
09.00 - 09.15	ประธานกล่าวเปิดงาน
09.15 - 10.30	ความก้าวหน้าเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายยุคที่ 5 - การสื่อสารไร้สายยุคต่าง ๆ - แนวทางการใช้งานการสื่อสารไร้สายยุคที่ 5 - เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สารที่นำมาใช้ใน 5G โดย รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
10.30 - 10.45	พักเบรก
10.45 - 12.00	การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Millimeter Wave และ Massive MIMO ใน 5G - ทำไม 5G ต้องใช้ Millimeter wave - คุณลักษณะของ Millimeter wave - ความก้าวหน้าการใช้งาน Millimeter wave ทั่วโลก - Massive MIMO คืออะไร - ประโยชน์ของ Massive MIMO ใน 5G โดย ดร.พิสิฐ วนิชชานันท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
12.00 - 13.00	รับประทานอาหารกลางวัน
13.00 - 14.15	การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Channel Coding ใน 5G - Data Channel และ Control Channel ในมาตรฐาน 5G - หลักการทำงาน IR-HARQ ของ Data Channel - การพัฒนาเทคโนโลยี Channel Coding ของกลุ่ม 3GPP - ผลการทดสอบสมรรถนะของเทคโนโลยี Channel Coding ในมาตรฐาน 5G โดย ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
14.15 - 14.30	พักเบรก
14.30 - 16.00	การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Network Slicing ใน 5G โดย บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน)

หมายเหตุ กำหนดการข้างต้นอาจมีการปรับได้ตามสถานการณ์ ความพร้อม และความเหมาะสม

2. รายละเอียดผู้เข้าร่วม

จำนวนผู้เข้าร่วมงาน 151 คน แบ่งตามอาชีพได้ดังนี้

อาชีพผู้เข้าร่วมงาน	จำนวน
นักศึกษา	149
วิศวกร	2



3. ภาพบรรยากาศ

4. สรุปเนื้อหาของผู้บรรยาย

หัวข้อบรรยาย : ความก้าวหน้าเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายยุคที่ 5

ผู้บรรยาย : รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ

สรุปการบรรยาย :

สำหรับการบรรยายในช่วงแรก รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมสาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมาได้มาปูทางถึงความเป็นมาของเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายในยุคต่าง ๆ จนดำเนินมาถึง 5G และแนวทางในการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย 5G รวมไปถึงเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายที่นำมาใช้ใน 5G โดยมีรายระเอียดในการบรรยายโดยสรุปดังนี้

จุดกำเนิดของโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบไร้สายเริ่มต้นขึ้นในปี ค.ศ. 1980 ซึ่งในยุคเริ่มแรกนี้จะถูกเรียกว่ายุค 1G ในยุคดังกล่าวการสื่อสารเป็นเพียงเสียงพูดเท่านั้น นอกจากนี้การสื่อสารในยุค 1G เป็นการสื่อสารในยุคแอนะล็อก (analogue) ซึ่งข้อเสียของการสื่อสารด้วยสัญญาณที่เป็นแบบแอนะล็อกคือ ความปลอดภัยในการข้อมูลค่อนข้างต่ำ กล่าวคือข้อมูลที่สื่อสารกันสามารถที่จะถูกลอบดักฟังได้ง่าย ต่อมาในปี ค.ศ. 1992 หรือประมาณสิบกว่าปีหลังจากระบบสื่อสารไร้สายในยุคแรกได้ถือกำเนิดขึ้น โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้มีการพัฒนาเข้าไปสู่ยุคที่ 2 หรือ 2G โดยมีมาตรฐานที่สำคัญในการสื่อสารยุค 2G คือ GSM (Global System for Mobile Communications) ซึ่งในยุคดังกล่าวนั้น สัญญาณแบบแอนะล็อกได้ถูกปรับเปลี่ยนเป็นสัญญาณแบบดิจิทัลด้วยเหตุนี้จึงทำให้ความปลอดภัยของการสื่อสารข้อมูลมีมากขึ้น นอกจากนี้ยังได้มีการนำเทคโนโลยี TDMA (Time Division Multiple Access) มาใช้ในระบบ 2G เพื่อเพิ่มช่องทางการสื่อสารทำให้สามารถรองรับผู้ใช้งานในปริมาณที่มากขึ้น ในยุค 2G นอกจากการสื่อสารด้วยเสียงพูดแล้ว ยังมีบริการที่เพิ่มเข้ามาได้แก่การส่งข้อความสั้น ๆ หรือ SMS (Short message service) ถัดมาในปี ค.ศ. 2001 ระบบบโทรศัพท์ในยุค 2G ได้มีการพัฒนาเข้าสู่ยุค 3G ในยุคดังกล่าวได้มีการนำเทคโนโลยี CDMA (Code Division Multiple Access) ทำให้รองรับปริมาณของผู้ใช้งานได้มากขึ้นไปอีก เนื่องจากเป็นการแบ่งช่องทางการสื่อสารให้ผู้ใช้ด้วยรหัสที่ต่างกัน เมื่อเทียบกับเทคโนโลยี TDMA ในยุค 2G ที่แบ่งช่องทางการสื่อสารให้ผู้ใช้งานด้วยเวลาที่ต่างกันจะให้ปริมาณการใช้งานจะมีจำกัดกว่า ในยุคของ 3G นั้นนอกจากการโทรด้วยเสียงและการส่งข้อความ SMS แล้วบริการที่เพิ่มเข้ามาคือการใช้งานอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้โทรศัพท์มือถือในยุคของ 3G ยังถูกพัฒนาให้รองรับการใช้งานอินเทอร์เน็ตและการใช้งานแอปพลิเคชันต่าง ๆ ดังนั้นโทรศัพท์ในยุคนี้ถึงเรียกกันว่า

สมาร์ตโฟน (Smartphone) และมีการแข่งขันกันสูงมากไม่ว่าจะเป็นจากค่าอเมริกาอย่าง Apple หรือจากค่ายเกาหลีใต้อย่าง Samsung ต่อมาในปี 2010 เทคโนโลยีการสื่อสารในยุค 4G ได้ถือกำเนิดขึ้น ในยุคของ 4G นี้ได้มีการนำเทคโนโลยี OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) มาใช้งานทำให้สามารถรองรับปริมาณของผู้ใช้งานได้มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังทำให้ประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลมีค่าสูงขึ้นภายใต้แบนด์วิดธ์ (Bandwidth) ที่มีจำกัด ผลที่ตามมาคือสามารถรับส่งข้อมูลปริมาณสูงได้ภายในระยะเวลาสั้น ๆ ดังนั้นในยุค 4G การให้บริการอินเทอร์เน็ตจะมีความรวดเร็วมากกว่าในยุค 3G มาก ส่งผลให้การใช้งาน social media หรือแม้แต่ video streaming ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง การที่ยุค 4G สามารถรองรับปริมาณการเชื่อมต่อได้มากขึ้น จึงเป็นที่มาของแนวคิดที่สำคัญของเทคโนโลยี Internet of Thing (IoT) ปัจจุบันเรายังอยู่ในระบบสื่อสารยุค 4G และกำลังจะเปลี่ยนผ่านสู่เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลในยุค 5G ในปี 2019 ซึ่งจากในอดีตที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าทุก ๆ 10 ปีโดยประมาณ เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายจะมีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ยุคถัดไป ซึ่งในแต่ละยุคก็จะมีการพัฒนาให้มีบริการที่เพิ่มเข้ามาเรื่อย ๆ สิ่งเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน รวมไปถึงเศรษฐกิจและสังคม มีการเกิดขึ้นของธุรกิจใหม่ ๆ ที่สอดรับกับเทคโนโลยีการสื่อสารที่พัฒนาขึ้น และในขณะเดียวกันก็มีหลาย ๆ ธุรกิจได้ล้มหายไปเช่นกันดังนั้นการรู้เท่าทันการพัฒนาเทคโนโลยีย่อมจะเป็นผลดี เทคโนโลยี 5G เปรียบได้กับการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 (fourth industrial revolution) ในด้านการสื่อสารก็ว่าได้

สำหรับเทคโนโลยี 5G นั้น สิ่งที่จะต้องมีการกล่าวถึงบริการหลัก ๆ คือ ความสามารถในการรองรับปริมาณการใช้ข้อมูลที่มากขึ้น เนื่องจากแนวโน้มของปริมาณการใช้งานข้อมูลมีมากขึ้น และในหลาย ๆ ภูมิภาคทั่วโลกโดยเฉลี่ยอาจจะขึ้นไปแตะ 60 - 80 GB ต่อเดือนสาเหตุมาจากได้เริ่มมีการถ่ายทอดสดผ่านทางอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้คุณภาพของภาพถ่ายและวิดีโอยังมีมากขึ้น และยังมีความต้องการในการรองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์จำนวนมาก เช่น ในการใช้งาน IoT ซึ่งจะมีการใช้งานกันมากขึ้นในอนาคต สำหรับบริการด้วยความบันเทิง อาทิเช่น Online gaming Sport entertainment Ultra-high-definition และ Augmented reality ที่มีจำนวนผู้ใช้งานกันมากที่สุดทุกเพศทุกวัยต้องการคุณภาพที่ดีขึ้น แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นสำหรับเทคโนโลยี 5G แล้วนอกจากจะมีความเร็วการรับส่งข้อมูล รองรับอุปกรณ์ได้ในปริมาณสูงแล้ว ยังต้องมีความน่าเชื่อในการส่งข้อมูลที่สูง (High reliability) และความหน่วงเวลาที่ต่ำ (Low latency) ด้วยเช่นกัน ซึ่งจะต้องการการกำหนดเอาไว้ในมาตรฐานต่อไป

ในเทคโนโลยี 5G จะมีการใช้งานในย่านความถี่ที่สูงขึ้นซึ่งในยุค 4G ปัจจุบันมีการใช้งานความถี่ในย่าน 800 900 1800 2100 และ 2300 MHz สำหรับเทคโนโลยี 5G จะมีการใช้งานย่าน 3400 และ 3600 MHz นอกจากนี้ยังมีการใช้งานในย่าน Millimeter wave (>30 GHz) ซึ่งการส่งข้อมูลในย่านความถี่สูงจะมีผลทำให้ได้ความเร็วในการส่งข้อมูลที่มากขึ้น ทั้งนี้จะต้องแลกมาด้วยค่าใช้จ่ายในการตั้งสถานีฐานที่ต้องมีจำนวนมากขึ้นมากขึ้นเหตุเพราะว่าสัญญาณที่มีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นจะสั้นลงซึ่งความยาวคลื่นที่สั้นมาก ๆ ไม่สามารถผ่านสิ่งกีดขวางไปได้ทำให้ส่งสัญญาณได้ในระยะไม่ไกลนัก ในประเทศเกาหลีใต้ได้เริ่มมีการประมูลความถี่กันในย่าน Millimeter wave ไปแล้ว สำหรับในประเทศญี่ปุ่นนั้นมีเป้าหมายที่จะมีการเริ่มประมูลในปีนี้ (2019) เพื่อที่ว่าจะได้ใช้งานเทคโนโลยี 5G ได้ทันในการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกฤดูร้อนในปี 2020 ในส่วนของประเทศไทยนั้นเริ่มมีการตระหนักถึงการเข้ามาของเทคโนโลยี 5G โดยในหลาย ๆ พื้นที่ทั่วประเทศได้มีการทดลองในภาคนาม (Field trial) ซึ่งในบริษัทที่ผลิตอุปกรณ์ อย่างเช่น บริษัทหัวเว่ย (Huawei) มีอุปกรณ์ที่มีความพร้อมที่จะรองรับเทคโนโลยี 5G ได้แล้วในปัจจุบัน

สำหรับงานที่ประยุกต์ใช้ใน 5G มีด้วยกันหลายด้าน เช่น การใช้งานและควบคุมโดรนหลาย ๆ ตัวผ่านระบบเครือข่าย โดยที่โดรนและผู้บังคับอาจจะอยู่คนละประเทศได้ นอกจากนี้ยังมีรถที่สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์รอบ ๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็นระหว่างรถด้วยกัน ระหว่างคน หรือสัญญาณต่าง ๆ บนท้องถนน

หัวข้อบรรยาย : การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Millimeter Wave และ Massive MIMO ใน 5G
ผู้บรรยาย : ดร.พิสิฐ วนิชชานันท์

สรุปการบรรยาย :

การบรรยายในช่วงที่ 2 โดย ดร.พิสิฐ วนิชชานันท์ อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้มาให้ความรู้ด้านการนำเทคโนโลยี Millimeter Wave และ Massive MIMO มาประยุกต์ใช้ในเทคโนโลยี 5G โดยมีรายระเอียดในการบรรยายโดยสรุปดังนี้

ในเทคโนโลยี 5G มีการใช้งานความถี่ในย่านที่สูงขึ้นรวมไปถึงความถี่ในย่าน Millimeter wave (>30 GHz) เนื่องมาจากความต้องการในการรับส่งข้อมูลด้วยความเร็วที่สูงขึ้น ดังนั้นการเปลี่ยนไปใช้งานความถี่ในย่านที่สูงขึ้นจะทำให้ได้แบนด์วิดธ์ที่กว้างขึ้น โดยคุณลักษณะของความถี่ในย่าน Millimeter wave ที่อิงตามงานวิจัยที่พิจารณาสภาวะการดูดซับ (absorb) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยวัดที่ระดับน้ำทะเล ซึ่งพบว่าในย่าน Millimeter wave มีความถี่บางช่วงถูกดูดซับไว้สูงมาก ซึ่งสาเหตุเกิดจากไอน้ำและก๊าซออกซิเจนในชั้นบรรยากาศ ย่านความถี่ที่ถูกดูดซับไว้ได้แก่ 24 60 184 และ 325 GHz แต่ว่าความถี่ที่ถูกดูดซับเหล่านี้ไม่ได้ถูกละทิ้งให้เสียเปล่า แต่ได้ถูกนำไปใช้กับการสื่อสารระยะใกล้ ส่วนความถี่ในย่านที่ถูกดูดซับต่ำ ๆ นำไปใช้กับการสื่อสารระยะไกล โดยสรุปคือ การใช้งานในย่านความถี่ Millimeter wave นั้นแม้ว่าจะทำให้ได้แบนด์วิดธ์ที่กว้างขึ้น แต่ควรจะระวังในเรื่องของการถูกลดทอนในอากาศเนื่องจากความยาวคลื่นที่สั้นมาก ๆ

สำหรับความถี่ในย่าน Millimeter wave จะมีคุณสมบัติต่าง ๆ คล้ายกับแสง นั่นคือ คุณภาพของการส่งจะดีเมื่อเป็นการส่งในแนวเส้นสายตา (Line of Sight) เมื่อใดก็ตามที่มีสิ่งกีดขวางจะทำให้คุณภาพของการส่งสัญญาณลดลง และเนื่องจากคุณสมบัติของคลื่นย่าน Millimeter wave ที่คล้ายกับแสง ดังนั้นการส่งสัญญาณจะสามารถใช้เลนส์หรือใยแก้วนำแสงเพื่อกระจายสัญญาณออกไปได้ และคุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นได้แก่ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ (Doppler shift) ซึ่งปรากฏการณ์นี้ใช้อธิบายการเกิดการเปลี่ยนเปลี่ยนแปลงของความถี่เมื่อผู้ใช้งานมี

การเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรถที่วิ่งด้วยความเร็วสูง ปัญหาการเปลี่ยนแปลงความถี่เป็นปัญหาที่รุนแรงของการใช้งานความถี่ในย่าน Millimeter wave เนื่องจากความถี่มีค่าสูงมากดังนั้นเพียงการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เท่ากับการเดินของมนุษย์ส่งผลให้ความถี่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ความถี่ในย่าน Millimeter wave ถือเป็นความถี่ย่าน unlicensed นั่นคือ เป็นความถี่ที่ไม่ต้องมีการขออนุญาตเมื่อจะใช้งานอาจจะก่อให้เกิดปัญหาการใช้งานทับซ้อนกันของความถี่ในย่านนี้ได้

สำหรับมาตรฐานการใช้งานความถี่ย่าน Millimeter wave ในช่วง 57 - 64 GHz มี 3 มาตรฐานด้วยกันได้แก่ มาตรฐาน WirelessHD 1.0 (UltraGig) เริ่มใช้ในปี 2008 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้กับ video streaming ถัดมามาตรฐาน IEEE 802.11ad (WiGig) เริ่มใช้งานในปี 2012 และในปัจจุบันมาตรฐานได้ไปรวมกับ Wi-Fi แล้ว มาตรฐานสุดท้ายคือ IEEE 802.11ay มีการเริ่มใช้ในช่วงปี 2017 - 2018 โดยมาตฐานนี้ให้แบนด์วิดธ์ที่เพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 4 เท่า ซึ่งทำให้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลมีมากขึ้น สำหรับมาตรฐาน WirelessHD 1.0 (UltraGig) และ IEEE 802.11ad (WiGig) มีการใช้งานในระยะใกล้หรือภายในห้องเท่านั้น เนื่องจากระยะทำการมีประมาณ 10 – 20 เมตร ซึ่งแตกต่างจากมาตรฐาน IEEE 802.11ay ที่มีระยะทำการประมาณ 300 – 500 เมตร ทำให้เหมาะแก่การนำไปใช้เป็นมาตรฐานในการสื่อสารระหว่างสถานีฐานและอุปกรณ์สื่อสาร ในปัจจุบันได้มีอุปกรณ์ที่สามารถใช้งานในย่านความถี่ Millimeter wave ได้แล้ว เช่น WirelessHD ในผลิตภัณฑ์ Dell Alienware laptops Epson Projector 3020e และ Sony Personal 3D Viewer HMZ-T3W เป็นต้น มาตรฐาน IEEE 802.11ad ถูกนำมาใช้กับ chipset ในหลายผลิตภัณฑ์ ได้แก่ Qualcomm Wilocity Tensorcom และ Nitero Chipset เป็นต้น สำหรับความถี่ในย่าน Millimeter wave ในเทคโนโลยี 5G สามารถที่จะนำไปใช้กับงานประยุกต์ต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้วได้ เช่น ในระบบ Cloud storage Monitoring sensor network Real-time gaming และ Video streaming เป็นต้น ส่วนในงานประยุกต์ใหม่ ๆ เช่น Autonomous driving Augmented reality Virtual reality และ Tactile internet เป็นต้น

สำหรับประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูล (Spectral efficiency) หรือความเร็วในการส่งข้อมูลของเทคโนโลยี 5G มากกว่าเทคโนโลยี 4G ประมาณ 30 เท่า เนื่องมาจากการนำการเข้ารหัสที่มีประสิทธิภาพอย่างรหัส LDPC และรหัส Polar มาใช้ในเทคโนโลยี 5G เพื่อทำให้เพิ่มความน่าเชื่อถือในการส่งข้อมูล นอกจากนี้ในเทคโนโลยี 5G ยังใช้เทคโนโลยีการมัลติเพล็กซ์สัญญาณแบบ OFDM (orthogonal frequency-division multiplexing) และ OFDMA (orthogonal frequency-division multiple access) ซึ่งช่วยให้ส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงได้เมื่อเทียบกับเทคโนโลยีการมัลติเพล็กซ์สัญญาณแบบอื่น และในเทคโนโลยี 5G จะมีการใช้งานสายอากาศแบบ Massive MIMO (multiple-input and multiple-output) ซึ่งแนวคิดของสายอากาศแบบ Massive MIMO คือ ใช้สายอากาศหลายตัวในการรับส่งข้อมูลข้อดีของการใช้สายอากาศกลายตัวในการรับส่งส่งข้อมูลคือจะสามารถทำให้มีการรองรับอุปกรณ์ที่มาเชื่อมต่อกับสถานีฐานได้มากขึ้น ในเทคโนโลยี 4G เริ่มมีการใช้งานอากาศแบบ MIMO บ้างแล้ว โดยการใช้สายอากาศ 4 หรือ 8 ตัวในการรับส่งสัญญาณ แต่เนื่องจากในระบบ 5G มีความต้องการเพิ่มปริมาณการเชื่อมต่ออุปกรณ์ให้มีจำนวนมากขึ้นกว่าเดิมหลายเท่า ดังนั้นจำนวนสายอากาศอาจจะเพิ่มถึงหลักพันต้น ซึ่งสายอากาศจำนวนมากเหล่านี้มีวิธีการจัดวางโครงสร้างหลายรูปแบบด้วยกัน เช่น แบบเส้นตรง (Linear) แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular) แบบทรงกระบอก (Cylindrical) และแบบกระจายตัว (Distribute) ซึ่งข้อดีของ

สายอากาศแบบ Massive MIMO คือ ขนาดของสายอากาศที่ขนาดเล็กและน้ำหนักเบาทำให้สามารถติดตั้งที่สถานีฐานได้สูงถึง 300 เมตร ซึ่งในเทคโนโลยี 4G สามารถติดตั้งได้สูงเพียง 100 เมตร เพราะว่าน้ำหนักของอุปกรณ์ที่มากและมีขนาดใหญ่กว่า ความพิเศษของสายอากาศแบบ Massive MIMO คือสามารถที่จะกระจายสัญญาณในแนวแกนนอน (horizontal axis) และในแนวตั้ง (vertical axis) พร้อมกันได้ทำให้ผู้ใช้งานที่อยู่ใกล้กับสถานีฐานมาก ๆ สามารถรับสัญญาณได้ นอกจากนี้สายอากาศแบบ Massive MIMO นั้นยังสามารถใช้จัดการสถานีฐานหรือเซลล์ไซต์แบบใหม่ที่เรียกว่า user-centric (UC) virtual cell โดยจะทำการเปลี่ยนจากเดิมที่เซลล์ไซต์จะเป็นศูนย์กลางให้ผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลางแทนทำให้ไม่ต้องสับเปลี่ยนเซลล์ไซต์ไปมาทำให้ผู้ใช้งานได้รับสัญญาณที่มีคุณภาพดีในทุก สถานที่แม้ว่าจะอยู่ในบริเวณที่เป็นรอยต่อของเซลล์ไซต์ ข้อด้อยของการใช้สายอากาศแบบ Massive MIMO กับความถี่ในย่าน Millimeter wave คือ อัตราพัลส์จะมีค่าต่ำลงทำให้ครอบคลุมพื้นที่ได้เพียง 20 - 30 เมตรเท่านั้น ดังนั้นในอนาคตจึงมีการคาดการณ์กันว่าจะมีสถานีฐานอยู่ทุกเสาไฟฟ้า

ในยุคปัจจุบันที่เป็นเทคโนโลยี 4G ในพื้นที่ที่นาน ๆ ครั้งจะมีผู้ใช้จำนวนมาก ๆ มารวมตัวกันอย่างเช่น งานแสดงสินค้าในหอประชุม งานรับปริญญา หรือในงานคอนเสิร์ต ทำให้สถานีฐานไม่เพียงพอต่อการรองรับผู้ใช้งานได้ เพื่อที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวคือ การเพิ่มจำนวนสถานีฐานให้มากขึ้น โดยจะติดตั้งเป็นสถานีฐานแบบเคลื่อนที่ แต่ถ้าไม่ใช่ในกรณีพิเศษแบบนี้กล่าวคือมีปริมาณผู้ใช้งานปริมาณมากอยู่เสมอทำให้การติดตั้งสถานีฐานชั่วคราวทำได้ยาก ในเทคโนโลยี 4G นั้นแต่ละสถานีฐานครอบคลุมพื้นที่เป็นรัศมีประมาณ 10 กิโลเมตร จะสามารถทำได้โดยลดขนาดความครอบคลุมลงเหลือ 100 เมตร เพราะว่าเมื่อมีผู้ใช้งานมากขึ้นค่าประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลจะลดต่ำลง แต่ว่าในเทคโนโลยี 4G ยังพอทำให้ประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นได้โดยการเพิ่มกำลังส่งให้มากขึ้น

ตัวอย่างเช่น หากต้องการเพิ่มความเร็วการรับส่งข้อมูลจาก 4 บิต/วินาที/เฮิรตซ์ เป็น 8 บิต/วินาที/เฮิรตซ์ จะต้องเพิ่มกำลังส่งประมาณ 17 เท่า ซึ่งอาจจะส่งผลให้เกิดการรบกวนกับผู้ใช้งานที่เชื่อมกับสถานีฐานอื่น ๆ สำหรับในเทคโนโลยี 5G นั้น ใช้สายอากาศแบบ Massive MIMO ซึ่งสามารถบังคับลำคลื่น (beam steering) ให้ไปยังผู้ใช้งานได้ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มกำลังส่งให้มากขึ้น สายอากาศแบบ Massive MIMO ได้มีการวิจัยออกมามากมาย งานวิจัยที่น่าสนใจและหยิบยกมาในวันนี้คือ การแบ่งกลุ่มสายอากาศออกเป็น 3 เซกเตอร์ แต่ละเซกเตอร์มีสายอากาศจำนวน 64 ตัว โดยการวางกลุ่มสายอากาศแต่ละเซกเตอร์หันทิศทำมุมกัน 120 องศา ดังนั้นที่สถานีฐานดังกล่าวจะมีสายอากาศทั้งหมดจำนวน 192 ตัว

หัวข้อบรรยาย : การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Channel Coding ใน 5G

ผู้บรรยาย : ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์

สรุปการบรรยาย :

การบรรยายในช่วงที่ 3 โดย ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์ อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังได้มาให้ความรู้ในด้านการนำ Channel Coding มาประยุกต์ใช้ในเทคโนโลยี 5G ซึ่งมีรายละเอียดในการบรรยายโดยสรุปดังนี้

ในเทคโนโลยี 5G การเพิ่มความน่าเชื่อถือของการรับส่งข้อมูลโดยใช้การเข้ารหัสช่องสัญญาณหรือรหัสแก้ไขความผิดพลาด ในการส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณที่มีการรบกวนทำให้ความน่าเชื่อถือของข้อมูลมีค่าลดลง ที่ภาครับจะได้รับข้อมูลที่ผิดพลาดดังนั้นเพื่อที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการนำรหัสแก้ไขความผิดพลาดมาใช้งาน โดยในภาคส่งจะมีการเข้ารหัสแก้ไขความผิดพลาดก่อนที่จะส่งข้อมูล โดยการเข้ารหัสจะเป็นการเติมบิตพาริตี (parity bits) เข้าไปในบิตข้อมูลที่จะส่งซึ่งบิตพาริตีดังกล่าวจะมีวิธีการได้มาจากการนำบิตข้อมูลที่จะส่งมาทำการคำนวณด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ตามประเภทของรหัสแก้ไขความผิดพลาดที่ใช้ ที่ภาครับจะอาศัยบิตพาริตีที่เติมเข้ามาเพื่อตรวจสอบความผิดพลาดของบิตข้อมูลและทำการแก้ไขบิตที่ผิดให้ถูกต้อง ซึ่งในปัจจุบันมีรหัสแก้ไขความผิดพลาดมากมายซึ่งเหมาะสำหรับนำไปใช้กับงานประยุกต์ต่าง ๆ กัน เช่น รหัสแฮมมิง (Hamming Codes) ซึ่งเป็นรหัสแก้ไขความผิดพลาดชนิดแรก ๆ ที่เกิดขึ้น โดยถูกคิดค้นขึ้นในปี 1950 งานประยุกต์ที่นำไปใช้ได้แก่ การแก้ไขความผิดพลาดในหน่วยความจำชั่วคราวของคอมพิวเตอร์ได้แก่ RAM และ DRAM เป็นต้น ถัดมาคือรหัสคอนโวลูชัน (Convolution Codes) ถูกคิดคนขึ้นในปี 1955 ซึ่งงานประยุกต์ที่นำไปใช้ได้แก่ การสื่อสารดาวเทียม ต่อมาในปี 1993 รหัสเทอร์โบ (Turbo Codes) ได้ถูกคิดค้นขึ้นมา เป็นการเปิดทางเข้าสู่การสื่อสารยุคใหม่เพราะว่ารหัสเทอร์โบได้รับการพิสูจน์ว่าสามารถให้สมรรถนะการแก้ไขความผิดพลาดเข้าใกล้ขีดจำกัดของแชนนอน (Shannon's limit) โดยงานประยุกต์สำหรับรหัสเทอร์โบ ได้แก่ เทคโนโลยี 3G - 4G และเมื่อไม่กี่ปีมานี้ยานสำรวจอวกาศที่มีชื่อว่านิวฮอร์ไรซอนส์ (New Horizons) มีการใช้งานรหัสเทอร์โบในการแก้ไขความผิดพลาดของการส่งข้อมูลกลับมายังโลก ถัดมาคือ รหัส LDPC ซึ่งถูกคิดค้นขึ้นมาเมื่อปี 1962 ก่อนที่จะมีการคิดค้นรหัสเทอร์โบราว 30 กว่าปี แต่ทว่าด้วยเทคโนโลยีในขณะนั้นยังไม่สามารถทำให้การเข้ารหัสเกิดขึ้นจริงได้ในทางปฏิบัติและความซับซ้อนที่สูงมากผู้คนจึงหันหลังให้กับรหัส LDPC แต่ว่ารหัส LDPC ได้กลับมาเป็นที่สนใจอีกครั้งเนื่องจากความสำเร็จของรหัสเทอร์โบ

ประกอบกับสามารถอธิบายการเข้ารหัส LDPC ด้วยให้ง่ายขึ้นกราฟได้ นอกจากรหัส LDPC จะมีความสามารถในการเข้าใกล้ขีดจำกัดของแชนนอนได้เช่นเดียวกับรหัสเทอร์โบแล้ว ยังมีความซับซ้อนการเข้ารหัสและถอดรหัสต่ำกว่ารหัสเทอร์โบ และยังให้ error floor ที่ต่ำกว่า ทำให้มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับรหัส LDPC มีออกมามากมายจนถึงปัจจุบัน สำหรับงานประยุกต์ของรหัส LDPC ได้แก่ Wireless Network Digital broadcasting Hard disk drive และ Solid-state drive เป็นต้น และในเทคโนโลยี 5G ที่กำลังจะเกิดขึ้นนี้จะมีการใช้งานรหัส LDPC ด้วยเช่นกันในฐานะรหัสแก้ไขความผิดพลาด และสุดท้ายรหัสโพลาร์ (Polar codes) เป็นรหัสแก้ไขความผิดพลาดชนิดใหม่ที่เกิดขึ้นใหม่ในปี 2009 หรือเมื่อราว 10 ปีที่แล้ว ซึ่งรหัสโพลาร์นี้จะถูกนำไปใช้ในเทคโนโลยี 5G ด้วยเช่นกันในฐานะที่เป็นตัวแทนของรหัสแก้ไขความผิดพลาดที่ถูกคิดค้นขึ้นโดยชาวเอเชีย และได้รับการผลักดันโดยจีนแต่อย่างไรก็ตามรหัสโพลาร์ทำหน้าที่เพียงเป็นรหัส control channel ดังนั้นในการจัดอบรมในครั้งนี้จะมีการกล่าวถึงเพียงรหัส LDPC

รหัส LDPC อยู่ในมาตรฐานต่าง ๆ ได้แก่ อุปกรณ์เน็ตเวิร์คที่ใช้มาตรฐาน IEEE 802.3an: 10GBASE-T อุปกรณ์เน็ตเวิร์คไร้สายที่ใช้มาตรฐาน IEEE 802.11n โทรทัศน์ระบบดิจิทัลที่ใช้มาตรฐาน DVB-T2/DVB-S2 โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้มาตรฐาน 5G NR และอุปกรณ์บันทึกข้อมูลฮาร์ดดิสก์หรือแฟลช (ยังไม่มีมาตรฐานกำหนด) โดยในงานประยุกต์แต่ละประเภทนั้นต้องการค่าอัตราบิตผิดพลาดที่แตกต่างกัน เช่น ในอุปกรณ์สื่อสารไร้สายต้องการอัตราบิตผิดพลาด (BER) < 10^{-4} และในโทรทัศน์ดิจิทัลต้องการอัตราบิตผิดพลาด (BER) < 10^{-7} นอกจากนี้ในอุปกรณ์บันทึกข้อมูลยังต้องการอัตราบิตผิดพลาด (BER) < 10^{-12}

สำหรับรหัส LDPC ข้อมูลจะถูกเข้ารหัสทีละบล็อกแต่ละบล็อกยาว K บิต หลังจากเข้ารหัสแล้วจะได้คำรหัส c ที่ยาว N บิตออกมา ซึ่งในคำรหัสประกอบด้วย บิตข้อมูล K บิตและบิตพาริตีที่เติมเข้ามา N-K บิต สำหรับอัตรารหัส R คำนวณได้จาก R = K/N ในการเข้ารหัส LDPC นั้นจะต้องสอดคล้องกับ $\mathbf{cH}^{T}=0$ เมื่อ **H** คือเมทริกซ์พาริตีเช็ก (Parity check matrix) โดยที่จำนวนเลข 1 ในเมทริกซ์น้อยกว่าจำนวนเลข 0 มาก ๆ โดยตำแหน่งของเลข 1 จะอธิบายความสัมพันธ์ของบิตข้อมูลและบิตพาริตี สำหรับการถอดรหัสจะอาศัยความสัมพันธ์ของบิตข้อมูลและบิตพาริตีในการแก้ไขบิตที่ผิดพลาด ดังนั้นในการออกแบบรหัส LDPC หัวใจหลักจะอยู่ที่การออกแบบเมทริกซ์พาริตีเช็กที่ให้อัตราบิตผิดพลาดต่ำที่สุดในบริเวณที่มีการรบกวนสูง ๆ ปัญหาที่สำคัญในการออกแบบรหัส LDPC สำหรับมาตรฐานในเทคโนโลยี 5G มีดังนี้

1. เทรสโฮลด์การถอดรหัส (Decoding threshold) เข้าใกล้ขีดจำกัดของแชนนอนมากที่สุดซึ่งในส่วนนี้ได้มีการพยายามออกแบบมากมายทั้งการกระจายตัวของตำแหน่งเลข 1 ในเมทริกซ์ **H** แบบสุ่ม จำนวนเลข 1 ในแต่ละแถวและหลักถูกปรับให้มีจำนวนไม่เท่ากันสามารถทำให้เทรสโฮลด์การถอดรหัสเข้าใกล้ขีดจำกัดของแชนนอนมากยิ่งขึ้น

2. การออกแบบวงจรถอดรหัสให้ทำงานแบบขนานจะทำให้ลดเวลาในการคำนวณลงได้ ส่งผลให้ความหน่วงเวลาลดลงซึ่งการจะทำแบบนี้ได้ เมทริกซ์ **H** จะต้องมีการออกแบบให้มีคุณสมบัติ quasi-cyclic และใช้หน่วยประมวลผลหลาย ๆ ตัว

3. การรองรับการทำงาน IR-HARQ (Hybrid ARQ with Incremental Redundancy) ซึ่ง IR-HARQ พัฒนามาจากเทคนิค Hybrid ARQ ที่เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างเทคนิค ARQ error-control และการเข้ารหัสช่องสัญญาณด้วยอัตรารหัสที่ปรับค่าได้ ซึ่งความพิเศษของเทคนิค IR-HARQ ที่แตกต่างจากเทคนิค Hybrid ARQ

คือเมื่อภาครับได้รับรู้ว่าข้อมูลที่ภาคส่งมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ภาครับจะทำการส่ง NACK กลับไปยังภาคส่งแล้ว ภาคส่งจะส่งข้อมูลใหม่ที่เข้ารหัสด้วยอัตรารหัสที่ต่ำลง จะได้จำนวนบิตพาริตีที่เพิ่มขึ้นหลังจากนั้นจะส่งเพียงบิตพาริตีอันใหม่กลับไปเพื่อถอดรหัสเพื่อลดความซ้ำซ้อนในการส่งข้อมูลเดิมซ้ำ (Redundancy) เพราะฉะนั้นเงื่อนไขที่สำคัญสำหรับการออกแบบรหัส LDPC คือจะต้องรองรับการทำงาน IR-HARQ กล่าวคือต้องมีการใช้โครงสร้างรหัส LDPC หรือเมทริกซ์ H เพียงชุดเดียวสำหรับทุกอัตรารหัส อีกทั้งต้องสามารถเข้ารหัสข้อมูลเพื่อหาบิตพาริตีบางส่วนได้โดยไม่จำเป็นต้องหาบิตพาริตีทั้งหมดเพียงครั้งเดียว

4. การรองรับบิตข้อมูลที่มีความยาว และอัตรารหัสต่าง ๆ ให้ได้ตามที่มาตรฐานกำหนด นอกจากนี้อัตรารหัสต้องมีความยืดหยุ่นปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์ความผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยความยาวบิตข้อมูลและอัตรารหัสแบ่งได้ดังนี้

- o บิตข้อมูลยาว => $500 \le K \le 8448$ และ $1/3 \le R \le 8/9$
- o บิตข้อมูลสั้น => $40 \le K \le 2560$ และ $1/5 \le R \le 2/3$

นอกจากนี้การประชุม 3GPP (3rd Generation Partnership Project) ได้ถูกจัดตั้งขึ้นมาหลายครั้ง เพื่อวางกำหนดการและกลุ่มงานเพื่อศึกษาและออกแบบรหัสช่องสัญญาณในมาตรฐาน 5G ว่าโครงสร้างรหัส LDPC หรือรหัสช่องสัญญาณอื่น ๆ ว่าโครงสร้างแบบใดเหมาะแก่การนำมาใช้ในระบบการสื่อสาร 5G ในอนาคตอันใกล้

หัวข้อบรรยาย : การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Network Slicing ใน 5G

ผู้บรรยาย : คุณพงษ์เทพ เจียรอุดมทรัพย์ ตัวแทนจากบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน)

สรุปการบรรยาย :

การบรรยายในช่วงสุดท้าย โดย คุณพงษ์เทพ เจียรอุดมทรัพย์ ตัวแทนจากบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) ได้มาให้ความรู้ในด้านการนำ Network Slicing มาประยุกต์ใช้ในเทคโนโลยี 5G ซึ่งมีรายละเอียดในการบรรยายโดยสรุปดังนี้

Network Slicing มีแนวคิดคือการจัดแบ่งระบบประมวลผล (Processor) ระบบสื่อสารทางกายภาพ (Physical communication) ให้กับเครือข่ายที่มีการจัดแบ่งให้เป็นเครือข่ายย่อย ๆ คล้ายกับการที่เรานำเครื่องแม่ข่าย (Server) ตัวหนึ่งมาติดตั้งเครื่องแม่ข่ายเล็ก ๆ ภายในหลาย ๆ ตัว ในรูปแบบ Virtualization โดยเครื่อง

แม่ข่ายเหล่านี้เราเรียกว่า Virtual Machine ซึ่งจะได้รับการแบ่งปันทรัพยากร ระบบประมวลผลทางกายภาพมาให้กับ Virtual Machine ต่าง ๆ เหล่านี้ ดังนั้น Network virtualization ในเทคโนโลยี 5G คือ การนำเอาทรัพยากรทางกายภาพต่าง ๆ ดังที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ มาแจกจ่ายให้กับเครือข่ายต่าง ๆ ที่ได้ถูกจัดแบ่งออกมาเพื่อให้บริการแบบต่าง ๆ ภายใต้เทคโนโลยี 5G

ในการจัดแบ่งเครือข่ายภายของเทคโนโลยี 5G มีวัตถุประสงค์เพื่อการใช้ทรัพยากรโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่ ไม่ว่าจะเป็นระบบประมวลผลในศูนย์ข้อมูล รวมไปถึงโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ เช่น สถานีฐาน สายอากาศ คลื่นความถี่และช่องสัญญาณ นำมาใช้เพื่อสร้างเครือข่ายย่อยที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยแต่ละเครือข่ายย่อยให้บริการที่แตกต่างกัน แต่สามารถใช้ระบบประมวลผล ระบบโครงข่ายสื่อสารหรือโครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพเดียวกันได้

Network Slicing ประเภทแรกใช้กับระบบเครือข่ายย่อยที่เน้นความหน่วงเวลาต่ำเป็นพิเศษ และมีความน่าเชื่อถือสูง ตัวอย่างเช่น ยานพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยตัวเอง (Autonomous car) หรือ URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communications) และ Network Slicing อีกประเภทหนึ่งนั้นถูกกำหนดให้ใช้กับอุปกรณ์ที่ไม่มีแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ ตัวอย่างเช่น เซนเซอร์ หรือ mMTC (massive machine type communications) และยังต้องการประสิทธิภาพที่ดี ส่วน Network Slicing อีกประเภทหนึ่ง คือเน้นการให้บริการข้อมูลข่าวสาร ความเร็วสูงเป็นพิเศษ หรือ eMBB (enhanced mobile broadband) สำหรับการให้บริการสำหรับเทคโนโลยี 4K หรือ 3D และวิดีโอที่ให้ภาพเสมือนจริง โดยมาตรฐานจะเริ่มต้นใช้งานได้เพียง 3 ประเภทนี้เท่านั้น ส่วนของโครงสร้างก็มีความพร้อมที่จะจัดแบ่งเครือข่ายย่อยเพื่อให้บริการประเภทอื่น ๆ ในอนาคต

เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่แพงเกินไปในการจัดสรรเครือข่ายแบบครบวงจรที่สมบูรณ์ให้กับ Network slicing แต่ละประเภท โครงสร้างเครือข่ายที่จะมารองรับเทคโนโลยี 5G จะใช้เทคนิค virtualization และ cloud ซึ่งอนุญาตให้ Network Slicing ประเภทต่าง ๆ เหล่านี้สามารถอยู่ร่วมกันได้ ภายใต้โครงสร้างพื้นฐานเดียวกัน โดยไม่ต้องลงทุนติดตั้งโครงสร้างพื้นฐาน หรือทรัพยากร แยกเฉพาะสำหรับแต่ละ Network Slicing หรือเครือข่ายย่อยเหล่านี้อีก

ในเทคโนโลยี 5G NFV (Network Function Virtualization) จะอนุญาตให้เครือข่ายทางกายภาพถูกแยกออกเป็น Network Virtualization หลาย ๆ อันที่สามารถรองรับเครือข่าย Radio access network (RAN) ที่แตกต่างกัน หรือบริการประเภทต่าง ๆ สำหรับกลุ่มลูกค้าผู้ใช้บริการเฉพาะที่แตกต่างกันได้ Network Slicing จะทำให้มีการแยกระหว่าง Control Plane และ User Plane ออกจากกัน ดังนั้นผู้ใช้งานจะได้รับประสบการณ์หรือความรู้สึกว่ามันเป็นเครือข่ายที่แยกจากกัน

เทคโนโลยีคลาวด์แบบกระจาย (Distributed cloud) จะช่วยให้ศูนย์ข้อมูลหลาย ๆ แห่งถูกมองเห็นเป็นศูนย์ข้อมูลเพียงหนึ่งเดียว ภายใต้เทคโนโลยี 5G NFV จะเป็นมากกว่าแค่การย้ายฟังก์ชันไปยังฮาร์ดแวร์สำหรับบริการแก่ผู้ใช้ ในเทคโนโลยีคลาวด์แบบกระจายนี้ 5G NFV จะสามารถปรับขนาดได้อย่างยืดหยุ่นและมีทนต่อความผิดพลาดได้ดี การรวมเทคโนโลยีระบบคลาวด์กระจายเข้ากับ VNF จะช่วยให้ VNF สามารถปรับใช้ตามประสิทธิภาพและข้อกำหนดอื่น ๆ ทำให้ผู้ประกอบการสามารถปรับแต่งจัดการและบำรุงรักษาเครือข่ายได้ง่ายขึ้น

ด้วย 5G NFV ผู้ให้บริการจะสามารถตั้งโปรแกรมเครือข่ายแบบเรียลไทม์และแนะนำบริการใหม่ ๆ ได้อย่างรวดเร็วโดยอิงตามความต้องการด้านบริการมากกว่าการกำหนดเส้นทางซึ่งจำเป็นสำหรับผู้ใช้ปลายทางที่ต้องการโทรศัพท์มือถือ

5. ผลสรุปแบบสอบถาม

5.1 จำนวนผู้กรอกแบบสอบถาม

115 คน

5.2 เพศ

ชาย: 67 คน หรือร้อยละ 58.26

หญิง: 48 คน หรือร้อยละ 41.74

5.3 อายุ

20 - 30 ปี: 115 คน หรือร้อยละ 100

31 - 40 ปี: 0 คน หรือร้อยละ 0

41 - 50 ปี: 0 คน หรือร้อยละ 0

51 ขึ้นไป: 0 คน หรือร้อยละ 0

5.4 การศึกษา

ต่ำกว่าปริญญาตรี: 3 คน หรือร้อยละ 2.61

ปริญญาตรี: 111 คน หรือร้อยละ 96.52

ปริญญาโท: 1 คน หรือร้อยละ 0.87

ปริญญาเอก: 0 คน หรือร้อยละ 0

5.5 ความพึงพอใจด้านเนื้อหาและสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร

ประเด็นความคิดเห็น	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	คะแนนเฉลี่ย
ด้านเนื้อหา						
1. ท่านได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี 5G เพิ่มขึ้น	38	70	7	0	0	4.27
ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร						
1. สถานที่และสภาพแวดล้อมมีความเหมาะสม	34	63	14	4	0	4.10
2. ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	24	52	29	9	1	3.77

ประเด็นความคิดเห็น	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	คะแนนเฉลี่ย
3. อาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ มีความเหมาะสม	33	64	18	0	0	4.13

5.6 ท่านอยากให้มีการจัดอบรมในครั้งถัดไปหรือไม่

อยาก: 113 คน หรือร้อยละ 98.26

ไม่อยาก: 2 คน หรือร้อยละ 1.74

ไม่ออกความเห็น: 0 คนร้อยละ หรือ 0

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 5

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 5

1. กำหนดการและกิจกรรม

วันที่ 23 สิงหาคม 2562 เวลา 9.00 - 15.00

สถานที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

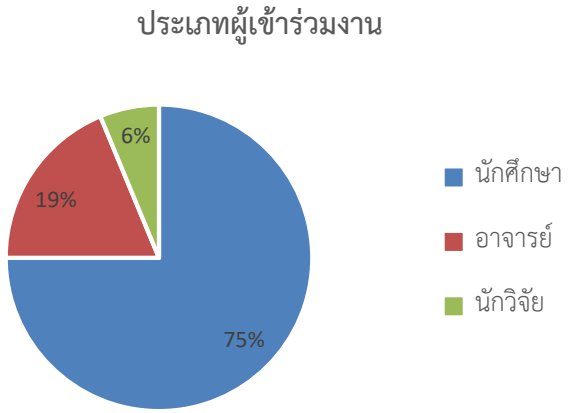
เวลา	หัวข้อการบรรยาย
08.30 - 09.00	ลงทะเบียนและรับเอกสารการอบรม
09.00 - 09.15	ประธานกล่าวเปิดงาน
09.15 - 10.30	ความก้าวหน้าเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายยุคที่ 5 - การสื่อสารไร้สายยุคต่าง ๆ - แนวทางการใช้งานการสื่อสารไร้สายยุคที่ 5 - เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สารที่นำมาใช้ใน 5G โดย ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
10.30 - 10.45	พักเบรก
10.45 - 12.00	การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Millimeter Wave และ Massive MIMO ใน 5G - ทำไม 5G ต้องใช้ Millimeter wave - คุณลักษณะของ Millimeter wave - ความก้าวหน้าการใช้งาน Millimeter wave ทั่วโลก - Massive MIMO คืออะไร - ประโยชน์ของ Massive MIMO ใน 5G โดย ดร.พิสิฐ วนิชชานันท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
12.00 - 13.00	รับประทานอาหารกลางวัน
13.00 - 15.00	การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Channel Coding ใน 5G - Data Channel และ Control Channel ในมาตรฐาน 5G - หลักการทำงาน IR-HARQ ของ Data Channel - การพัฒนาเทคโนโลยี Channel Coding ของกลุ่ม 3GPP - ผลการทดสอบสมรรถนะของเทคโนโลยี Channel Coding ในมาตรฐาน 5G โดย รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ Mr.Manus Pengnoo จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ กำหนดการข้างต้นอาจมีการปรับได้ตามสถานการณ์ ความพร้อม และความเหมาะสม

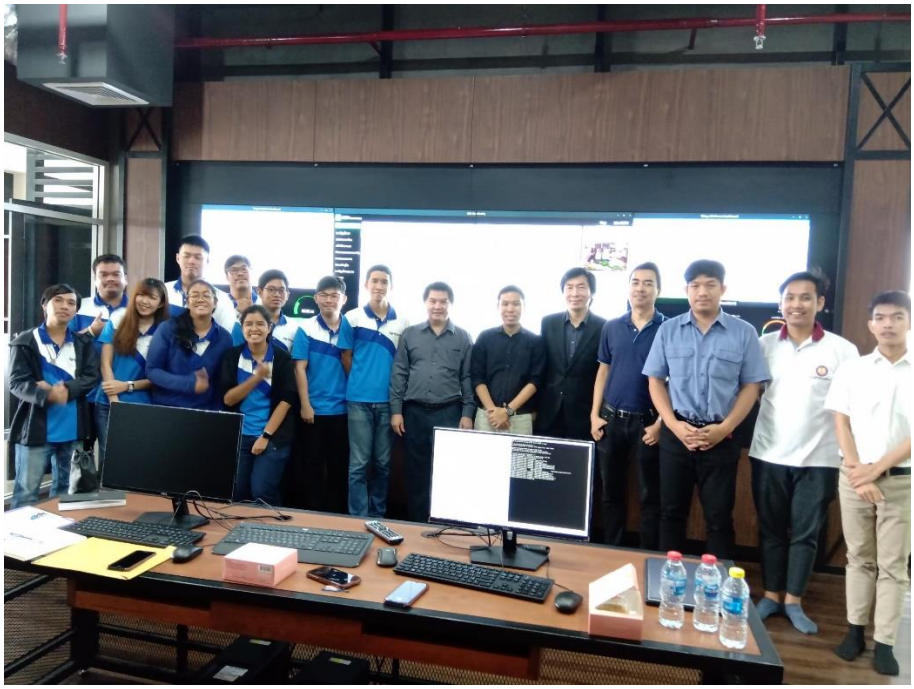
2. รายละเอียดผู้เข้าร่วม

จำนวนผู้เข้าร่วมงาน 16 คน แบ่งตามอาชีพได้ดังนี้

อาชีพผู้เข้าร่วมงาน	จำนวน
นักศึกษา	12
อาจารย์	3
นักวิจัย	1



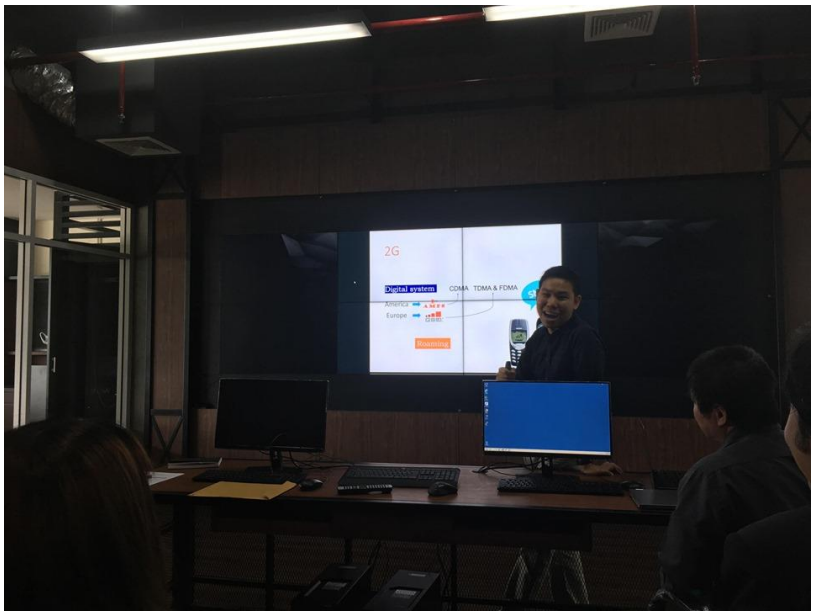
3. ภาพบรรยากาศ



4. สรุปเนื้อหาของผู้บรรยาย

หัวข้อบรรยาย : ความก้าวหน้าเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายยุคที่ 5

ผู้บรรยาย : ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์



สรุปการบรรยาย :

การสื่อสารไร้สายบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคแรก 1G จะเน้นไปที่การสื่อสารผ่านเสียง การส่งสัญญาณเสียงเป็นแบบแอนะล็อกจึงทำให้มีความปลอดภัยต่ำ ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะถูกดักฟังการสนทนาได้ง่าย จากนั้นการสื่อสารไร้สายได้ก้าวเข้าสู่ยุค 2G ซึ่งได้เริ่มมีการพัฒนารูปแบบการส่งสัญญาณเป็นดิจิทัล การสื่อสารในยุค 2G สามารถแบ่งออกเป็น 2 มาตรฐานหลัก ๆ ได้แก่มาตรฐาน D-AMPS ของอเมริกา ที่มีการใช้เทคโนโลยีการเข้ารหัส CDMA (Code Division Multiple Access) ทำให้มีเพียงเครื่องส่งและเครื่องรับเท่านั้นที่จะสามารถถอดรหัสสัญญาณที่ส่งออกมาได้ มาตรฐานที่สองคือ D-AMPS ของประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป ที่มีการใช้เทคโนโลยีการเข้ารหัส TDMA (Time Division Multiple Access) เพื่อเพิ่มช่องทางการสื่อสารทำให้รองรับปริมาณผู้ใช้งานที่มีมากขึ้นได้ แอปพลิเคชันที่ถูกเพิ่มเข้ามาในยุค 2G คือผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถส่งข้อความสั้น ๆ (Short message service: SMS) ไปยังผู้รับได้ หลังจากนั้นโทรศัพท์มือถือได้ก้าวเข้าสู่ยุค 3G ด้วยมาตรฐาน UMTS-CDMA2000 ซึ่งสามารถให้อัตราการส่งผ่าน (Data rate) ในระดับ 2Mbps นอกจากนี้ในยุค 3G มีการใช้เทคนิคการเข้ารหัสเทอร์โบ (Turbo code) เพื่อใช้สำหรับแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลที่ส่งอีกด้วย หลังจากนั้นไม่นานโทรศัพท์มือถือได้ก้าวเข้าสู่ยุค 4G ความสำคัญในยุค 4G คือมีการใช้เทคโนโลยี OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) แทนที่เทคโนโลยี TDMA และ CDMA เดิม ด้วยเทคโนโลยีดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพการส่งข้อมูลมีค่าสูงขึ้นภายใต้แบนด์วิดธ์ (Bandwidth) ที่จำกัด โดยมีผลทำให้อัตราการส่งผ่านข้อมูลสูงขึ้นในระดับ 1Gbps อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันการสื่อสารไร้สายยุค 5G กำลังจะเกิดขึ้น จากการสำรวจจากกลุ่ม 3GPP พบว่าผู้ใช้งานคาดหวังว่าเทคโนโลยี 5G จะสามารถตอบสนองความต้องการพื้นฐาน 3 ประการดังนี้ ความต้องการเข้าถึงข้อมูล

ความเร็วสูง (enhanced mobile broadband) ความต้องการในการใช้งาน IoT (Internet of thing) (Massive Machine type communication) และความต้องการสื่อสารแบบมีเสถียรภาพสูงหรือมีความหน่วงต่ำ (ultra-reliable and low latency communications) อย่างไรก็ตาม มาตรฐานการใช้งาน 5G นั้นได้ถูกออกแบบและกำหนดโดยองค์กรที่มีชื่อว่า 3rd Generation Partnership Project (3GPP) ซึ่งเป็นองค์กรที่ประกอบไปด้วยสมาชิกจากบริษัทชั้นนำทางด้านโทรคมนาคมทั่วโลก โดยองค์กรนี้จะถูกแบ่งย่อยออกเป็นเป็น 3 กลุ่มการทำงานดังนี้

1. Radio access network (RAN) มีหน้าที่ในการกำหนดมาตรฐานของ Layer 1
2. Core network & terminals (CT) มีหน้าที่ในการกำหนดมาตรฐานของ Layer 3
3. Service & systems aspects (SA) มีหน้าที่ในการดูแลและให้บริการแอปพลิเคชัน Layer 6 – 7

แผนงานของ 3GPP สำหรับการกำหนดมาตรฐานของเทคโนโลยี 5G สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 เฟส ในเฟสแรกได้ดำเนินการเสร็จสิ้นไปแล้วระหว่างปี 2016 - 2017 โดยในเฟสแรกจะเป็นการศึกษาพฤติกรรมการใช้งานของ 5G ซึ่งได้บทสรุปตามที่ได้กล่าวถึงข้างต้นว่ากลุ่มผู้ใช้งานประกอบไปด้วย 3 กลุ่มคือ เน้นความเร็ว เน้นเสถียรภาพ และเน้นใช้งาน IoT ภายหลังจากการศึกษาพฤติกรรมการใช้งานเสร็จสิ้น ในลำดับถัดมาได้มีการออกแบบโครงข่ายเน็ตเวิร์คหรือสถาปัตยกรรมของระบบที่รองรับการบริการต่าง ๆ ซึ่งรับผิดชอบโดยกลุ่ม SA WG2 และ RAN เฉพาะงานที่เกี่ยวข้องกับคลื่นวิทยุ หลังจากนั้นจึงจะเป็นการออกแบบฟังก์ชันการทำงานและโปรโตคอลที่อยู่ในส่วนของการเชื่อมต่อทางกายภาพ โดยกลุ่ม RAN และ CT เฉพาะงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับคลื่นวิทยุ ทั้งนี้เทคโนโลยีทางโทรคมนาคมที่จะนำมาใช้ในยุค 5G ประกอบไปด้วย 1) Scalable OFDM-based air interference 2) Flexible slot-based framework 3) Advance channel coding 4) Massive MIMO และ 5) Mobile mmWave

ในการบรรยายนี้จะเน้นไปที่เทคโนโลยี Advance channel coding หรือการเข้ารหัสช่องสัญญาณความว่าโดยปกติแล้วข้อมูลที่ถูกอ่านออกมาจากช่องสัญญาณสื่อสารของโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นเสมอ เช่น จากความร้อนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรือจากการจางหายของช่องสัญญาณ เป็นต้น วิธีการแก้ไขความผิดพลาดเหล่านั้นคือจะต้องทำก็คือการเข้ารหัสข้อมูลด้วยรหัสแก้ไขความผิดพลาดต่าง ๆ ในส่วนการสื่อสารไร้สายยุค 5G นั้น การสื่อสารระหว่างสถานีฐานและโทรศัพท์เคลื่อนที่ประกอบไปด้วยข้อมูลอยู่ 2 ชนิด ชนิดแรกคือ User data ซึ่งเป็นข้อมูลที่แท้จริงของผู้ใช้งานที่พยายามส่งไปที่ผู้รับปลายทาง ชนิดที่สองคือ Control data ซึ่งเป็นข้อมูลที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ส่งข้อความตอบกลับไปยังสถานีฐานว่าได้รับข้อมูลถูกต้องหรือไม่ หรือสภาพความรุนแรงของสัญญาณรบกวนบริเวณนั้น ๆ เป็นต้น จากการประชุมของกลุ่ม RAN WG1 จำนวน 14 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 1 ปี 9 เดือน ได้ข้อสรุปว่าจะมีการนำรหัสแอลดีพีซี (LDPC codes: 1962) มาใช้สำหรับข้อมูลในส่วน User data และรหัสโพลาร์ (Polar codes: 2009) สำหรับข้อมูล Control data ภายหลังจากได้ข้อสรุปจากการประชุมแล้วนั้นจึงเกิดมาตรฐานที่ชื่อว่า 3GPP NR ขึ้นมา ซึ่งจะถูกส่งไปพิจารณาเพื่อเกิดเป็นมาตรฐาน IMT-2020 ต่อไป ในส่วนท้ายการบรรยาย ได้มีการแสดงผลการจำลองสมรรถนะระหว่างรหัสแอลดีพีซีและรหัสโพลาร์ที่ความยาวข้อมูลต่าง ๆ กัน พบว่า รหัสโพลาร์จะให้สมรรถนะที่ดีกว่ารหัสแอลดีพีซีที่ความยาวข้อมูลสั้น ๆ อย่างไรก็ตามเมื่อข้อมูลยาวขึ้นรหัสแอลดีพีซีจะให้สมรรถนะที่ดีกว่ารหัสโพลาร์

หัวข้อบรรยาย : การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Millimeter Wave และ Massive MIMO ใน 5G
ผู้บรรยาย : ดร.พิสิฐ วนิชชานันท์

สรุปการบรรยาย :

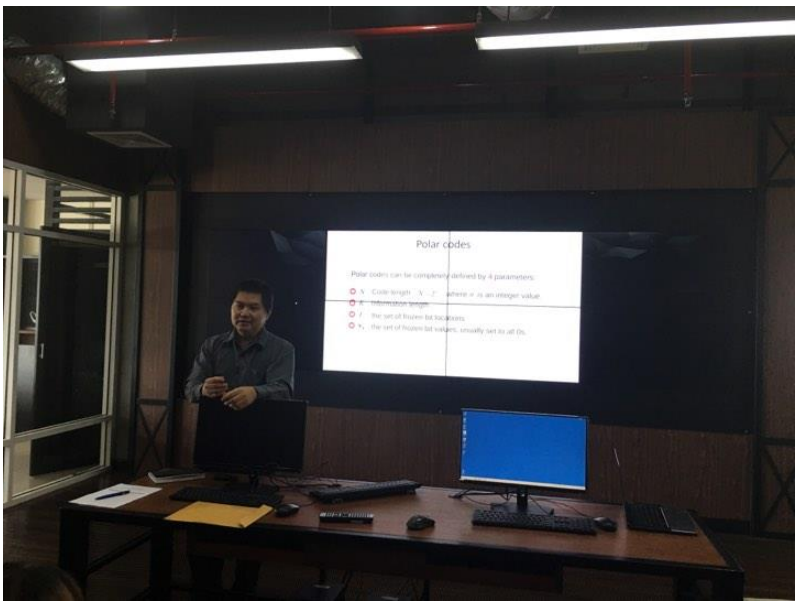
เนื่องมาจากการสื่อสารในยุค 5G มีความเร็วเพิ่มมากขึ้นจาก 4G มากนั้น ดังนั้นคลื่นที่จะถูกนำมาใช้ใน 5G ต้องเป็นคลื่นที่มีความถี่สูงมาก ๆ โดยมีการคาดการณ์ไว้ว่าย่านความถี่ที่จะถูกนำมาใช้กับการสื่อสารไร้สายในยุค 5G คือความถี่ย่าน Millimeter wave หรือคลื่นความถี่ที่มีความยาวคลื่นในระดับ 1 มิลลิเมตร ถึง 10 มิลลิเมตร (ความถี่ตั้งแต่ 30 - 300 GHz) เหตุผลหลัก ๆ ที่คลื่นย่าน Millimeter wave ถูกนำมาใช้กับ 5G มีความถี่ที่สูง และให้แบนด์วิดธ์การใช้งานที่กว้างกว่าเดิมมาก นอกจากนี้ความถี่ในย่านดังกล่าวนี้ยังคงว่าง ไม่ได้ใช้งานในแอปพลิเคชันอย่างแพร่หลาย คุณลักษณะของคลื่นย่าน Millimeter wave สามารถพิจารณาได้จากสภาวะการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระดับน้ำทะเล โดยคลื่นย่าน Millimeter wave จะมีบางช่วงของความถี่ที่มีการดูดซับทางแม่เหล็กไฟฟ้าสูงหรือมีการลดทอนสูง เช่น 24 60 184 และ 325 GHz ซึ่งสาเหตุมาจากการถูกลดทอนเนื่องมาจากไอน้ำและออกซิเจนในชั้นบรรยากาศ โดยความถี่ในบริเวณเหล่านี้จะไม่ได้ถูกเพิกเฉยไปอย่างเปล่าประโยชน์ แต่จะถูกนำไปใช้ประโยชน์กับการส่งสัญญาณในระยะทางใกล้ ๆ ที่คาดว่าจะมีการลดทอนเนื่องจากไอน้ำและออกซิเจนที่น้อยลง สำหรับย่านที่มีการดูดซับทางแม่เหล็กไฟฟ้าต่ำหรือมีการลดทอนต่ำ จะถูกนำไปใช้สำหรับการส่งข้อมูลระยะทางไกลหรือใช้สำหรับการส่งข้อมูลระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน นอกจากนี้คลื่นในย่าน Millimeter wave ยังมีคุณสมบัติคล้ายแสง โดยมีคุณภาพการส่งผ่านสัญญาณที่ดีเมื่อมีการส่งคลื่นแบบ Line of Sight ซึ่งหากมีสิ่งกีดขวางและมีการตกกระทบเกิดขึ้น (Multipath) จะมีการลดทอนของคุณภาพลงอย่างมาก ข้อเสียเปรียบบางประการของคลื่นย่าน Millimeter wave คือเมื่อวัตถุที่สะท้อนหรือเครื่องรับสัญญาณมีการเคลื่อนที่ จะส่งผลให้ความถี่ภายหลังการกระทบจะมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความเร็วและทิศทางของวัตถุที่เคลื่อนที่หรือที่เรียกกันว่าปรากฏการณ์ “เคลื่อนดอปเปลอร์ (Doppler shift)” ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้ถือเป็นปัญหาที่รุนแรงสำหรับการใช้งาน

คลื่น Millimeter wave เพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางความถี่ที่มีนัยสำคัญแม้กระทั้งเครื่องรับเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับการเดินของมนุษย์ มาตรฐานการใช้งานบางส่วนของคลื่นย่าน Millimeter wave (57 – 64 GHz) ในปัจจุบันประกอบไปด้วย

1. WirelessHD 1.0 (UltraGig) ริเริ่มใช้เมื่อปี 2008 มีวัตถุประสงค์สำหรับการใช้ video streaming
2. IEEE 802.11ad (WiGig) ริเริ่มใช้เมื่อปี 2012 ซึ่งปัจจุบันมาตรฐานถูกนำไปรวมกับ Wi-Fi แล้ว
3. IEEE 802.11ay เป็นมาตรฐานใหม่ที่ถูกริเริ่มเมื่อปี 2017 - 2018 โดยมีแบนด์วิดท์เพิ่มขึ้นจาก เดิมถึง 4 เท่า ส่งผลให้ความเร็วในการเข้าถึงข้อมูลมากขึ้นจากมาตรฐานเดิมอย่างมาก

ในปัจจุบันได้มีอุปกรณ์ที่มีการใช้คลื่นในย่าน Millimeter wave บ้างแล้ว เช่น WirelessHD ในผลิตภัณฑ์ Dell Alienware laptops Epson Projector 3020e และ Sony Personal 3D Viewer HMZ-T3W เป็นต้น สำหรับมาตรฐาน IEEE 802.11ad จะถูกนำมาใช้ในรูปแบบ Chipsets ในหลาย ๆ ผลิตภัณฑ์ เช่น Qualcomm Wilocity Tensorcom และ Nitero Chipset เป็นต้น และสุดท้ายในส่วนการใช้งานคลื่น Millimeter wave สำหรับเทคโนโลยี 5G นั้น ในอนาคตสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชันที่เคยมีมาดั้งเดิมให้ดียิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ในระบบ Cloud storage Monitoring sensor network Real-time gaming และ Video streaming เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชันใหม่ ๆ เช่น Autonomous driving Augmented reality Virtual reality และ Tactile internet เป็นต้น หมายเหตุว่าในอนาคตจะมีการใช้สายอากาศ Massive MIMO (multiple-input and multiple-output) เพื่อส่งออกคลื่น Millimeter wave สำหรับการสื่อสารไร้สายยุค 5G โดยหลักการพื้นฐานของระบบ Massive MIMO คือการใช้สายอากาศหลายตัวในการส่งและรับข้อมูลเพื่อเพิ่มอัตราการส่งผ่านข้อมูลข่าวสารให้มากขึ้น รวมถึงยังสามารถใช้เทคนิค beamforming เพื่อเพิ่มศักยภาพการส่งผ่านข้อมูลระหว่างสถานีฐานกับอุปกรณ์ผู้ใช้งานได้

หัวข้อบรรยาย : การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Channel Coding ใน 5G
ผู้บรรยาย : รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ



สรุปการบรรยาย :

รหัสโพลาร์คือรหัสที่ถูกวางแผนเพื่อนำมาใช้กับเทคโนโลยีการสื่อสารยุค 5G ในส่วน Control data ดังที่ได้กล่าวถึงในส่วนก่อนหน้า ในส่วนผู้บรรยายได้กล่าวถึงรายละเอียดเชิงลึกของรหัสโพลาร์ โดยรหัสโพลาร์สามารถกำหนดโดยสมบูรณ์ได้ด้วยพารามิเตอร์ 4 ค่า

- N คือความยาวของคำรหัส ทั้งนี้มีข้อกำหนดว่า N = 2^n โดย n เป็นเลขจำนวนเต็มบวก
- K คือความยาวของบิตข้อมูล
- F คือตำแหน่งของบิตแช่แข็ง (Frozen bit locations) จำนวน N – K ค่า
- $\mathbf{v}_F$ คือเวกเตอร์ขนาด N - K ที่บรรจุค่าเลขฐานสอง 0 หรือ 1 (มักจะกำหนดให้เป็น 0)

ในทางคณิตศาสตร์ กระบวนการผลคูณโคนเน็กเกอร์ (Kronecker product) ถูกแทนด้วยเครื่องหมาย $\otimes$ คือตัวดำเนินการระหว่างเมทริกซ์ 2 ตัว ดังตัวอย่างต่อไปนี้

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \qquad B=\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix}$$

โดย A $\otimes$ B คือ

$$A\otimes B=\begin{bmatrix} a_{11}B & a_{12}B \\ a_{21}B & a_{22}B \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} a_{11}b_{11} & a_{11}b_{12} & a_{12}b_{11} & a_{12}b_{12} \\ a_{11}b_{21} & a_{11}b_{22} & a_{12}b_{21} & a_{12}b_{22} \\ a_{21}b_{11} & a_{21}b_{12} & a_{22}b_{11} & a_{22}b_{12} \\ a_{21}b_{21} & a_{21}b_{22} & a_{22}b_{21} & a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

ในรหัสโพลาร์ มีเมทริกซ์ตัวหนึ่งที่เป็นตัวอธิบายความสัมพันธ์ของบิตรหัสที่จะถูกส่งไปในช่องสัญญาณนั่นคือ “เมทริกซ์กำเนิด (Generating matrix: **G**)” โดยเราสามารถสร้างเมทริกซ์ **G** ได้ดังนี้

$$\mathbf{G}=\mathbf{F}^{\otimes n}=\mathbf{F}\otimes\ldots\otimes\mathbf{F} \quad ,\mathbf{F}=\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad n=\log_2(N)$$

ที่ซึ่งเมื่อมีการกำหนด N = 4 เราจะได้

$$\mathbf{F}^{\otimes 2}=\mathbf{F}\otimes\mathbf{F}=\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\otimes\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เมื่อมีการกำหนด N = 8 เราจะได้

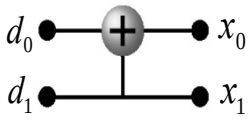
$$\mathbf{F}^{\otimes 3} = (\mathbf{F} \otimes \mathbf{F}) \otimes \mathbf{F} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ในกระบวนการเข้ารหัสโพลาร์ จะมีการแทรกบิตแช่แข็ง (Frozen bit) ลงไปในระหว่างบิตข้อมูลตำแหน่งต่าง ๆ พวกเราสามารถได้รับคำรหัสโพลาร์ได้โดยใช้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\mathbf{x} = \mathbf{G} \cdot \mathbf{d}$$

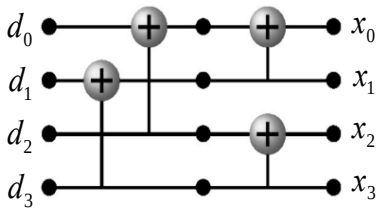
เมื่อมีการกำหนด N = 2 เราจะได้

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ x_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_0 \\ d_1 \end{bmatrix}$$



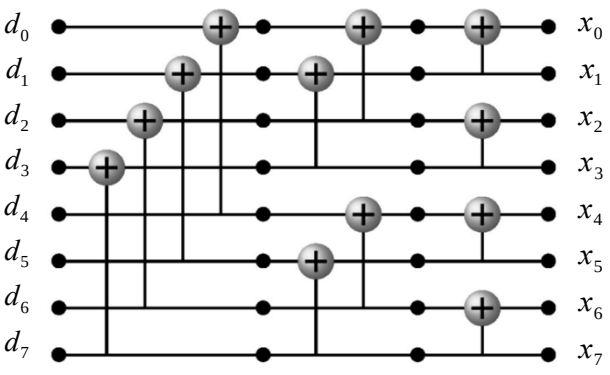
เมื่อมีการกำหนด N = 4 จะได้

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_0 \\ d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix}$$

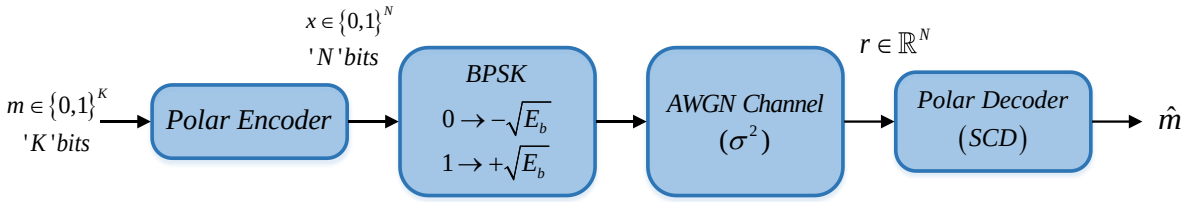


และเมื่อมีการกำหนด N = 8 จะได้

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_0 \\ d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \\ d_5 \\ d_6 \\ d_7 \end{bmatrix}$$



เมื่อมีการเข้ารหัสเสร็จสิ้นคำรหัสจะถูกส่งผ่านช่องสัญญาณ โดยแบบจำลองช่องสัญญาณสามารถแสดงดังนี้



โดย r_i คือค่าของสัญญาณที่ได้รับแต่ละบิตโดย $r_i = (2x_i - 1)\sqrt{E_b} + n_i$

x_i คือค่าบิตแต่ละบิตที่ภาคส่งได้ส่งออกมามีค่าได้คือ 0 และ 1

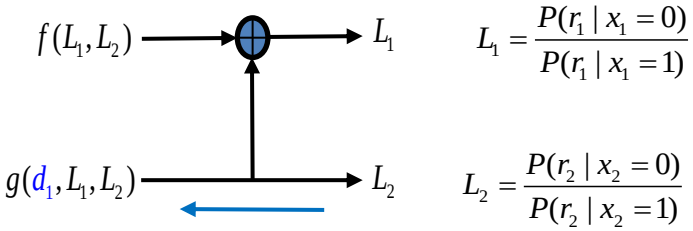
n_i คือสัญญาณรบกวนที่มีการแจกแจงแบบเกาส์เซียน มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และมีค่าความแปรปรวนเป็น σ^2

E_b คือพลังงานต่อบิต

ในการถอดรหัสโพลาร์จะมีการอาศัยค่าอัตราส่วนความน่าเป็นแบบล็อก Log-likelihood ratio (LLR) หรือค่าแอลแอลอาร์ซึ่งนิยามได้ดังนี้

$$I_i = \ln L_i = \ln \frac{P(r_i \mid x_i = 0)}{P(r_i \mid x_i = 1)} = \ln e^{-\frac{2\sqrt{E_b} r_i}{\sigma^2}} = -\frac{2\sqrt{E_b} r_i}{\sigma^2}$$

โดยกระบวนการถอดรหัสจะมีการทำย้อนกลับกระบวนการเข้ารหัสจากขวาไปซ้ายของแผนภาพ เพื่อทำการหาค่าของบิตรหัสที่ส่งมายังภาครับ โดยสมมติว่ามีการเข้ารหัสด้วยแผนภาพต่อไปนี้



เราสามารถคำนวณค่าแอลแอลอาร์ย้อนกลับได้โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$f(L_1, L_2) = \frac{P(d_1 = 0 \mid r_1, r_2)}{P(d_1 = 1 \mid r_1, r_2)} = \frac{P(x_1 = 0 \mid r_1)P(x_2 = 0 \mid r_2) + P(x_1 = 1 \mid r_1)P(x_2 = 1 \mid r_2)}{P(x_1 = 0 \mid r_1)P(x_2 = 1 \mid r_2) + P(x_1 = 1 \mid r_1)P(x_2 = 0 \mid r_2)}$$
$$= \frac{L_1 L_2 + 1}{L_1 + L_2}$$

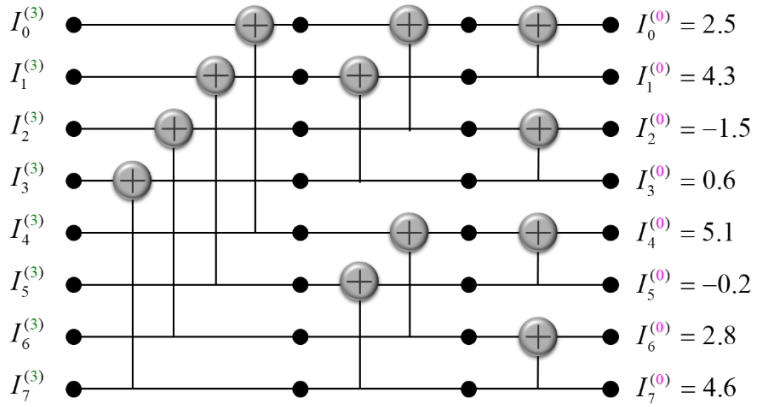
$$\ln(f(L_1, L_2) = \ln\left(\frac{L_1 L_2 + 1}{L_1 + L_2}\right) = \ln\left(\frac{e^{I_1 + I_2} + 1}{e^{I_1} + e^{I_2}}\right)$$

และ

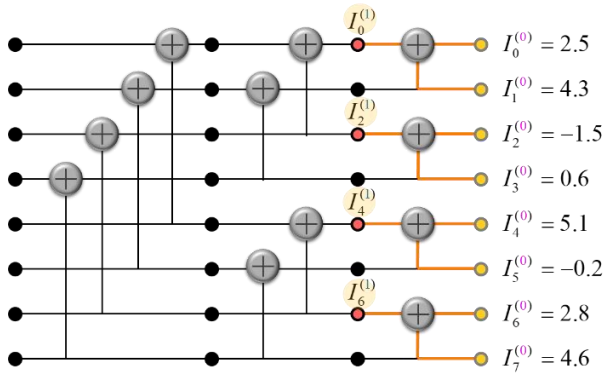
$$g(d_1, L_1, L_2) = \frac{P(d_2 = 0 \mid d_1, r_1, r_2)}{P(d_2 = 1 \mid d_1, r_1, r_2)} = \begin{cases} \frac{P(x_1 = 0 \mid r_1)P(x_2 = 0 \mid r_2)}{P(x_1 = 1 \mid r_1)P(x_2 = 1 \mid r_2)}, & d_1 = 0 \\ \frac{P(x_1 = 1 \mid r_1)P(x_2 = 0 \mid r_2)}{P(x_1 = 0 \mid r_1)P(x_2 = 1 \mid r_2)}, & d_1 = 1 \end{cases}$$
$$= \begin{cases} L_1 L_2, & d_1 = 0 \\ L_2 / L_1, & d_1 = 1 \end{cases}$$

$$\ln(g(d_1,L_1,L_2)) = \begin{cases} \ln(L_1L_2), & d_1=0 \\ \ln(L_2/L_1), & d_1=1 \end{cases} = \begin{cases} I_1+I_2 & d_1=0 \\ I_2-I_1 & d_1=1 \end{cases}$$

ตัวอย่างการถอดรหัสโพลาร์สำหรับ $(N,K,v_F,F)=(8,4,\{0,0,0,0\},\{0,1,2,4\})$ โดยสมมติว่าเราทำการส่งคำรหัสที่มีค่า 0 ทั้งหมด [0 0 0 0 0 0 0 0] แสดงดังต่อไปนี้



ในการค้นหาบิตคำรหัสที่ส่งมานั้น เราต้องทำการคำนวณค่าแอลแอลอาร์ย้อนกลับโดยใช้สมการคำนวณค่าแอลแอลอาร์ที่กล่าวถึงข้างต้น ดังตัวอย่างต่อไปนี้



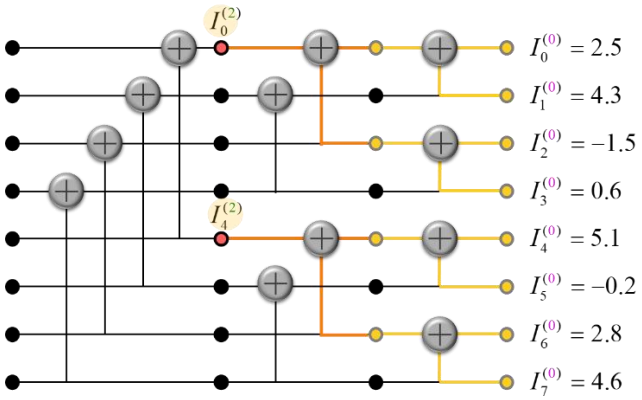
$$I_0^{(1)} = \ln\left(\frac{e^{I_0^{(0)}+I_1^{(0)}}+1}{e^{I_0^{(0)}}+e^{I_1^{(0)}}}\right) = 2.3481$$

$$I_2^{(1)} = \ln\left(\frac{e^{I_2^{(0)}+I_3^{(0)}}+1}{e^{I_2^{(0)}}+e^{I_3^{(0)}}}\right) = -0.3744$$

$$I_4^{(1)} = \ln\left(\frac{e^{I_4^{(0)}+I_5^{(0)}}+1}{e^{I_4^{(0)}}+e^{I_5^{(0)}}}\right) = -0.1976$$

$$I_6^{(1)} = \ln\left(\frac{e^{I_6^{(0)}+I_7^{(0)}}+1}{e^{I_6^{(0)}}+e^{I_7^{(0)}}}\right) = 2.6476$$

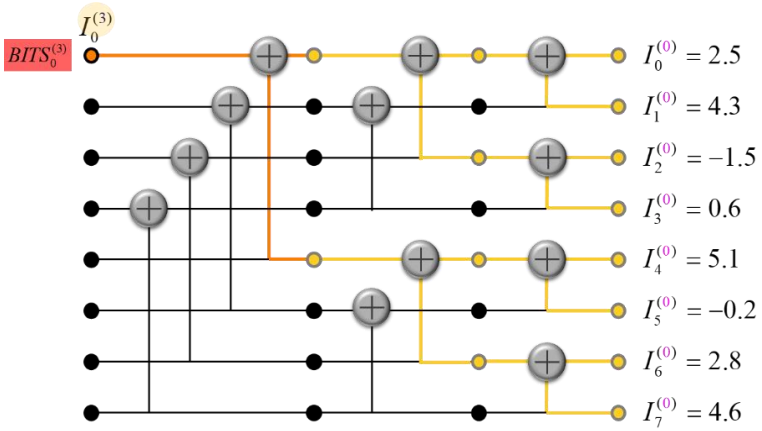
และ



$$I_0^{(2)} = \ln\left(\frac{e^{I_0^{(1)}+I_2^{(1)}}+1}{e^{I_0^{(1)}}+e^{I_2^{(1)}}}\right) = -0.3079$$

$$I_4^{(2)} = \ln\left(\frac{e^{I_4^{(1)}+I_6^{(1)}}+1}{e^{I_4^{(1)}}+e^{I_6^{(1)}}}\right) = -0.1713$$

จากนั้นเราสามารถตัดสินใจบิตแช่แข็งแรกตำแหน่งที่ 0 ได้ดังนี้

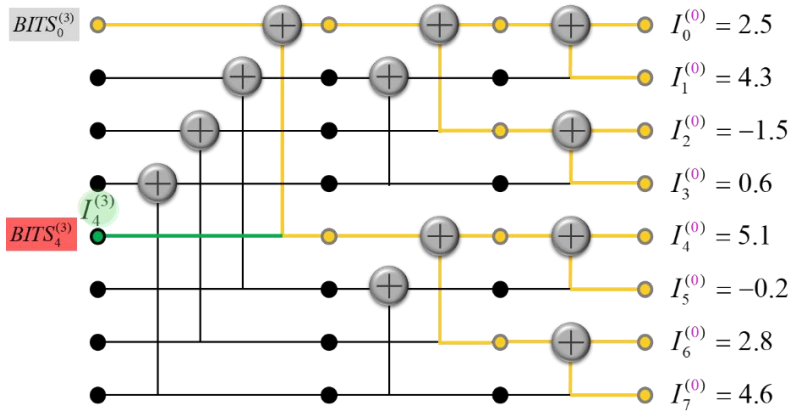


$$I_0^{(3)} = \ln\left(\frac{e^{I_0^{(2)}+I_4^{(2)}}+1}{e^{I_0^{(2)}}+e^{I_4^{(2)}}}\right) = 0.0261$$

เนื่องจากบิตที่ตำแหน่ง 0 เป็นบิตแช่แข็ง (Frozen bit) จึงตัดสินใจได้เลยว่าบิตดังกล่าวมีค่าเป็น 0 (โดยไม่ต้องพิจารณาจากค่า $I_0^{(3)}$)

$BITS_0^{(3)} = 0$

เช่นเดียวกันกับบิตแช่แข็งตำแหน่งที่ 4 สามารถตัดสินใจได้ดังนี้



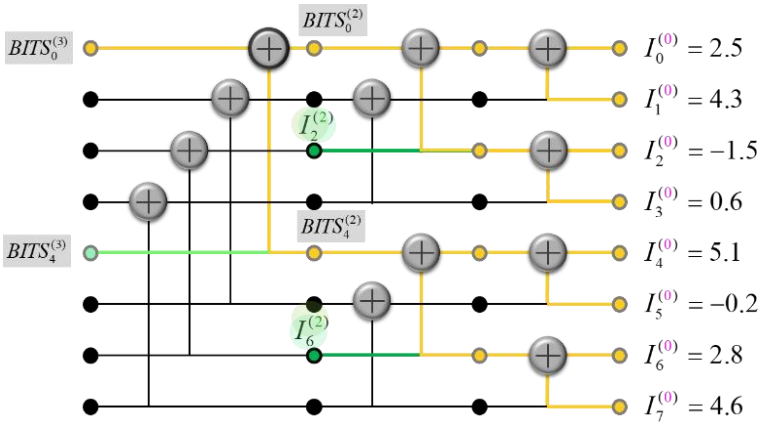
เนื่องจาก $BITS_0^{(3)} = 0$

$I_4^{(3)} = I_0^{(2)} + I_4^{(2)} = -0.4792$

เนื่องจากบิตที่ตำแหน่ง 4 เป็นบิตแช่แข็ง (Frozen bit) จึงตัดสินใจได้เลยว่าบิตดังกล่าวมีค่าเป็น 0 (โดยไม่ต้องพิจารณาจากค่า $I_4^{(3)}$)

$BITS_4^{(3)} = 0$

อย่างไรก็ตาม ในส่วนการหาค่าบิตตำแหน่งที่ไม่ใช่บิตแช่แข็ง ยกตัวอย่างบิตในตำแหน่งที่ 6 ก่อนจะทำการหาค่าบิตตำแหน่งที่ 6 นั้น เราจะต้องทำการอัพเดทค่า $g(d_1,L_1,L_2)$ ของบิตตำแหน่งที่ 2 และ 6 ก่อนดังนี้



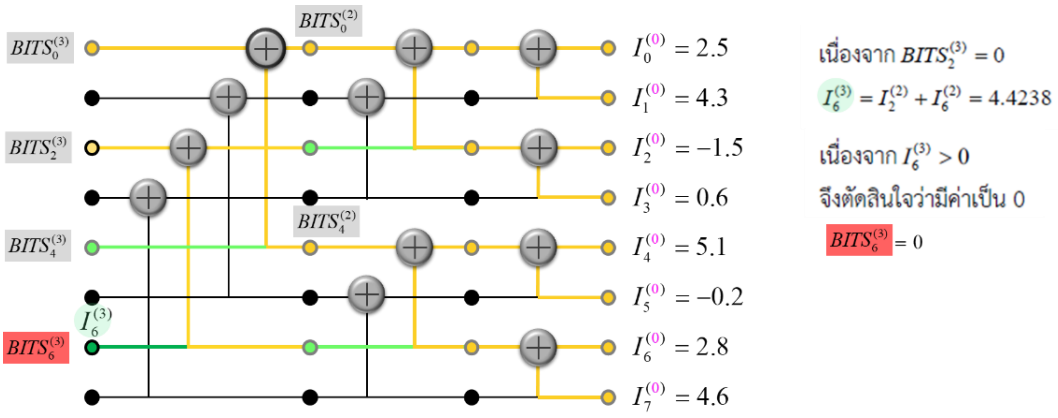
เนื่องจาก $BITS_0^{(2)} = 0$

$I_2^{(2)} = I_0^{(1)} + I_2^{(1)} = 1.9738$

เนื่องจาก $BITS_4^{(2)} = 0$

$I_6^{(2)} = I_4^{(1)} + I_6^{(1)} = 2.4501$

จากนั้นเราจึงทำการหาค่าบิตตำแหน่งที่ 6 ได้ดังต่อไปนี้



หมายเหตุ: สำหรับการหาค่าบิตในตำแหน่งอื่น ๆ สามารถหาได้จากวิธีคล้าย ๆ กัน

5. ผลสรุปแบบสอบถาม

5.1 จำนวนผู้กรอกแบบสอบถาม

13 คน

5.2 เพศ

ชาย: 7 คน หรือร้อยละ 53.85

หญิง: 6 คน หรือร้อยละ 46.15

5.3 อายุ

20 - 30 ปี: 6 คน หรือร้อยละ 46.15

31 - 40 ปี: 7 คน หรือร้อยละ 53.85

41 - 50 ปี: 0 คน หรือร้อยละ 0

51 ขึ้นไป: 0 คน หรือร้อยละ 0

5.4 การศึกษา

ต่ำกว่าปริญญาตรี: 9 คน หรือร้อยละ 69.23

ปริญญาตรี: 4 คน หรือร้อยละ 30.77

ปริญญาโท: 0 คน หรือร้อยละ 0

ปริญญาเอก: 0 คน หรือร้อยละ 0

5.5 ความพึงพอใจด้านเนื้อหาและสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร

ประเด็นความคิดเห็น	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	คะแนนเฉลี่ย
ด้านเนื้อหา						
1. ท่านได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี 5G เพิ่มขึ้น	9	4	0	0	0	4.69
ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร						
1. สถานที่และสภาพแวดล้อมมีความเหมาะสม	12	1	0	0	0	4.92
2. ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	12	1	0	0	0	4.92
3. อาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ มีความเหมาะสม	11	1	1	0	0	4.77

5.6 ท่านอยากให้มีการจัดอบรมในครั้งถัดไปหรือไม่

อยาก: 13 คน หรือร้อยละ 100

ไม่อยาก: 0 คน หรือร้อยละ 0

ไม่ออกความเห็น: 0 คน หรือร้อยละ 0

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 6

รายละเอียดและสรุปผลการจัดอบรม/สัมมนาในมหาวิทยาลัยครั้งที่ 6

1. กำหนดการและกิจกรรม

วันที่ 11 กันยายน 2562 เวลา 9.00 - 15.00

สถานที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

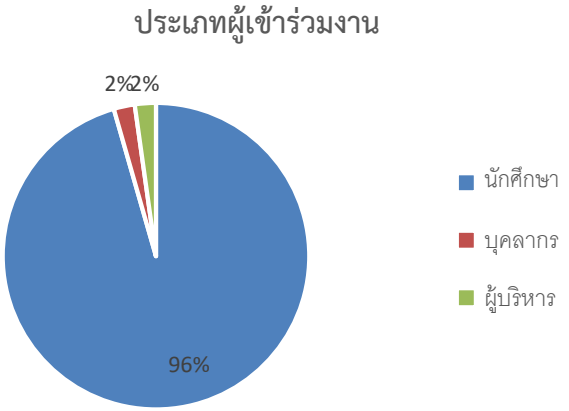
เวลา	หัวข้อการบรรยาย
08.30 - 09.00	ลงทะเบียนและรับเอกสารการอบรม
09.00 - 09.15	ประธานกล่าวเปิดงาน
09.15 - 10.30	ความก้าวหน้าเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายยุคที่ 5 - การสื่อสารไร้สายยุคต่าง ๆ - แนวทางการใช้งานการสื่อสารไร้สายยุคที่ 5 - เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สารที่นำมาใช้ใน 5G โดย ศ.ดร.ปิยะ โควินทวีวัฒน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
10.30 - 10.45	พักเบรก
10.45 - 12.00	การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Millimeter Wave และ Massive MIMO ใน 5G - ทำไม 5G ต้องใช้ Millimeter wave - คุณลักษณะของ Millimeter wave - ความก้าวหน้าการใช้งาน Millimeter wave ทั่วโลก - Massive MIMO คืออะไร - ประโยชน์ของ Massive MIMO ใน 5G โดย ดร.พิสิฐ วนิชชานันท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
12.00 - 13.00	รับประทานอาหารกลางวัน
13.00 - 15.00	การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Channel Coding ใน 5G - Data Channel และ Control Channel ในมาตรฐาน 5G - หลักการทำงาน IR-HARQ ของ Data Channel - การพัฒนาเทคโนโลยี Channel Coding ของกลุ่ม 3GPP - ผลการทดสอบสมรรถนะของเทคโนโลยี Channel Coding ในมาตรฐาน 5G โดย ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ กำหนดการข้างต้นอาจมีการปรับได้ตามสถานการณ์ ความพร้อม และความเหมาะสม

2. รายละเอียดผู้เข้าร่วม

จำนวนผู้เข้าร่วมงาน 45 คน แบ่งตามอาชีพได้ดังนี้

อาชีพผู้เข้าร่วมงาน	จำนวน
นักศึกษา	43
บุคลากร	1
ผู้บริหาร	1



3. ภาพบรรยากาศ

4. สรุปเนื้อหาของผู้บรรยาย

หัวข้อบรรยาย : ความก้าวหน้าเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายยุคที่ 5

ผู้บรรยาย : ศ.ดร.ปิยะ โควินทวีวัฒน์

สรุปการบรรยาย :

ประเทศไทยได้เริ่มต้นให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยระบบ NMT (Nordic Mobile Telephone System) ในปี 2529 โดยองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย จากนั้นในปี 2533 บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (Advanced Info Services Public Company Limited) หรือ เอไอเอส (AIS) ได้รับสัมปทานความถี่จากองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย สำหรับการให้บริการระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนยุค 1G ที่ความถี่ 900 MHz ในระบบอนาล็อก NMT900 เป็นเวลา 20 ปี หลังจากนั้นในปี 2537 ประเทศไทยได้เริ่มมีการเปิดให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบดิจิตอลระบบจีเอสเอ็ม ภายใต้เทคโนโลยี 2G หลังจากนั้นในปี 2545 องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยได้แปรรูปมาเป็นบริษัทมหาชนจำกัดชื่อ บริษัท ทศท คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) (TOT Corporation Public Company Limited) สังกัดกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม และได้เปลี่ยนมาใช้ชื่อเป็น บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) (TOT Public Company Limited) โดยบริษัททีโอทีในปี 2548 ต่อมา ในวันที่ 30 กันยายน 2558 ถือเป็นวันสิ้นสุดสัมปทาน คลื่น 900MHz ระหหว่าง AIS กับ TOT หรือที่เรารู้จักกันในชื่อ Cellular 900 GSM 900 GSM Advance และ AIS 2G โดยที่ตลอด 25 ปี (รวมต่ออายุ 5 ปี) ที่ผ่านมา AIS ยังส่งส่วนแบ่งรายได้ให้ TOT เป็นเงินรวมกว่า 240,000 ล้านบาท ประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่การสื่อสารไร้สายยุคที่ 3 หรือ 3G โดยในปี 2555 ได้เริ่มจัดตั้งการประมูลคลื่นความถี่ 2.1 GHz จากคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) โดยการประมูลครั้งนี้มีผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3 บริษัทคือ DTAC TRUE AIS ซึ่งการประมูลในครั้งนี้จะมีการเคาะราคาทั้งหมด 7 รอบ ซึ่งมีผลทำให้ราคารวมทั้ง 9 สล็อตอยู่ที่ 41,625 ล้านบาท ซึ่งสูงจากราคาตั้งต้นเพียง 2.78% เท่านั้น ผลการประมูลคือแต่ละบริษัทได้รับสัมปทานไปอย่าง

เท่าเทียมกันที่ 3 สล็อต แบนด์วิธ 15 MHz เป็นระยะเวลา 15 ปี อีกทั้งในปี 2558 มีการประมูลคลื่น 1800 MHz ณ วันที่ 12 พฤศจิกายน 2558 ซึ่งใช้รอบในการประมูลจำนวน 86 รอบ และมีราคาประมูลรวมของคลื่นความถี่ 2 ชุด เท่ากับ 80,778 ล้านบาท โดยมีผู้ชนะการประมูลในแต่ละชุดคลื่นความถี่ ดังนี้ คลื่นความถี่ 1710 - 1725 MHz คู่กับ 1805 - 1820 MHz ผู้ชนะการประมูลคือ บริษัท ทรู มูฟ เอช ยูนิเวอร์แซล คอมมิวนิเคชั่น จำกัด ราคาสุดท้ายที่เสนอ 39,792 ล้านบาท คลื่นความถี่ 1725 - 1740 MHz คู่กับ 1820 - 1835 MHz ผู้ชนะการประมูล คือ บริษัท แอดวานซ์ ไวร์เลสเน็ทเวอร์ค จำกัด ราคาสุดท้ายที่เสนอ 40,986 ล้านบาท ในปีเดียวกันก็มีการประมูลคลื่น 900 MHz วันที่ 21 ธันวาคม 2558 เนื่องจากเป็นวันสิ้นสุดสัญญาสัมปทานคลื่นความถี่ 900 MHz ระหว่าง AIS กับ TOT การประมูลคลื่น 900MHz มูลค่าการประมูลพุ่งขึ้นไปสูงขึ้นเป็นประวัติการณ์ 1.5 แสนล้านบาท สูงที่สุดเป็นอันดับ 2 ของโลก ผู้ที่ได้รับใบอนุญาตไปคือ JAS และ TRUE โดยเสนอราคาประมูลที่ 75,654 ล้านบาทและ 76,298 ล้านบาทตามลำดับ ในภายหลัง JAS Mobile ไม่สามารถดำเนินการต่อได้ การประมูลคลื่นความถี่ 900 MHz ครั้งที่สอง วันที่ 27 พฤษภาคม 2559 เอไอเอส ส่งบริษัทลูก เอดับบลิวเอ็น เข้าร่วมประมูลเพียงเจ้าเดียว ซึ่งเคาะยื่นยันราคาที่ 75,654 ล้านบาท เมื่อไม่นานมานี้ ในวันที่ 19 สิงหาคม 2561 ได้มีการจัดสรรคลื่นความถี่การประมูลคลื่น 1800 MHz การประมูลคลื่น 1800 MHz ณ วันที่ 19 สิงหาคม 2561 มีผู้เข้าร่วมประมูล 2 รายคือ AIS และ dtac ใบอนุญาตเปิดให้ประมูลถึง 9 ใบอนุญาต ใบละ 5 MHz แต่เคาะประมูลไปกันแค่คนละใบเท่านั้น โดยบริษัท ดีแทค ไตรเน็ต จำกัด (DTN) และบริษัท แอดวานซ์ ไวร์เลส เน็ทเวอร์ค จำกัด (AWN) ราคาประมูลรวม 25,022 ล้านบาท

สิ่งที่ 5G ทำงานได้เหนือกว่า 4G ปัจจุบันคือดังนี้ ประการแรกคือสามารถรับส่งข้อมูลได้เร็วถึง 10 Gbps โดยที่เทคโนโลยี 4G ดั้งเดิมทำได้มากสุดเพียง 1 Gbps ซึ่งความเร็วดังกล่าวนี้เหมาะกับงานอุตสาหกรรมและรถยนต์ไร้คนขับ ประโยชน์ประการที่สองคือสามารถลดความหน่วงลงไปได้ถึงระดับ 1 มิลลิวินาที ซึ่งเทคโนโลยี 4G เดิมทำได้ต่ำสุดเพียง 50 มิลลิวินาที ประโยชน์ประการสุดท้ายคือสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกจำนวนมากได้ โดยคาดการณ์ไว้ว่าสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนมากถึงล้านอุปกรณ์ต่อตารางกิโลเมตรได้ ซึ่งการเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนมากนี้จะช่วยสนับสนุนการทำงานของ IoT ซึ่งคาดว่าจะเพิ่มขึ้นจำนวนมากใน 10 ปีข้างหน้า ในปัจจุบันนี้หลายประเทศได้เริ่มมีการประมูลคลื่นความถี่สำหรับเทคโนโลยี 5G กันบ้างแล้ว ยกตัวอย่างเช่น เกาหลีใต้ ได้เริ่มมีการประมูลคลื่น 3.5 GHz และ 28 GHz มูลค่าการประมูลสูงถึง 3.6 ล้านล้านวอน อีกทั้งในสหราชอาณาจักรนั้นได้มีการประมูลคลื่นในย่าน 3410 MHz – 3580 MHz มูลค่ารวมสูงถึง 205 ล้านปอนด์ รวมไปถึงประเทศในยุโรปตะวันตก เช่น ออสเตรีย เบลเยี่ยม ฝรั่งเศส เยอรมนี เนเธอร์แลนด์ และสวิตเซอร์แลนด์ ก็ได้เริ่มต้นมีการประมูลคลื่นสำหรับเทคโนโลยี 5G ไปแล้วเช่นกัน

หัวข้อบรรยาย : การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Millimeter Wave และ Massive MIMO ใน 5G

ผู้บรรยาย : ดร.พิสิฐ วนิชชานันท์

สรุปการบรรยาย :

คลื่นความถี่สูงย่าน Millimeter wave มีความถี่ตั้งแต่ 30 - 300 GHz และความยาวคลื่นในช่วง 1 ถึง 10 มิลลิเมตร จะถูกนำมาใช้กับการสื่อสารไร้สายยุค 5G สาเหตุหลักที่คลื่นย่าน Millimeter wave จะถูกนำมาใช้ใน 5G คือเป็นคลื่นความถี่สูงมาก ดังนั้นจึงสามารถรับส่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ประกอบกับคลื่นความถี่ย่าน Millimeter wave ยังคงว่างและไม่ได้ใช้งานในแอปพลิเคชันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คุณสมบัติของคลื่นย่าน Millimeter wave สามารถพิจารณาได้จากสภาวะการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระดับน้ำทะเล โดยผู้บรรยายได้อธิบายไว้ว่าบางช่วงของความถี่ของคลื่น Millimeter wave มีที่มีการดูดซับทางแม่เหล็กไฟฟ้าสูงหรือมีการลดทอนสูง เช่นบริเวณ 24 60 184 และ 325 GHz โดยมีสาเหตุมาจากการถูกลดทอนเนื่องมาจากไอน้ำและออกซิเจนในชั้นบรรยากาศ อย่างไรก็ตามความถี่เหล่านี้จะไม่ได้ถูกเพิกเฉยไปอย่างเปล่าประโยชน์ แต่จะถูกนำไปใช้ประโยชน์กับการส่งสัญญาณในระยะทางใกล้ ๆ ที่คาดว่าจะมีการลดทอนเนื่องจากไอน้ำและออกซิเจนที่น้อยลง สำหรับย่านที่มีการดูดซับทางแม่เหล็กไฟฟ้าต่ำหรือมีการลดทอนต่ำ จะถูกนำไปใช้สำหรับการส่งข้อมูลระยะทางไกลหรือใช้สำหรับการส่งข้อมูลระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน อีกหนึ่งคุณลักษณะที่สำคัญของคลื่นย่าน Millimeter wave คือมีคุณสมบัติคล้ายแสง ดังนั้นจึงมีคุณภาพการส่งผ่านสัญญาณที่ดีเมื่อมีการส่งแบบ Line of Sight อย่างไรก็ตามหากมีสิ่งกีดขวางและมี Multipath เกิดขึ้น จะทำให้ สัญญาณมีการลดทอนของคุณภาพลงอย่างมาก อย่างไรก็ตามคลื่นในย่าน Millimeter wave ไม่ได้มีเพียงแต่ข้อดีเท่านั้น ปัญหาหลัก ๆ ของการใช้คลื่นในย่าน Millimeter wave คือเมื่อวัตถุที่สะท้อนหรือเครื่องรับสัญญาณมีการเคลื่อนที่ จะส่งผลให้ความถี่ภายหลังการกระทบจะมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความเร็วและทิศทางของวัตถุที่เคลื่อนที่หรือที่เรียกกันว่าปรากฏการณ์ “เคลื่อนดอปเปลอร์ (Doppler shift)” ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้ถือเป็นปัญหาที่รุนแรงสำหรับการใช้งานคลื่น Millimeter wave เพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางความถี่ที่มีนัยสำคัญแม้กระทั้งเครื่องรับเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับการเดินของมนุษย์ จากการสำรวจพบว่า ในปัจจุบันเริ่มมีอุปกรณ์ที่ใช้คลื่นในย่าน Millimeter wave บ้างแล้ว ตัวอย่างเช่น WirelessHD

ในผลิตภัณฑ์ Dell Alienware laptops Epson Projector 3020e และ Sony Personal 3D Viewer HMZ-T3W เป็นต้น ทั้งนี้แอปพลิเคชันที่เคยมีมาดั้งเดิมสามารถถูกปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นผ่านทางการใช้งานคลื่นย่าน Millimeter wave เช่น ระบบ Cloud storage, Monitoring sensor network Real-time gaming และ Video streaming เป็นต้น อีกทั้งคลื่นย่าน Millimeter wave ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชันใหม่ ๆ เช่น Autonomous driving Augmented reality Virtual reality และ Tactile internet ได้อีกด้วย กระบวนการส่งแพร่กระจายคลื่น Millimeter wave บนมาตรฐาน 5G จะมีการใช้สายอากาศแบบ Massive MIMO (multiple-input and multiple-output) ซึ่งทำงานบนหลักการที่ว่าเครือข่ายไร้สายที่ยอมให้การรับและส่งสัญญาณข้อมูลมากกว่าหนึ่งขึ้นไปพร้อมๆกัน ภายใต้ช่องสัญญาณเดียวกัน โดยใช้หลักการเพิ่มจำนวนของเสาอากาศที่แยกกันรับและส่งออกจากกัน เพื่อเพิ่มอัตราการส่งผ่านข้อมูลให้มากขึ้นกว่าการส่งแบบ SISO (single-input and single -output)

หัวข้อบรรยาย : การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Channel Coding ใน 5G
ผู้บรรยาย : ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์

สรุปการบรรยาย :

ปัจจุบันการสื่อสารไร้สายกำลังจะเปลี่ยนผ่านจากยุค 4G ก้าวสู่ยุค 5G ซึ่งจากการสำรวจพบว่าผู้ใช้งานหลายภาคส่วนมีความหวังหลายประการจากการมาถึงของยุค 5G โดยสามารถแบ่งกลุ่มผู้ใช้งานออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ คือ ความต้องการเข้าถึงข้อมูลความเร็วสูง (enhanced mobile broadband) ความต้องการในการใช้งาน IoT (Internet of thing) ที่คาดหวังจำนวนการเชื่อมต่อของอุปกรณ์จำนวนมากขึ้นหลาย ๆ เท่าจากเดิม (Massive Machine type communication) ตัวอย่างการใช้งาน IoT เช่น 3D video UHD Screen Augmented Reality Industry Automation และ Mission critical application เป็นต้น และส่วนสุดท้ายคือกลุ่มที่มีความต้องการเชื่อมต่อที่มีเสถียรภาพสูง มีความหน่วงต่ำ ๆ (ultra-reliable and low latency communications) โดยองค์กรที่

มีส่วนในการออกแบบมาตรฐานการสื่อสาร 5G ที่มีชื่อว่า 3rd Generation Partnership Project (3GPP) ซึ่งเป็นองค์กรที่เกิดจากการรวมตัวขององค์กรที่ทำหน้าที่ออกแบบมาตรฐานด้านโทรคมนาคม ได้แก่

- Association of Radio Industries and Businesses (ARIB)
- Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS)
- China Communications Standards Association (CCSA)
- European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
- Telecommunications Standards Development Society, India (TSDSI)
- Telecommunications Technology Association (TTA)
- Telecommunication Technology Committee (TTC)

การกำหนดมาตรฐานของเทคโนโลยี 5G แบ่งออกได้เป็น 2 เฟส ในเฟสแรกเริ่มต้นจากการศึกษาพฤติกรรมการใช้งานของ 5G ซึ่งได้มีการคาดการณ์ไว้ว่า ผู้ใช้งานจะถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ๆ คือ เน้นความเร็ว เน้นการใช้งาน IoT และเน้นการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ ตามที่ได้กล่าวถึงข้างต้น ภายหลังจากการศึกษาพฤติกรรมการใช้งานเสร็จสิ้น ในลำดับถัดมาได้มีการออกแบบโครงข่ายเน็ตเวิร์คหรือสถาปัตยกรรมของระบบที่รองรับการบริการต่าง ๆ จากนั้นจะเป็นการออกแบบฟังก์ชันการทำงานและโปรโตคอลที่อยู่ในส่วนของการเชื่อมต่อทางกายภาพ ในเฟสแรกนี้ได้ดำเนินการเสร็จสิ้นไปแล้วระหว่างปี 2016 - 2017 โดยในขณะนี้ขั้นตอนอยู่ระหว่างเฟสที่สอง ทั้งนี้เทคโนโลยีทางด้านโทรคมนาคมที่จะนำมาใช้สำหรับการสื่อสารไร้สายยุค 5G ประกอบไปด้วย

1) Scalable OFDM-based air interference คือการแบ่งปันจัดสรรสเปกตรัมอย่างมีประสิทธิภาพ

2) Flexible slot-based framework คือเทคนิคการลดความหน่วง (latency) ให้ต่ำลง

3) Advance channel coding คือการออกแบบรหัสแก้ไขความผิดพลาดให้รองรับส่วน User channel และ Control channel ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4) Massive MIMO คือการออกแบบสายอากาศจำนวนมากเพื่อเพิ่มความจุ (capacity) การส่งข้อมูล

5) Mobile mmWave คือการเลือกใช้ความถี่สูงเพื่อเพิ่มความเร็วในการส่งผ่าน (data rate)

ในการบรรยายหัวข้อนี้ผู้บรรยายได้ให้รายละเอียดสำหรับส่วนเทคโนโลยี Advance channel coding หรือรหัสแก้ไขความผิดพลาดซึ่งมีส่วนสำคัญในการแก้ไขบิตผิดพลาดระหว่างการส่งข้อมูล รหัสชนิดหนึ่งที่สามารถแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลได้อย่างดีนั่นคือ “รหัสเทอร์โบ” ซึ่งถูกคิดค้นโดยนักวิจัยชื่อ Claude Berrou Alain Glavieux และ รศ.ดร.ปัญญา ฐิติมัชฌิมา โดยหนึ่งในนั้นเป็นนักวิจัยชาวไทย รหัสเทอร์โบได้ถูกใช้ในการสื่อสารยุค 3G และ 4G ในส่วนของเทคโนโลยี 5G นั้น การสื่อสารระหว่างสถานีฐานและโทรศัพท์เคลื่อนที่ประกอบไปด้วยข้อมูลอยู่ 2 ชนิด ชนิดแรกคือ User data ซึ่งเป็นข้อมูลที่แท้จริงของผู้ใช้งานที่พยายามส่งไปที่ผู้รับปลายทาง ชนิดที่สองคือ Control data ซึ่งเป็นข้อมูลที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ส่งข้อความตอบกลับไปยังสถานีฐานเกี่ยวกับ ข้อมูลตอนรับ (Acknowledgment) หรือสภาพสัญญาณรบกวนบริเวณการส่งข้อมูล เป็นต้น ทั้งนี้การประชุมของกลุ่ม 3GPP มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบ “รหัสแก้ไขความผิดพลาด” ให้มีความเหมาะสมกับเทคโนโลยี 5G โดยได้จัดตั้งประชุมจำนวน 14 ครั้ง ตลอดระยะเวลา 1 ปี 9 เดือน ซึ่งได้ข้อสรุปว่าจะมีการนำรหัสแอลดีพีซี (LDPC codes: 1962) มาใช้สำหรับข้อมูลในส่วน User data และใช้งานรหัสโพลาร์ (Polar codes: 2009) ในส่วน Control data

ภายหลังจากได้ข้อสรุปจากการประชุมแล้วนั้นจึงเกิดมาตรฐานที่ชื่อว่า 3GPP NR ขึ้นมาและจะนำส่งไปพิจารณาเป็นมาตรฐาน 5G หรือ IMT-2020 ต่อไป ในตอนท้ายผู้บรรยายได้แสดงผลการจำลองสมรรถนะอัตราบิตผิดพลาดระหว่างรหัสแอลดีพีซีและรหัสโพลาร์ที่ความยาวข้อมูลต่าง ๆ โดยได้แสดงให้เห็นว่า รหัสโพลาร์จะให้สมรรถนะที่ดีกว่ารหัสแอลดีพีซีเมื่อมีการส่งข้อมูลสั้น ๆ เช่นการส่งในส่วน Control data อย่างไรก็ตามเมื่อความยาวคำรหัสเพิ่มขึ้น รหัสแอลดีพีซีจะให้สมรรถนะที่ดีกว่าจึงเหมาะแก่การนำไปใช้ส่งข้อมูล User data ที่มีความยาวมาก ๆ

5. ผลสรุปแบบสอบถาม

5.1 จำนวนผู้กรอกแบบสอบถาม

43 คน

5.2 เพศ

ชาย: 28 คน หรือร้อยละ 65.12

หญิง: 15 คน หรือร้อยละ 34.88

5.3 อายุ

20 - 30 ปี: 39 คน หรือร้อยละ 90.70

31 - 40 ปี: 2 คน หรือร้อยละ 4.65

41 - 50 ปี: 2 คน หรือร้อยละ 4.65

51 ขึ้นไป: 0 คน หรือร้อยละ 0

5.4 การศึกษา

ต่ำกว่าปริญญาตรี: 0 คน หรือร้อยละ 0

ปริญญาตรี: 40 คน หรือร้อยละ 93.03

ปริญญาโท: 1 คน หรือร้อยละ 2.32

ปริญญาเอก: 2 คน หรือร้อยละ 4.65

5.5 ความพึงพอใจด้านเนื้อหาและสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร

ประเด็นความคิดเห็น	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	คะแนนเฉลี่ย
ด้านเนื้อหา						
1. ท่านได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี 5G เพิ่มขึ้น	15	26	2	0	0	4.30
ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร						
1. สถานที่และสภาพแวดล้อมมีความเหมาะสม	12	29	2	0	0	4.23

ประเด็นความคิดเห็น	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	คะแนนเฉลี่ย
2. ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	14	26	3	0	0	4.26
3. อาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ มีความเหมาะสม	15	25	3	0	0	4.28

5.6 ท่านอยากให้มีการจัดอบรมในครั้งถัดไปหรือไม่

อยาก: 43 คน หรือร้อยละ 100

ไม่อยาก: 0 คน หรือร้อยละ 0

ไม่ออกความเห็น: 0 คน หรือร้อยละ 0

สรุปจำนวนผู้เข้าอบรมตลอดทั้งโครงการ

สรุปจำนวนผู้เข้าอบรมตลอดทั้งโครงการ

โครงการพัฒนาความพร้อมระดับประเทศของการสื่อสารไร้สายในยุค 5G

โครงการจัดอบรมปี 1 มีผู้เข้าร่วมอบรมทั้งสิ้นจำนวน 659 คน โดยมีผู้ที่ทำแบบสอบถามความพึงพอใจด้านเนื้อหาและสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร เป็นจำนวน 386 คน ได้โดยสรุปดังนี้

ประเด็นความคิดเห็น	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1	คะแนนเฉลี่ย
ด้านเนื้อหา						
1. ท่านได้รับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี 5G เพิ่มขึ้น	135	223	27	1	0	4.27
ด้านสถานที่/ระยะเวลา/อาหาร						
1. สถานที่และสภาพแวดล้อมมีความเหมาะสม	154	198	30	4	0	4.30
2. ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	122	193	57	12	2	4.03
3. อาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ มีความเหมาะสม	145	184	47	6	4	4.19

ทั้งนี้ในการจัดอบรมในปีที่ 1 มีจำนวนผู้เข้าร่วมอบรมทั้งสิ้น 659 คน มีผู้กรอกแบบสอบถามทั้งสิ้น 386 คน คิดเป็นร้อยละ 93.55 ของจำนวนคนที่กรอกแบบสอบถามที่อยากให้จัดต่อไป และมีผู้ที่ไม่อยากให้จัดต่อ คิดเป็นร้อยละ 1.02 ในขณะที่ร้อยละ 5.41 งดออกความเห็น

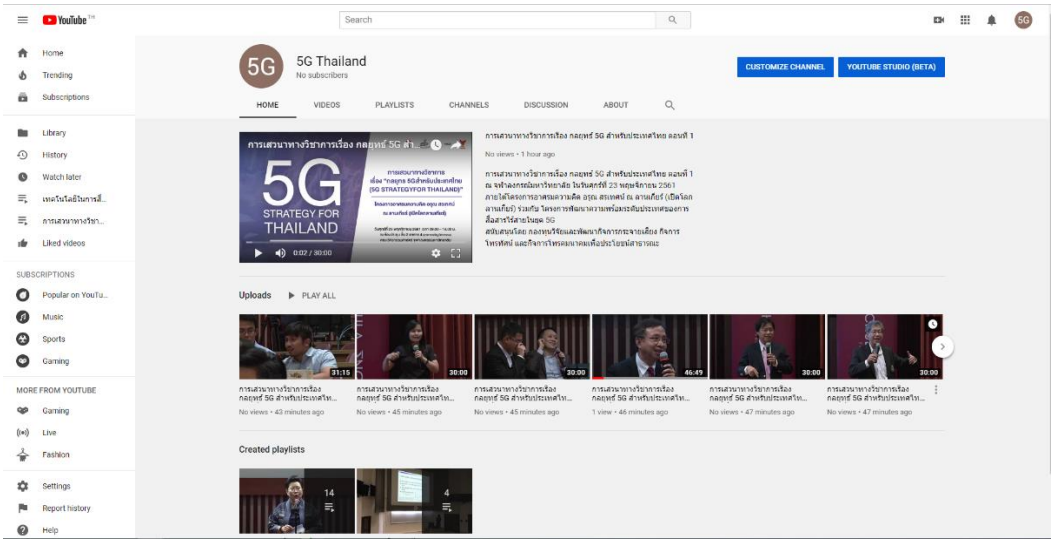
สำหรับคำแนะนำเพิ่มเติมจากผู้เข้าร่วมอบรม/สัมมนาแบ่งตามประเภทคำแนะนำได้ดังนี้

1. ด้านความเหมาะสมของระยะเวลาปัญหาที่พบคือ
   - การอบรมในบางครั้งมีความล่าช้าทำให้ล่วงเลยเวลาพักเที่ยงไปบางส่วน
2. ด้านความเหมาะสมของเนื้อหาปัญหาที่พบคือ
   - การบรรยายถึงกรณีการใช้งาน (use case) น้อยเกินไป
   - ช่วง ถาม-ตอบ มีเวลาน้อยเกินไป
3. ด้านสถานที่ และอาหารเครื่องดื่ม สำหรับการจัดอบรม
   - สถานที่จัดงานมีความคับแคบไม่เหมาะสมกับจำนวนคนเข้าร่วมสัมมนา
   - ควรเพิ่มอาหารและเครื่องดื่มให้หลากหลายมากขึ้น
4. ด้านการประชาสัมพันธ์การจัดอบรมปัญหาที่พบคือ
   - การประชาสัมพันธ์ไม่ครอบคลุมกับหลาย ๆ ภาคส่วนในมหาวิทยาลัย

สื่อความรู้วิดีโอเพื่อการเผยแพร่ออนไลน์สาธารณะ

รายละเอียดสื่อความรู้วิดีโอเพื่อการเผยแพร่ออนไลน์สาธารณะ

โครงการพัฒนาความพร้อมระดับประเทศของการสื่อสารไร้สายในยุค 5G



ทางโครงการได้จัดสื่อความรู้วิดีโอจำนวน 19 ชุด ได้แก่

1) วิดีโอการเสวนาทางวิชาการเรื่อง กลยุทธ์ 5G สำหรับประเทศไทย จำนวน 14 ชุด
2) วิดีโอความก้าวหน้าเทคโนโลยีการสื่อสาร 5G จำนวน 1 ชุด
3) วิดีโอการสื่อสารในย่าน Millimeter Wave จำนวน 1 ชุด
4) วิดีโอการสื่อสารด้วยเทคนิค Massive MIMO จำนวน 1 ชุด
5) วิดีโอรหัสช่องสัญญาณในมาตรฐาน 5G จำนวน 1 ชุด
6) วิดีโอการประยุกต์ใช้งาน Network Slicing จำนวน 1 ชุด

โดยทำการเผยแพร่วิดีโอดังกล่าวผ่านช่องทางเว็บไซต์ youtube ดังนี้

https://www.youtube.com/channel/UC4Hnlt6Bf-7K8infCACIiQQ