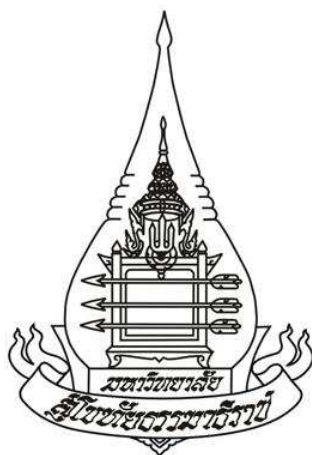




รายงานผล

โครงการเข้าร่วมประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

IEEE Global Communications Conference (IEEE Globecom 2018)

จัดโดย

IEEE Communication Society

(Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE)

ณ ศูนย์ประชุม ADNEC กรุงอาบูดาบี ประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรสต์

วันที่ 9-13 ธันวาคม พ.ศ. 2561

ผู้จัดทำ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขจิตพรณ กฤตพลวิมาน

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุน มสธ. 12 ปี

ประจำปีงบประมาณ 2562

สารบัญ

	หน้า
1. เนื้อหาสาระที่ได้จากการดำเนินโครงการ	3
รายงานการเข้าร่วมประชุมวิชาการ	4
สรุปประเด็นสำคัญจากการปาฐกถาทางวิชาการ	6
สรุปประเด็นสำคัญจากการอบรม	9
2. ประโยชน์ที่ได้รับตามที่ระบุไว้ในโครงการ	14
เอกสารแนบ 1 การเผยแพร่ความรู้โดยกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (KM)	16
เอกสารแนบ 2 การบูรณาการความรู้กับการเรียนการสอนในระดับบัณฑิตศึกษา การ ปรับปรุงการจัดกิจกรรมสัมมนาเสริม-เข้ม ที่ได้จากการเข้าร่วมประชุม	21
เอกสารแนบ 3 การบูรณาการความรู้กับการวิจัยขั้นสูงในระดับบัณฑิตศึกษาหัวข้อวิจัย/ วิทยานิพนธ์/การศึกษาค้นคว้าอิสระ ที่ได้จากการเข้าร่วมประชุม	24
3. ข้อเสนอแนะ	26
4. ภาคผนวก	28
ภาคผนวก ก ภาพบรรยากาศการดำเนินกิจกรรมโครงการ	28
ภาคผนวก ข เอกสารสรุปความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	41

รายงานการไปฝึกอบรม ดูงาน ประชุม / สัมมนา
ตามระเบียบมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ว่าด้วยการให้ทุนฝึกอบรม ดูงาน
และประชุมทางวิชาการแก่ข้าราชการมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

1. ชื่อ นางชจิตพรณ กฤตพลวิมาน อายุ 42 ปี
 ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 6
 สังกัด สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โทร 8191-3

ไปเข้าร่วมประชุมทางวิชาการระดับนานาชาติและเข้าอบรมคอร์สระยะสั้นของที่ประชุม
 ชื่อการประชุม IEEE Global Communications Conference (IEEE Globecom 2018)
 วันที่ 9-13 ธันวาคม พ.ศ. 2561 รวมระยะเวลา 5 วัน

2. รายละเอียดเกี่ยวกับการไปฝึกอบรม ดูงาน ประชุม และสัมมนา

2.1 ชื่อการประชุม IEEE Global Communications Conference (IEEE Globecom 2018)
 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อให้เป็นเวทีสำหรับนักวิจัย นักเทคโนโลยีและภาคอุตสาหกรรม ที่จะนำเสนอแนวคิดใหม่ ๆ และการมีส่วนร่วมในการนำเสนอผลงานวิจัย Workshops Tutorial ในประเด็นเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร วิศวกรรมโทรคมนาคมและการสื่อสารและเทคโนโลยีสมัยใหม่อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 2) เพื่อเพิ่มพูนความรู้งานวิจัยเฉพาะด้านตรงตามคุณวุฒิและตำแหน่งทางวิชาการ
- 3) เพื่อนำความรู้ที่ได้มาพัฒนาการเรียนการสอน การวิจัย และการบริการวิชาการของหลักสูตรและมหาวิทยาลัยต่อไป

2.2 ผู้เข้าร่วมฝึกอบรม ประมาณ 1000 คน เป็นนักวิจัย จากองค์การระดับนานาชาติ นักวิชาการ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ในสถาบันการศึกษา

2.3 วิธีการประชุม การประชุมทางวิชาการระดับนานาชาติโดยร่วมฟังการนำเสนอผลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.4 เข้าร่วมประชุม ในฐานะผู้เข้าร่วมการประชุม และผู้เข้ารับการอบรม

2.5 เนื้อหาในการประชุม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. เนื้อหาสาระที่ได้จากการดำเนินโครงการ

รายงานการเข้าร่วมประชุมวิชาการ

1. ปาฐกถา การเสวนางานวิจัย

มีการปาฐกถา หรือ Keynote Session ทั้งหมด 3 รายการ โดยมีผู้เชี่ยวชาญและนักวิจัยนำเสนอทั้งหมด 5 เรื่องดังนี้

- 1) **Is the Network the Nexus of New Value Creation (and a New Reality)?** โดย Marcus Weldon, President of Bell Labs and Corporate Chief Technology Officer, Nokia
- 2) **A Perspective of Wireless Innovations in the Next Decade** โดย Wen Tong, Huawei Fellow and CTO, Wireless Network, Huawei Technologies Co., Ltd.
- 3) **Why Would We Need 6G?** โดย Gerhard P. Fettweis, Vodafone Chair Professor at TU Dresden.
- 4) **Internet Infrastructure Transformation with Open Source and Disaggregation** โดย Guru Parulkar, Executive Director of Open Networking Foundation (ONF), Stanford Platform Lab, and Consulting Professor of EE at Stanford University
- 5) **Evolution of NFV/SDN for New 5G Network Platforms and Use Cases** โดย Udayan Mukherjee, Intel Fellow, Network Platforms Group and Chief Technologist, Network Infrastructure

2. หัวข้อการประชุม

IEEE GLOBECOM 2018 PROGRAM AT A GLANCE										
Time/Day	Sun, 9 Dec		Mon, 10 Dec		Tue, 11 Dec		Wed, 12 Dec		Thu, 13 Dec	
08:30 - 10:00	Tutorials	Workshops	Technical Sessions 8:00-9:30	Industry Sessions 8:00-9:30	Technical Sessions	Industry Sessions	Technical Sessions	Industry Sessions	Tutorials	Workshops
10:00 - 10:30	Networking Break		Networking Break 9:30 - 10:00		Networking Break					
10:30 - 12:00	Tutorials	Workshops	Opening & Keynote Session 10:00 - 12:00		Keynote Session		Keynote Session		Tutorials	Workshops
12:00 - 13:30	Lunch		Awards Luncheon		Lunch					
13:30 - 15:00	Tutorials	Workshops	Technical Sessions	Industry Sessions	Technical Sessions	Industry Sessions	Technical Sessions	Industry Sessions	Tutorials	Workshops
15:00 - 15:30	Networking Break									
15:30 - 17:00	Tutorials	Workshops	Technical Sessions	Industry Sessions	Technical Sessions	Industry Sessions	Technical Sessions	Industry Sessions	Tutorials	Workshops
	Welcome Reception & Exhibits Opening (18:00 - 20:30)		Women in Engineering & Young Professionals (18:00 - 21:00)		Banquet (19:00 - 22:00)					

- 1) หัวข้อการประชุมย่อย ในการประชุมมีหัวข้อการประชุมย่อยเกี่ยวกับระบบโทรคมนาคมและการสื่อสาร และหัวข้ออื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้
 - Ad Hoc & Sensor Networks
 - Communication & Information System Security
 - Cognitive Radio & Networks
 - Communication QoS, Reliability & Modeling

- Communication Theory
- Communications Software, Services & Multimedia Applications
- Green Communication Systems & Networks
- Mobile & Wireless Networks
- Next-Generation Networking
- Optical Networks & Systems
- Signal Processing for Communications
- Wireless Communications
- Ultra-Wide Band Technology for Ad-Hoc and Sensor Networks
- Communication Software, Services, and Multimedia Application Symposium
- Architecture for Next Generation Services
- Architectures for digital media ecosystem: from producer to consumer
- Scalable and network-aware digital media solutions
- Home network services and platforms
- Everything-as-a-Service model and delivery platforms
- Cooperative networking for streaming media content

2) หัวข้อการอบรมต่างๆ

- Deep Learning for Communications โดย Jakob Hoydis (Nokia Bell Labs, France)
- Machine Learning and Artificial Intelligence in Wireless Networks: Challenges and Opportunities โดย Walid Saad (Virginia Tech, USA) และ Mehdi Bennis (Centre of Wireless Communications, University of Oulu, Finland)
- Wireless Radio Access for 5G and Beyond โดย Huseyin Arslan (University of South Florida, USA)
- Massive Wireless Networks in 5 G and Beyond: Spatiotemporal Modeling and Design โดย Hesham ElSawy (King Fahd University of Petroleum and Minerals (KFUPM), Saudi Arabia) และ Mohamed-Slim Alouini (King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Saudi Arabia)

3. สรุปเนื้อหาการเข้าร่วมประชุมวิชาการและการเข้าร่วมอบรม

3.1 สรุปประเด็นสำคัญจากการปาฐกถาทางวิชาการ



ภาพที่ 1 หัวข้อการปาฐกถาหลัก นวัตกรรมไร้สายสำหรับอีกสิบปีข้างหน้า
(Wireless Innovations for Next Decade)

เมื่อพิจารณาถึงวิวัฒนาการของโครงข่ายเซลลูลาร์ พบว่ามีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงอย่างก้าวกระโดดจาก 1G 2G 3G จนถึง 4G เมื่อมีการพัฒนาเทคโนโลยี 5G ขึ้นมาซึ่งมีวัตถุประสงค์นอกจากการเชื่อมต่อให้ครอบคลุมและรับส่งสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นแล้วยังรวมถึงการให้บริการและสร้างนวัตกรรมใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรม เช่น การควบคุมวัตถุต่างๆ จากระยะไกล เช่น ยานพาหนะ หุ่นยนต์เพื่องานอุตสาหกรรม การให้บริการระดับการเชื่อมต่อโครงข่ายบรอดแบนด์ให้มีความเร็วการส่งข้อมูลสูงถึงระดับ 1Gb/s ขึ้นไป

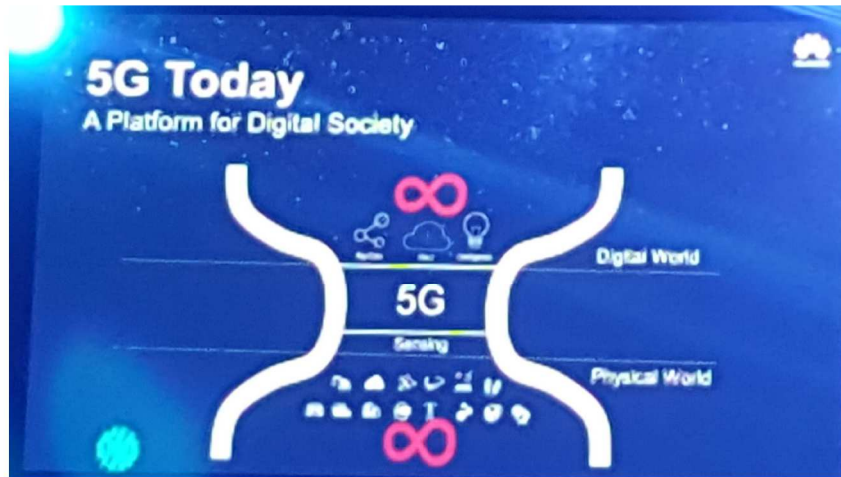
จากการเปิดตัวของโครงข่ายไร้สาย 5G ทำให้เกิดนวัตกรรมและระบบสื่อสารใหม่ๆ ทำให้เกิดการปฏิบัติและปรับเปลี่ยนรูปแบบเทคโนโลยีในหลาย ๆ ด้านของชีวิตประจำวัน งานวิจัยทางด้านเทคโนโลยีไร้สาย และ โครงข่ายไร้สายได้รับความสนใจและมีการคิดค้นเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ในหลาย ๆ ด้านอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะเทคโนโลยีวิทยุและเทคโนโลยีโครงข่าย โดยมีมุมมองและทิศทางการวิจัยหลายประเด็น เช่น

- 1) บทบาทสำคัญของเทคโนโลยีและระบบสื่อสารไร้สายสำหรับยุคดิจิทัล เครือข่ายสังคม
- 2) ความสำคัญของเทคโนโลยีไร้สายกับระบบสื่อสารที่เชื่อมต่อทั่วโลก ซึ่งต้องให้ความสำคัญต่อความเชื่อถือได้ (reliability) และเกณฑ์การจัดสรรคลื่นความถี่ในแต่ละพื้นที่ และ

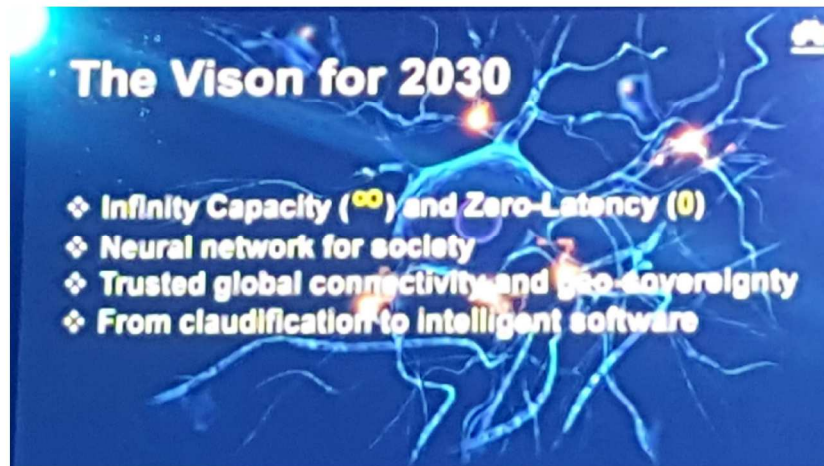
- 3) แนวทางการพัฒนาการจัดสรรทรัพยากรคลื่นความถี่บนพื้นฐานของซอฟต์แวร์อัจฉริยะ

นอกจากนี้ในอนาคตหากมีการพัฒนาโครงข่ายไร้สาย 6G เพิ่มขึ้นอย่างแพร่หลายจะส่งผลต่อการให้บริการอินเทอร์เน็ตและการบริการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการสื่อสารระดับคลื่น มิลลิเมตร (mm-wave communications) ที่ความถี่สูงกว่า 100 GHz และสามารถรับส่งข้อมูลได้สูงกว่า 10Gb/s ซึ่งจะถูกนำมาใช้สำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีความจริงเสมือนเคลื่อนที่ (mobile virtual reality) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการทบทวนทฤษฎีระบบสื่อสาร ประเด็นสถาปัตยกรรมระบบโครงข่ายสื่อสาร รวมถึงแนวทางการออกแบบระบบ

อุปกรณ์ที่สามารถมอดูเลตและดีมอดูเลตสัญญาณข้อมูลที่มีความเร็วสูงถึง 100 Gb/s ซึ่งใช้พลังงานส่งสัญญาณต่ำกว่า 2 วัตต์ ได้



ภาพที่ 2 แพลตฟอร์มสำหรับการบริการ 5G



ภาพที่ 3 วิสัยทัศน์เทคโนโลยีไร้สายสำหรับ 2030

เพื่อให้สอดคล้องกับวิสัยทัศน์เทคโนโลยีไร้สายสำหรับปี 2030 หรืออีกกว่า 10 ปีข้างหน้า วิศวกร นักวิจัย และผู้ให้บริการควรให้ความสำคัญและวางแผนต่อสถานการณ์ต่างๆ ของคุณลักษณะของเทคโนโลยีไร้สายที่กำลังจะเกิดขึ้น ดังภาพที่ 3 ดังนี้

- 1) การให้บริการข้อมูลอย่างไม่จำกัดปริมาณ (infinity capacity)
- 2) การมีค่าเวลาแฝงเป็นศูนย์ หรือค่าความหน่วงของสัญญาณสำหรับการสื่อสารจากต้นทางไปยังปลายทางมีค่าเป็นศูนย์ สามารถให้บริการได้อย่างทันทีทันใด
- 3) การเกิดขึ้นของโครงข่ายประสาทสำหรับรองรับการให้บริการ
- 4) การเชื่อมต่อทั่วโลกที่เชื่อถือได้ และแนวทางการพิจารณาความเป็นอธิปไตยในดินแดนตามหลักภูมิศาสตร์เมื่อมีการเชื่อมต่อไร้สายทั่วโลกอย่างเต็มรูปแบบ
- 5) การเปลี่ยนแปลงเป็นซอฟต์แวร์อัจฉริยะ

ดังนั้นจึงมีแนวทางการปรับปรุงแพลตฟอร์มโครงข่ายสื่อสาร 5G และยูสเคสต่างๆ โดยมีการพัฒนาฟังก์ชันโครงข่ายเสมือน (Network Functions Virtualization: NFV) และซอฟต์แวร์กำหนดโครงข่าย (Software Defined Networking: SDN) เพื่อตอบสนองต่อวิสัยทัศน์ดังกล่าว เช่น ปริมาณการจราจรของข้อมูลเคลื่อนที่ไร้สายที่เกิดขึ้นปริมาณมากซึ่งคาดเดาไม่ได้เกิดขึ้นบนโครงข่าย ผู้ให้บริการต่างพากันหาระบบ

อุปกรณ์ที่สามารถนำส่งการให้บริการอย่างรวดเร็ว ไม่ซับซ้อน และประหยัดค่าใช้จ่าย ซึ่งสามารถตอบสนองตามความต้องการของผู้ใช้งานได้ ดังนั้นหลักการ NFV/SDN จึงถูกนำมาใช้ปรับใช้เพื่อให้ซอฟต์แวร์สามารถทำงานประสานกันได้

มีการประมวลภาระงานของซอฟต์แวร์ หรือ software workloads โดยไม่จำเป็นต้องยึดติดกับฮาร์ดแวร์แพลตฟอร์มหนึ่งแพลตฟอร์มใดโดยเฉพาะ สามารถควบคุมการทำงานของซอฟต์แวร์จากศูนย์ควบคุมและติดตั้งใช้งานแบบไดนามิกได้ทั่วทั้งโครงข่ายตามความต้องการ มีการพัฒนาให้ฟังก์ชันการทำงานโครงข่ายมั่นคงและตรงตามมาตรฐานมากขึ้น สามารถใช้งานร่วมกับเซิร์ฟเวอร์ สวิตช์ และหน่วยเก็บข้อมูลจำนวนมากได้ เทคโนโลยีโครงข่ายไร้สาย 5G สามารถนำไปใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารและการประมวลผลได้พร้อมๆ กัน มีการแปลงรูปแบบการสื่อสารให้สามารถประมวลผลและทำให้อุปกรณ์อัจฉริยะใหม่ๆ ต่างๆ สามารถให้บริการได้อย่างไร้ขอบเขตในชีวิตประจำวัน โครงข่ายเทคโนโลยี 5G สามารถให้บริการและเชื่อมต่อการสื่อสารเข้ากับระบบอุปกรณ์ IoT จำนวนมากเข้ากับระบบโครงข่ายบรอดแบนด์ได้ ซึ่งทั้งสอระบบนี้มีกระบวนการทำงานจากต้นทางไปยังปลายทางซ้ำเร็วไม่เท่ากัน รวมถึงมีความแตกต่างของค่าทูลพุตและแบนด์วิดท์ของสัญญาณ ดังนั้นสำหรับโครงข่าย 5G การพัฒนาเทคนิค slicing และแนวทางการใช้งานเป็นประเด็นสำคัญหลักสำหรับสร้างระบบเชิงตรรกะได้เองจากแหล่งทรัพยากรเชิงกายภาพต่างๆ ที่เก็บไว้ด้วยกันเช่น การประมวลผล การติดต่อสื่อสาร และ การบันทึกข้อมูลเป็นต้น

เทคโนโลยี 5G ส่งผลต่อการพัฒนาเทคนิคต่างๆ ที่สนับสนุนเทคโนโลยีเสมือนจริงเช่น ด้านการประมวลผล และความสามารถในการติดต่อสื่อสาร มีการพัฒนาซอฟต์แวร์หรือโซลูชันสนับสนุนการทำงานแบบเรียลไทม์ การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงตัดสินใจโดยใช้โอเพนซอร์สต่างๆ รวมถึงการนำโซลูชันต่างๆ ที่พัฒนามาใช้งานบนคลาวด์และองค์กร มีการใช้เทคนิค slicing โครงข่ายแนวตั้งสำหรับการให้บริการหรือการเข้าถึงกลุ่มผู้ใช้ระดับต่างๆ มีการใช้เทคนิค slicing การประมวลผลการกระจายภาระโหลดในแนวขวางเพื่อเพิ่มความสามารถของอุปกรณ์หรือระบบที่ใช้เทคโนโลยี 5G นอกจากนี้ยังรวมถึงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน 5G แพลตฟอร์มโครงข่ายที่มีความยืดหยุ่น ระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่สนับสนุนการออกแบบระบบโครงข่ายต่างๆ เช่น โครงข่ายเข้าถึงคลื่นวิทยุเสมือน (Virtual Radio Access Network: Virtual RAN) โครงข่ายการเข้าถึง (Distributed Core) การประมวลผลเคลื่อนที่แบบเอดจ์ (Mobile Edge Compute) ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมโครงข่ายที่สนับสนุนการประมวลผลกลุ่มเมฆหรือคลาวด์คอมพิวติ้งและการให้บริการไอทีต่างๆ และการเชื่อมต่อโครงข่ายส่วนหน้าและส่วนหลัง (front-hauls/back-hauls connectivity) เป็นต้น

3.2 สรุปประเด็นสำคัญจากการอบรม

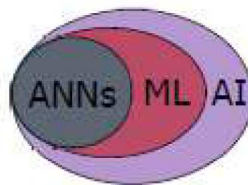
1. บทบาทของการเรียนรู้ของเครื่องและปัญญาประดิษฐ์ในโครงข่ายไร้สาย

ความสามารถของปัญญาประดิษฐ์ หรือ เอไอ (Artificial Intelligence: AI) ถูกนำมาใช้และพัฒนา โดยเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของเครื่องหรือแมชชีนเลิร์นนิง (Machine Learning: ML) ระบบอุปกรณ์ โครงข่าย สมาร์ทโฟนหรือเครื่องจักรต่างๆ สามารถใช้ข้อมูลและการเชื่อมต่อต่างๆ สำหรับการตัดสินใจดำเนินการ กระบวนการใดๆ อย่างชาญฉลาดและทำได้โดยอัตโนมัติ



ภาพที่ 4 วิวัฒนาการบทบาทของ AI

โดยความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดของ AI และ ML หากพิจารณาร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANNs) แสดงดังภาพที่ 5 นั่นคือ ANNs เป็นส่วนหนึ่งของ ML และ ML เป็นส่วนหนึ่งของ AI โดยมีกระบวนการประมวลผลหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ดังนี้



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ของ AI ML และ ANNs

- AI ประกอบด้วย การสืบค้น การหาค่าเหมาะที่สุดหรือการออปติไมเซชัน (optimization) ตรรกศาสตร์ และเครื่องมือสำหรับ ML
- ML ประกอบด้วย เครื่องคำนวณหรือคอมพิวเตอร์ที่ประมวลเชิงเวกเตอร์ (vector machine) อัลกอริทึมทางพันธุกรรม (genetic algorithms) โครงข่ายเบย์เซียน (Bayesian) และโครงข่ายประสาทเทียม หรือ ANNs
- ANNs ประกอบด้วย การเลียนแบบกระบวนการทำงานของโครงข่ายประสาทเชิงชีวภาพต่างๆ ซึ่ง ANNs นี้มีบทบาทสำคัญต่องานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการโครงข่ายไร้สายในอนาคต

2. สถานการณ์ของเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายสำหรับสมาร์ทซิตีหรือเมืองอัจฉริยะ

เทคโนโลยี 4G/5G มีบทบาทสำคัญต่อการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานกับเซ็นเซอร์เพื่อสร้างการบริการอัจฉริยะให้แก่ผู้ใช้งานทุกระดับ และเนื่องจากมีระบบอุปกรณ์ไร้สายอัจฉริยะต่างๆ เกิดขึ้นจำนวนมากจึงทำให้การบริการต่างๆ เกิดขึ้นจำนวนมากส่งผลให้โครงข่ายการเชื่อมต่อที่รองรับการบริการสำหรับสมาร์ทซิตีที่มีความหนาแน่น และหากใช้การบริการเทคโนโลยีเคลื่อนที่แบบเดิม 3G/4G อาจทำให้การบริการต่างๆ ไม่เสถียรได้ ดังแสดงในภาพที่ 6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้บริการแบบพื้นฐาน (conventional services) กับแบบเมืองอัจฉริยะ (smart city services) โดยมีการเปรียบเทียบอัตราข้อมูล (data rates) จำนวนลิงค์ส่งผ่านข้อมูล (transmission links) ทิศทางการให้บริการ (direction) ขนาดชุดข้อมูล (traffic packets) และอุปกรณ์ที่ใช้งาน (devices)

	Conventional services	Smart city services
Key goal	• High data rates	• Low latency
Links	• Few simultaneous transmissions (< 100)	• Massive (1000+) simultaneous transmissions
Direction	• To users	• From sensors
Traffic	• Large packets	• Small packets
Devices	• Human-centric: Smartphones, tablets, etc.	• Machine-centric: sensors, objects, etc.

ภาพที่ 6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้บริการแบบพื้นฐานกับแบบเมืองอัจฉริยะ

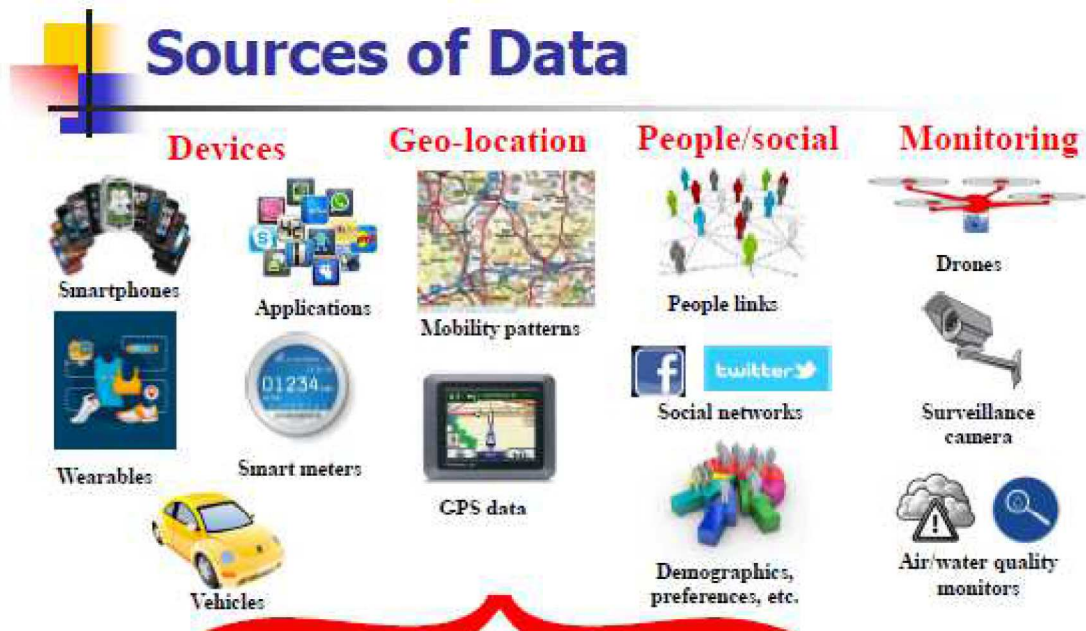
3. ความสำคัญของ ML สำหรับสถาปัตยกรรมระบบสื่อสาร

ML มีความสำคัญต่อสถาปัตยกรรมหรือระบบนิเวศการสื่อสารข้อมูลเนื่องจากระบบการสื่อสารมีการทำงานอย่างอัตโนมัติมีความสัมพันธ์กันอยู่ตลอดเวลาทั้งกับระบบอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง นั่นคือในทุกๆ ระบบการสื่อสารจะมีกระบวนการทำงาน ML/AI แฝงอยู่ตลอดเวลา ระบบสื่อสารซึ่งมีหลายระบบย่อยต่างๆ อยู่รวมกันเป็นจำนวนมาก (heterogeneous and massive system) ต้องสามารถปรับเปลี่ยนได้ด้วยตัวเอง (self-organizing) มีความแพร่หลาย (pervasive) ผู้ใช้ทุกคน (anyone) สามารถใช้งานได้ตลอดเวลา (anytime) ทุกสถานที่ (anywhere) กลายเป็นลักษณะของระบบสื่อสารแบบอัตโนมัติ (autonomous communications) สามารถติดต่อสื่อสารเชิงรุก (proactive) เรียนรู้จากผู้ใช้งานได้

ตัวอย่างแนวทางการนำ ML มาใช้สำหรับสถาปัตยกรรมระบบสื่อสาร ที่เสนอในการอบรมนี้มี 2 ด้าน คือ การประยุกต์บิ๊กดาตา และการอปติไมเซชัน ดังนี้

3.1 การประยุกต์บิ๊กดาตาสำหรับโครงข่ายไร้สายสเกลใหญ่ (large scale network) เนื่องจากมีปริมาณข้อมูลเกิดขึ้นจำนวนมากโดยถูกส่งไปมาระหว่างอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆ อุปกรณ์ที่สวมใส่ได้ กล้องบันทึกภาพวิดีโอ ฯลฯ ผู้ให้บริการด้านต่างๆ จึงใช้เทคโนโลยีบิ๊กดาตามาวิเคราะห์ข้อมูล พยากรณ์ และปรับกระบวนการทำงานหรือการรับส่งข้อมูลให้เข้ากับพฤติกรรมของผู้ใช้งานอุปกรณ์ไร้สายต่างๆ หรือโครงข่ายไร้

สายที่มีผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลาง หรือสภาพแวดล้อมเสมือนจริงต่างๆ เป็นต้น ดังนั้นจึงมีการนำบิ๊กดาตาซึ่งเป็นหนึ่งในรูปแบบของ ML มาร่วมวิเคราะห์เพื่อให้เข้าใจความต้องการของผู้ใช้งาน และสามารถวิเคราะห์ตัวอุปกรณ์เองในด้านต่างๆ ดังภาพที่ 7 ดังนี้



ภาพที่ 7 ต้นกำเนิดและชนิดแหล่งข้อมูลที่เป็นเทคโนโลยีไร้สาย

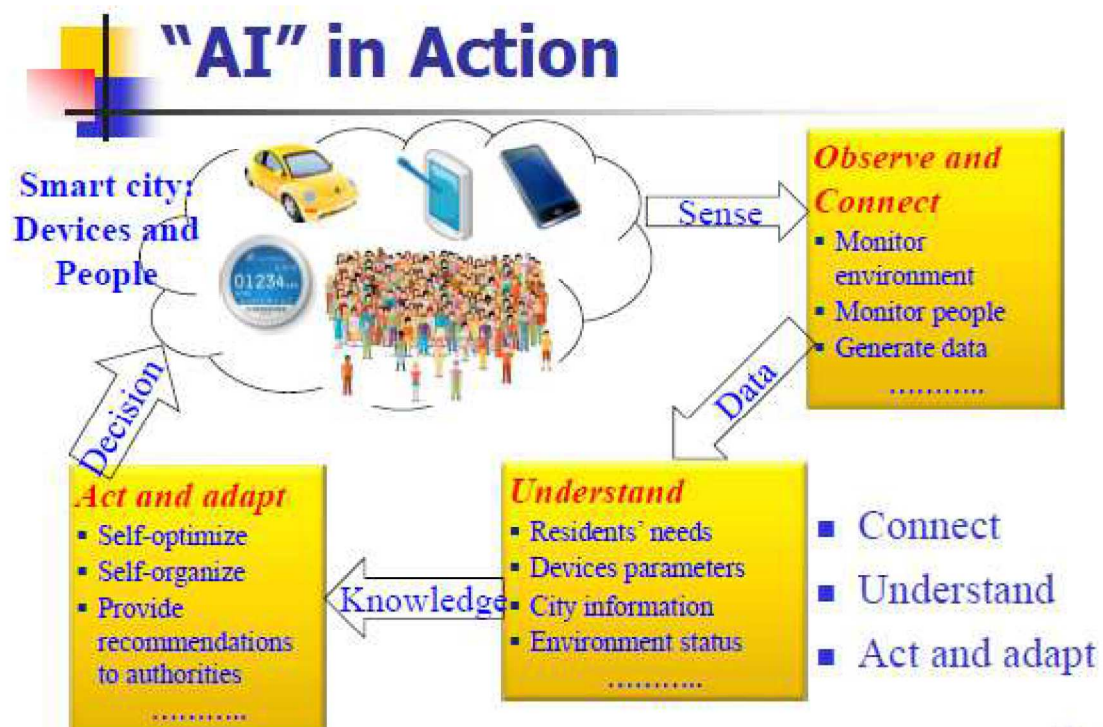
- 1) ระบบอุปกรณ์ เช่น สมาร์ทโฟน แอปพลิเคชัน อุปกรณ์สวมใส่ได้ มิเตอร์อัจฉริยะต่าง และยานยนต์อัจฉริยะ
- 2) ระบบระบุตำแหน่ง เช่น รูปแบบการเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนตำแหน่ง ข้อมูลจีพีเอส
- 3) คน และ สังคม เช่น ความเชื่อมต่อหรือความสัมพันธ์ระหว่างกัน เครือข่ายสังคมออนไลน์ ผังกราฟิกแสดงความสัมพันธ์ ผังแหล่งอ้างอิงต่างๆ
- 4) ระบบมอนิเตอร์ เช่น โดรน กล้องสอดแนม กล้องวงจรปิด ระบบตรวจจับคุณภาพสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น อากาศ น้ำ สารปนเปื้อน เป็นต้น

3.2 การประยุกต์ระบบอัตโนมัติและการออพติไมเซชันเพื่อให้เกิด AI (Autonomy and AI-enabled Optimization) ระบบอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อถึงกัน รวมถึงการเชื่อมต่อเข้ากับผู้ใช้งานทำให้เกิดข้อมูลในเชิงพฤติกรรมของผู้ใช้งานเพิ่มขึ้นนอกเหนือจากข้อมูลที่เกิดจากกระบวนการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ เช่น ข้อมูลกระบวนการติดต่อสื่อสาร การปฏิสัมพันธ์ และการปรับตัวอย่างอัจฉริยะ ทั้งในส่วนของผู้ใช้งานและระบบอุปกรณ์ ดังนั้นการนำ ML/AI มาประยุกต์วิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้จึงส่งผลให้ให้เกิดกระบวนการสำคัญคือ สังเกตและเชื่อมต่อ (observe and connect) ทำความเข้าใจ (understand) ใช้งานและปรับตัว (act and adapt) ดังภาพที่ 8

- 1) สังเกตและเชื่อมต่อ (observe and connect): AI จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมมาได้ หรือตรวจจับได้แล้วทำกระบวนการวิเคราะห์ สังเกต และเชื่อมต่อข้อมูลต่างๆ ที่ใกล้เคียงกันหรือ

ประเภทเดียวกันเข้าไว้ด้วยกัน เช่น ข้อมูลอินเทอร์เน็ตสภาพแวดล้อม ข้อมูลคน ข้อมูลต่างๆ ที่สร้างขึ้นมาจากระบบอุปกรณ์

- 2) ทำความเข้าใจ (understand): AI จะทำการศึกษาวิเคราะห์และทำความเข้าใจข้อมูลประเภทต่างๆ เช่น ความต้องการของผู้อยู่อาศัย พารามิเตอร์ค่าต่างๆ ของระบบอุปกรณ์ ข้อมูลต่างๆ ของเมืองสถานะหรือสภาพแวดล้อม
- 3) ใช้งานและปรับตัว (act and adapt): แนวคิดกระบวนการทำออปติไมเซชันแบบดั้งเดิมเปลี่ยนไปมีการใช้ AI ขับเคลื่อนแทน มีการฝังแนวกระบวนการอัจฉริยะต่างๆ เข้าไปในโครงข่ายไร้สายให้สามารถออกแบบรูปแบบการติดต่อสื่อสารหรือโพรโทคอลการทำงานได้ด้วยตัวเอง ด้วยการควบคุมขับเคลื่อนแบบ AI และการออปติไมเซชัน ทำให้ระบบอุปกรณ์ไร้สายต่างๆ ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องสามารถทำการออปติไมเซชันได้ด้วยตนเอง (self-optimize) บริหารจัดการได้ด้วยตนเอง (self-organize) และให้ความเห็น คำแนะนำ หรือข้อมูลเพื่อการตัดสินใจต่อแหล่งข้อมูล ระบบอุปกรณ์ ผู้ใช้งาน หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างๆ ได้อัตโนมัติ



ภาพที่ 8 ผลของการนำ AI มาวิเคราะห์ระบบสื่อสารไร้สายอย่างเต็มรูปแบบ

จากการนำ ML/AI มาใช้ในการวิเคราะห์ระบบสื่อสารไร้สายอย่างเต็มรูปแบบ ส่งผลให้ในอนาคตอาจไม่จำเป็นต้องนำเข้าข้อมูลปริมาณมหาศาลเพื่อนำมาวิเคราะห์อีกต่อไป สามารถใช้กระบวนการออปติไมเซชันอัจฉริยะแทนได้ ซึ่งจะทำให้การเทรนข้อมูลเชิงตัวเลขหรือสถิติขึ้นมาแทนให้มีรูปแบบข้อมูลเลียนแบบข้อมูลบิกดาตาต่างๆ เช่น ข้อมูลออนไลน์ ข้อมูลติดต่อสื่อสาร พารามิเตอร์อุปกรณ์ ข้อมูลการจราจรโครงข่าย และพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้งานได้

4. ประโยชน์ที่ผู้เข้าร่วมประชุมทางวิชาการได้รับ

- 1) ได้เข้าฟังการนำเสนอผลงานวิจัยและวิชาการของนักวิจัยด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมและศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 2) ได้นำเสนอสรุปงานวิจัยระบบโทรคมนาคมเพื่อการศึกษาทางไกล เรื่อง
Implementation Framework of Equipment Systems, Tools, and Telecommunication Engineering Management for Supporting Distance Learning Systems via Electronic Media, Sukhothai Thammathirat Open University ในชั้นเรียนกลุ่มย่อยของ Workshop ที่เข้าร่วม
- 3) ได้เห็นแนวโน้มและรูปแบบการทำวิจัยใหม่ๆ ที่ทันสมัยในหัวข้อเฉพาะด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมและศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 4) ได้นำแนวคิดมาบูรณาการความรู้ที่ได้เข้ากับการเรียนการสอนและการวิจัยขั้นสูง ในระดับบัณฑิตศึกษา การปรับปรุงการจัดกิจกรรมสัมมนาเสริม-เข้ม หัวข้อวิจัย/วิทยานิพนธ์/การศึกษาค้นคว้าอิสระ ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นสำคัญที่ได้จากการเข้าร่วมประชุม

2.ประโยชน์ที่ได้รับตามที่ระบุไว้ในโครงการ

2. ผู้ขอรับทุนนำประโยชน์ที่ได้รับมาใช้ในการพัฒนางานที่รับผิดชอบในเชิงรูปธรรม

2.1 การเผยแพร่ความรู้โดยจัดบรรยายหรือรายงานสังเคราะห์ความรู้จากผลงานที่ไปนำเสนอของตนเอง และงานวิจัยผู้อื่นและเผยแพร่ความรู้หน้าเว็บไซต์กิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้และการเผยแพร่งานวิจัยของ สาขาวิชาฯ

ผลการดำเนินงาน:

- ผู้รับทุนได้ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์จากการเข้าร่วมประชุมทางวิชาการระดับนานาชาติ โดยจัดการประชุมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (KM) ทุน 12 ปี ให้กับคณาจารย์ในสาขาและผู้สนใจ ในวันที่ 3 กรกฎาคม 2562 แสดงในเอกสารแนบ 1
- รายงานการดำเนินโครงการฉบับสมบูรณ์นี้ได้นำมาเผยแพร่ในเว็บไซต์การจัดการความรู้ หมวดการเผยแพร่รายงานผลการเข้าร่วมประชุม/สัมมนา/ฝึกอบรม ประจำปี พ.ศ. 2562 <https://www.stou.ac.th/Schools/sst/main/KM/km-post.html>

2.2 การบูรณาการความรู้กับการเรียนการสอนและการวิจัยขั้นสูงในระดับบัณฑิตศึกษา การปรับปรุงการจัดกิจกรรมสัมมนาเสริม-เข้ม หัวข้อวิจัย/วิทยานิพนธ์/การศึกษาค้นคว้าอิสระ ที่ได้จากการเข้าร่วมประชุม

ผลการดำเนินงาน:

- ผู้รับทุนได้บูรณาการความรู้และประสบการณ์จากการเข้าร่วมประชุมทางวิชาการระดับนานาชาติ เข้ากับการเรียนการสอนสัมมนาเข้มและสัมมนาเสริม ชุดวิชา 99710 เทคโนโลยีเคลื่อนที่ไร้สายและการประยุกต์ โดยกิจกรรมสัมมนาเข้มได้ดำเนินการระหว่างวันที่ 15-17 พฤศจิกายน 2562 และได้มอบหมายงานให้นักศึกษาล่วงหน้าเพื่อนำมาเสนอและอภิปรายร่วมกันในวันที่ 11-12 มกราคม 2563 ดังแสดงในเอกสารแนบ 2
- ผู้รับทุนได้บูรณาการความรู้และประสบการณ์จากการเข้าร่วมประชุมทางวิชาการระดับนานาชาติ เข้ากับงานวิจัยขั้นสูงในระดับบัณฑิตศึกษาโดยให้คำปรึกษาและกำหนดทิศทางการทำหัวข้อวิทยานิพนธ์เชิงวิศวกรรมโทรคมนาคมให้กับนักศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตแขนงวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ดังแสดงในเอกสารแนบ 3

เอกสารแนบ 1

การเผยแพร่ความรู้โดยกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (KM)

การเผยแพร่ความรู้โดยจัดบรรยายหรือรายงานสังเคราะห์ความรู้จากผลงานที่ไปนำเสนอของตนเองและงานวิจัยผู้อื่นและเผยแพร่ความรู้หน้าเว็บไซต์กิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้และการเผยแพร่ผลงานวิจัยของสาขาวิชา
 ฯ สำหรับรายงานการดำเนินโครงการฉบับสมบูรณ์นี้ได้นำมาเผยแพร่ในเว็บไซต์การจัดการความรู้ หมดการเผยแพร่รายงานผลการเข้าร่วมประชุม/สัมมนา/ฝึกอบรม ประจำปี พ.ศ. 2562

<https://www.stou.ac.th/Schools/sst/main/KM/km-post.html>



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชจิตพรรณ กฤตพลวิมาน

ทุน มสธ. 12 ปี

ประจำปีงบประมาณ 2562





สรุประดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้

โครงการเข้าร่วมประชุมวิชาการนานาชาติ

IEEE Global Communications Conference (IEEE Globecom 2018)

ณ ศูนย์ประชุม ADNEC กรุงอาบูดาบี ประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขจิตพรณ กฤตพลวิมาน

การจัดกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้	ระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วม กิจกรรม				
	5	4	3	2	1
1. วิธีการเผยแพร่ความรู้มีความเหมาะสม	√				
2. เนื้อหาที่ได้รับมีประโยชน์		√			
3. ความรู้ที่ได้รับสอดคล้องกับความคาดหวัง	√				
4. การนำความรู้และประสบการณ์ไปใช้ประโยชน์	√				
5. ความพึงพอใจในการเข้าร่วมกิจกรรม		√			

จำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมเผยแพร่ความรู้ 14 คน

ใบเซ็นชื่อผู้เข้าร่วมกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทุน 12 ปี ของสาขาวิชา
วันพุธที่ 3 กรกฎาคม 2562

โรงเรียนสาขาสหศึกษา จังหวัดนครราชสีมา

ณ ห้องประชุม 2604 อาคารสวนต่อเติม ชั้น 6

ครั้งที่ 1/562 วันที่ 3 กรกฎาคม 2562 เปิดประชุมเวลา 09.30น. ปิดประชุมเวลา 11.00 น.

☒ คณะจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ☒ อื่นๆ พช. แผนกพัฒนาระบบสารสนเทศ

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	ตำแหน่ง	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
1	รศ.สมการภค ผงอู่แก้ว	ประธานฯ	<i>สมการ</i>	
2	รศ.ณัฐพร พิมพ์าน	ผู้เข้าประชุม	<i>ณัฐพร พิมพ์าน</i>	
3	รศ.ณัฐพร เทียนเจริญเลิศ	ผู้เข้าประชุม	<i>ณัฐพร</i>	
4	รศ.ทัศนีย์วรรณ ศรีประสิทธิ์	ผู้เข้าประชุม	<i>ทัศนีย์</i>	
5	รศ.สุณี ภูสีม่วง	ผู้เข้าประชุม	<i>สุณี</i>	
6	รศ.ดร.สุภาวดี สิริธรรมการ	ผู้เข้าประชุม	<i>สุภาวดี</i>	
7	รศ.ดร.วรัญญา ปุณณวัฒน์	ผู้เข้าประชุม	<i>วรัญญา</i>	ต้องมา
8	ผศ.กชกร ณ นครพนม	ผู้เข้าประชุม	<i>กชกร</i>	
9	ผศ.ดร.ชจิตพรณ กฤตพลวิมาน	ผู้เข้าประชุม	<i>ชจิตพร</i>	
10	ผศ.ดร.บุญชัย วชิรวิทย์สวัสดิ์	ผู้เข้าประชุม	<i>บุญชัย</i>	
11	ผศ.ดร.ศรีวิทย์ เขียวบุตร	ผู้เข้าประชุม	<i>ศรีวิทย์</i>	
12	อ.ดร.นงนุช แยมแสงสังข์	ผู้เข้าประชุม	<i>นงนุช</i>	
13	อ.ดร.พิมพ์ภา ประเสริฐศิลป์	ผู้เข้าประชุม	<i>พิมพ์ภา</i>	
14	อ.ดร.สิทธิชัย รัชยศไกรสิน	ผู้เข้าประชุม	<i>สิทธิชัย</i>	
15	อ.ดร.ธนกฤต โชติภาววิศ	ผู้เข้าประชุม	<i>ธนกฤต</i>	มา
16	อ.ดร.ณัฐเศรษฐ์ หมวดทองอ่อน	ผู้เข้าประชุม	<i>ณัฐเศรษฐ์</i>	
17	อ.ภิรมย์ คงเลิศ	ผู้เข้าประชุม	<i>ภิรมย์</i>	
18	อ.อิทธิเดช มุลมั่งมี	ผู้เข้าประชุม	<i>อิทธิเดช</i>	ต้องมา
19	อ.ฐากร พงกษวันประสูต	ผู้เข้าประชุม	<i>ฐากร</i>	
20	อ.ดร.จิราบุษ บุตติจีน	ผู้เข้าประชุม/เลขานุการ	<i>จิราบุษ</i>	
21	นางบุษภา รวยนิรันดร์	ผู้ช่วยเลขานุการ	<i>บุษภา</i>	

เอกสารแนบ 2

การบูรณาการความรู้กับการเรียนการสอนในระดับบัณฑิตศึกษา การปรับปรุงการจัดกิจกรรมสัมมนา
เสริม-เข้ม ที่ได้จากการเข้าร่วมประชุม

ดำเนินการในชุดวิชา 99710 เทคโนโลยีเคลื่อนที่ไร้สายและการประยุกต์

- กิจกรรมสัมมนาเข้ม เมื่อวันที่ 15-17 พฤศจิกายน 2562 ได้มอบหมายงานกลุ่มประเด็นวิเคราะห์เกี่ยวกับเทคโนโลยีไร้สาย 5G โดยให้วิเคราะห์ผังการเชื่อมต่อโครงข่ายไร้สาย 5G ที่จะพัฒนาในอนาคต (ซึ่งประเด็นดังกล่าวได้รับความรู้จากที่ประชุมวิชาการฯ) โดยให้นักศึกษาดำเนินกิจกรรมต่อยอดจากกิจกรรม Workshop III ที่ได้ทำมาแล้ว โดยมอบหมายเป็นงานกลุ่มให้วิเคราะห์ ทำรูปเล่มรายงานและมานำเสนอในวันสัมมนาเสริม

Assignment

Not secure | moodle.stou.ac.th/mod/assign/view.php?id=116918

My courses > 99710 > กิจกรรมสัมมนาเข้ม (วันที่ 15-17 พย. 62) ห้องคอมพิวเตอร์ > งานที่มอบหมายจากกิจกรรมสัมมนาเข้ม Work shop III (ให้ นศ อัพโหลดส่งงานใน session สัมมนาเสริม)

จากที่นักศึกษาได้ศึกษารายละเอียดเนื้อหาหน่วย การศึกษางานวิจัยต่างๆ รวมถึงการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ขอให้
 นักศึกษานำความรู้ที่ได้ไปใช้ต่อยอดสำหรับการสืบค้น วิเคราะห์ และค้นหาความรู้เพิ่มเติมตามแผนผังที่กำหนดให้ ดังนี้
 (งานกลุ่ม ชั้นที่ 2 ทำเป็นเล่มและนำเสนอ)

จงอธิบายประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับผังการเชื่อมต่อโครงข่ายไร้สาย 5G ที่จะพัฒนาในอนาคต

Workshop III 5G.pdf

- กิจกรรมสัมมนาเสริม ได้มอบหมายงานให้นักศึกษาล่วงหน้าบนระบบอีเลิคนิงประจำชุดวิชา เพื่อให้นักศึกษานำไปศึกษาล่วงหน้าแล้วมาเสนอและอภิปรายร่วมกันในหัวข้อ Machine Learning for Wireless Communication ในระหว่างวันที่ 11-12 มกราคม 2563

Course: 99710 เทคโนโลยีเคลื่อนที่ x +

Not secure | moodle.stou.ac.th/course/view.php?id=3305#section-16

กิจกรรมสัมนาเสริม (วันที่ 11-12 มค. 63.)

Edit

- รายชื่อจากกลุ่มนค. Edit
- งานประกอบกิจกรรมสัมนาเสริม Edit
- โจทย์ 2: งานที่มอบหมายจากกิจกรรมสัมนาเสริม Work shop III งานที่ 2 (งานกลุ่ม) Edit
- โจทย์ 3: กิจกรรมสัมนาเสริม งานที่ 3 (งานกลุ่ม) Edit
- เอกสารอ่านเพิ่มเติม Machine Learning for Wireless Communication Edit

ให้นักศึกษาเตรียมศึกษาทำความเข้าใจสรุปประเด็นสำคัญจากเนื้อหา Machine Learning for Wireless Communication ที่กำหนดให้แล้วเตรียมตัวมาอภิปรายร่วมกันในกิจกรรมสัมนาเสริม

- ส่งงานกิจกรรมสัมนาเสริมงานที่ 1 (งานเดี่ยว) Edit
- ส่งงานกิจกรรมสัมนาเสริมงานที่ 2 (งานกลุ่ม) Edit

Home Tools 99710 Machine Le... x

1 / 10 41.1%

GLOBECOM 2018 Tutorial

Machine Learning and Artificial Intelligence in Wireless Networks: Challenges and Opportunities

Wahid Sand
Wireless VET, Electrical and Computer Engineering Department, Virginia Tech, USA
w.sand@vt.edu

Mehdi Bennis
Center for Wireless Communications, University of Duisburg-Essen, Germany
mehdi.bennis@uni-due.de

Outline

- Machine learning: introduction and wireless use cases
- Part I: Artificial neural networks: Preliminaries
- Part II: Reinforcement learning
- Part III: Applications
- Part IV: Federated Edge Learning and Applications
- Concluding remarks

Wireless for Smart Cities

- 4G/5G technologies sought to connect people/sensors
- To enable smart cities
- We need to connect machines (beyond sensors)

...for the well-being of people

What happens online in 60 seconds?

Source: Statista, Statista.com (January 2017)

- 1.1 iPhones caused download performance problems on AT&T network
- Various Windows-based mobile factors for critical mission are in LTE network last year 1/7
- "The cable demands Google's help with IP signaling errors"

Artificial Intelligence

Artificial intelligence is enabled by machine learning which enables "machines" to use data and connectivity for intelligent and autonomous decision making.

AI to better: Take the "brains" of more of Greek myths

AI to compute: Computers - can do arithmetic, math, etc

AI to be smart: Intelligence - can mimic human brain

Artificial Intelligence

- What are the key involved concepts?
- Artificial intelligence (AI) include: search, optimization, logic, machine learning (ML)
- Machine learning (ML) include: support vector machine, genetic algorithms, Bayesian networks, artificial neural networks (ANNs) (mimic the biological neural networks)
- We focus on ANNs because of their importance in future wireless networks
- Other ML/AI approaches can be accommodated into

What happens in a smart city?

This was just the iPhone's impact, what about a full smart city?

Massive number of devices with services that are more critical than Facebook/Instagram posts!

Conventional Services vs. Smart City Services

	Conventional services	Smart city services
Key goal	Real-time data	Low latency
Links	Few simultaneous transmissions (< 100)	Massive (1000+) simultaneous transmissions
Direction	Unicast	From sources
Traffic	Large packets	Small packets
Devices	Human-centric: Smartphones, tablets, etc	Machine-centric: sensors, objects, etc.

How to achieve these goals?

Beyond 5G systems

Smart Cities over Cellular Networks

...from the sky!

Source: (Dimitris Katsaros, 2016)

AI-enabled Smart Cities

Why ML in this architecture?

- Why do we need ML in this ecosystem?
- Communication and autonomy are intertwined - ML/AI will already be there!
- Communication must be self-organizing - heterogeneous and massive system
- Communication should be pervasive - anytime, anywhere, anyone => autonomous communications
- Communication should be pervasive - learn the user?
- We envision two use cases for AI/ML:
 - Big (or small) data analytics for productivity
 - Artificially-intelligent optimization and control

Use Case 2: Autonomy and AI-enabled Optimization

- Connected devices (and people) will make use of big data to act, react, and adapt intelligently
- AI is needed to enable autonomy. ML (and more specifically reinforcement learning) needed!
- Tools aiming to deploy driverless (and other) cars
- Blackbox, tech company's driverless car drives to Detroit and back (July 2017)

Use Case 2: Autonomy and AI-enabled Optimization

- ML/AI are not mere data analytics tools
- They will multi intelligence into the wireless network design itself. AI-driven control and optimization
- The idea of SDN will no longer be simple optimization, it becomes AI-driven
- AI-enabled devices will be there, let's use them!
- Data may or may not be needed
- Intelligent optimization can be trained numerically in an online manner
- Reinforcement learning is the key

เอกสารแนบ 3

การบูรณาการความรู้กับการวิจัยขั้นสูงในระดับบัณฑิตศึกษาหัวข้อวิจัย/วิทยานิพนธ์/การศึกษาค้นคว้า

อิสระ ที่ได้จากการเข้าร่วมประชุม

ผู้รับทุนได้บูรณาการความรู้และประสบการณ์จากการเข้าร่วมประชุมทางวิชาการระดับนานาชาติเข้ากับการวิจัยขั้นสูงในระดับบัณฑิตศึกษาโดยให้คำปรึกษาและกำหนดทิศทางการทำหัวข้อวิทยานิพนธ์เชิงวิศวกรรมโทรคมนาคมให้กับนักศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตแขนงวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เรื่อง

การออกแบบและติดตั้งระบบเครือข่ายสำรองโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ตามมาตรฐานไอทีลเวอร์ชัน 3 กรอบการปรับปรุงการบริการอย่างต่อเนื่อง

Design and Installation of Network Backup Systems Using 4G Mobile Network Technology Based on ITIL version 3 Continual Service Improvement Framework

เอกสารประกอบการเสนอขออนุมัติหัวข้อและแต่งตั้งอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ประจำภาค...1...ปีการศึกษา.....2562.....

1. ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย)การออกแบบและติดตั้งระบบเครือข่ายสำรองโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ตามมาตรฐาน ไอทีไอเวอร์ชัน 3 กรอบการปรับปรุงการบริการอย่างต่อเนื่อง

(ภาษาอังกฤษ)Design and Installation of Network Backup Systems Using 4G Mobile Network Technology Based on ITIL version 3 Continual Service Improvement Framework

2. ชื่อนักศึกษานายชัชวาล พานวงษ์ รหัสประจำตัว 261900543 แขนงวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.1 เพื่อออกแบบระบบเครือข่ายสำรองที่มีต้นทุนคุ้มค่าโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายมือถือ 4G ตามมาตรฐาน ITIL เวอร์ชัน 3 กรอบการปรับปรุงการบริการอย่างต่อเนื่อง

3.2 เพื่อติดตั้งระบบเครือข่ายสำรองที่มีเสถียรภาพโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่าย 4G ตามมาตรฐาน ITIL เวอร์ชัน 3 กรอบการปรับปรุงการบริการอย่างต่อเนื่อง

3.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบเครือข่ายสำรอง 4G

3.4 เพื่อนำมาเป็นมาตรฐานสำหรับการปรับปรุงบริการครั้งต่อไปตาม ITIL เวอร์ชัน 3 กรอบการปรับปรุงการบริการอย่างต่อเนื่อง

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ทำตารางเปรียบเทียบต้นทุนระบบสำรองแต่ละแบบ

4.2 ออกแบบ CSI 7 Steps Improvement Process

4.3 ใช้เครื่องมือวัดผลด้วยโปรแกรมประยุกต์ PRTG โดยการนำโปรแกรม PRTG ติดตั้งใน server ที่ส่วนกลางและใช้ SNMP protocol ตรวจสอบการใช้งานได้แก่

4.3.1 Network performance ได้แก่ความเร็วในการรับส่งปริมาณข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างการใช้งานเครือข่ายหลักกับเครือข่าย 4G ต้องไม่ต่ำกว่า 90 %

4.3.2 Service High Availability (HA) - Uptime Downtime Network : ความเร็วในการเปลี่ยนถ่าย เครือข่าย ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างการใช้งานเครือข่ายหลักกับเครือข่าย 4G ต้องไม่สูงกว่า 5 วินาที

4.4 ติดตั้ง router 4G network (Cisco 819 4G LTE)ให้สาขาเพื่อให้สาขาเชื่อมระบบเข้ากับเครือข่าย 4G VPN โดยวางแผนการติดตั้งออกเป็น 1) แผนการออกแบบเส้นทางการติดตั้งระบบตามสาขา 2)แผนการทดสอบ รายงานผล และตัดถ่ายระบบ

5. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

5.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขจิตพรหม กฤตพลวิมาน อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

5.2 ดร. อนุกุล แด่มประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

6. คาดว่าจะสำเร็จการศึกษา ภาค 2 ปีการศึกษา 2562

7. วันที่นักศึกษานำเสนอ 11 พฤศจิกายน 2562

3. ข้อเสนอแนะ

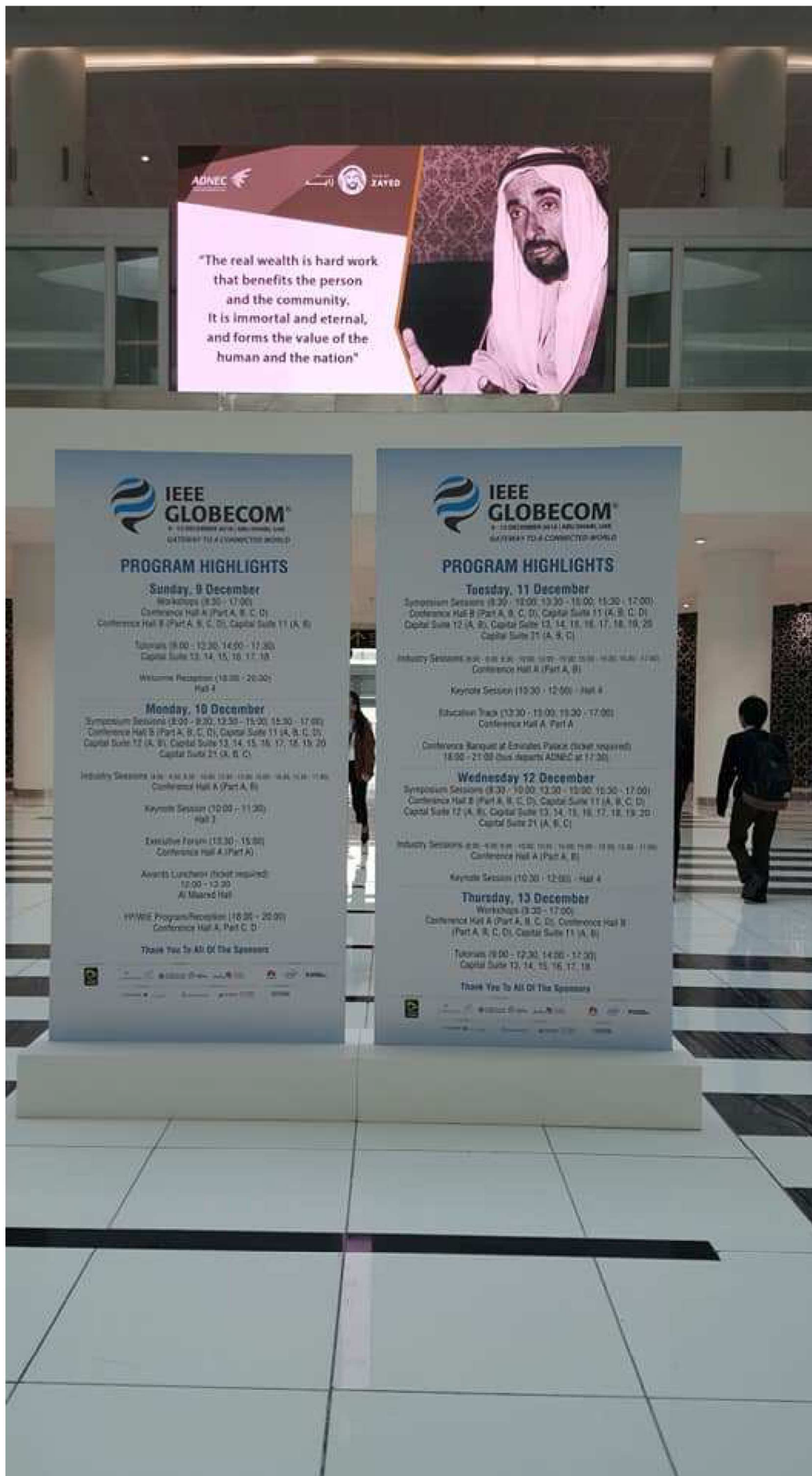
มหาวิทยาลัยควรสนับสนุนโครงการในลักษณะนี้ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นศาสตร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การประชุมวิชาการระดับนานาชาติเป็นช่องทางสำคัญในการติดตามความก้าวหน้าหรือติดตามการเปลี่ยนแปลงงานวิจัยทางสายวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้ทันและเป็นปัจจุบัน ควรพิจารณาให้ทุนการนำเสนอผลงานทางวิชาการหรืองานวิจัยในที่ประชุมวิชาการระดับนานาชาติ และการตีพิมพ์เผยแพร่ทางวารสาร โดยไม่จำกัดจำนวนหรือพิจารณาเป็นโควตาในแต่ละสาขาวิชา ทำให้เป็นการจำกัดโอกาสในการเผยแพร่ผลงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และแข่งขันกันสูง

ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมโครงการสามารถดำเนินโครงการอื่นๆ เพื่อต่อยอดความรู้ที่ได้รับ ดังนี้

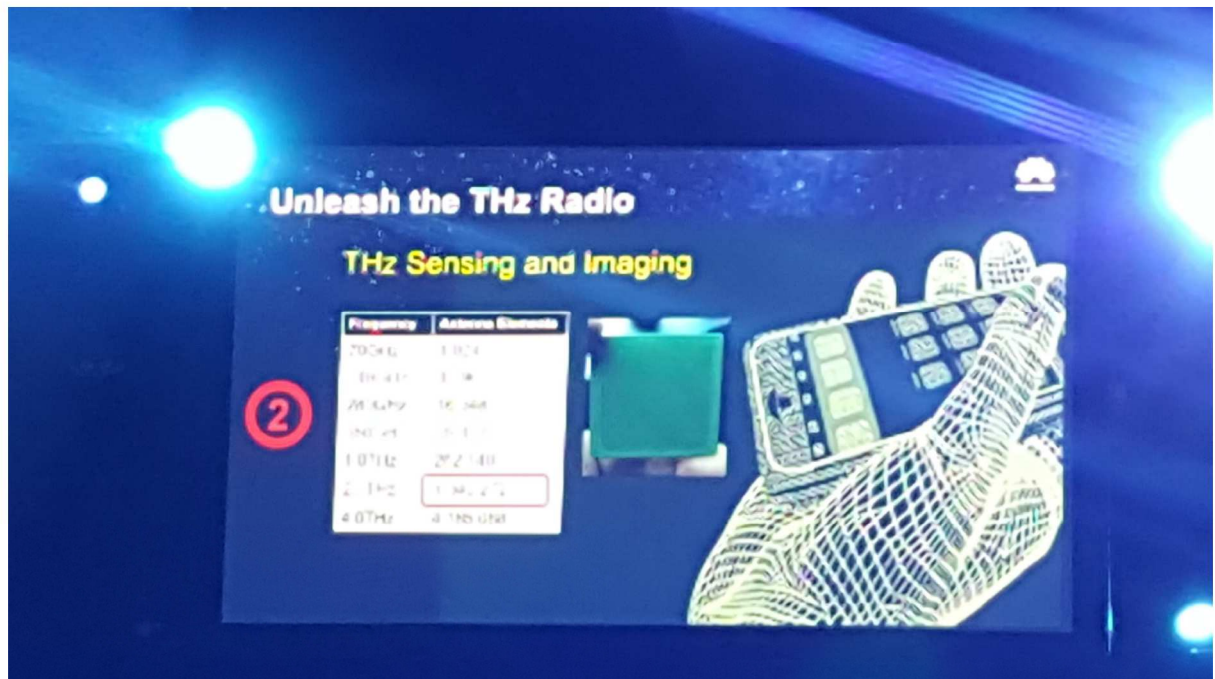
- 1) แนวทางการบูรณาการงานวิจัยเข้ากับการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี และระดับบัณฑิตศึกษาที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติและนโยบายของรัฐบาล
- 2) การพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับวิศวกรรมโทรคมนาคมและศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสนับสนุนการเรียนการสอนหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต แขนงวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร หรือใช้เป็นแนวทางปรับปรุงหลักสูตรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 3) โอกาสในการสร้างสรรค์งานวิจัยที่มีศักยภาพและมีแนวโน้มที่ดีในการเผยแพร่ตีพิมพ์ในวารสารชั้นนำในอนาคต นำไปสู่การยกระดับตัวชี้วัดของมหาวิทยาลัยในด้านการวิจัยและการตีพิมพ์ผลงานวิชาการระดับนานาชาติ

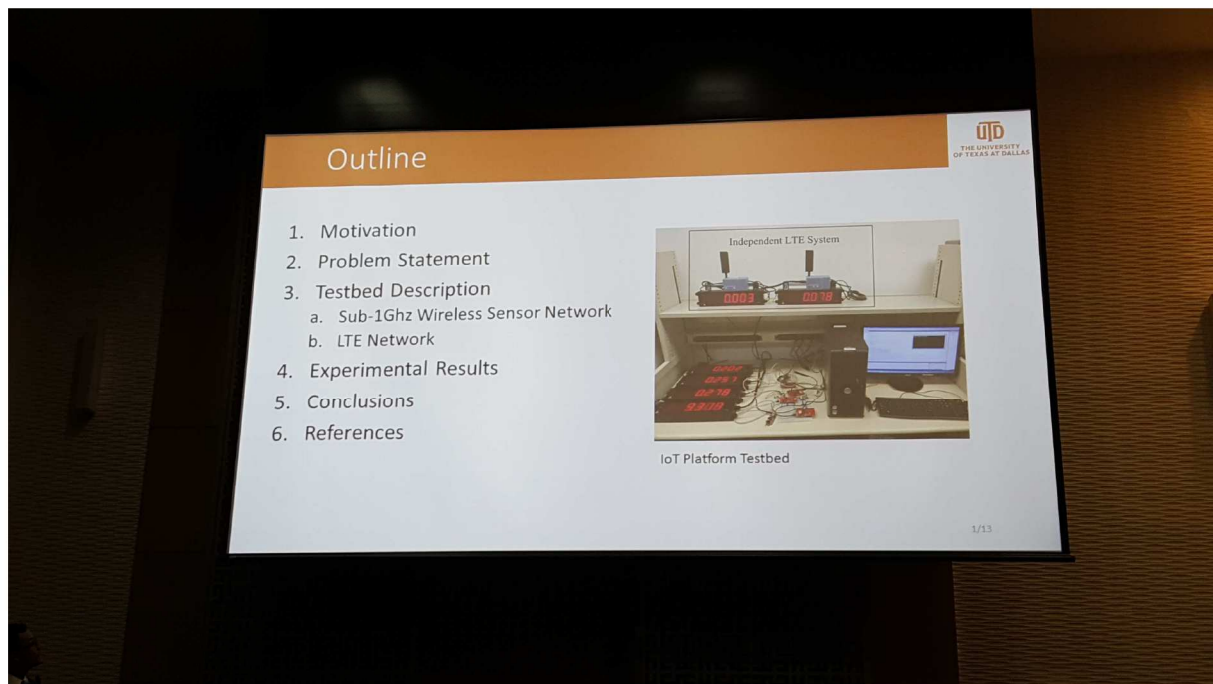
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ภาพบรรยากาศการดำเนินกิจกรรมโครงการ









System Model

System Model

- IoT devices operate under harvest-use-store mode.
- The gain of channel c between node i and node j , G_{ij}^c , is given by

$$G_{ij}^c = PL_c \alpha_c \beta_c A_t A_r d_{ij}^{-PL_e} \quad (1)$$

- PL_c be the path loss constant for channel c , PL_e be the path loss exponent, α_c and β_c be fast and slow fading gains for channel c , respectively, A_t and A_r be transmitting and receiving antenna gains, respectively, and d_{ij} be the distance between node i and node j .

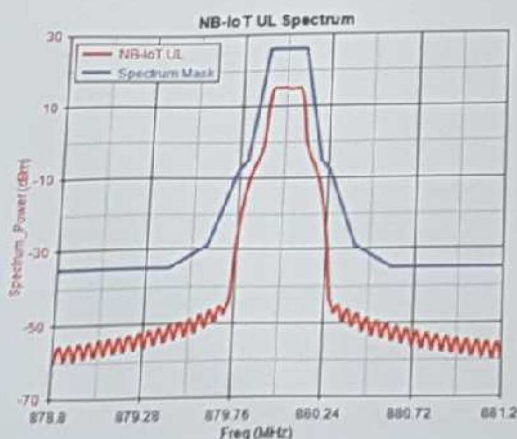
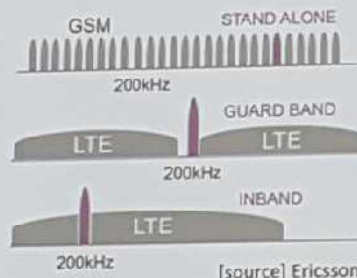
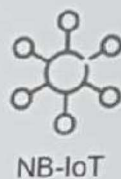
- ETs use directional antennas for power transfer, with antenna azimuth angles ϕ and elevation angles $\bar{\phi}$, in degree, and it is approximated by

$$A_t \approx \frac{30,000}{\phi \bar{\phi}} \quad (2)$$

- Let H_{ei}^c be an indicator function equals 1 only if IoT device i is located within the energy harvesting zone of ET_c which transmits power over channel c . Hence, H_{ei}^c function is given by

$$H_{ei}^c = \begin{cases} 1, & d_{ei} \leq \left(\frac{P_{ET_c}^{max} PL_c \alpha_c \beta_c A_t A_r}{\Gamma_{th}^c} \right)^{\frac{1}{PL_e}} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

Inband NB-IoT



- Spectral leakage between NB-IoT and LTE systems
- Spectral leakage between sub-bands within NB-IoT system
- Joint sub-band and power allocation under such spectral leakage

ภาคผนวก ข เอกสารสรุปความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

GLOBECOM 2018 Tutorial

Machine Learning and Artificial Intelligence in Wireless Networks: Challenges and Opportunities

Walid Saad

Wireless@VT, Electrical and
Computer Engineering Department,
Virginia Tech, USA
walids@vt.edu
<http://resume.walid-saad.com>
<http://www.netsci.wis.com>



Mehdi Bennis

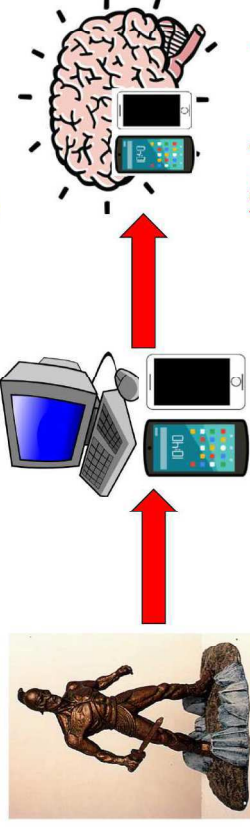
Center for Wireless
Communications
University of Oulu, Finland
mehdi.bennis@oulu.fi
<https://sites.google.com/view/dr-mehdi-bennis/home>



UNIVERSITY OF OULU

Artificial Intelligence

- Artificial intelligence is enabled by machine learning which enables “machines” to use data and connectivity for intelligent and autonomous decision making



AI as fiction:

Talos – the “bronze”
man of Greek myths

AI to compute:

Computers – can do
arithmetic, math, etc

AI to be smart:

Intelligence – can
mimic human brain

3

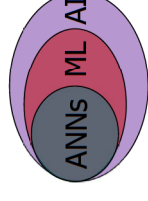
Outline

- Machine learning: introduction and wireless use cases
- Part I:** Artificial neural networks: Preliminaries
- Part II:** Reinforcement learning
- Part III:** Applications
- Part IV:** Federated/Edge Learning and Applications
- Concluding remarks

2

Artificial Intelligence

- What are the key involved concepts?
 - Artificial intelligence (AI)**
(include: search, optimization, logic, machine learning tools)
 - Machine learning (ML)**
(include: support vector machines, genetic algorithms, Bayesian networks, artificial neural networks.)
 - Artificial neural networks (ANNs)**
(mimic the biological neural networks)

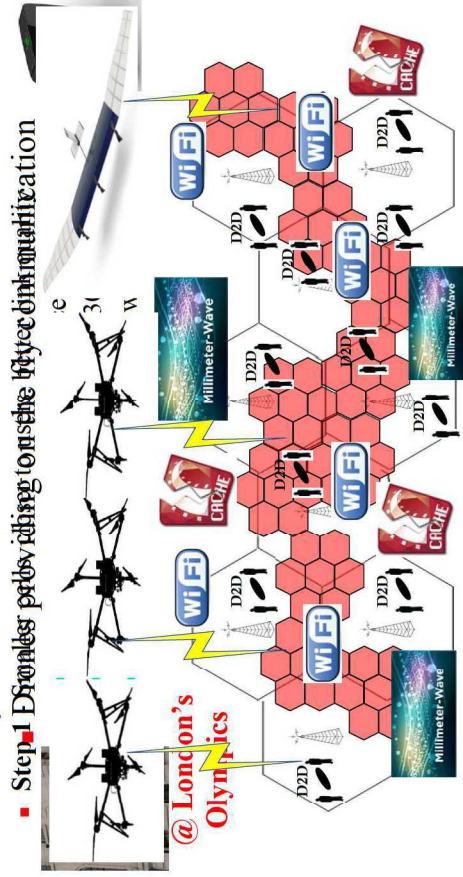


- We focus on ANNs because of their importance in future wireless networks
 - Other ML/AI approaches can be accommodated too

4

Smart Cities over Cellular Networks

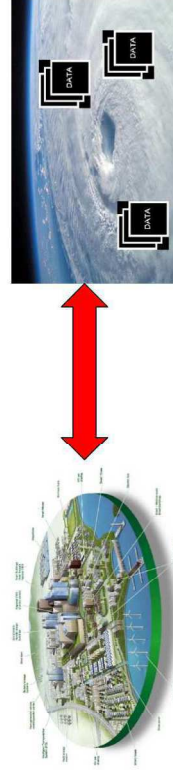
Step 5 – Communication from the sky!



Use Case 1: Big Data

Large-scale wireless networks or...

.....data hurricane!



- Massive volumes of data will be generated from sensors, wearables, surveillance cameras, etc.
- How to make sense of this hurricane of chaos?*
- Analyze, predict, and adapt to the wireless user behavior, user-centric wireless (e.g., virtual reality)

11

Why ML in this architecture?

- Why do we need ML in this ecosystem?
 - Communication and autonomy are intertwined – **ML/AI will already be there!**
 - Communication must be *self-organizing* – **heterogeneous and massive system**
 - Communication should be *pervasive* – **anytime, anywhere, anyone => autonomous communications**
 - Communication should be *proactive* – **learn the user!**
- We envision two use cases for AI/ML
 - Big (or small ☺) data analytics for proactiveness
 - Artificially-intelligent optimization and control

10

Sources of Data



- ML to combine to understand needs of wireless users!

12

Use Case 2: Autonomy and AI-enabled Optimization

- Connected devices (and people) will make use of big data to act, react, and adapt intelligently
 - AI is needed to enable autonomy, ML (and more specifically reinforcement learning) needed!**
 - Blacksburg tech company's driverless car drives to Detroit and back (July 2017)
 - Tesla aiming to deploy driverless (and electric) cars



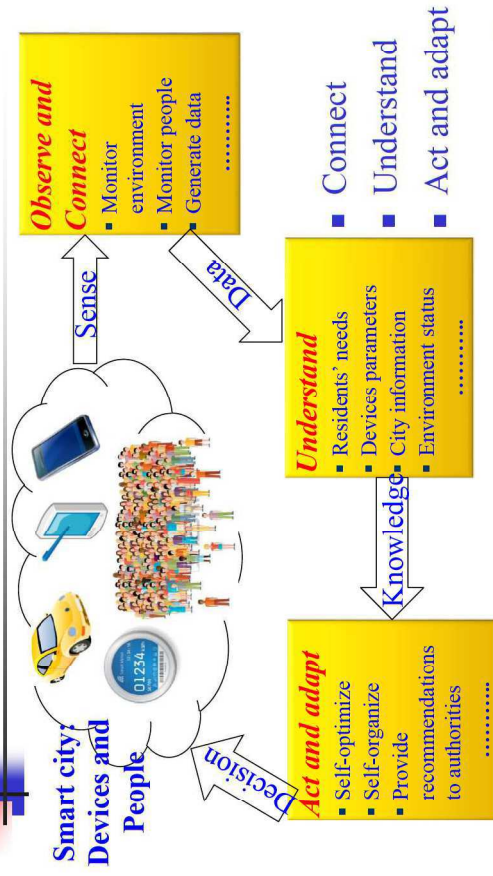
13

Use Case 2: Autonomy and AI-enabled Optimization

- ML/AI are not mere data analytics tools
 - They will instill intelligence into the wireless network design itself. AI-driven control and optimization
 - The idea of SON will no longer be simple optimization, it becomes AI-driven
 - AI-enabled devices will be there, let's use them!
- Data may or may not be needed
 - Intelligent optimization can be trained numerically in an online manner
 - Reinforcement learning is the key

14

"AI" in Action



15

AI Impacting Our Lives, at What Cost?

Today's AI successfully used to **recognize faces**, **diagnose diseases**, **predict rainfall** consumer preferences, and much more.

Deep NN are state-of-the-art for ML tasks and revolutionarized our lives

Modern NN architectures are compute, space and power-hungry.

Cloud-Run: Computationally intensive → difficult to deploy on embedded devices with limited hardware resources + tight power budget

Centralized + Offline training

Do not **reliably** quantify **prediction confidence**

Easy to fool

No **privacy** guarantees

Dumb devices with **always-on cloud-connectivity**

High-latency

No privacy

Unreliable

Bandwidth inefficient

Unfit for the new breed of intelligent devices & high-stake applications

AlphaGo

Autonomous driving

Machine translation

170

ML for Communication: ML4C

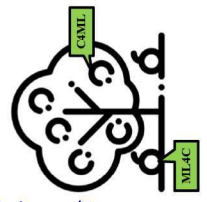
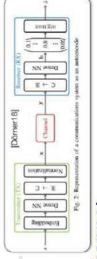
ML @ Physical layer

- Accurate knowledge of the RF environment (channel effect, propagation models, security, fault monitoring)
- Optimized use of the RF environment (improved MCS, resource scheduling, spatial encoding schemes for MU-MIMO, reduced power consumption)
- Channel **detection** and **decoding** (data-driven useful for non well-established channel models)
- Cancel self-interference

ML @ network and application layer

- Resource slicing, caching popular contents, routing, etc
- Traffic classification
- Spectrum sensing (generate new examples to augment a dataset to train a classifier)
- Community detection

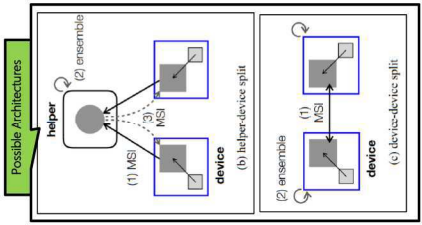
Wireless Edge Intelligence



Wireless Edge Intelligence

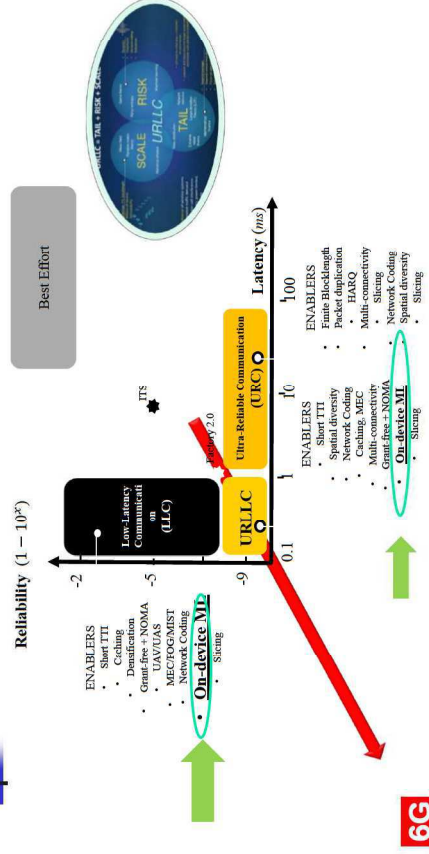
- Edge intelligence** is a **nascent research field** which requires a **major departure** from centralized cloud-based training approaches
- Towards a design** where edge devices communicate and exchange their learned models (not their private data) to **build a centralized trained model**—subject to:
 - Latency/reliability
 - privacy
 - power efficiency and accuracy.

- ML+Wireless codesign** needed across **full stack** from application through hardware + improved efficiency of NN:
- smaller **model size**,
 - higher prediction **accuracy**,
 - faster prediction **speed**,
 - lower power **consumption**



J. Park, et al 172

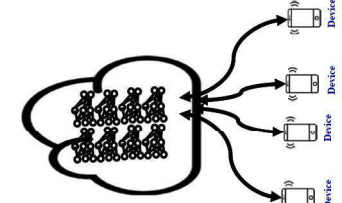
URLLC meets ML



173

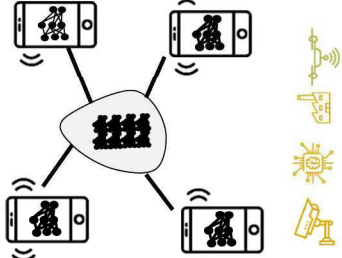
Collaborative AI

Classical AI (past)



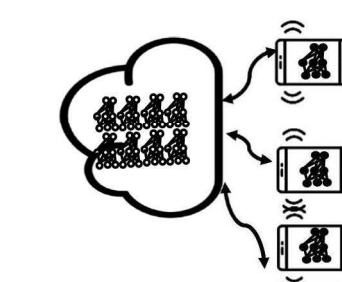
- Cloud-AI w/ dumb devices
- All data in the cloud
- Classification/inference in cloud
- No privacy

Collaborative AI (future)



- No cloud and/or infrastructure needed
- Collective intelligence
- Privacy-preserving

Federated AI (near-future)



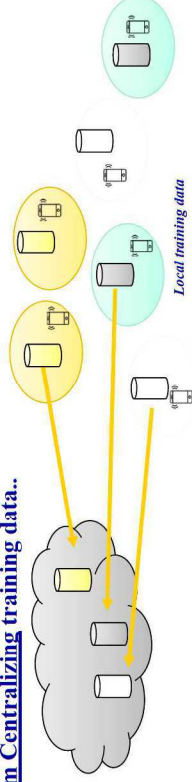
- Cloud-AI + on-device AI = mobile AI
- Use the cloud but smartly
- Privacy-preserving

Federated Learning – What's that?

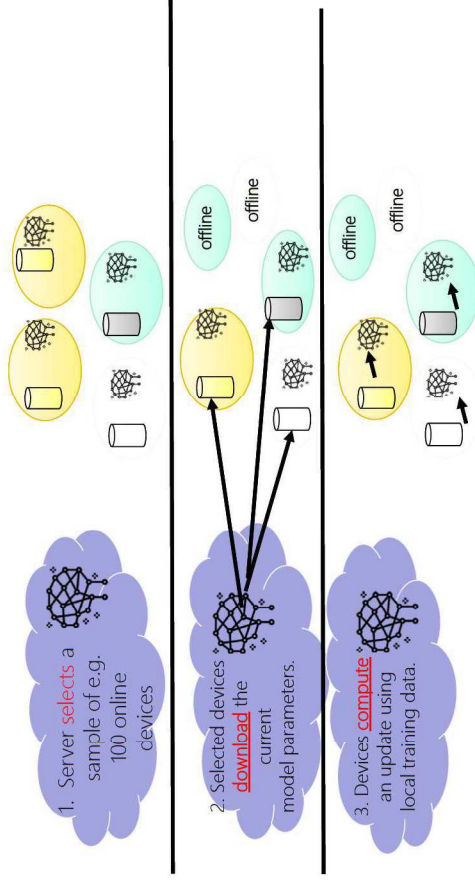
- Goal: Imbue mobile devices with state of the art ML systems **without centralizing** data and with **privacy**

Parameters: (i) batch size, (ii) no. of devices, (iii) no. of training passes.

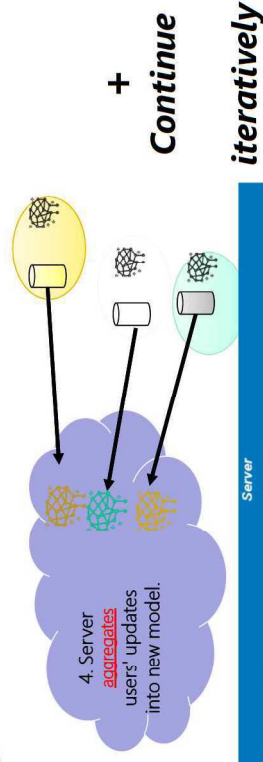
From Centralizing training data..



Federated Learning (concept)

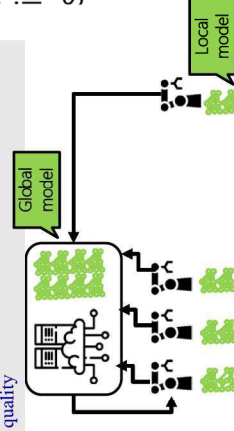


Federated Averaging Algo.



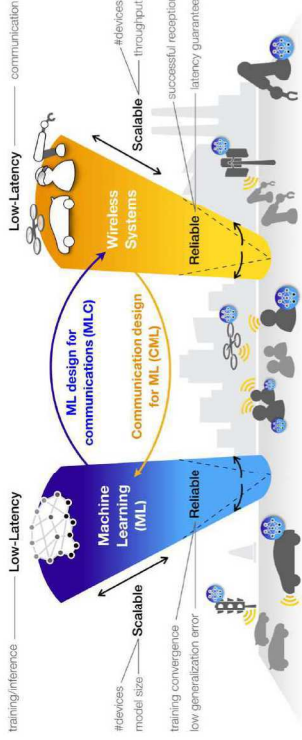
FL-Wireless Ramifications

- An ML model may have **million** parameters
- Model updating is **bandwidth consuming** especially for 1000X edge devices
 - Slowest node or **straggler**
 - Lack of **synchronization** and asynchronous updates
 - Moving** nodes
 - Noisy/interfered links
 - Sample **importance**
 - Sample **freshness**
 - Data quantity vs. quality



Artificial intelligence and machine learning in next-generation systems

Network Edge Intelligence



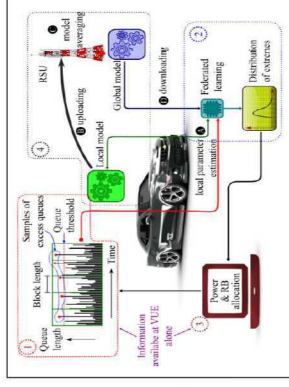
179

Federated Learning for V2X

S. Samarakoon, M. Bennis, W. Saad, M. Debbah, "Federated Learning for Ultra-Reliable Low-Latency V2V Communication," in proc. IEEE Globecom 2018, Abu-Dhabi

180

Federated learning for V2V



Use case = URLLC-V2X + distributed FL

Challenge: latency distribution is needed!

Solutions:

- **Locally** but lack of samples (latency↑)
- **Remotely** (RSU) but violate latency constraints (reliability↑ but latency↑)
- Synchronous vs. asynchronous UL (latency↑)

Key Idea:

Instead of vehicles uploading their data to the cloud/RSU, every vehicle locally builds a model → **Model-driven ML**

- RSU does model averaging and broadcasts/multicasts to vehicles.

Benefits:

- FL is a lower latency + Higher reliability enabler ☺
- Works even during **connectivity loss** ☺

Modeling queue lengths tail distribution

- Set $\mathcal{U}$ of vehicle-to-vehicle communication pairs.
 - Vehicle transmitters transmit data to their corresponding receivers while minimizing their transmit powers.
 - The reliability of communication established by **reducing extreme events of the queue lengths exceeding a predefined threshold**.
 - Modeling the tail distribution of queue lengths is required.

- Samples of queue lengths exceeding the threshold follow a **generalized Pareto distribution (GPD)**¹.

$$G_M^d(m) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} (1 + \xi m / \sigma)^{-1-1/\xi} & \text{for } \xi \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} e^{-m/\sigma} & \text{for } \xi = 0 \end{cases}$$

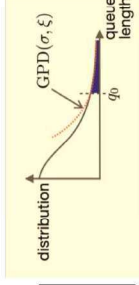
- Here, $d = (\alpha, \xi)$ characterizes the GPD where $\sigma (> 0)$ and $\xi (\leq \frac{1}{2})$ are scale and shape parameters, respectively.

¹ B. Finkenstadt and H. Rootzen, Eds., Extreme Values in Finance, Telecommunications, and the Environment, 1st ed., ser. Monographs on Statistics & Applied Probability (Book 99), Chapman and Hall/CRC, 2003. [Theorem 3.2.5]

Federated learning for V2V

- Parameter estimation (inference problem)

$$G_M^d(m) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} (1 + \xi m / \sigma)^{-1-1/\xi} & \text{for } \xi \neq 0, \\ \frac{1}{\sigma} e^{-m/\sigma} & \text{for } \xi = 0, \end{cases}$$



$$\min_{d \in \mathcal{D}(Q)} f^d(Q) = -\frac{1}{|Q|} \sum_{Q \in \mathcal{Q}} \log G_X^d(Q),$$

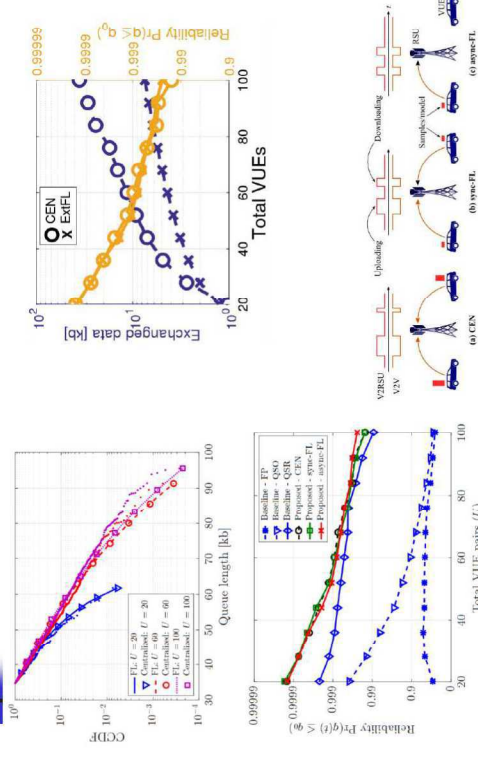
Distributed SGD

Conclusions

- We presented a wide variety of NN architectures, techniques and applications spanning several verticals (LTE-U, UAV, V2X, VR)
- Lots** remain to be studied at many levels and across many domains:
 - Architectural (data split, model split)
 - Algorithmic and mathematical foundations needed
 - Hardware (codesign needed)
 - etc
- Takeaways
 - AI will unlock the full potential of 5G and beyond
 - 5G will enhance AI and vice-versa
 - 6G is already in the making
 - AI a big part of it

185

Federated learning for V2V



Acknowledgments

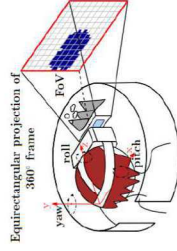
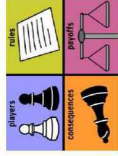
- Acknowledgement to students and collaborators: Mingzhe Chen, Sumudu Samarakoon, Jihong Park, Ursula Challita, Mohamed Abdel-Aziz, M  rouane Debbah, and many others
- Acknowledgement to funding agencies: NSF and ONR (USA) & University of Oulu, Academy of Finland



186

Finally....

Thank You
Questions?



187

References

- M. Chen, U. Challita, W. Saad, C. Yin, and M. Debbah, "Machine Learning for Wireless Networks with Artificial Intelligence: A Tutorial on Neural Networks", arXiv:1710.02913, 2017. <https://arxiv.org/pdf/1705.09748.pdf>
- A. Ferdowsi, U. Challita, and W. Saad, "Deep Learning for Reliable Mobile Edge Analytics in Intelligent Transportation Systems", *IEEE Vehicular Technology Magazine, Special Issue on Mobile Edge Computing for Vehicular Networks*, to appear, 2018.
- A. Ferdowsi and W. Saad, "Deep Learning for Signal Authentication and Security in Massive Internet of Things Systems", *IEEE Transactions on Communications*, to appear, 2018.
- U. Challita, A. Ferdowsi, M. Chen, and W. Saad, "Machine Learning for Wireless Connectivity and Security of Cellular-Connected UAVs", *IEEE Wireless Communications Magazine, Special Issue on Integrating UAVs into 5G and Beyond*, to appear, 2018.
- X. Chen, H. Zhang, C. Wu, S. Mao, Y. Ji, M. Bennis, "Optimized Computation Offloading Performance in Virtual Edge Computing Systems via Deep Reinforcement Learning", *IEEE IoT Journal*, 2018.

188

References

- M. Chen, M. Mozaffari, W. Saad, C. Yin, M. Debbah, and C. S. Hong, "Caching in the Sky: Proactive Deployment of Cache-Enabled Unmanned Aerial Vehicles for Optimized Quality-of-Experience," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC), Special Issue on Human-In-The-Loop Mobile Networks*, vol. 35, no. 5, pp. 1046-1061, May 2017. available online: <https://arxiv.org/pdf/1610.01585.pdf>
- M. Chen, W. Saad, and C. Yin, "Virtual Reality over Wireless Networks: Quality-of-Service Model and Learning-Based Resource Management", *IEEE Transactions on Communications*, vol. 66, no. 11, pp. 5621 - 5635, Nov. 2018. available online : <https://arxiv.org/pdf/1703.04209.pdf>
- M. Chen, W. Saad, and C. Yin, "Echo State Networks for Self-Organizing Resource Allocation in LTE-U with Uplink-Downlink Decoupling," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 16, no. 1, pp. 3-16, January 2017. available online : <https://arxiv.org/pdf/1601.06895.pdf>
- M. Chen, W. Saad, C. Yin, and M. Debbah, "Echo State Networks for Proactive Caching in Cloud-Based Radio Access Networks with Mobile Users," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 16, no. 6, pp. 3520 - 3535, June 2017. available online : <https://arxiv.org/pdf/1607.00773.pdf>

189

References

- M. Chen, U. Challita, W. Saad, C. Yin, and M. Debbah, "Machine Learning for Wireless Networks with Artificial Intelligence: A Tutorial on Neural Networks", submitted to *IEEE Communications Surveys and Tutorials* (major revision), Oct. 2017. available online: <https://arxiv.org/pdf/1710.02913.pdf>
- M. Chen, W. Saad, and C. Yin, "Liquid State Machine Learning for Resource and Cache Management in LTE-U Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Networks," submitted to *IEEE Transactions on Wireless Communications* (major revision), Jan. 2018. available online : <https://arxiv.org/pdf/1801.09339.pdf>
- M. Chen, W. Saad, and C. Yin, "Echo-Liquid State Deep Learning for 360° Content Transmission and Caching in Wireless VR Networks with Cellular-Connected UAVs," submitted to *IEEE Transactions on Communications*, April 2018. available online : <https://arxiv.org/pdf/1804.03284.pdf>
- M. Chen, W. Saad, and C. Yin, "Echo State Learning for Wireless Virtual Reality Resource Allocation in UAV-enabled LTE-U Networks", in *Proc. of the IEEE International Conference on Communications (ICC)*, Kansas City, MO, USA, May 2018. available online : <https://arxiv.org/pdf/1708.00921.pdf>

190

References

- M. Chen, W. Saad, and C. Yin, "Liquid State Machine Learning for Resource Allocation in a Network of Cache-Enabled LTE-U UAVs", in Proc. of the IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), Next Generation Networking and Internet Symposium, Singapore, December 2017.
available online: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8254746>
- M. Chen, W. Saad, and C. Yin, "Resource Management for Wireless Virtual Reality: Machine Learning Meets Multi-Attribute Utility", in Proc. of the IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), Mobile and Wireless Networks Symposium, Singapore, December 2017.
available online: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8254650>
- M. Chen, W. Saad, C. Yin, and M. Debbah, "Echo State Transfer Learning for Data Correlation Aware Resource Allocation in Wireless Virtual Reality", in Proc. of the 51st Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, Pacific Grove, CA, USA, November 2017. *available online*: <https://arxiv.org/pdf/1711.09173.pdf>
- X. Chen, Z. Han, H. Zhang, G. Xue, Y. Xiao, and M. Bennis, "Wireless resource scheduling in virtualized radio access networks using stochastic learning," *IEEE Trans. Mobile Comput.*, vol. 17, no. 4, pp. 961-974, Apr. 2018.

191

References

- M. Chen, W. Saad, and C. Yin, "Optimized Uplink-Downlink Decoupling in LTE-U Networks: An Echo State Approach," in Proc. of the IEEE International Conference on Communications (ICC), Mobile and Wireless Networks Symposium, Kuala Lumpur, Malaysia, May 2016.
available online: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7510701>
- U. Challita, L. Dong, and W. Saad, "Proactive Resource Management for LTE in Unlicensed Spectrum: A Deep Learning Perspective", *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 17, no. 7, pp. 4674 - 4689, July 2018.
- H. Kim, J. Park, M. Bennis, S.L. Kim, "On-Device Federated Learning via Blockchain and its Latency Analysis," *IEEE Comm. Letter* 2018.
- T. Kien Vu, M. Bennis, M. Latva-aho, M. Debbah, and C. S. Hong, "Ultra-Reliable Communication in 5G mmWave Networks: A Risk-Sensitive Approach," in *IEEE Communications Letters*, accepted, 2018.
- M. Chen, W. Saad, C. Yin, and M. Debbah, "Echo State Networks for Proactive Caching and Content Prediction in Cloud Radio Access Networks," in Proc. of the IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), Workshop on 5G RAN Design, Washington, DC, USA, December 2016.
available online: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7848887>

193

References

- A. Bairagi, N. T. Tran, W. Saad, Z. Han, and C. S. Hong, "A Game-Theoretic Approach for Fair Coexistence between LTE-U and Wi-Fi Systems", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, to appear, 2018.
- E. Jeong, S. Oh, H. Kim, J. Park, M. Bennis, S.-I. Kim, "Communication-Efficient On-Device Machine Learning: Federated Distillation and Augmentation under Non-IID Private Data" NIPS 2018 Workshop.
- S. Samarakoon, M. Bennis, W. Saad, M. Debbah, "Federated Learning for Ultra-Reliable Low-Latency V2V Communication," in proc. IEEE Globecom 2018, Abu-Dhabi.
- X. Chen, Z. Han, H. Zhang, G. Xue, Y. Xiao, and M. Bennis, "Wireless resource scheduling in virtualized radio access networks using stochastic learning," *IEEE Trans. Mobile Comput.*, accepted, 2017.
- R. Yu, G. Xue, M. Bennis, X. Chen, and Z. Han, "HSDRAN: Hierarchical software-defined radio access network for distributed optimization," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, accepted for publication, 2017.

192

คำชี้แจงการใช้เอกสาร

ขอขอบคุณที่ท่านให้ความสนใจศึกษาเอกสารเผยแพร่ความรู้ (KM) ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มสธ. ซึ่งจัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ให้เกิดประโยชน์เชิงวิชาการในวงกว้าง ทั้งนี้ หากท่านนำข้อมูลจากเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ ขอให้อ้างอิงแหล่งที่มาของเอกสารนี้ด้วย พร้อมทั้งแจ้งให้เราทราบถึงแหล่งที่ท่านนำไปใช้อ้างอิง และหากท่านสนใจร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในเอกสารที่ได้เผยแพร่ โปรดแจ้งมาทางอีเมล stoffice@stou.ac.th เพื่อประโยชน์ในการบูรณาการข้อมูลและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน