กสทช. กทปส. NECTEC a member of NSTDA

WHITE PAPER

5G Use Cases for Smart Factory/ Manufacturing ในประเทศไทย

มุมมองเชิงเทคนิคและความคุ้มค่าการลงทุน

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

กันยายน 2566

คำนำ

ในปี พ.ศ. 2563 สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) ได้จัดสรรคลื่นความถี่สำหรับกิจการโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล ย่าน 700 MHz 2600 MHz และ 26 GHz เพื่อสนับสนุนให้มีการให้บริการโทรคมนาคมด้วยเทคโนโลยี 5G ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในหลายภาคส่วนต่าง ๆ ของประเทศไทย เช่น สาธารณสุข ภาคการผลิต การขนส่ง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยี 5G เป็นเทคโนโลยีที่ใหม่และยังมีการวิวัฒนาการอยู่อย่างต่อเนื่อง กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ (กทปส.) ได้มีมติเห็นชอบให้ทุนพัฒนาโครงการทดลองและถ่ายทอดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี 5G สำหรับ Smart Factory/Manufacturing แก่ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) เพื่อทดลองนำร่องการใช้เทคโนโลยี 5G สำหรับ Smart Factory/Manufacturing สำหรับประยุกต์ใช้งาน (Use Cases) อย่างน้อย 3 ลักษณะ โดยการประยุกต์ใช้งานที่เลือกมาทดสอบในโครงการนี้ จะเป็นการตอบโจทย์ครอบคลุมคุณสมบัติเด่นของการใช้งานเทคโนโลยี 5G ให้เข้ากับบริบทของอุตสาหกรรมไทย ซึ่งหัวข้อของการทดลองมาจากความต้องการของผู้ประกอบการโรงงาน อุตสาหกรรมการผลิต และผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องในห่วงโซ่การผลิต ซึ่งทางเนคเทคได้เข้าไปหารือและช่วยสนับสนุน พร้อมทั้งชี้ให้เห็นถึงขีดความสามารถของเทคโนโลยี 5G ในด้านต่าง ๆ

เอกสารเผยแพร่ฉบับนี้เป็นการสรุปผลการทดลองภายใต้โครงการฯ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงประโยชน์จากแนวทางการเลือกใช้เทคโนโลยีทั้งในแง่ของประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของการลงทุน และผลกระทบต่อภาคธุรกิจโทรคมนาคมและภาคอุตสาหกรรม รวมถึงโอกาสและข้อจำกัดต่าง ๆ นอกจากนี้ยังเป็นการเตรียมความพร้อมให้อุตสาหกรรมในประเทศไทยสามารถก้าวเข้าสู่ยุค 4.0 อย่างแท้จริง

คณะผู้วิจัย
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
กันยายน 2566

สารบัญ

คำนำ I
สารบัญ II
สารบัญรูปภาพ IV
สารบัญตาราง VII
บทที่ 1 บทสรุปผู้บริหาร (EXECUTIVE SUMMARY) 1
บทที่ 2 พื้นฐานเทคโนโลยีเซลลูลาร์ 5G สำหรับภาคอุตสาหกรรมการผลิต 4
2.1 ความสำคัญของเทคโนโลยีเครือข่ายเซลลูลาร์ยุคที่ 5 (5G) 4
2.2 ที่มาของปัญหาในการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของประเทศ และบทบาทของเทคโนโลยี 5G ในภาคอุตสาหกรรมการผลิต 4
2.3 พื้นฐานเทคโนโลยี 5G 7
2.4 มาตรฐานเทคโนโลยี 5G สำหรับการนำไปใช้งานในภาคอุตสาหกรรม 12
2.5 ทางเลือกการใช้งานเครือข่าย 5G กับภาคอุตสาหกรรม 14
2.6 ตัวอย่างกรณีใช้งาน 5G กับภาคอุตสาหกรรมการผลิตในต่างประเทศ 16
2.7 สรุปจุดเด่นของเทคโนโลยี 5G ที่เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมการผลิต 22
บทที่ 3 การให้บริการเครือข่าย 5G สำหรับภาคอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศไทย 24
3.1 บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (AIS)/ บริษัท แอดวานซ์ ไวร์เลส เน็ทเวอร์ค จำกัด (AWN) 24
3.2 บริษัท ทรู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) (TRUE) 27
3.3 บริษัท โทเทิ่ล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (DTAC) 29
3.4 บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) (NT) 31
3.5 การให้บริการ 5G สำหรับภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย 31
บทที่ 4 การทดลอง 5G USE CASES สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและคลังสินค้าในประเทศไทย 32
4.1 บริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด (TVOP) 32
4.2 บริษัท ไดซิน จำกัด (DAISIN) 45
4.3 บริษัท เอสซีจี โลจิสติกส์ แมเนจเม้นท์ จำกัด (SCG Logistics Management Co., Ltd.) 51
บทที่ 5 การทดสอบสัญญาณ 5G ก่อนประยุกต์ใช้งานในโรงงาน 60
5.1 หัวข้อการทดสอบสัญญาณ 5G ก่อนประยุกต์ใช้งานในโรงงาน 60
5.2 การทดสอบคุณภาพสัญญาณและพื้นที่ให้บริการ 5G 61
5.3 การทดสอบสัญญาณ 5G ในหัวข้ออื่น 63
บทที่ 6 ความปลอดภัยทางไซเบอร์ในเทคโนโลยี 5G กับการนำไปใช้งาน IIOT 65
6.1 บทนำ 65

6.2 ความปลอดภัยทางไซเบอร์ใน 5G 66
6.3 5G Access Security 66
6.4 Wi-Fi Access Security 67
6.5 ข้อคิดเห็นความปลอดภัยทางไซเบอร์ระหว่าง 5G access และ Wi-Fi access 67
6.6 ความปลอดภัยทางไซเบอร์ใน 5G Smart Factories 68
6.7 ความปลอดภัยทางไซเบอร์กับ Network Slicing 70
6.8 ความเป็นส่วนตัวของข้อมูล (Data Privacy) 70
6.9 บทสรุป 71
บทที่ 7 การใช้ 5G กับความคุ้มค่าในการลงทุน 72
7.1 บทนำ 72
7.2 ความหมายและองค์ประกอบของความคุ้มค่าการลงทุน 72
7.3 กรอบแนวทางการประเมิน 73
7.4 ผลการวิเคราะห์ 5G Use Cases กับความคุ้มค่าการลงทุน 75
บทที่ 8 บทสรุปและข้อค้นพบที่สำคัญ 84
8.1 สถานภาพความพร้อมในการนำ 5G ไปใช้กับภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย 84
8.2 สิ่งที่สถานประกอบการ/โรงงานควรเข้าใจในบริบทการนำ 5G มาใช้สำหรับ Smart Factory/ Manufacturing 85
8.3 ประเด็นความคุ้มค่าในการลงทุน 88
8.4 ข้อเสนอแนะด้านนโยบายสนับสนุน 90
คณะวิจัย 91
อ้างอิง 92

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ 2.1 มิติของดัชนีชี้วัดระดับความพร้อมของอุตสาหกรรมไทย Thailand i4.0 Index 5
ภาพที่ 2.2 ค่าเฉลี่ยการประเมินดัชนีในมิติย่อยของมิติหลักด้านเทคโนโลยีของ 146 โรงงาน ที่ได้รับการประเมินด้วย Thailand i4.0 Index ข้อมูลล่าสุด ณ วันที่ 2 กันยายน 2566..... 6
ภาพที่ 2.3 กรณีการใช้งานหลัก 3 กรณีของเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย 5G 9
ภาพที่ 2.4 แสดงจุดแข็งและจุดอ่อนของการใช้งาน 5G ทั้งสามลักษณะ 11
ภาพที่ 3.1 ภาพตัวอย่างการใช้งาน Use case ระบบบริหารจัดการคลังสินค้าอัตโนมัติ ASRS ร่วมกับ AIS 5G.....24
ภาพที่ 3.2 ภาพตัวอย่างการทำงานของ Autonomous EV Truck ร่วมกับระบบควบคุม และเครือข่าย 5G 25
ภาพที่ 3.3 แสดงลักษณะการให้บริการ AIS Business 5G Private Network Type 1, 2, และ 3..... 26
ภาพที่ 3.4 แสดงลักษณะการให้บริการ AIS Business 5G Multi-Access Edge Computing 26
ภาพที่ 3.5 Platform PARAGON โดย AIS รวมศูนย์การบริหารจัดการ 5G..... 27
ภาพที่ 3.6 แสดงรูปแบบการให้บริการ 5G สำหรับองค์กรและภาคอุตสาหกรรมของบริษัท TRUE 28
ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างการสาธิตการใช้งาน 5G กับ Use Cases ใน Smart Factory ของ TRUE [13]..... 28
ภาพที่ 3.8 แสดงข้อมูล NB-IoT และ LTE-M ที่จะมีวิวัฒนาการไปเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐาน 5G..... 29
ภาพที่ 3.9 แสดงการวิวัฒนาการ NB-IoT ให้ไปเป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยี 5G ในการให้บริการ LPWA..... 29
ภาพที่ 3.10 แสดงการใช้งาน 5G ของ DTAC สำหรับ Smart Energy Management ร่วมกับบริษัทอาซีฟา..... 30
ภาพที่ 3.11 แสดงข้อมูลการให้บริการ 5G Private Network สำหรับอุตสาหกรรม 4.0 ของ DTAC ที่มา: DTAC.....30
ภาพที่ 4.1 แสดงพื้นที่โกดังน้ำมันพืช โกดังกากพืชน้ำมัน ฟาร์มถังน้ำมัน ในบริเวณโรงงานบริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด (TVOP)..... 32
ภาพที่ 4.2 แสดงไดอะแกรมการทำงานของระบบที่ออกแบบสำหรับ 5G Use Case Mobile Robot..... 33
ภาพที่ 4.3 แสดงคลังเก็บสินค้าเลซิทินที่ผลิตเสร็จจากท้ายสายการผลิต..... 34
ภาพที่ 4.4 การควบคุมรถ AGV ด้วยสัญญาณระบบการสื่อสาร 5G โดยส่งคำสั่งจาก Control Room..... 35
ภาพที่ 4.5 แสดงการทดลองควบคุมรถ AGV ขนาดเล็กเพื่อขนถังบรรจุเลซิทินขนาด 20 กิโลกรัม จำนวน 2 ถัง....36
ภาพที่ 4.6 แสดงองค์ประกอบหลักของรถ AGV ขนาดเล็กที่นำมาใช้งานในโครงการนี้..... 36
ภาพที่ 4.7 แสดงไดอะแกรมการทำงานของระบบที่ออกแบบสำหรับ 5G Use Case Condition-based Monitoring..38
ภาพที่ 4.8 ถังบรรจุของเหลวขนาดใหญ่และขนาดเล็กในพื้นที่โรงงาน 39
ภาพที่ 4.9 Diagram ของระบบตรวจวัดระดับน้ำมันด้วยเจ้าหน้าที่และแสดงผลผ่านระบบ SCADA..... 40
ภาพที่ 4.10 Diagram ของระบบตรวจวัดระดับน้ำมันผ่านสายเคเบิลและแสดงผลผ่านระบบ SCADA..... 40

ภาพที่ 4.11 Diagram ของระบบตรวจวัดระดับน้ำมันผ่านสายเคเบิลและแสดงผลผ่านระบบ IoT (ผ่านโครงข่ายการสื่อสาร 4G/5G) 41
ภาพที่ 4.12 แสดงไดอะแกรมระบบเซนเซอร์และ IoT สำหรับ 5G Use Case Smart Tank Farm 42
ภาพที่ 4.13 แสดงตัวอย่างการจัดเรียงอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมเซนเซอร์ที่เชื่อมต่อเครือข่าย 5G ผ่าน 5G CPE 42
ภาพที่ 4.14 แสดงบล็อกการทำงานของ Node-RED สำหรับการเชื่อมต่อข้อมูลเซนเซอร์ขึ้นไปบนระบบ Cloud NETPIE 43
ภาพที่ 4.15 แสดงตัวอย่าง Dashboard ของข้อมูลระดับของเหลวในถังน้ำมันที่วัดได้จาก Sensor1 ในช่วงเวลา 1 วัน 44
ภาพที่ 4.16 แสดงผลการอ่านค่าข้อมูลจากเรดาร์เซนเซอร์ที่สามารถดูได้ผ่านระบบ NETPIE 44
ภาพที่ 4.17 แสดงตัวอย่างการดูระดับของเหลวในถังน้ำมันผ่านระบบ CYBLION 45
ภาพที่ 4.18 แสดงพื้นที่ใช้งานรถ AGV ของโรงงาน Daisin และความต้องการใช้งาน 46
ภาพที่ 4.19 แสดงไดอะแกรมการทำงานของระบบที่ออกแบบสำหรับ 5G Use Case Asset Tracking 47
ภาพที่ 4.20 แสดงพื้นที่ในสายการผลิตของบริษัท ไดซิน จำกัด และจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ติดตามตำแหน่ง 47
ภาพที่ 4.21 รถ AGV ของโรงงาน DAISIN ในพื้นที่ทดลองติดตามตำแหน่งด้วย Tablet ผ่านเครือข่าย 5G .. 48
ภาพที่ 4.22 ส่วนแสดงผลบนเซิร์ฟเวอร์ระบบระบุตำแหน่งที่แสดง Heat Map ของรถ AGV ในสายการผลิต 48
ภาพที่ 4.23 แผนผังโรงผลิตชิ้นงานที่สอง และเส้นทางเดินรถ AGV เฟส 1 49
ภาพที่ 4.24 ตัวอย่างข้อมูลระยะทางสะสม 50
ภาพที่ 4.25 ตัวอย่างข้อมูล Operation time 50
ภาพที่ 4.26 ตัวอย่างข้อมูล Timeline Zone ของรถ AGV 51
ภาพที่ 4.27 แสดงแผนผังคลังสินค้าของบริษัท SCG Logistics บริเวณแหลมฉบัง ESC 1 และ ESC 2 52
ภาพที่ 4.28 แสดงไดอะแกรมการทำงานของระบบที่ออกแบบสำหรับ 5G Use Case Smart Warehouse 53
ภาพที่ 4.29 แสดง Web Interface ของเซิร์ฟเวอร์ระบบติดตามตำแหน่งรถ Forklift ของคลังสินค้าบริษัท SCG Logistics สำหรับการทดลองร่วมกับเครือข่าย 5G 54
ภาพที่ 4.30 แผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบระบุตำแหน่ง (Slave#) กับ AR Router และ 5G CPE เพื่อให้สามารถสื่อสารถึงกันได้และมีความปลอดภัยในการส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ที่อยู่บน Microsoft Azure Cloud Platform 55
ภาพที่ 4.31 ตัวอย่างของการทำงานระบบ UNAI+5G 56
ภาพที่ 4.32 การเลือกแสดงข้อมูลรถแบบรายคัน 57
ภาพที่ 4.33 ตัวอย่างข้อมูลระยะทางสะสม 57
ภาพที่ 4.34 ตัวอย่างข้อมูล Operation time 58
ภาพที่ 4.35 ตัวอย่างข้อมูล Timeline Zone 58

ภาพที่ 5.1 เครื่องมือวิเคราะห์คลื่นความถี่ FieldFox Microwave Analyzer N99508 32GHz (ซ้าย)
ผลประเมินสัญญาณจากโหมด RTSA 62
ภาพที่ 5.2 การทดสอบอัตราสื่อสารและความหน่วงผ่านเว็บไซต์ nPerf 63
ภาพที่ 6.1 สถาปัตยกรรม 5G Smart Factory 68
ภาพที่ 7.1 เครื่องมือและเกณฑ์การประเมินความคุ้มค่าการลงทุน 73
ภาพที่ 7.2 กรอบแนวทางการดำเนินงานส่วนการประเมินความคุ้มค่าการลงทุน 74

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงช่วงแถบคลื่นความถี่ที่ได้รับจัดสรรสำหรับการให้บริการ 5G ในประเทศไทย 9
ตารางที่ 2.2 ภาพรวมกรณีใช้งานตัวอย่างของ TACNET 4.0 17
ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างกรณีใช้งาน 5G ประโยชน์และคุณสมบัติที่สำคัญ สำหรับภาคอุตสาหกรรมการผลิต 18
ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างการใช้งาน (Use Case) เครือข่าย 5G แบบต่าง ๆ จากการสรุปของ GSMA 20
ตารางที่ 4.1 ผลการจับเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายถังเลซิทินในแต่ละกรณี 37
ตารางที่ 5.1 หัวข้อการทดสอบสัญญาณ 5G 60
ตารางที่ 5.2 ระดับเกณฑ์คุณภาพสัญญาณของแต่ละตัวแปร 61
ตารางที่ 7.1 สรุปประโยชน์และความคุ้มค่าจากกรณีศึกษา 5G Use Cases 76
ตารางแนบท้าย 7.2 82
ตารางแนบท้าย 7.3 83
ตารางแนบท้าย 7.4 83
ตารางแนบท้าย 7.5 83

บทที่ 1 บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

เทคโนโลยีเครือข่ายเซลลูลาร์ไร้สายมีวิวัฒนาการมาถึงยุคที่ 5 หรือที่เรียกว่าย่อว่า 5th Generation Cellular Network (5G) ในช่วงปี พ.ศ. 2562 ด้วยศักยภาพของเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีการนำเทคโนโลยีนี้มาประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมการผลิต นอกเหนือจากการให้บริการโทรคมนาคมแก่บุคคลทั่วไปในการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือเชื่อมต่อข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งเทคโนโลยี 5G มีศักยภาพที่สอดคล้องกับแนวทางการปรับปรุงอุตสาหกรรมการผลิตให้เข้าสู่ยุคที่ 4 หรือที่เรียกว่า Industry 4.0 ด้วยการเพิ่มการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายข้อมูลที่มีเสถียรภาพ เข้าไปในสายการผลิต เป็นผลให้การผลิตสามารถปรับให้มีความยืดหยุ่นได้ สามารถตรวจสอบ และปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีนี้ยังมีความใหม่ และมีการปรับปรุงมาตรฐานอย่างต่อเนื่อง อุปกรณ์ที่ใช้งานได้ในโรงงานกำลังค่อย ๆ เพิ่มจำนวนขึ้น อีกทั้งผู้ให้บริการและผู้ใช้งานยังมีความเข้าใจในการประยุกต์ใช้งานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตอย่างจำกัด

โครงการทดลองและถ่ายทอดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี 5G สำหรับ Smart Factory/Manufacturing นี้ได้รับการส่งเสริมสนับสนุนจากงบประมาณกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ (กทปส.) เพื่อเป็นการนำร่องศึกษาการใช้งานเทคโนโลยี 5G ในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อพิจารณาประเด็นทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์ ภายใต้การดำเนินงานโครงการนี้ มีการทดลองทดสอบกรณีศึกษา 5G (Use Cases) จำนวน 4 กรณี ได้แก่ การทดลอง Mobile Robot with VDO Streaming การทดลอง Condition-based Monitoring การทดลอง AGV Asset Tracking และการทดลอง Smart Warehouse โดยมีความร่วมมือกับสถานประกอบการจำนวน 3 ราย ได้แก่ บริษัท ธนากร ผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด บริษัท ไดซิน จำกัด และบริษัท เอสซีจี โลจิสติกส์ แมนเนจเม้น จำกัด (ปัจจุบันมีการควบรวมเป็นบริษัท เอสซีจี เจดับเบิ้ลยูดี โลจิสติกส์ จำกัด (มหาชน)) มีผู้ให้บริการเครือข่าย 5G เข้าร่วมจำนวน 3 รายได้แก่ บริษัท โทเทิ่ล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (มหาชน) บริษัท ทรู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) (ซึ่งปัจจุบันได้มีการควบรวมกันของสองบริษัทแรกนี้เมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2566) และบริษัท แอดวานซ์ ไวร์เลส เน็ทเวอร์ค จำกัด

ในระหว่างดำเนินการโครงการนี้มีการใช้งานเครือข่าย 5G ในช่วงความถี่ 700 MHz และ 2600 MHz แต่ไม่สามารถทดลองใช้เครือข่ายในช่วงความถี่ 26 GHz ได้เนื่องจากต้องพึ่งพาสถานีฐานที่ทางผู้ให้บริการเครือข่ายทั้ง 3 รายเปิดให้บริการในพื้นที่ของสถานประกอบการในลักษณะของเครือข่ายสาธารณะ (Public Network) ซึ่งทางโรงงานอาจต้องลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานนี้เองหากต้องการใช้งานคลื่น 26 GHz ในส่วนของอุปกรณ์เครื่องลูกข่ายที่สามารถนำมาทดลองได้จะเป็นอุปกรณ์ 5G ประเภท Customer Premises Equipment (CPE) เป็นหลัก เนื่องด้วยตัวเลือกของอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการใช้งานในโรงงานในช่วงที่ดำเนินการโครงการนั้นมีจำกัด จึงจำเป็นต้องทดลองด้วยกลุ่มอุปกรณ์ 5G CPE เท่านั้น จากการทดลองใช้งาน

ในโครงการนี้พบว่าเครือข่าย 5G จะมีจุดเด่นในส่วนที่แต่ละจุดเชื่อมต่อเครือข่าย (Access Network) มีพื้นที่การให้บริการ (Coverage) ครอบคลุมกว้างกว่าเครือข่ายไร้สายแบบอื่น เหมาะสำหรับการใช้งานกับอุปกรณ์ที่มีการเคลื่อนที่ภายในสถานประกอบการ และเครือข่าย 5G มีคุณภาพสัญญาณที่ดีกว่าโดยถูกรบกวนจากสัญญาณไร้สายอื่น ๆ น้อยกว่า ซึ่งสัญญาณรบกวนเป็นปัญหาที่พบได้มากในสถานประกอบการโรงงานอุตสาหกรรม และหากเลือกใช้บริการเครือข่าย 5G ในระดับองค์กร (Enterprise Grade) จะมีการรับประกันคุณภาพบริการที่สูงกว่าการใช้งานของผู้ใช้ทั่วไปด้วยการใช้เทคนิคการแบ่งเครือข่ายที่เรียกว่า Network Slicing นอกจากนี้ในด้านความมั่นคงปลอดภัยของเครือข่าย เครือข่าย 5G จะมีความปลอดภัยสูงกว่าเครือข่ายไร้สายแบบอื่น ทำให้เทคโนโลยี 5G สามารถเสริมดัชนีความพร้อมภาคอุตสาหกรรมการผลิต (Industry Index: Thailand i4.0 Index) ในด้านเครือข่ายและความมั่นคงปลอดภัยข้อมูลได้เป็นอย่างดี

สำหรับการใช้งานคุณสมบัติเด่นของเทคโนโลยี 5G นั้น ในปี พ.ศ. 2566 ประเทศไทยจะโดดเด่นในด้านอัตราการสื่อสารข้อมูลที่สามารถรับส่งข้อมูลปริมาณมาก ๆ ได้ดี หรือที่เรียกว่า enhance Mobile Broadband (eMBB) แต่การใช้งานในด้านความหน่วงต่ำและเสถียรภาพที่เรียกว่า ultra-Reliable and Low-Latency Communication (uRLLC) นั้นจำเป็นต้องมีการใช้อุปกรณ์เพิ่มเติมในเครือข่ายของผู้ให้บริการ เช่น อุปกรณ์ Multi-access Edge Computing (MEC) เพื่อลดความหน่วงหากผู้ใช้งานต้องการความหน่วงที่ต่ำในระดับมิลลิวินาที หรือการปรับเครือข่ายแบบ Network Slicing เพื่อเพิ่มคุณภาพการให้บริการในด้านนี้ ในส่วนของการใช้งานอุปกรณ์ในกลุ่มอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งหรือ Internet of Things (IoTs) ตามคุณสมบัติด้าน massive Machine Type Communication (mMTC) ยังพบว่าอุปกรณ์ IoT ส่วนใหญ่ยังเป็นอุปกรณ์ในกลุ่ม NB-IoT ที่มีใช้งานต่อเนื่องมากจากเครือข่าย 4G และยังต้องรออุปกรณ์รุ่นใหม่ ๆ ตามมาตรฐาน 3GPP Release 17 เช่นกลุ่ม RedCap (Reduced Capability) ที่กำลังจะแนะนำสู่ตลาดผู้ใช้งานในอนาคต ทำให้การใช้งานแบบ mMTC ยังมีข้อจำกัดในสถานะของเทคโนโลยีปัจจุบัน หากในอนาคตอุปกรณ์รุ่นใหม่ ๆ มีการแนะนำสู่ตลาดในประเทศไทยมากขึ้น คาดว่าจะสามารถตอบโจทย์การประยุกต์ใช้งานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตได้มากขึ้น และแนวทางการใช้งานเครือข่าย 5G แบบเครือข่ายส่วนบุคคล (Private Network) ที่เริ่มเปิดให้บริการก็จะสามารถตอบโจทย์ความต้องการผู้ใช้ภาคอุตสาหกรรมได้มากขึ้น

ในด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าบริการเครือข่าย 5G ยังมีค่าบริการเริ่มต้นที่สูงกว่าเครือข่าย 4G ในปัจจุบันด้วยเหตุผลด้านการลงทุน แต่ด้วยนโยบายของรัฐทำให้ปัจจุบันมีการเร่งการเปิดให้บริการ 5G ในพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก Eastern Economic Corridor (EEC) ซึ่งครอบคลุมสามจังหวัด ได้แก่ ฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง ให้มีพื้นที่บริการ 5G ครอบคลุมไม่ต่ำกว่า 90% อย่างไรก็ตามหากผู้ใช้งานภาคอุตสาหกรรมเลือกใช้งานเครือข่าย 5G ระดับองค์กร (Enterprise) เพื่อให้มีคุณภาพการบริการที่สูงกว่าผู้ใช้งานทั่วไป จะมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น นอกจากนั้นผู้ประกอบการจำเป็นต้องเลือกเทคโนโลยีหรือกรณีการใช้งานที่จะช่วยตอบโจทย์ (Pain Points) ที่เหมาะสมด้วย

ในโครงการนี้มีการประเมินความคุ้มค่าการลงทุนของแต่ละกรณีศึกษา ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาของผู้ประกอบการในการเลือกใช้เทคโนโลยี 5G และกรณีใช้งาน (Use Case) ที่เหมาะสม

ต่อไป โดยสรุปมีข้อค้นพบที่สำคัญคือ การใช้ 5G กับ Use Case ต่าง ๆ มีโอกาสที่จะคุ้มค่าหรือไม่คุ้มค่าในการลงทุน ขึ้นอยู่กับบริบทแวดล้อมต่าง ๆ หลายด้าน โดยกรณีที่มีแนวโน้มคุ้มค่า ได้แก่ (1) ประยุกต์ใช้กับ Use Case ที่มีความสำคัญกับกระบวนการผลิต (Core Business) และมีปัญหา (Pain Point) ที่เห็นชัด ซึ่งเทคโนโลยีใหม่ที่เพิ่มเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาของโรงงาน (2) ประยุกต์ใช้กับ Use Case ที่เป็นการเชื่อมต่อกันหลายระบบภายในโรงงาน/คลังสินค้า และมีการวางโครงสร้างพื้นฐาน 5G และเทคโนโลยีครั้งเดียวให้ใช้หลาย ๆ ระบบ เชื่อมโยงกันได้ ทำให้เกิดการแบ่งเบา (Share) ต้นทุนด้านโครงสร้างพื้นฐาน 5G และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนการทำงานได้จริง

อย่างไรก็ตามความคุ้มค่าในการลงทุนไม่ได้ถูกมองที่ตัวเงินเพียงอย่างเดียว ผู้ประกอบการที่เข้าร่วมโครงการเห็นความสำคัญของประโยชน์อื่น ๆ ที่ได้ และน่าจะถือว่าเป็นความคุ้มค่าในการทดลองใช้เทคโนโลยี 5G ไม่ว่าจะเป็น โอกาสในการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันขององค์กรในระยะยาว (มองเห็นแนวทางในการปรับปรุงในอนาคต) การพัฒนาความสามารถของบุคลากรให้ปรับตัวเข้ากับหรือสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใหม่ การสร้างภาพลักษณ์องค์กร การเกิดรูปแบบธุรกิจใหม่ และการปรับปรุงกระบวนการใหม่โดยลดข้อจำกัดจากเทคโนโลยีเดิม ๆ

นอกจากนั้นในงานศึกษายังพบว่าในอนาคตหากต้นทุนเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องมีแนวโน้มลดลงประสิทธิภาพดีขึ้น หรือภาครัฐให้การสนับสนุนการลงทุนบางส่วนเพื่อให้เกิดการใช้งานในภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น โอกาสของความคุ้มค่าทางการลงทุนก็จะสูงขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้ผลการศึกษาจาก Use Case ในโครงการน่าจะสามารถนำไปปรับใช้ในบริบทของประเทศไทยได้ในอนาคตต่อไป

บทที่ 2 พื้นฐานเทคโนโลยีเซลลูลาร์ 5G สำหรับภาคอุตสาหกรรมการผลิต

2.1 ความสำคัญของเทคโนโลยีเครือข่ายเซลลูลาร์ยุคที่ 5 (5G)

ประเทศไทยได้มีการส่งเสริมให้เริ่มใช้งานเทคโนโลยีเครือข่ายเซลลูลาร์ยุคที่ 5 เมื่อมีการเปิดให้มีการประมูลใบอนุญาตใช้คลื่นความถี่ เมื่อปี พ.ศ. 2563 โดยสำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (สำนักงาน กสทช.) ในอดีตเครือข่ายเซลลูลาร์ มีวิวัฒนาการในการให้บริการโทรคมนาคมเริ่มต้นจากการให้บริการสื่อสารข้อมูลเสียงหรือบริการโทรศัพท์เป็นหลัก จนมาสู่ยุคที่บริการด้านสื่อสารข้อมูลดิจิทัลที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานบริการบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับผู้ใช้บริการสาธารณูปโภคทั่วไป ซึ่งส่งผลให้การใช้บริการข้อมูลดิจิทัลมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นกว่าบริการโทรศัพท์อย่างมาก ในขณะเดียวกันความก้าวหน้าในการพัฒนาเทคโนโลยีเครือข่ายเซลลูลาร์ก็ได้เพิ่มความซับซ้อนและมีประสิทธิภาพในการให้บริการที่สูงขึ้นและสามารถตอบสนองความต้องการใช้บริการที่หลากหลายได้มากขึ้น ในบทนี้จะขอนำเสนอข้อมูลพื้นฐานด้านเทคนิคเพื่อให้ผู้อ่านได้รับความเข้าใจที่ถูกต้องและมองเห็นความสำคัญของเทคโนโลยีนี้ที่มีแนวโน้มในการขยายบริการเพิ่มเติมเข้าไปสู่องค์กรและบริษัทผู้ประกอบการภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่เป็นกลุ่มกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย

2.2 ที่มาของปัญหาในการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของประเทศ และบทบาทของเทคโนโลยี 5G ในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) โดยโปรแกรมสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม (Innovation and Technology Assistance Program (ITAP)) ได้ร่วมมือกับสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.) โดยสถาบันนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรม ภายใต้การสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม พร้อมด้วยพันธมิตรจากหลายหน่วยงานในภาคอุตสาหกรรม ได้ทำการพัฒนาดัชนีชี้วัดระดับความพร้อมของอุตสาหกรรมไทย หรือเรียกว่า Thailand i4.0 Index [1] ขึ้น โดยตัวย่อ i4.0 มีที่มาจากวิสัยทัศน์ Industry 4.0 ซึ่งเป็นแนวคิดของรัฐบาลประเทศเยอรมนีที่ถือกำเนิดขึ้นในปี พ.ศ. 2554 จากโครงการด้านกลยุทธ์เทคโนโลยีขั้นสูง ซึ่งดัชนีชี้วัดระดับความพร้อมของโรงงานอุตสาหกรรมที่หน่วยงานพันธมิตรของประเทศไทยพัฒนาขึ้นมานี้มีการแบ่งออกเป็น 6 มิติหลัก (Dimension) ได้แก่

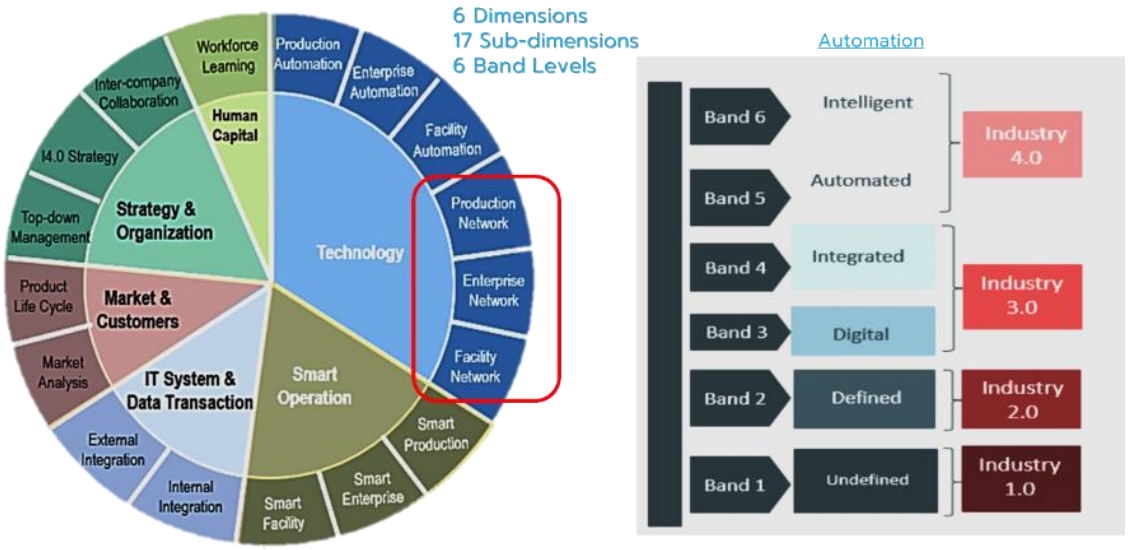
- มิติด้านเทคโนโลยี (Technology)
- มิติด้านการปฏิบัติงานอัจฉริยะ (Smart Operation)
- มิติด้านระบบสารสนเทศและธุรกรรมข้อมูล (IT System & Data Transaction)
- มิติด้านการตลาดและลูกค้า (Market & Customers)

- มิติด้านกลยุทธ์และองค์กร (Strategy & Organization)
- มิติด้านทุนทรัพยากรบุคลากร (Human Capital)

ในส่วนของมิติด้านเทคโนโลยี (Technology) ที่มีความเกี่ยวข้องกับการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่และขั้นสูงมาประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตนั้น ยังมีการแบ่งออกเป็นมิติย่อยอีก 6 มิติย่อย ซึ่งได้แก่

- มิติย่อยการใช้งานระบบอัตโนมัติในกระบวนการผลิต (Production Automation)
- มิติย่อยการใช้งานระบบอัตโนมัติในองค์กร (Enterprise Automation)
- มิติย่อยการใช้งานระบบอัตโนมัติในสิ่งอำนวยความสะดวก (Facility Automation)
- มิติย่อยการใช้งานเครือข่ายสื่อสารในกระบวนการผลิต (Production Network)
- มิติย่อยการใช้งานเครือข่ายสื่อสารในองค์กร (Enterprise Network)
- มิติย่อยการใช้งานเครือข่ายสื่อสารในสิ่งอำนวยความสะดวก (Facility Network)

ทั้งนี้ในการประเมินความพร้อมในแต่ละมิติย่อย จะมีการกำหนดแถบ (Band) หรือระดับความพร้อมเป็น 6 ระดับหรือเทียบได้กับคะแนนการประเมินตั้งแต่ 1 ถึง 6 โดยที่ระดับ 1 เป็นระดับที่แสดงถึงความพร้อมในการปรับไปสู่วิสัยทัศน์การทำงานแบบอุตสาหกรรม 4.0 ต่ำที่สุด และระดับ 6 เป็นระดับที่มีความพร้อมตามแนวคิด Industry 4.0 มากที่สุด ภาพที่ 2.1 แสดงมิติหลักและมิติย่อยของดัชนีชี้วัดระดับความพร้อมของอุตสาหกรรมไทยในด้านซ้ายและแถบระดับความพร้อมในด้านขวา



ภาพที่ 2.1 มิติของดัชนีชี้วัดระดับความพร้อมของอุตสาหกรรมไทย Thailand i4.0 Index [1]

ตั้งแต่เริ่มโครงการ Thailand i4.0 Index จนถึงช่วงต้นเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ทาง สวทช. และพันธมิตร ได้ดำเนินงานประเมินโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยไปแล้วเป็นจำนวน 146 ราย ซึ่งประกอบไปด้วยโรงงานกลุ่มยานยนต์และชิ้นส่วน 45 ราย กลุ่มอาหารและเครื่องดื่ม 35 ราย กลุ่มไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 21 ราย และกลุ่มอื่น ๆ อีก 45 ราย ซึ่งจากการพิจารณาผลการประเมินในมิติหลักด้านเทคโนโลยีพบว่า

โดยค่าเฉลี่ยในส่วนของมิติย่อยด้าน Production Network และ Facility Network ของโรงงานที่ได้รับการประเมินของไทยมีค่าเท่ากับ 1.95 และ 1.47 ตามลำดับซึ่งค่อนข้างต่ำ ในขณะที่ Enterprise Network มีค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างดีที่ 3.93 ดังแสดงในภาพที่ 2.2

Thailand i4.0 INDEX
Researched & Developed by ITAP (NSTDA) and III (FTI)

กราฟแสดงข้อมูลดัชนีผลการชี้วัด | เกี่ยวกับเรา | บริการของเรา | สิ่งที่ท่านจะได้จากการประเมิน | ติดต่อเรา

Banding Summary (Assessment Total: 146)

มิติ	Avg.	BIC	Max	Min
Production Automation	2.66	5.00	5.00	1.00
Enterprise Automation	3.34	5.00	5.00	1.00
Facility Automation	1.93	3.00	4.00	1.00
Production Network	1.95	5.00	6.00	1.00
Enterprise Network	3.93	6.00	6.00	1.00
Facility Network	1.47	5.00	6.00	1.00
Smart Production	2.57	4.00	5.00	1.00
Smart Enterprise	2.25	3.00	5.00	1.00
Smart Facility	1.87	3.00	4.00	1.00

ภาพที่ 2.2 ค่าเฉลี่ยการประเมินดัชนีในมิติย่อยของมิติหลักด้านเทคโนโลยีของ 146 โรงงาน ที่ได้รับการประเมินด้วย Thailand i4.0 Index [1] ข้อมูลล่าสุด ณ วันที่ 2 กันยายน 2566

จากผลการประเมินที่รายงานข้างต้น จะพบว่าโดยเฉลี่ยโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยยังมีปัญหาในเรื่องของการเชื่อมโยงข้อมูลผ่านการใช้เทคโนโลยีเครือข่ายสื่อสาร (Network Technology) โดยเฉพาะในกระบวนการผลิต (Production) และในสิ่งอำนวยความสะดวก (Facility) ที่มีการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งระดับความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงไปสู่วิสัยทัศน์อุตสาหกรรม 4.0 นั้นค่อนข้างต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการเร่งเพิ่มศักยภาพในมิติย่อยเหล่านี้ ซึ่งการลงทุนระบบเครือข่ายสื่อสารไม่ว่าจะเป็นแบบสาย เช่นกรณีสายเคเบิลเส้นใยนำแสง (Fiber Optic Cable) และแบบไร้สายเช่นเครือข่ายเซลลูลาร์ยุคที่ 5 (5G) จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ภาคอุตสาหกรรมการผลิตของประเทศไทยสามารถเพิ่มศักยภาพของตนเองได้ดีขึ้น ซึ่งในมุมมองของการศึกษาในโครงการนี้การส่งเสริมทั้งเครือข่ายทั้งสองประเภทมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน แต่การส่งเสริมการใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ยุคที่ 5 นั้นมีโอกาสที่จะขยายบริการเครือข่ายได้รวดเร็วกว่าทั้งในแง่ระยะเวลาและเงินลงทุนการติดตั้งเครือข่ายและการส่งเสริมของทางภาครัฐที่มีความชัดเจนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 ที่ผ่านมา ในส่วนถัดไปจะอธิบายเพิ่มเติมในตัวเทคโนโลยีเซลลูลาร์ยุคที่ 5 และบทบาทของเทคโนโลยีต่อภาคอุตสาหกรรม เพื่อให้ผู้อ่านมีความเข้าใจที่ถูกต้องและสามารถนำแนวคิดไปใช้ในการปรับปรุงการทำงานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตได้อย่างถูกต้อง

2.3 พื้นฐานเทคโนโลยี 5G

เทคโนโลยีสื่อสารไร้สายมีจุดเด่นด้านความสะดวกในการเคลื่อนที่หรือที่เรียกว่า Mobility เนื่องจากอุปกรณ์ปลายทางใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีการสื่อสารผ่านอากาศระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ ทำให้ไม่ติดปัญหาเรื่องการเดินสายนำสัญญาณระหว่างจุดสื่อสาร ซึ่งที่มาของคำว่าเซลลูลาร์หรือ Cellular นั้นเกิดจากแนวคิดการกำหนดพื้นที่ให้บริการที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ในลักษณะของเซลล์ (Cell) แบบรังผึ้ง ซึ่งแต่ละเซลล์จะสามารถให้บริการสื่อสารไร้สายระหว่างเสารับส่งสัญญาณของผู้ให้บริการเครือข่าย (Cellular Network Operator) กับอุปกรณ์เครื่องลูกข่ายเช่นโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ เซลล์เป็นพื้นที่ที่จำลองได้ด้วยรูปร่างของหกเหลี่ยม เมื่อมีการขยายพื้นที่ให้บริการก็จะมีการติดตั้งเสารับส่งสัญญาณหลาย ๆ เสาทำให้เกิดการเรียงกันของพื้นที่รูปหกเหลี่ยมในลักษณะที่คล้าย ๆ กับรังผึ้งขนาดใหญ่ โดยที่เสารับส่งสัญญาณในระบบเซลลูลาร์มักจะอยู่ตรงกลางของพื้นที่ให้บริการหรืออาจจะอยู่ที่มุมของพื้นที่ให้บริการก็ได้

ความเข้าใจที่ถูกต้องสำหรับเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายเซลลูลาร์ยุคที่ 5 อย่างแรกที่ควรทราบคือเป็นเทคโนโลยีที่มีการวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่องในลักษณะที่ค่อย ๆ ปรับเปลี่ยนมาตรฐานมาตั้งแต่มาตรฐานในยุคที่ 2 และยุคที่ 3 ซึ่งมีการลงทุนในอุปกรณ์เครือข่ายในอดีตมูลค่าสูงมาอย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกันกับการลงทุนในเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายยุคที่ 4 ที่ผ่านมาซึ่งอุปกรณ์ยังมีมูลค่าสูงและยังสามารถใช้งานได้ดี ทำให้การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์เครือข่ายมาสู่ระบบเซลลูลาร์ยุคที่ 5 จึงมีการเปลี่ยนแปลงแบบค่อย ๆ ปรับไปตามความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่อุปกรณ์รุ่นเก่ายังคงทำงานร่วมกับรุ่นใหม่ได้จนกว่าจะเสื่อมสภาพหรือมูลค่าอุปกรณ์ลดลงจนสามารถเปลี่ยนเป็นอุปกรณ์รุ่นใหม่ได้จึงค่อยมีการเปลี่ยน

ความเข้าใจอย่างที่สองที่ควรทราบคือ แนวคิดที่ชี้ว่าเทคโนโลยี 5G เพียงอย่างเดียวจะมาปรับเปลี่ยนโลกในลักษณะที่จะทำลายระบบเดิมอย่างสิ้นเชิง (Disruption) นั้นจะไม่ค่อยถูกต้องนัก ความเข้าใจที่ถูกต้องควรพิจารณาว่าเทคโนโลยี 5G มีลักษณะเป็นโครงสร้างพื้นฐานสาธารณะคล้าย ๆ ถนนหรือทางด่วน ซึ่งทางด่วนที่ดีเพียงอย่างเดียวอาจจะไม่เพียงพอ จำเป็นต้องมีรถที่ช่วยในการขนส่งด้วย ซึ่งเป็นที่มาของการพิจารณากรณีใช้งานหรือ Use Case ที่เหมาะสมกับการใช้เทคโนโลยี 5G ด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในด้านอื่น ๆ เช่นในด้านระบบประมวลผลกลุ่มเมฆ (Cloud Computing) และในด้านของการเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์ (Machine Learning) และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) จะมีบทบาทร่วมกับการใช้งานเทคโนโลยี 5G ในการเพิ่มศักยภาพการทำงานในภาคธุรกิจ และภาคอุตสาหกรรมการผลิตได้ ซึ่งการพัฒนามาตรฐานเทคโนโลยี 5G ได้กำหนดให้มีจุดเด่นของเทคโนโลยีที่จะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลได้หลากหลายมากขึ้น

สำหรับมาตรฐานเทคโนโลยี 5G นั้นถูกพัฒนาขึ้นโดยกลุ่มองค์กรกำหนดมาตรฐานที่เรียกว่า 3GPP หรือ The 3rd Generation Partnership Project [2] ซึ่งเป็นกลุ่มความร่วมมือของหน่วยงานกำหนดมาตรฐานโทรคมนาคมจากหลายประเทศหรือภาคพื้นทวีป ซึ่งมาตรฐานสำหรับเทคโนโลยีเครือข่ายเซลลูลาร์ที่กำหนดโดย 3GPP มีการสรุปออกมาเป็นชุดที่เรียกว่า Release ซึ่งในแต่ละชุดประกอบไปด้วยเอกสารคุณสมบัติ

ทางเทคนิค (Technical Specifications) และเอกสารรายงานทางเทคนิค (Technical Report Documents) ซึ่งมีการปรับปรุงมาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะมาตรฐาน 5G นั้นเริ่มต้นที่ชุดมาตรฐาน Release 15 ที่เรียกว่า 5G New Radio (NR) ที่กำหนดออกมาเมื่อปีค.ศ. 2018 (พ.ศ. 2561) ซึ่งในช่วงหลายปีที่ผ่านมายังมีการปรับปรุงมาตรฐานเทคโนโลยี 5G มาอย่างต่อเนื่องได้แก่ มาตรฐาน Release 16 ที่สรุปในปีค.ศ. 2020 (พ.ศ. 2563), Release 17 ที่สรุปในปี 2022 (พ.ศ. 2565) และปัจจุบันในปี 2023 (พ.ศ. 2566) ที่กำลังจัดทำเอกสารฉบับนี้ กลุ่ม 3GPP กำลังพิจารณามาตรฐาน Release 18 ที่มีชื่อเรียกว่า 5G Advanced อยู่ และได้มีการกล่าวถึงแผนการพัฒนามาตรฐาน Release 19 ที่คาดว่าจะออกมาในช่วงปีค.ศ. 2025 (พ.ศ. 2568) อีกด้วย

จากลักษณะการพัฒนามาตรฐานที่อธิบายข้างต้นมีสิ่งที่ควรทำความเข้าใจประการที่สาม คือมาตรฐานมีการทยอยปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในรูปแบบเอกสาร ในขณะที่อุปกรณ์ที่สามารถใช้งานได้จริงก็จำเป็นต้องใช้เวลาพัฒนาหลังจากมาตรฐานมีการสรุปอย่างเป็นทางการแล้ว ซึ่งบางสิ่งที่กำหนดในมาตรฐานอาจจะยังไม่สามารถใช้งานได้ทันที ต้องมีการพัฒนาออกมาเป็นอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ทั้งในเครือข่ายและอุปกรณ์ลูกข่ายด้วย อย่างไรก็ตามข้อดีของการมีมาตรฐานก็คืออุปกรณ์จากผู้ผลิตหลาย ๆ ราย หากพัฒนาให้เป็นไปตามมาตรฐานจะต้องสามารถใช้งานร่วมกันได้ โดยไม่ถูกยึดไปเป็นของผู้ผลิตรายใดรายหนึ่งเพียงรายเดียว

การใช้งานเทคโนโลยี 5G นั้นในฝั่งอุปกรณ์ที่อยู่ภายในเครือข่ายของผู้ให้บริการนั้น การให้บริการ 5G จะมีการปรับเปลี่ยนแบบค่อยเป็นค่อยไปเหมือนที่ผู้ใช้งานได้มีโอกาสใช้ระบบเซลลูลาร์ตั้งแต่ 2G หรือ GSM เป็น 3G มาเป็น 4G-LTE ที่ผู้ใช้งานค่อย ๆ ได้รับการเปลี่ยนโทรศัพท์มือถือจากรุ่นที่เป็น Feature phone จนมาเป็น Smart phone รุ่นใหม่ ในกลุ่มของผู้ให้บริการโครงข่ายเซลลูลาร์เองจะไม่ได้ลงทุนปรับสถานีฐานเป็น 5G ทั้งประเทศภายในระยะเวลาอันสั้น แต่จะมีลักษณะของการปรับสถานีฐานเป็น 5G โดยเริ่มจากบริเวณในตัวเมืองหรือในพื้นที่ที่คาดว่าจะมีความต้องการใช้งานสูงเป็นหลักก่อน หรือตามที่ทางสำนักงาน กสทช.กำหนดให้ผู้รับใบอนุญาตคลื่นความถี่เทคโนโลยี 5G ลงทุนให้บริการในพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก หรือที่เรียกว่า Eastern Economic Corridor (EEC) ให้ครอบคลุมก่อน นั่นคือในความเป็นจริงของการให้บริการทั่วประเทศจะมีการใช้งานเครือข่ายผสม 3G-4G-5G ไปอีกระยะหนึ่ง ในด้านความคุ้มค่าการลงทุนของผู้ให้บริการนั้นย่อมต้องใช้งานระบบที่ลงทุนไปแล้วให้คุ้มค่าที่สุดก่อนที่จะปลดระวางอุปกรณ์ไป ซึ่งกล่าวได้ว่าการปรับเปลี่ยนไปสู่การใช้งานมาตรฐานระบบ 5G นั้นเรียกได้ว่าค่อย ๆ ปรับกันมาอย่างต่อเนื่อง แต่ประเทศไทยค่อนข้างได้เปรียบเนื่องจากมีการส่งเสริมและเร่งให้มีการปรับไปสู่การใช้งานเทคโนโลยี 5G ได้เร็วกว่าประเทศอื่น ๆ

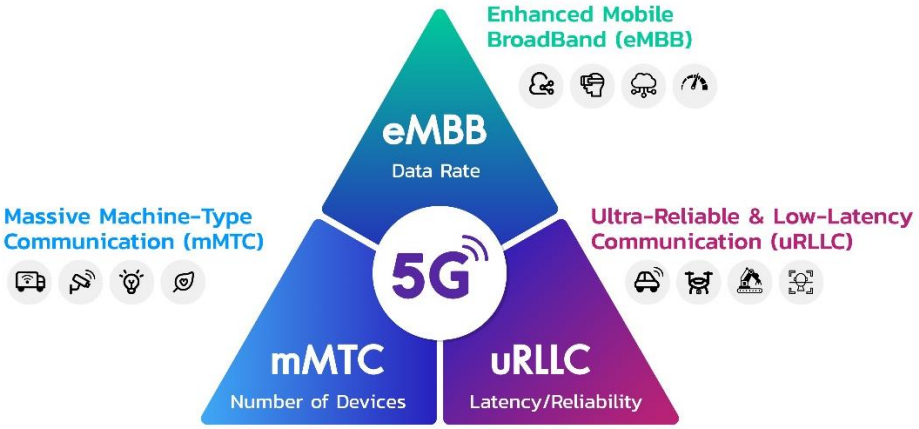
ในวันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 ประเทศไทยโดยสำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (สำนักงาน กสทช.) [3] ได้จัดการประมูลใบอนุญาตคลื่นความถี่ใหม่ครั้งล่าสุด ในย่าน 700 MHz, 2600 MHz และ 26 GHz ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ผลจากการประมูลดังกล่าวทำให้ผู้ให้บริการโทรคมนาคมของไทยสามารถเริ่มให้บริการ 5G เชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งสร้างความคาดหวังที่จะก่อให้เกิดการแข่งขันในภาคธุรกิจโทรคมนาคมและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องขึ้นในประเทศไทย

ตารางที่ 2.1 แสดงช่วงแถบคลื่นความถี่ที่ได้รับจัดสรรสำหรับการให้บริการ 5G ในประเทศไทย (กสทช., 2563) [3]

3GPP NR Band	Frequency	Duplex mode	3GPP Frequency		NBTC Frequency	
			Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)
n28	700 MHz	FDD	703 - 748	758 – 803	703 - 748	758 – 803
n41	2500 MHz	TDD	2496 – 2690		2500 – 2690	
n258	26 GHz	TDD	24250 – 27500		24250 – 27000	

จากข้อมูลแถบคลื่นความถี่ที่มีการอนุญาตให้ใช้งานกับเทคโนโลยี 5G ของประเทศไทยในตารางที่ 2.1 ข้างต้นจะสามารถแบ่งกลุ่มของคลื่นความถี่ออกเป็น 3 กลุ่ม เรียกว่าได้ว่าคลื่นความถี่ย่านความถี่ต่ำ (700 MHz) คลื่นความถี่ย่านความถี่กลาง (2500 MHz หรือที่นิยมเรียกว่าย่าน 2600 MHz) และคลื่นความถี่ย่านความถี่สูง (26 GHz) ซึ่งการเลือกใช้งานคลื่นความถี่ที่มีการกำหนดให้ใช้เหล่านี้จำเป็นต้องมีความเข้าใจที่สำคัญประการที่สี่ในประเด็นคุณสมบัติทางกายภาพของคลื่นเช่น ระยะทางการสื่อสารและความสามารถในการทะลุทะลวงของคลื่น และคุณสมบัติด้านอัตราการสื่อสารข้อมูลหรือแบนด์วิดท์ที่สามารถสื่อสารข้อมูลได้ ซึ่งในมาตรฐาน 5G มีการกำหนดช่วงคลื่นความถี่สำหรับ New Radio (NR) ออกเป็น 2 ช่วงได้แก่ Frequency Range 1 (FR1) ที่มีค่าความถี่ตั้งแต่ 410 MHz ถึง 7125 MHz และ Frequency Range 2 (FR2) ที่มีค่าความถี่ตั้งแต่ 24.25 GHz ถึง 71.0 GHz

มาตรฐานเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย 5G ได้ถูกออกแบบตามการคาดการณ์ที่จะมีกรณีการใช้งาน (Use cases) ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กรณีในรูปที่ 2.3 ดังนี้ [4]



ภาพที่ 2.3 กรณีการใช้งานหลัก 3 กรณีของเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย 5G

1. ความต้องการส่งข้อมูลปริมาณมากและความเร็วสูง (enhanced Mobile Broadband: eMBB): ตัวอย่างการใช้งานกรณีนี้ ได้แก่ Smart Stadium [5] ในการแข่งขันกีฬาโอลิมปิก ณ กรุงโตเกียว ที่ผู้ชมใน Stadium สามารถเลือกชมภาพการแข่งขันในระดับคุณภาพ 8K video ในมุมมองที่ตนเอง

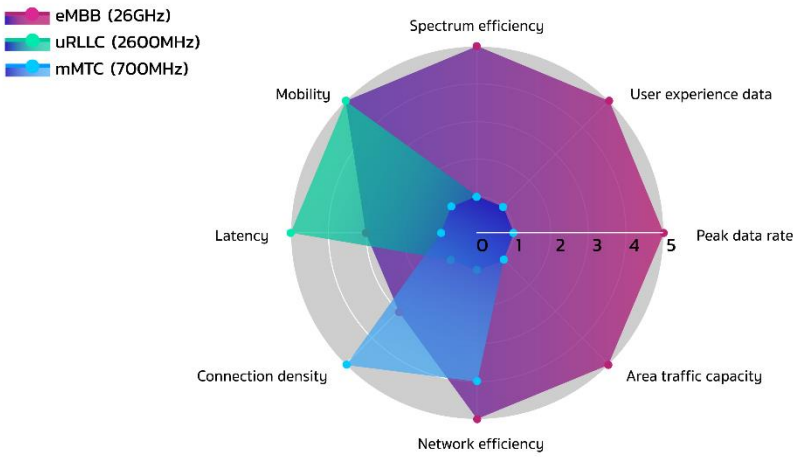
อยากเห็นได้อย่างอิสระด้วยเทคโนโลยี Virtual Reality (VR) ซึ่งสร้างประสบการณ์การชมการแข่งขันใหม่ เป็นต้น

2. ความต้องการสื่อสารที่ความหน่วงที่ต่ำและความน่าเชื่อถือสูง (ultra-Reliable and Low Latency Communications: uRLLC): ตัวอย่างการใช้งานกรณีนี้ ได้แก่ แอปพลิเคชันของรถยนต์ไร้คนขับ หรือ Autonomous Vehicle, การผ่าตัดทางไกล (Remote Medical Surgery), และระบบควบคุมไร้สายในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันที่ต้องการความหน่วงในการรับส่งข้อมูลน้อยกว่า 1 มิลลิวินาที (millisecond: ms)
3. ความต้องการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IoT หรือ อินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งจำนวนมหาศาล (massive Machine Type Communications/massive Internet of Things: mMTC/mIoT): ตัวอย่างการใช้งานกรณีนี้ ได้แก่ การเชื่อมต่อสรรพสิ่งด้วยอินเทอร์เน็ตจำนวน 1 ล้านอุปกรณ์ภายในพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร เช่น ใน Smart City และ Smart Farm เป็นต้น ที่มีความต้องการเชื่อมต่อของสรรพสิ่งพร้อม ๆ กัน เป็นจำนวนมหาศาล โดยที่มีอัตราการส่งข้อมูลไม่ว่าต่ำหรือสูง แต่สามารถใช้งานที่ความหน่วงสูงได้ และต้องการใช้พลังงานน้อย

จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยี 5G ได้ถูกกำหนดให้ออกแบบมาเพื่อรองรับความต้องการใช้งานใหม่ ๆ ที่หลากหลาย แต่ทั้งนี้ไม่ได้หมายความว่าการใช้งานทั้ง 3 กรณีด้วยเทคโนโลยี 5G ข้างต้นจะต้องทำได้ภายใต้เทคนิคหรือคลื่นความถี่เดียวกัน ด้วยวิธีการทางเทคนิคเพื่อให้เกิดจุดเด่นในแต่ละกรณีการใช้งานนั้น เทคโนโลยี 5G จะต้องใช้คลื่นความถี่เพื่อรองรับการให้บริการในแต่ละกรณีที่แตกต่างกัน นั่นคือ ในการใช้งานแบบ eMBB ควรเลือกใช้งานในย่านความถี่สูง เช่น 26 GHz (หรือ mmWave) ซึ่งจะมีแบนด์วิดท์ที่กว้างและเหมาะสำหรับการส่งข้อมูลปริมาณมากและความเร็วสูง แต่ข้อจำกัดของคลื่นในย่านนี้ คือ ไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่กว้างได้ หรือที่เรียกว่า Coverage ของ Cell Site 5G แคบ อีกทั้งระยะทางสื่อสารระหว่างสถานีฐานกับเครื่องลูกข่ายถูกจำกัดที่ระยะทางเฉลี่ยแค่ 200 เมตรเท่านั้น ดังนั้นคลื่นที่ 26 GHz จึงเหมาะสำหรับการใช้งานในลักษณะของ Hot Spot หรือในแบบ Pico-cell หรือบางทีจะเรียกว่า Fixed Wireless Broadband Access (FWBA) นั่นเอง

ในขณะที่คลื่นในย่านนี้ (26 GHz) ไม่เหมาะกับการนำไปใช้ในกรณีการใช้งานแบบ uRLLC ที่ต้องการความหน่วงที่ต่ำและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ดังนั้น สำหรับการใช้งานควรเป็นการใช้คลื่นความถี่ย่าน 26 GHz, 2600 MHz และ 700 MHz ควบคู่กัน เนื่องจากคลื่นในช่วงความถี่ต่ำ (เช่น 700 MHz, 800 MHz และ 900 MHz) สามารถครอบคลุมการให้บริการในบริเวณกว้างซึ่งช่วยลดจำนวนครั้งในการเคลื่อนที่ข้าม Cell site (Hand-over) ในขณะที่คลื่นความถี่กลาง (2600 MHz) ให้ความหน่วงต่ำกว่าช่วงความถี่ต่ำ (700 MHz) และ ช่วงความถี่ย่าน 26 GHz มีแบนด์วิดท์ที่กว้างเหมาะสำหรับส่งข้อมูลในปริมาณมาก นอกจากนี้การใช้งาน uRLLC ในบางกรณี จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ในเครือข่ายของผู้ให้บริการเพิ่มเติม เพื่อช่วยลดความหน่วงในการสื่อสาร ระหว่างอุปกรณ์ปลายทางกับอุปกรณ์ประมวลผลในเครือข่ายที่เรียกว่า Multi-access Edge Computing (MEC) ด้วย

สำหรับบริการในกลุ่ม massive Machine Type Communication (mMTC) หรือ massive Internet of Things (IoT) นั้น เหมาะสำหรับการใช้งานในย่านคลื่นความถี่ต่ำ (700 MHz) เนื่องจากปริมาณการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์เซนเซอร์มีขนาดเล็ก และยอมรับหรือทนต่อความหน่วงสูงได้ ซึ่งด้วยคุณสมบัติของคลื่นความถี่ต่ำสามารถทะลุทะลวงเข้าไปในอาคารหรือโรงงานได้ดีกว่าคลื่นความถี่กลางและสูง จึงทำให้การเลือกใช้คลื่นความถี่ต่ำเหมาะสมกับกรณีการใช้งานนี้ รูปที่ 2.4 แสดงจุดแข็งและจุดอ่อนของการใช้งานเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย 5G ตามคลื่นและกลุ่ม Use Cases ทั้ง 3 แบบ



ภาพที่ 2.4 แสดงจุดแข็งและจุดอ่อนของการใช้งาน 5G ทั้งสามลักษณะ

อย่างไรก็ตาม เส้นทางสู่ mMTC นั้น มีจุดเริ่มตั้งแต่ในยุคของเทคโนโลยี 4G แล้ว [6] โดยผู้กำหนดมาตรฐานสำหรับระบบเซลลูลาร์ หรือ 3GPP ได้กำหนดมาตรฐานไว้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ NB-IoT และ LTE-M ความแตกต่างระหว่าง NB-IoT และ LTE-M คือ NB-IoT จะเน้นที่การประหยัดพลังงานมากกว่าและส่งข้อมูลน้อยกว่า ในขณะที่อุปกรณ์ LTE-M จะมีความสามารถในการส่งข้อมูลได้มากกว่า โดยทั้งสองอย่างยังคงเป็นมาตรฐานสำหรับใช้ต่อไปในยุค 5G และถูกเรียกว่าเป็นการใช้งานในแบบ 5G Low Power Wide Area (LPWA) Use Cases ซึ่งการใช้งานในเรื่องของเครือข่ายเซนเซอร์ไม่ว่าจะเป็น เกษตรอัจฉริยะ เมืองอัจฉริยะ โลจิสติกส์อัจฉริยะ สุขภาพอัจฉริยะ โรงงานอัจฉริยะ และเรื่องของระบบไฟฟ้าหรือพลังงานอัจฉริยะ ที่เป็นจุดเด่นของ IoT นั้นสามารถทำได้ทันที โดยไม่ต้องรอเครือข่าย 5G ให้ติดตั้งสมบูรณ์ทั่วประเทศ เนื่องจากผู้ให้บริการเครือข่ายเซลลูลาร์ของประเทศไทยนั้นได้ติดตั้งและอัพเกรดเครือข่ายเป็น 4G หรือที่เรียกว่า 4G-LTE มาได้สักระยะแล้ว สิ่งที่เป็นความอัจฉริยะที่สื่อสารผ่านเครือข่าย IoT และระบบเซลลูลาร์นั้นสามารถใช้งานได้นานแล้วโดยไม่ต้องรอ 5G แต่อย่างใด

สำหรับมาตรฐานเทคโนโลยี 5G ใน Release 17 ล่าสุดได้กำหนดให้มีอุปกรณ์ชนิดใหม่ขึ้นมาที่เรียกว่า New Radio Reduced Capability (NR RedCap) [6] ซึ่งจะเป็นมาตรฐานใหม่สำหรับอุปกรณ์ในกลุ่ม IoT ที่สามารถใช้กับกรณีใช้งานที่มีความซับซ้อนต่ำ (Low Complexity) และประสิทธิภาพสูง (High Performance) ที่เหมาะสำหรับการใช้ในระดับอุตสาหกรรมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial IoT, IIoT) หรือ

สถานประกอบการขนาดใหญ่ ซึ่งมาตรฐานใหม่นี้คาดว่าจะมีส่วนสำคัญในการทำงานกับภาคอุตสาหกรรมการผลิตมากขึ้น

2.4 มาตรฐานเทคโนโลยี 5G สำหรับการนำไปใช้งานในภาคอุตสาหกรรม

สำหรับการคัดเลือกอุปกรณ์สำหรับการสื่อสาร 5G เพื่อนำมาใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม คณะวิจัยได้ทำการสำรวจและหาข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ที่สามารถนำมาใช้งานได้ โดยเมื่ออ้างอิงจากข้อมูล Timeline ของการพัฒนามาตรฐาน 5G โดย 3GPP ที่มุ่งเป้าไปสู่การพัฒนา Industry 4.0 จากข้อมูลของ [7] จะพบว่าการใช้งานเครือข่ายเซลลูลาร์ (Cellular Network) สำหรับอุตสาหกรรม จะเริ่มจากการใช้งาน mMTC (massive Machine Type Communication) ที่ติดตั้งด้วยการใช้งาน NB-IoT ได้ตั้งแต่มาตรฐาน 3GPP Release 14 ในช่วงปี ค.ศ. 2017 (พ.ศ. 2560)

และในช่วงปีค.ศ. 2019 (พ.ศ. 2562) ถึงปีค.ศ. 2021 (พ.ศ. 2564) จะมีแนวโน้มว่าโรงงานอุตสาหกรรมจะมีการเชื่อมต่อเครื่องจักรเข้าสู่ระบบเครือข่ายเซลลูลาร์มากขึ้น เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่น (Flexibility) และสามารถติดตามการทำงานของเครื่องจักร (Observability) ได้ดีขึ้น ในขณะที่ทาง 3GPP ได้เริ่มเน้นการพัฒนามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับ Industrial 5G มากขึ้นตั้งแต่ปีค.ศ. 2020 (พ.ศ. 2563) เป็นต้นมา และในบทความ [27] มีการคาดการณ์ว่าตั้งแต่ปีค.ศ. 2022 (พ.ศ. 2565) โรงงานอุตสาหกรรมจะเริ่มใช้งานโพรโทคอลการสื่อสารระหว่างเครื่องจักรที่เรียกว่า Open Platform Communication Unified Architecture (OPC UA) บนการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบที่มีความอ่อนไหวต่อเวลา หรือที่เรียกว่า Time Sensitive Networking (TSN) สำหรับกรณีการใช้งาน (Use Case) แบบการควบคุมแบบเวลาจริง (Real-Time Control) มากขึ้น และยังคาดว่าการเชื่อมต่อหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างระบบ IT (Information Technology) กับ OT (Operational Technology) จะมีมากขึ้นด้วย และมีการคาดการณ์ว่าจะเกิดกรณีใช้งาน (Use Case) ประเภทแว่นตาอัจฉริยะ (Smart Glasses) ที่จะสามารถใช้งานระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence (AI)) ในการรู้จำรูปร่างของสินค้า ตรวจจับความเสียหายหรือปัญหาต่าง ๆ ในโรงงาน และการส่งข้อมูลคู่มือซ่อมบำรุงที่ถูกต้องให้กับช่างที่สวมแว่นตาอัจฉริยะที่ทำงานในโรงงานได้

เมื่อพิจารณาข้อมูลมาตรฐาน 5G 3GPP Release 16 ที่สรุปออกมาเมื่อวันที่ 3 มิถุนายน พ.ศ. 2563 (ค.ศ. 2020) จะสังเกตได้ว่าในฝั่งการเพิ่มความสามารถของวิทยุสื่อสาร (Radio enhancements) จะมีการปรับปรุง Enhancement for NR (New Radio) uRLLC และ NR Industrial Internet of Things ซึ่งจะมีบทบาทในการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น และในฝั่งของการเพิ่มความสามารถของระบบ (System Enhancements) จะพบว่าในฝั่ง 5GS หรือ 5G System จะเริ่มเปิดใช้งานความสามารถในการรองรับ New Verticals ที่สอดคล้องกับการใช้งานโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งได้แก่ Industrial Automation ที่รวมถึงความสามารถในการใช้งาน Time Sensitive Communications (TSC), ultra-Reliable and Low Latency Communication (uRLLC) และ Non-Public Networks (NPNs) และ การรองรับ Cellular Internet

of Thing (CIoT) จากข้อมูลเหล่านี้จะเห็นว่ามาตรฐานเทคโนโลยี 5G มีการเน้นการทำงานและคุณสมบัติที่ตอบโจทย์ความต้องการของภาคอุตสาหกรรมการผลิตมากขึ้น

ในส่วนของการพัฒนามาตรฐาน 5G 3GPP Release 17 ที่สรุปออกมาในปีพ.ศ. 2565 (ค.ศ.2022) นั้นก็ยังพบว่ามีการกำหนดคุณสมบัติที่สามารถตอบโจทย์ Smart Factory/Manufacturing ที่สำคัญดังหัวข้อต่อไปนี้ การเพิ่มความสามารถด้านอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งแบบอุตสาหกรรม (Industrial IoT Enhancement) การเพิ่มความสามารถด้านการสื่อสารที่ความหน่วงที่ต่ำและความน่าเชื่อถือสูง (uRLLC Enhancement), การเพิ่มความสามารถด้านเครือข่ายที่ไม่เป็นสาธารณะ (Non-Public Network Enhancement), การประมวลผลที่ขอบ (Edge Computing in 5GS) และการให้บริการ 5G แบบเครือข่ายในพื้นที่ (5G LAN-type Services) เป็นต้น หากพิจารณาข้อมูลเพิ่มเติมยังมีความสามารถอีกหลายรายการที่กำหนดขึ้นเพื่อตอบโจทย์การใช้งานในภาคอุตสาหกรรม

จากข้อมูลที่รวบรวมเบื้องต้น ทำให้พอสรุปได้ว่าการใช้งานคุณสมบัติที่สำคัญของ 5G สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เช่น Industrial IoT, uRLLC, และ Non-Public Network (NPN) ซึ่งหมายรวมถึง Private Network ด้วยนั้น จะเกิดขึ้นได้เมื่อระบบเครือข่าย 5G (5GS) มีการปรับปรุงไปสู่มาตรฐาน 5G Release 16 และอุปกรณ์เครื่องลูกข่ายควรมีการใช้งาน Chipset ที่เป็นไปตามมาตรฐาน 5G Release 16 ด้วย

อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในตลาดและสามารถจัดซื้อได้ในประเทศไทย ณ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 ยังคงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ไอซี Chipset ของมาตรฐาน 5G Release 15 ซึ่งอุปกรณ์ 5G ใน Release 15 จะเน้นไปที่การใช้งาน 5G แบบ Stand Alone (SA) Network และโดยส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์สำหรับกลุ่มผู้ใช้ทั่วไป (Consumer Devices) เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Smart Phone) และ อุปกรณ์ Customer Premises Equipment (CPE) ซึ่งเหมาะสำหรับใช้งานในบ้านพักหรือสำนักงานเป็นหลัก ซึ่งคณะผู้วิจัยพบว่าอุปกรณ์ 5G ที่เหมาะสมกับการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม ณ เดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ขณะจัดทำรายงานฉบับนี้ ก็ยังมีจำนวนจำกัดและราคาค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามเริ่มมีการนำเสนออุปกรณ์ที่เป็น Industrial Grade เข้ามาในประเทศไทยบ้างแล้วเช่น 5G CPE รุ่น R1900 Series ของบริษัท Cradlepoint (ปัจจุบันเป็นบริษัทลูกของบริษัท Ericsson) ทั้งนี้จากการสอบถามผู้ขายรุ่นนี้ก็ยังเป็น 3GPP Release 15 อยู่

สำหรับแนวโน้มการใช้งานเทคโนโลยี 5G กับภาคอุตสาหกรรมในช่วงนี้ (ปี พ.ศ. 2566) มีความจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ในกลุ่ม 5G Customer Premises Equipment (CPE) เป็นหลัก ซึ่งทางโรงงานอุตสาหกรรมสามารถเริ่มนำไปใช้งานได้ทันที โดยไม่ต้องปรับปรุงส่วนการสื่อสารของเครื่องจักรให้สามารถใช้งานเครือข่าย 5G ได้ ทั้งนี้อุปกรณ์ 5G CPE ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ 5G ให้เป็นสัญญาณ Wi-Fi Wireless LAN ที่มีระดับความแรงของสัญญาณมากขึ้น เพื่อเป็นการกระจายสัญญาณการสื่อสารให้ครอบคลุมในบริเวณที่มีการใช้เครือข่ายงานในปริมาณที่สูงขึ้น หรือทำการเชื่อมต่อข้อมูลไร้สายมายังพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบ Ethernet

Wired LAN แบบมีสายที่สามารถต่อโดยตรงเข้ากับอุปกรณ์อัตโนมัติหรือเครื่องจักรได้ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม และ สำนักงาน เป็นต้น

สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีลักษณะเป็นชิปเซตหรือโมดูล 5G ก็มีจำหน่ายอยู่ในต่างประเทศ แต่อย่างไรก็ตามในประเทศไทย ยังมีข้อจำกัดในการนำมาใช้งานเนื่องจากข้อกำหนดของทาง กสทช. ที่ต้องให้ผู้ขายดำเนินการจดทะเบียน การตรวจสอบและรับรองมาตรฐานเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ (Type Approval หรือ Certification) และขออนุญาตทำการค้าให้เสร็จก่อนจึงจะทำการจำหน่ายในประเทศไทยได้ ซึ่งเป็นปัญหาด้านระยะเวลาในการดำเนินการที่มักมีความล่าช้า อุปกรณ์อาจจะยกเลิกผลิตไปก่อนเนื่องจากมีการปรับเปลี่ยนมาตรฐานอย่างต่อเนื่อง และประกอบกับความต้องการใช้งานในระยะแรกยังต่ำ ทำให้ราคาชุดพัฒนาและราคาต่อหน่วยมีมูลค่าสูง ทำให้ไม่เกิดแรงจูงใจให้บริษัทผู้ผลิตชิปเซตและโมดูล 5G ดำเนินการนำเข้ามาขายในประเทศ ซึ่งกรณีนี้มีผลกระทบสำคัญต่อการนำไปใช้งานในภาคอุตสาหกรรมเนื่องจากบริษัทที่เกี่ยวข้องในการปรับปรุงการทำงานให้กับโรงงานเช่นบริษัทผู้ควบรวมระบบ หรือที่เรียกว่า System Integrator (SI) ไม่สามารถหาอุปกรณ์ที่เหมาะสำหรับการนำไปปรับปรุงระบบอัตโนมัติหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ของโรงงานให้ใช้งานเทคโนโลยี 5G ได้ ในประเด็นนี้ควรมีมาตรการหรือแนวทางให้การช่วยเหลือจากหน่วยงานภาครัฐในการหาทางเร่งกระบวนการหรือส่งเสริมให้เกิดการเข้าถึงชิ้นส่วนต้นน้ำสำหรับการพัฒนาการใช้งานเทคโนโลยี 5G ในประเทศให้มีความคล่องตัวมากขึ้น โดยไม่ต้องรออุปกรณ์สำเร็จรูปที่นำเข้ามาทั้งชุดเพียงอย่างเดียว ซึ่งหากสามารถทำได้จะทำให้การขยายการใช้ประโยชน์เทคโนโลยี 5G ในประเทศไทยประสบความสำเร็จมากขึ้น

2.5 ทางเลือกการใช้งานเครือข่าย 5G กับภาคอุตสาหกรรม

จากการประสานงานกับผู้ให้บริการ 5G ในประเทศไทยและการศึกษาตัวอย่างการใช้งานเทคโนโลยี 5G สำหรับภาคอุตสาหกรรมในต่างประเทศพบว่ามีรูปแบบการใช้งานเครือข่าย 5G หลายแบบด้วยกัน จากข้อมูลทางเลือกในการใช้งานเครือข่าย 5G สำหรับภาคอุตสาหกรรมการผลิต ห่วงโซ่อุปทาน และองค์กร โดย GSMA (GSM Association) ในเอกสารเผยแพร่หัวข้อ “5G IoT Private & Dedicated Networks for Industry 4.0: A Guide to Private and Dedicated 5G Networks for Manufacturing, Production And Supply Chains” [8] มีสรุปทางเลือกดังต่อไปนี้

1. การใช้งานเครือข่าย 5G สาธารณะ (5G Public Network)
2. การใช้งานเครือข่าย 5G สาธารณะแบบมีการกำหนดเงื่อนไขระดับการบริการ (5G Public Network with Service Level Agreements (SLAs)
3. การใช้งานเครือข่าย 5G สาธารณะแบบที่มีการแบ่งเครือข่ายย่อย 5G Public Network with Network Slicing
4. การใช้งานเครือข่าย 5G สาธารณะแบบที่มีการติดตั้งโครงสร้างพื้นฐานในพื้นที่โรงงาน 5G Public Network with Local Infrastructure

5. การใช้งานเครือข่าย 5G แบบส่วนบุคคลผ่านการใช้งานคลื่นความถี่ของผู้ให้บริการสาธารณะ (Standalone Private Network via Operator Spectrum)
6. การใช้งานเครือข่าย 5G แบบส่วนบุคคลผ่านการใช้งานคลื่นความถี่แบบไม่ต้องได้รับใบอนุญาตหรือแบบมีคลื่นใบอนุญาตส่วนบุคคล (Standalone Private Network using Unlicensed or Private Spectrum)

จากรายการทางเลือกใช้งานเครือข่าย 5G ข้างต้นนั้น เมื่อพิจารณาจากสถานะของการใช้งานในประเทศไทยในปัจจุบัน (พ.ศ. 2566-2567) พบว่าการใช้งานเครือข่ายแบบสาธารณะในทางเลือกที่ 1 จะสามารถใช้งานได้ทันที ซึ่งในโครงการที่ได้รับทุนส่งเสริมของ กทปส. นี้ก็มีการใช้งานทางเลือกที่ 1 เป็นส่วนใหญ่ และเป็นแบบที่ทางผู้ให้บริการในประเทศไทยเปิดให้บริการเป็นหลัก ซึ่งการใช้งานในรูปแบบแรกนี้จะมีข้อจำกัดในการควบคุมคุณภาพบริการ (Quality of Services) ซึ่งหากต้องการนำไปใช้งานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตซึ่งมีความต้องการที่แตกต่างออกไปจากบริการทั่วไปควรมีการปรับแต่งคุณภาพบริการให้สูงขึ้นให้เหมาะกับการใช้งานในลักษณะองค์กรหรือ Enterprise Grade มากขึ้น

ซึ่งแนวทางที่ทางผู้ให้บริการในประเทศไทยปัจจุบันสามารถเสนอเพิ่มเติมให้กับภาคอุตสาหกรรมได้คือทางเลือกที่ 2 ถึง 5 ซึ่งทางผู้ให้บริการสามารถรับประกันคุณภาพบริการให้ได้ระดับหนึ่งหรือสามารถจัดแบ่งทรัพยากรในเครือข่ายให้กับทางโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มเติมได้ ซึ่งในโครงการนี้มีการทดลองใช้บริการที่เรียกว่า 5G Virtual Private Network ที่อยู่ในกลุ่มทางเลือกที่ 3 ซึ่งมีการแบ่งเครือข่ายเป็นชั้นหรือที่เรียกว่าทำ Network Slicing และรับประกันเงื่อนไขการบริการ (SLAs) ด้วย แต่แน่นอนว่าต้องมีค่าใช้จ่ายค่าบริการที่สูงกว่าการใช้งานแบบผู้ใช้ทั่วไป สำหรับทางเลือกที่ 4 และ 5 อาจจะมีการติดตั้งสถานีฐานเครือข่ายและอุปกรณ์ 5G เพิ่มเติมภายในพื้นที่ของโรงงานอุตสาหกรรมได้ เพื่อเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพในการใช้งานได้แต่น่าจะต้องมีการลงทุนสูงที่สุด ซึ่งเหมาะสำหรับกรณีใช้งานที่ต้องการใช้ประโยชน์เครือข่ายไร้สาย 5G ขั้นสูงมาก ๆ การติดตั้งสถานีฐาน 5G เพิ่มในโรงงานจำเป็นต้องดูความคุ้มค่าในเรื่องของความต้องการใช้งานในระยะยาวของโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหลัก

<u>หมายเหตุ</u> การใช้งานในแบบทางเลือกที่ 6 ยังไม่สามารถทำได้ในประเทศไทยเนื่องจากยังไม่มีการออกกฎระเบียบรองรับในเรื่องการใช้งานคลื่นสำหรับเทคโนโลยี 5G แบบไม่ต้องมีใบอนุญาตหรือการอนุญาตให้ใช้คลื่นสำหรับองค์กรส่วนบุคคล

นอกจากรูปแบบการใช้งานเครือข่าย 5G แล้วการใช้งาน 5G Use Case ในกลุ่มความต้องการสื่อสารที่ความหน่วงที่ต่ำและความน่าเชื่อถือสูง (ultra-Reliable and Low Latency Communications: uRLLC) ยังจำเป็นต้องมีการใช้งานอุปกรณ์ระบบ Multi-access Edge Computing (MEC) ภายในเครือข่าย 5G ด้วย ซึ่งในปัจจุบันผู้ให้บริการ 5G ในประเทศไทยได้มีการเปิดให้บริการ MEC อย่างเป็นทางการแล้ว ทั้งนี้ระบบ MEC มีจุดเด่นที่ทำให้เกิดบริการในลักษณะของ Cloud Computing ได้ภายในเครือข่ายเซลลูลาร์ได้ ซึ่งทำให้ทรัพยากรการคำนวณอยู่ใกล้กับจุดที่ต้องการใช้งานมากขึ้น แทนที่ต้องมีการส่งข้อมูลเข้าไปยัง Public Cloud

Computing เช่น Amazon AWS หรือ Microsoft Azure ที่อาจจะมีค่าความหน่วงสูงกว่าการใช้งาน MEC ที่อยู่ที่ขอบของเครือข่ายเซลลูลาร์ (Edge Computing) ซึ่งระบบ MEC นี้จะช่วยให้การทำงานมีความน่าเชื่อถือสูงขึ้นและความหน่วงต่ำมาก ๆ ได้ และหากอุปกรณ์เครื่องลูกข่าย 5G ปลายทางมีคุณภาพช่องสัญญาณสื่อสารที่ดีและมีแบนด์วิดท์สูงมาก ระบบ MEC ก็จะสามารถช่วยแบ่งเบาภาระการคำนวณของอุปกรณ์เครื่องลูกข่ายได้ และลดปริมาณการสื่อสารข้อมูลและการคำนวณที่ต้องเข้าไปถึงระบบ Cloud Computing บนอินเทอร์เน็ตลดลง ซึ่งระบบ MEC จะช่วยให้เกิดการกระจายการคำนวณไปหลาย ๆ จุด ทำให้การบริหารจัดการเครือข่ายมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.6 ตัวอย่างกรณีใช้งาน 5G กับภาคอุตสาหกรรมการผลิตในต่างประเทศ

แนวคิดเรื่องการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 (Fourth Industrial Revolution) หรือที่นิยมเรียกว่า อุตสาหกรรม 4.0 (Industry 4.0) มีแนวคิดมาจากประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี มีการอธิบายถึงการปรับเปลี่ยนภาคอุตสาหกรรมให้สามารถผลิตสินค้าที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้รายบุคคลมากขึ้น (Customization) มีความยืดหยุ่นในสายการผลิต (Flexibility) และเพิ่มประสิทธิภาพของโรงงาน (Efficiency) [9] ซึ่งการปรับไปสู่อุตสาหกรรม 4.0 มีความจำเป็นที่จะต้องการทำให้กระบวนการทำงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานมีความเป็นดิจิทัลมากขึ้น ซึ่งองค์กรส่วนใหญ่ในประเทศไทยเริ่มตระหนักถึงกระบวนการปรับเปลี่ยนนี้ว่า การปรับเปลี่ยนทางดิจิทัล (Digital Transformation)

ในการศึกษาการนำระบบสื่อสารไร้สายเข้าไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตทางกระทรวงการวิจัยและการศึกษาของเยอรมนี (German Federal Ministry of Education and Research (BMBF)) ได้ริเริ่มโครงการ Tactile Internet 4.0 (TACNET 4.0) [10] ขึ้นเพื่อพัฒนาเทคโนโลยี 5G สำหรับอุตสาหกรรมขึ้น ซึ่งทำการควบรวมเครือข่ายการสื่อสารสำหรับอุตสาหกรรมเข้ากับเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย 5G เพื่อให้เกิดเป็นระบบสื่อสารรวมที่มีประสิทธิภาพสำหรับภาคอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งตัวอย่างเทคนิคที่มีการนำไปใช้ได้แก่ การแบ่งเครือข่ายเป็นชั้น (Network Slicing) ความยืดหยุ่นในการใช้งานคลื่นความถี่ (Flexible Frequency Spectrum Usage) หลักการใช้การประมวลผลที่ขอบ (Edge Cloud Concepts) และเครือข่ายแบบไม่เป็นสาธารณะ (Non-Public Network) เป็นต้น ในโครงการ TACNET 4.0 นี้มีการศึกษาและจัดกลุ่มตัวแทนกรณีใช้งานสำหรับภาคอุตสาหกรรมการผลิตไว้ 5 กลุ่มด้วยกันตามตัวอย่างในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ภาพรวมกรณีใช้งานตัวอย่างของ TACNET 4.0

หัวข้อกรณีใช้งาน (Use Case Title)	กลุ่มการใช้งาน (Use Case Group)	ความต้องการที่สำคัญที่สุด (Most Critical Requirements)
การประสานงานการขนส่งสินค้าในโรงงาน (Cooperative Transport of Goods)	หุ่นยนต์แบบเคลื่อนที่ได้ (Mobile Robotics)	ค่าความหน่วงจากต้นทางถึงปลายทาง (End-to-End (E2E) latency), การระบุตำแหน่ง (Localization)
การควบคุมการเคลื่อนแบบวงรอบปิด (Closed Loop Motion Control)	การควบคุมในพื้นที่และแบบที่มีเวลาวิกฤต (Local and Time Critical Control)	ค่าความหน่วงจากต้นทางถึงปลายทาง (End-to-End (E2E) latency), อัตราความผิดพลาดของข้อมูล (Message Error Rate)
การตรวจจับค่าเซนเซอร์เพิ่มเติมสำหรับระบบอัตโนมัติในกระบวนการผลิต (Additive Sensing for Process Automation)	การเฝ้าระวังระบบ (Monitoring)	ระยะทางของสิ่งที่ต้องการตรวจจับ (Distance of entities), ความหนาแน่นของสิ่งที่ต้องการตรวจจับ (Entity Density)
การควบคุมระยะไกลสำหรับระบบอัตโนมัติในกระบวนการผลิต (Remote Control for Process Automation)	การควบคุมจากระยะไกล (Remote Control)	อัตราการสื่อสารข้อมูลต่อวัตถุ (Data Rate per Entity)
วิทยาเขตอุตสาหกรรม (Industrial Campus)	การแชร์โครงสร้างพื้นฐานและระบบสื่อสารภายในและระหว่างองค์กร (Shared Infrastructure and Intra/Inter Enterprise Communication)	การรับประกันคุณภาพบริการ (Guaranteed QoS), ความเป็นส่วนตัวของข้อมูล (Privacy)

จากตัวอย่างของ TACNET 4.0 จะพบว่ามีตัวอย่างความต้องการใช้งานที่ระบบสื่อสารจำเป็นต้องรองรับที่สำคัญเช่น การควบคุมค่าความหน่วงระหว่างต้นทางและปลายทาง (End-to-End Latency) การระบุตำแหน่ง (Localization) และ ความหนาแน่นของสิ่งที่ต้องการตรวจวัด (Entity Density) เป็นต้น จากข้อมูลในตารางนี้ทำให้เห็นตัวอย่างความต้องการในภาคอุตสาหกรรมที่เด่นชัดคือเรื่องการสนับสนุนการใช้งานหุ่นยนต์เคลื่อนที่และการควบคุมและเฝ้าระวังเครื่องจักรในกระบวนการอุตสาหกรรม

ในมุมของผู้ผลิตอุปกรณ์สำหรับเครือข่าย 5G เช่นบริษัท Huawei [11] ก็มีการนำเสนอตัวอย่างกรณีการใช้งานสำหรับภาคอุตสาหกรรมการผลิตไว้เช่นในตารางที่ 2.3 ซึ่งมีการระบุประโยชน์ที่จะได้รับในการใช้งานและจุดเด่นของเทคโนโลยี 5G ที่สามารถตอบโจทย์ Use Cases เหล่านี้ได้

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างกรณีใช้งาน 5G ประโยชน์และคุณสมบัติที่สำคัญ สำหรับภาคอุตสาหกรรมการผลิต

กรณีใช้งาน (Use Cases)	ประโยชน์ที่ได้ (Benefits)	คุณสมบัติของ 5G ที่ใช้ (5G Features)
การซ่อมบำรุงแบบทำนายขั้นสูง (Advanced Predictive Maintenance)	ลดเวลาหยุดการผลิตและเวลาในการซ่อมบำรุง ลดอัตราการเปลี่ยนเครื่องจักรทดแทน	ความหนาแน่นของอุปกรณ์ ความน่าเชื่อถือ และค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์
การเฝ้าระวังและควบคุมแบบแม่นยำ (Precision Monitoring & Control)	ลดความผิดพลาดในกระบวนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต และเพิ่มผลผลิต	ความหนาแน่นของอุปกรณ์ และความหน่วงต่ำที่สุด
การใช้ระบบความจริงเสริมกับผู้เชี่ยวชาญระยะไกล (Augmented Reality & Remote Expert)	ลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการซ่อมบำรุง ลดค่าใช้จ่ายในการอบรมโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญให้คำปรึกษาจากระยะไกล	ปริมาณข้อมูลวิดีโอคุณภาพสูงและความหน่วงต่ำที่สุด
การควบคุมหุ่นยนต์ระยะไกล (Remote Robot Control)	เพิ่มความปลอดภัยและลดปัญหาสุขภาพของแรงงาน เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต	ความหน่วงต่ำที่สุด
การบริการด้านการผลิต (Manufacturing as a Service)	เพิ่มความเร็วในการพัฒนานวัตกรรม ลดค่าใช้จ่ายโดยรวม และเพิ่มผลผลิต	ความยืดหยุ่นในการทำงาน
ยานพาหนะนำทางอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle)	เพิ่มประสิทธิภาพ และเพิ่มผลผลิต	ความหน่วงต่ำที่สุด ความน่าเชื่อถือสูง และความตระหนักรู้ตำแหน่ง
การตรวจสอบด้วยโดรน (Drone Inspection)	เพิ่มความปลอดภัยและลดปัญหาสุขภาพของแรงงาน ลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการตรวจสอบเครื่องจักร	ความหน่วงต่ำที่สุด ความน่าเชื่อถือสูง และความตระหนักรู้ตำแหน่ง

จากตัวอย่างที่บริษัท Huawei ได้สรุปให้ในตารางข้างต้น จะพบว่ามีส่วนที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างของ TACNET 4.0 เช่น การใช้ยานพาหนะนำทางอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle) และ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ (Mobile Robotics) ซึ่งเป็นการใช้งาน 5G กับสิ่งที่มีการเคลื่อนที่ และในกรณีที่ใช้ระบบสำหรับการควบคุมและเฝ้าระวังจากระยะไกลเช่นกัน (Remote Monitoring and Control)

ในฝั่งของผู้ผลิตอุปกรณ์เครือข่าย 5G จากยุโรปเช่นบริษัท Ericsson ก็ได้มีการเผยแพร่เอกสารผลการวิเคราะห์โดย ABI Research ในประเด็น 5G Industry 4.0 Use Cases [12] ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. Use Case Asset Tracking: สำหรับการติดตามวัสดุในกระบวนการผลิต เจ้าหน้าที่ และสินค้าที่ผลิตเสร็จแล้ว
2. Use Case Augmented Reality: มีอุปกรณ์เสริมประเภทแว่นตาที่ช่วยในการแนะนำการประกอบผลิตภัณฑ์ด้วยภาพเสริมจากแว่นประกอบกับอุปกรณ์จริง ช่วยในการฝึกอบรมพนักงาน และช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ในโรงงาน
3. Use Case Condition-based Monitoring: ระบบที่ช่วยลดปัญหาเครื่องจักรขัดข้อง ทำให้จำเป็นต้องหยุดการผลิตโดยไม่ได้วางแผนไว้ ด้วยการใช้ข้อมูลที่ติดตามการทำงานของเครื่องจักรในระหว่างทำงานมาประมวลผล เพื่อทำนายการซ่อมบำรุงก่อนที่จะเกิดปัญหา (Predictive Maintenance)
4. Use Case Mobile Robot: การใช้งานหุ่นยนต์ทดแทนคนในการขนย้ายวัสดุในกระบวนการผลิต ช่วยประหยัดงบประมาณในการผลิตมากที่สุด และสามารถเพิ่มความเร็วในการจ่ายวัสดุและชิ้นส่วนในกระบวนการผลิตที่สำคัญ
5. Use Case Provisioning Connected Products: การใช้ระบบสื่อสารไร้สายช่วยลดปัญหาคอขวดในการปรับแต่งสินค้าและลดขั้นตอนกระบวนการผลิตเช่น การอัปเดตซอฟต์แวร์รถยนต์ที่จอดอยู่ในลานจอดรถของโรงงานพร้อมกันโดยไม่ต้องขับรถแต่ละคันเข้ามาเชื่อมต่อสายเคเบิลเพื่ออัปเดตซอฟต์แวร์
6. Use Case อื่น ๆ เช่น การใช้ระบบสื่อสารไร้สายช่วยบริหารจัดการสินค้าคงคลัง เชื่อมต่ออุปกรณ์หรือเครื่องมือในโรงงาน และระบบอัตโนมัติอื่น ๆ ในโรงงาน เป็นต้น

จากตัวอย่างของทาง ABI Research ข้างต้น มีตัวอย่างที่สอดคล้องกับของทาง Huawei และ TACNET 4.0 เช่น การใช้งานเทคโนโลยี 5G เพื่ออุตสาหกรรม 4.0 กับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ (Mobile robot) หรือ Automated Guided Vehicle (AGV) เป็นต้น ในส่วนที่มีความคล้ายคลึงกันแต่มีการใช้ชื่อที่แตกต่างกันได้แก่ Use Case Condition-Based Monitoring ซึ่งหมายถึงการเฝ้าระวังผ่านระบบเซนเซอร์ เช่นเดียวกับตัวอย่าง Use Case Precision Monitoring ของ Huawei และ Additive Sensing for Process Automation ของ TACNET 4.0

จากผลการศึกษาของ GSMA [8] มีการสรุปตัวอย่างการใช้งานเครือข่าย 5G ในรูปแบบต่าง ๆ (Type of 5G Networks) และกรณีใช้งาน Use Case ที่แต่ละโรงงานนำไปใช้ในกระบวนการผลิตมีการสรุปดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างการใช้งาน (Use Case) เครือข่าย 5G แบบต่าง ๆ จากการสรุปของ GSMA [8]

ประเทศ/เมือง	บริษัทผู้ผลิต (Manufacturing Company)	Cellular Network Operator/Vendor	รูปแบบการใช้งานเครือข่าย 5G (Type of 5G Networks)	กรณีการใช้งาน (Use Cases)
USA/Austin	Samsung	AT&T	Private	Extended Reality, Staff Training, Factory's Sensors
China	Haier	China Mobile/Huawei	Public Dedicated	Machine Vision, Visual Inspection (Product Defect Detection)
China	Yangquan Coal Group	China Mobile	Private/Underground	High-Def Audio & Video Communication, Remote Intelligent Control of Equipment, Unmanned, Automated, & Remote Visual Operation of Coal Mine
Germany/ Leipzig	BMW	Deutsche Telekom/ Ericsson	Dual-slice Private	Industrial LTE & 5G for In-House Industrial Connectivity
UK	Ford Motor	Vodafone Business	Private	Reduce Delays/Increase Bandwidth/Improve Security & Reliability and Increase Productivity of New Electric Vehicle Production
Netherlands	Shell, ABB, ExRobotics	KPN/ Huawei	Public Dedicated	Optimized Industrial Maintenance, Predictive Maintenance, UHD Camera with Machine Learning and Augmented Reality
France	LACROIX	Orange	Public Dedicated	Electronics Plant (Design & Production of Embedded System and Industrial Connected Objects), Modular Factory
Germany/ Hamburg	Lufthansa Technik	Vodafone Business	Standalone Private	Freely Configure Private Network for High Resolution Virtual & Augmented Reality Technology for Manufacturing Aircraft Fuselages
Germany/ Sindelfingen	Mercedes-Benz	Telefonica Deutschland/ Ericsson	Private	Automobile Production, Optimize Existing Production Processes, Data Linking, Production Tracking, Extremely Low Latency & Reliability

ประเทศ/เมือง	บริษัทผู้ผลิต (Manufacturing Company)	Cellular Network Operator/Vendor	รูปแบบการใช้งานเครือข่าย 5G (Type of 5G Networks)	กรณีการใช้งาน (Use Cases)
Japan	OMRON Corporation	NTT DOCOMO/ Nokia	Field Trial	Layout-Free Production Line Using Autonomous Mobile Robots (AMRs)
Germany/ Schwab München	OSRAM	Deutsche Telecom/ Ericsson	Dual Network Slicing, Dedicated	Mobile Robotics Solution (Automated Guided Vehicles) with LTE
France	Schneider Electric	Orange	ไม่ระบุ	Industrial Production Process Improvement, Real-Time Augmented Reality Solution for Maintenance Technicians
USA/ Hickory North Carolina	Corning	Verizon	ไม่ระบุ	Enhance Functions of Factory Automation and Quality Assurance in Fiber Optic Cable Manufacturing Facilities, Wirelessly Track & Inspect Inventory with 5G-Connected Camera, Improve Function of AGV via 5G

เป็นที่น่าสังเกตว่าตัวอย่างในตารางสรุปที่ศึกษาจากเอกสารของ GSMA นี้จะพบการใช้งานกับบริษัทชั้นนำระดับโลกเป็นส่วนใหญ่ โดยเป็นบริษัทที่เกี่ยวกับการผลิตรถยนต์ การผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ธุรกิจน้ำมันและธุรกิจถ่านหิน เป็นต้น หากพิจารณาในคอลัมน์ Use Case จะเห็นได้ว่า มีความเกี่ยวข้องกับระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ (Mobile Robots/AGV) ระบบอัตโนมัติ ระบบกล้อง และมีการนำไปใช้งานกับการเรียนรู้ด้วยเครื่อง หรือ Machine Learning ด้วย ซึ่งส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงาน

2.7 สรุปจุดเด่นของเทคโนโลยี 5G ที่เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมการผลิต

จากการศึกษาข้อมูลเอกสารที่สามารถสืบค้นได้ในเรื่องการนำเทคโนโลยี 5G และกรณีใช้งาน Use Case ไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตข้างต้นและการทำความเข้าใจหลักการทำงานพื้นฐานของเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายแบบเซลลูลาร์ยุคที่ 5 ที่ได้มีการทบทวนในบทนี้ ทำให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจลักษณะของเทคโนโลยีและสามารถเลือกนำตัวอย่างกรณีใช้งานเหล่านี้ไปเป็นแนวทางในการเลือกใช้หรือปรับการทำงานของโรงงานได้ด้วยเทคโนโลยี 5G

จากการพิจารณาและข้อมูลที่มีการวิเคราะห์จะพบว่าเทคโนโลยี 5G มีจุดเด่นในการนำไปใช้งานในภาคอุตสาหกรรมการผลิต และจากผลศึกษาของ ABI Research มีการคาดการณ์ว่าในโรงงานทั่วโลกจะมีการเพิ่มการใช้งานเครือข่ายสื่อสารไร้สายเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคาดว่าจะมีการเลือกใช้บริการเทคโนโลยี 5G ที่มีการปรับคุณภาพบริการขึ้นไปเหนือกว่าการใช้งานสำหรับผู้ใช้สาธารณูปโภคทั่วไป โดยในส่วนนี้จะขอสรุปจุดเด่นของการใช้งานเทคโนโลยี 5G ในลักษณะภาพรวมดังต่อไปนี้

- หากสามารถใช้งานเครือข่าย 5G ที่มีคุณภาพบริการสำหรับองค์กร (Enterprise Grade Network) จะสามารถควบคุมให้ระบบสื่อสารมีความน่าเชื่อถือและมีความพร้อมใช้งานที่สูงกว่าปกติ (More Reliable & Availability) ในขั้นต่ำผู้ให้บริการจะสามารถกำหนดข้อตกลงระดับการให้บริการ (Service Level Agreements) ให้กับทางโรงงานอุตสาหกรรมได้
- หากมีการใช้บริการระบบ Multi-access Edge Computing (MEC) จะทำให้เครือข่าย 5G สามารถรองรับการทำงานที่ต้องการความหน่วงต่ำมาก ๆ (Ultra-low Latency) ได้ และหากในเครือข่ายของโรงงานมีความต้องการใช้งานระบบอัตโนมัติที่ต้องมีการประสานทางเวลาหรือต้องการให้การส่งข้อมูลตามเวลาที่สำคัญได้ เทคโนโลยี 5G ที่รองรับมาตรฐาน 3GPP Release 16 เป็นต้นไปจะสามารถรองรับการทำงานกับเครือข่ายที่มีความอ่อนไหวทางเวลาได้ (Time Sensitive Network) โดยเฉพาะกับโรงงานที่มีการใช้งานระบบเครือข่ายแบบ Ethernet Time Sensitive Network (TSN)
- เทคโนโลยีสื่อสารไร้สายด้วยเซลลูลาร์ 5G มีความสะดวกในเรื่องของการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ มีอิสระในการเคลื่อนที่สูง (Freedom of mobility) โดยไม่ต้องลากสายนำสัญญาณ
- พื้นที่การให้บริการสื่อสารไร้สายของเครือข่ายเซลลูลาร์จะสามารถครอบคลุมพื้นที่กว้างกว่าได้หากเลือกใช้คลื่นความถี่ที่เหมาะสม แต่หากต้องการรับส่งข้อมูลปริมาณมาก ๆ อาจจะต้องลดระยะทางการสื่อสารลง อย่างไรก็ตามคุณภาพของสัญญาณจากเครือข่ายสื่อสารแบบเซลลูลาร์มักจะมีค่าเฉลี่ยที่ดีกว่า เนื่องจากมีการใช้งานคลื่นที่ต้องมีใบอนุญาต จึงไม่ค่อยมีการใช้งานคลื่นโดยบุคคลอื่นมีโอกาสถูกรบกวนน้อยกว่าการใช้งานระบบสื่อสารไร้สายในคลื่นความที่ไม่ต้องมีใบอนุญาตและมีการแชร์ใช้โดยหลาย ๆ องค์กรหรือบุคคลทั่วไป เช่นระบบเครือข่าย Wi-Fi ซึ่งทำให้เกิดปัญหาสัญญาณรบกวนสูงมาก ซึ่งจะมีผลกระทบอย่างมากต่อการใช้งานเพื่อการควบคุมระบบอัตโนมัติหรือระบบที่ต้องการความน่าเชื่อถือสูงและความหน่วงต่ำ

- จากตัวอย่างที่รวบรวมได้จากหลาย ๆ แหล่งในเรื่องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี 5G กับโรงงานอุตสาหกรรมจะพบว่า มีกรณีใช้งานที่เกี่ยวข้องกับระบบหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ได้ในทุกแหล่ง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการนำไปใช้งานที่คล้าย ๆ กันคือระบบสื่อสารไร้สาย 5G มีความเหมาะสมที่จะใช้กับการสื่อสารและติดตามตำแหน่งของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ (Mobile Robots) รถขนถ่ายวัสดุ (AGVs) รถยก (Forklifts) ในโรงงานอุตสาหกรรม
- เนื่องจากเครือข่ายเซลลูลาร์มีให้บริการทั่วไป การเชื่อมต่อกับเครือข่ายภายนอกหรือการใช้งานระบบสื่อสารต่อเนื่องออกไปนอกพื้นที่โรงงานสามารถทำได้แบบไร้รอยต่อ (Seamless Integration) หากผู้ให้บริการในโรงงานและนอกโรงงานมีการตกลงกันหรือเป็นผู้ให้บริการรายเดียวกัน ซึ่งทำให้เกิดความยืดหยุ่นในระบบสื่อสารไร้สายที่สามารถเชื่อมต่อออกไปได้แม้ไม่ได้ทำงานในพื้นที่โรงงาน
- จากข้อกำหนดมาตรฐาน 5G ที่มี Use Case ที่ตอบโจทย์การใช้งานอุปกรณ์จำนวนมากต่อพื้นที่ ทำให้การใช้งานเครือข่าย 5G เพื่อเชื่อมต่อกับระบบเซนเซอร์ไร้สายจำนวนมากในพื้นที่โรงงานมีความสะดวกมากขึ้น ซึ่งการเสริมระบบเซนเซอร์ไร้สายเป็นแนวโน้มที่มีความสนใจมากขึ้นนอกจากการใช้งานเซนเซอร์แบบมีสาย ซึ่งลดค่าใช้จ่ายและความซับซ้อนในการเชื่อมต่อเครือข่ายเซนเซอร์ในโรงงานลงในขณะที่เพิ่มการเชื่อมต่อในพื้นที่ได้มากขึ้น
- ปัญหาคุณภาพของสัญญาณไร้สายในระบบ Wi-Fi ที่คนส่วนใหญ่ไม่ทราบคือการเชื่อมต่อแบบ Wi-Fi มักจะเกิดการชนกันของข้อมูลด้วยกลไกโพรโทคอลที่เป็นแบบสุ่มหรือ Random Access ที่เมื่อปริมาณข้อมูลที่ต้องการสื่อสารเพิ่มมากขึ้นจะเกิดปัญหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดลงหรือที่เรียกว่า Congestive Collapse ในขณะที่ระบบเซลลูลาร์แบบเทคโนโลยี 5G จะมีการจองช่องสัญญาณโดยเฉพาะทำให้สามารถรับประกันคุณภาพและปริมาณข้อมูลที่สื่อสารระหว่างอุปกรณ์ได้มากกว่า ไม่เกิดการสูญเสียจากการชนกันของข้อมูลเพราะมีการจองทรัพยากรไว้ก่อนสำหรับเครื่องลูกข่ายได้
- ในด้านความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของข้อมูล โดยพื้นฐานแล้วอุปกรณ์ที่จะสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายเซลลูลาร์จะต้องมีการพิสูจน์ตัวตน เช่นการใช้การ์ดโมดูลระบุตัวตนผู้ใช้งาน (Subscriber Identify Module (SIM) Card) และมีการเข้ารหัสข้อมูลระหว่างการสื่อสาร ทำให้การใช้งานเครือข่ายมีความมั่นคงปลอดภัยสูงกว่าการใช้งานเครือข่ายแบบ Wi-Fi
- จุดเด่นอีกประการหนึ่งของเทคโนโลยี 5G คือมีการออกแบบให้อัตราการสื่อสารข้อมูลในแบบขาขึ้นหรือ Uplink มีปริมาณสูงกว่าเทคโนโลยี 4G ได้ โดยบางกรณีสามารถปรับแต่งระบบให้สามารถส่งข้อมูลขึ้นไปยังเครือข่ายได้มากกว่าข้อมูลที่เป็นขาลงหรือ Downlink ได้ ซึ่งเป็นข้อดีและเป็นแนวโน้มความต้องการใช้งานที่มักพบในโรงงานอุตสาหกรรมเนื่องจากความต้องการตรวจจับข้อมูลปริมาณมาก ๆ ไปวิเคราะห์บนระบบประมวลผลในคลาวด์หรือข้อมูลวิดีโอที่นำไปใช้ในการวิเคราะห์เกี่ยวข้องกับระบบ Machine Learning หรือ Artificial Intelligence เป็นต้น

บทที่ 3 การให้บริการเครือข่าย 5G สำหรับภาคอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศไทย

ทางคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลการให้บริการของผู้ให้บริการหลักแต่ละรายและได้รับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับบริการที่แต่ละบริษัทที่เกี่ยวข้องกับการนำเทคโนโลยี 5G ไปประยุกต์ใช้กับภาคอุตสาหกรรมการผลิตดังสรุปได้ในส่วนต่อไปดังนี้

3.1 บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (AIS)/ บริษัท แอดวานซ์ ไวร์เลส เน็ทเวอร์ค จำกัด (AWN)

จากข้อมูลประชาสัมพันธ์สื่อสารสาธารณะพบว่าทาง AIS ได้มีการให้บริการ 5G Private Network แล้วกับโรงงานอุตสาหกรรม อาทิ บริษัท สมบูรณ์ แอ็ดวานซ์ เทคโนโลยี โดยมีวิดีทัศน์แสดงให้เห็นถึงการใช้งานเครือข่าย 5G Private Network ร่วมกับระบบ Automation ต่าง ๆ ในโรงงาน ไม่ว่าจะเป็น การควบคุมและการใช้งานแขนกลพร้อมระบบกล้องความละเอียดสูง (3D Vision Robotic Arm) ระบบรถขนส่งชิ้นส่วนในโรงงานแบบไร้คนขับ (Automated and Unmanned AGV) และ ระบบบริหารจัดการคลังสินค้าอัตโนมัติ (Automated Storage and Retrieval System – ASRS) โดย AIS ได้ออกแบบ และวางโครงข่ายเฉพาะสำหรับการใช้งานในโรงงาน ในรูปแบบของ Zoning Virtual Private Network ซึ่งจะมีการวาง User Plane Function (UPF) ไว้ในระดับ Regional (ตามรูปภาพที่ 3.1) และใช้เทคนิคการทำ Network Slicing เพื่อจัดสรร Bandwidth ให้กับ Application หรือ Use Case ต่าง ๆ ในโรงงานที่แตกต่างกันตามความต้องการใช้งาน

ภาพที่ 3.1 ภาพตัวอย่างการใช้งาน Use Case ระบบบริหารจัดการคลังสินค้าอัตโนมัติ ASRS ร่วมกับเครือข่าย AIS 5G [28]

นอกเหนือจากการให้บริการเครือข่าย 5G Private Network ให้กับโรงงานสมบูรณ์ แอ๊ดวานซ์เทคโนโลยี ในจังหวัดระยองแล้ว AIS เองยังมีความร่วมมือกับพันธมิตร ส่งเสริมและให้บริการเครือข่าย 5G Private Network และ 5G Smart Autonomous Vehicles Solutions for Sustainable Industrial Advancement ให้กับโรงงาน SCG ในจังหวัดสระบุรี โดยมีรายละเอียดในวีดิทัศน์ แสดงรายละเอียดของการใช้งานรถบรรทุกไฟฟ้าอัตโนมัติ พร้อมระบบบริหารจัดการการเดินรถที่ใช้งานร่วมกับเครือข่าย 5G โดยใน Use case นี้ AIS ได้วางแผนการวางเครือข่าย 5G Private Network ไว้ในรูปแบบของ Zoning Virtual Private Network เช่นเดียวกัน โดยจะดำเนินการตั้งเสาสัญญาณใหม่ภายในพื้นที่โรงงานของ SCG ให้โดยเฉพาะเนื่องจากในการใช้งานจะต้องครอบคลุมพื้นที่ในบริเวณกว้าง

ภาพที่ 3.2 ภาพตัวอย่างการทำงานของ Autonomous EV Truck ร่วมกับระบบควบคุม และเครือข่าย 5G

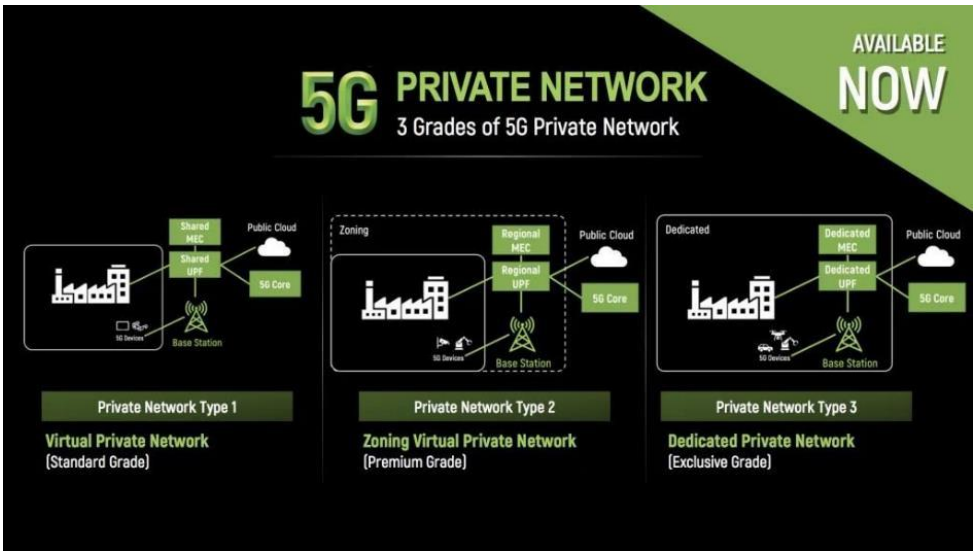
จากข้อมูลที่คณะวิจัยสืบค้นเพิ่ม พบว่าทาง บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) หรือ AIS ได้เปิดให้บริการ 5G ให้กับกลุ่มลูกค้าองค์กร โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยตาม Use Case ตัวอย่างข้างต้น ด้วยการให้บริการ 5G Private Network เป็นบริการเครือข่าย 5G ส่วนตัวสำหรับการใช้งานเฉพาะของแต่ละธุรกิจ และสามารถทำ Network slicing ซึ่งเป็นความสามารถเฉพาะของ 5G ทำให้สามารถสร้างโครงข่ายส่วนบุคคลเสมือนถึงระดับคลื่นความถี่ จึงเชื่อมต่อภายในองค์กรได้อย่างเป็นส่วนตัวแม้จะใช้เครือข่ายแบบไร้สาย นอกจากนี้ ยังรองรับ Use Cases ที่หลากหลายในสถานที่เดียวกัน โดย 5G Private Network จะบริการใน 3 รูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ได้แก่

1. Virtual Private Network จะเป็นการใช้อุปกรณ์เครือข่ายต่าง ๆ แชร์กัน สามารถให้บริการที่ทุกพื้นที่ที่มีเครือข่าย 5G ทั่วประเทศ โดยสามารถทำ Network Slicing เพื่อรองรับ Use Cases ที่หลากหลายในสถานที่เดียวกันได้

2. Zoning Virtual Private Network จะเป็นการให้บริการในพื้นที่ Zone ซึ่งเฉพาะเจาะจง เช่น ในพื้นที่ Eastern Economic Corridor (EEC) เพื่อให้การรับส่งข้อมูลมีความคล่องตัวและมีความหน่วง

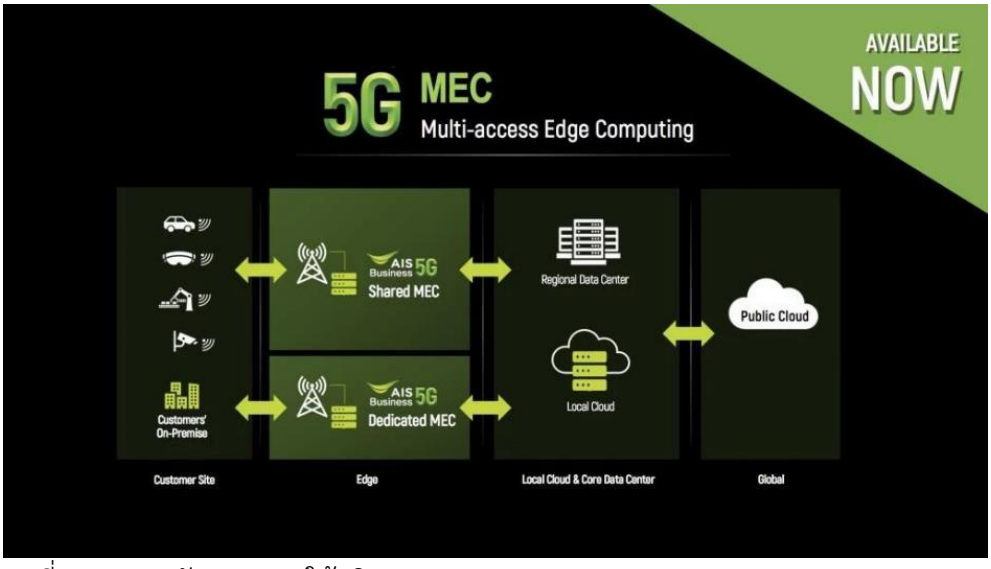
ในการทำงานต่ำ (Low Latency) เนื่องจากอยู่ในพื้นที่บริเวณใกล้เคียงกัน ดังตัวอย่าง Use Case ของการใช้งาน 5G ในโรงงานบริษัท สมบูรณ์ แอ๊ดวานซ์ เทคโนโลยี

3. Dedicated Private Network จะเป็นการให้บริการโดยการติดตั้งอุปกรณ์เครือข่ายเฉพาะสำหรับแต่ละหน่วยงาน ซึ่งโดดเด่นทั้งในเรื่องความเป็นส่วนตัวสูง หรือ High Privacy สามารถบริหารจัดการได้คล่องตัว และทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงระบบและข้อมูลที่เก็บอยู่ได้อย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 3.3 แสดงลักษณะการให้บริการ AIS Business 5G Private Network Type 1, 2, และ 3

นอกจากนี้ ยังมีการให้บริการ MEC (Multi-access Edge Computing) ซึ่งเป็นบริการที่นำเอาศักยภาพในการประมวลผลและการจัดการกับข้อมูล มาอยู่ใกล้กับผู้ใช้งานหรืออุปกรณ์มากขึ้น เพื่อช่วยลดปริมาณการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ และการประมวลผล Cloud อีกทั้ง ยังช่วยลดความหน่วง (Latency) เพื่อตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างทันท่วงที ดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยแบ่งเป็นแบบ Shared MEC และแบบ Dedicated MEC ที่จะช่วยเพิ่มความเป็นส่วนตัวของข้อมูล หรือ Data Privacy กว่าแบบแรก



ภาพที่ 3.4 แสดงลักษณะการให้บริการ AIS Business 5G Multi-access Edge Computing

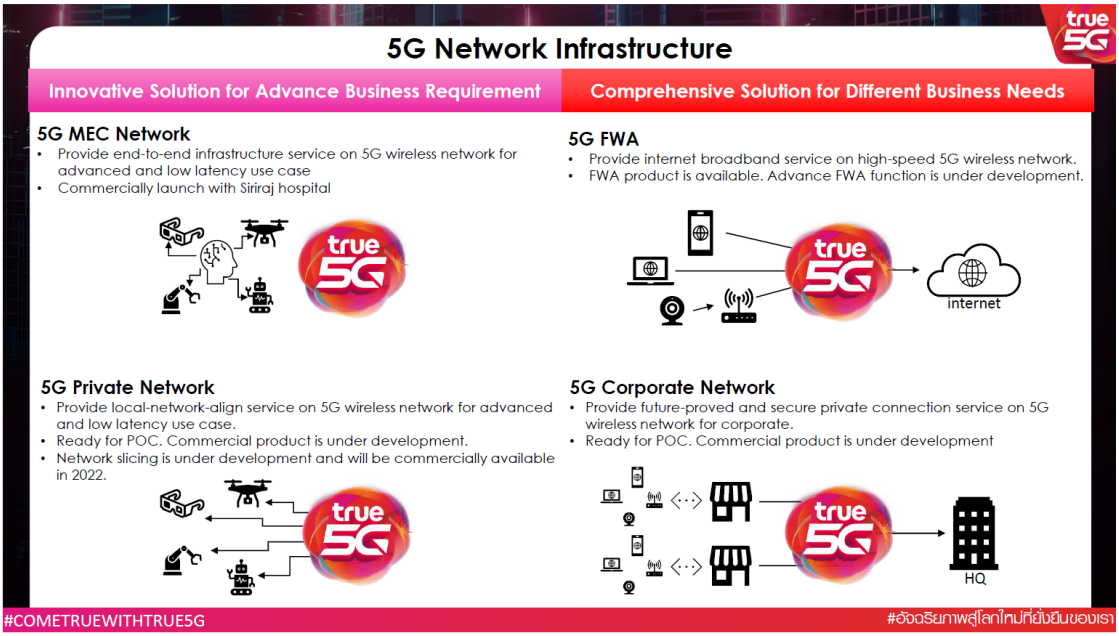
เพื่อการใช้งาน 5G และ MEC ที่ง่ายและรวดเร็วขึ้น AIS พัฒนาแพลตฟอร์ม AIS PARAGON Platform เพื่อรวมศูนย์การบริหารจัดการ 5G, Edge Computing, Clouds และ Applications มาไว้ที่จุดเดียว นักพัฒนาสามารถสร้าง 5G โซลูชันตามความต้องการได้ง่าย และยืดหยุ่น เห็นภาพรวมของการใช้งาน และสามารถปรับเปลี่ยนได้ด้วยตัวเองผ่านแพลตฟอร์ม เพื่อให้เหมาะกับงบประมาณ และความต้องการในแต่ละช่วงเวลา ดังแสดงในรูปที่ 3.5

ภาพที่ 3.5 Platform PARAGON โดย AIS รวมศูนย์การบริหารจัดการ 5G

3.2 บริษัท ทรู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) (TRUE)

จากการหารือขอข้อมูลจากทางบริษัท ทรู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ถึงรูปแบบการให้บริการ 5G ของทาง TRUE ที่สามารถตอบโจทย์ความต้องการขององค์กรและภาคอุตสาหกรรมการผลิต มีการให้บริการ 4 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ซึ่งได้แก่

1. 5G MEC (Multi-access Edge Computing) Network ซึ่งให้บริการ 5G แบบ end-to-end สำหรับ Use Case ที่ต้องการความหน่วงต่ำและมีความต้องการใช้งานเทคโนโลยีขั้นสูง ซึ่งให้บริการในโรงพยาบาลศิริราชแล้ว แต่ยังไม่มีให้บริการแพร่หลายมากนัก
2. 5G FWA (Fixed Wireless Access) เป็นการให้บริการ Internet Broadband ผ่านเครือข่าย 5G โดยปัจจุบันได้เปิดการให้บริการแบบนี้เป็นสาธารณะแล้ว
3. 5G Private Network เป็นการให้บริการที่เฉพาะเจาะจงกับผู้ใช้งานองค์กร ที่ต้องการใช้ Use Cases ที่ต้องการความหน่วงต่ำและมีความต้องการใช้งานเทคโนโลยีขั้นสูงเช่นกัน สามารถร่วมทดลองทำ Proof of Concept (PoC) ได้โดยมีการเปิดให้บริการ Network Slicing ในปี พ.ศ. 2565
4. 5G Corporate Network เป็นบริการ 5G สำหรับองค์กรซึ่งมีความปลอดภัยและเป็นส่วนตัวในการเชื่อมต่อบริการสำหรับองค์กร



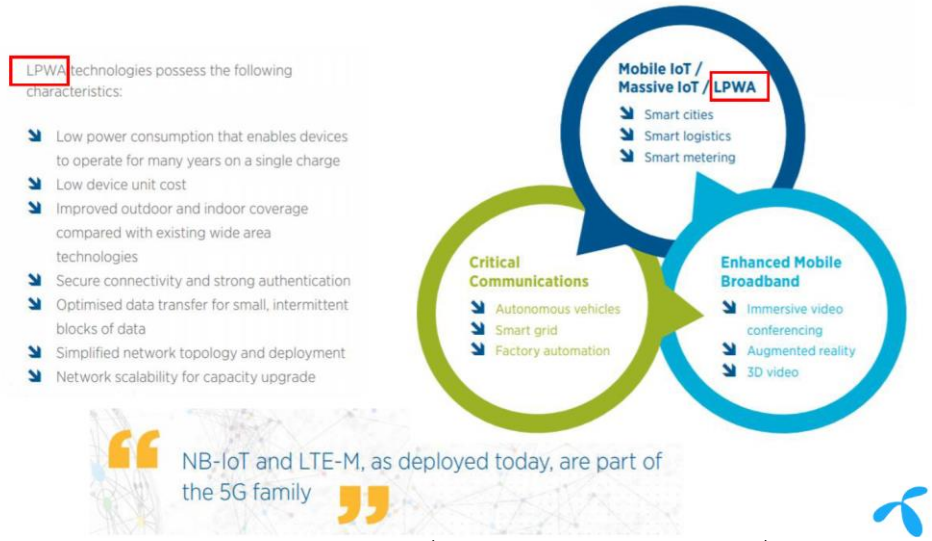
ภาพที่ 3.6 แสดงรูปแบบการให้บริการ 5G สำหรับองค์กรและภาคอุตสาหกรรมของบริษัท TRUE

จากข้อมูลประชาสัมพันธ์สื่อสาธารณะพบว่าทาง TRUE มีการทดลอง 5G Smart Factory ร่วมกับบริษัท Mitsubishi Factory Automation และ บริษัท เลิศวิลัยแอนด์ซันส์ จำกัด (Lertvilai) ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ซึ่งจากการเปิดตัว EEC Automation Park ณ มหาวิทยาลัยบูรพา เมื่อวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2564 มีการอ้างอิงถึงการใช้งานเครือข่าย 5G ร่วมกับ Use Cases: Smart Automation, Smart Inspector, Augmented Reality และ Autonomous Mobile Robot (AMR)

ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างการสาธิตการใช้งาน 5G กับ Use Cases ใน Smart Factory ของ TRUE [13]

3.3 บริษัท โทเทิ่ล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (DTAC)

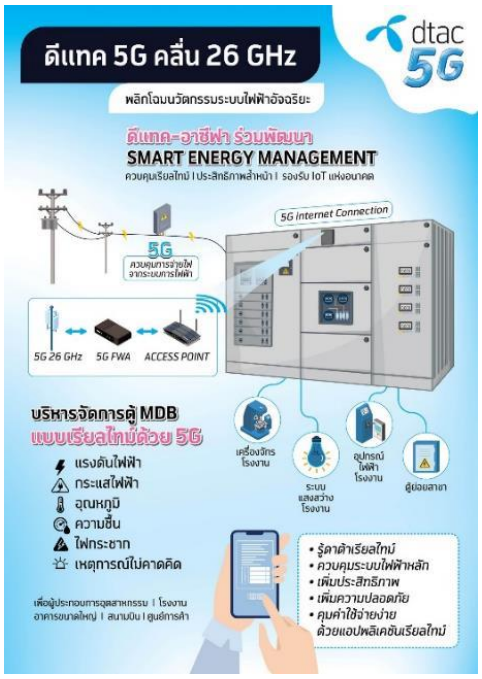
บริษัท โทเทิ่ล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (DTAC) (ปัจจุบันดำเนินการภายใต้ บมจ.ทรู คอร์ปอเรชั่น) ได้ให้ข้อมูลในการใช้งาน Massive Internet of Things (IoT) ผ่านเครือข่าย 5G ของทาง DTAC ว่าสามารถใช้งาน NB-IoT และ LTE-M ได้ที่คลื่นความถี่ 700 MHz (โดยเป็น 5G n28 ซึ่งเดิมเป็น LTE b28) ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ซึ่ง NB-IoT จะมีการวิวัฒนาการต่อเนื่องให้เป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยี 5G เพื่อให้บริการในกลุ่ม Low Power Wide Area (LPWA) Network ตามมาตรฐานของ 3GPP ดังที่ระบุเป็นข้อมูลในรูปที่ 3.8 และรูปแบบของแถบคลื่นความถี่ NB-IoT ที่จะแทรกอยู่ในแถบคลื่นความถี่ 5G ในอนาคตดังแสดงในรูปที่ 3.9 ทั้งนี้ ทาง DTAC ยืนยันว่าการเชื่อมต่อ NB-IoT ที่คลื่นความถี่ 700 MHz ของทางบริษัทเป็นการเชื่อมต่อเข้า 5G Core Network ในปัจจุบัน การใช้งาน 5G CPE ที่สามารถใช้คลื่น 5G ที่ 700MHz ของ DTAC ก็สามารถใช้งานได้เช่นกัน



ภาพที่ 3.8 แสดงข้อมูล NB-IoT และ LTE-M ที่จะมีวิวัฒนาการไปเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐาน 5G

ภาพที่ 3.9 แสดงการวิวัฒนาการ NB-IoT ให้ไปเป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยี 5G ในการให้บริการ LPWA

จากข้อมูลประชาสัมพันธ์สื่อสาธารณะพบว่าทาง DTAC มีการใช้งานคลื่น 26 GHz โดยร่วมทดลองกับบริษัท ASEFA ดังแสดงในรูปที่ 3.10 และมีการประชาสัมพันธ์การให้บริการภาคธุรกิจในส่วนของ 5G Private Network ในรูปที่ 3.11 ทั้งนี้การให้บริการในลักษณะ Private Network ทาง DTAC แจ้งว่าจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม หากต้องการติดตั้งเสาสถานีฐานในโรงงานจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมเช่นกัน และจะมีค่าบริการทางด้านซอฟต์แวร์สำหรับใช้ในเครือข่ายหลัก (Core Network) เพิ่มเติมแล้วแต่กรณี



ภาพที่ 3.10 แสดงการใช้งาน 5G ของ DTAC สำหรับ Smart Energy Management ร่วมกับบริษัทอาซีฟา (ASEFA) [14]

ภาพที่ 3.11 แสดงข้อมูลการให้บริการ 5G Private Network สำหรับอุตสาหกรรม 4.0 ของ DTAC [15]

3.4 บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) (NT)

จากข้อมูลที่สืบค้นได้ในสื่อสาธารณะพบว่าทางบริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) ได้ลงนามความร่วมมือกับบริษัท Chunghwa Telecom ซึ่งเป็นผู้ให้บริการโทรศัพท์มือถือ 5G จากไต้หวัน และมีบริษัท เดอะ ไวท์สเปซ เป็นผู้ให้บริการ MVNO (Mobile Virtual Network Operator) มีส่วนร่วมในการทดลองการให้บริการ 5G แบบ Private Network บนคลื่นความถี่ 26 GHz สำหรับโรงงาน DELTA Electronics (ประเทศไทย) ซึ่งเป็นโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย โดยเป็น Use Case ที่เกี่ยวกับการใช้แว่น Augmented Reality (AR) ในการฝึกอบรมพนักงาน การให้ความช่วยเหลือในการปฏิบัติการ และการควบคุมอุปกรณ์ด้วยภาพจากทางไกล และมีแผนจะทำการทดสอบแอปพลิเคชันอัจฉริยะของ AGV ในโรงงานที่มีเครือข่าย 5G รองรับด้วยเช่นกัน [16]

3.5 การให้บริการ 5G สำหรับภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย

จากข้อมูลที่รวบรวมในบทนี้ จะเห็นได้ว่าทางผู้ให้บริการมีการขยายบริการที่เพิ่มเติมไปจากการให้บริการในแบบ Consumer Grade ไปสู่การให้บริการในระดับ Enterprise Grade ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปใช้งานกับทางภาคอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศได้ และคาดว่าจะมีบริการที่เกี่ยวข้องทยอยเปิดให้บริการเมื่อมาตรฐานของเทคโนโลยี 5G มีการพัฒนาคุณสมบัติเพิ่มเติมที่สามารถตอบโจทย์ความต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มดังที่ได้สรุปไว้ในบทที่ 2

บทที่ 4 การทดลอง 5G Use Cases สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและคลังสินค้าในประเทศไทย

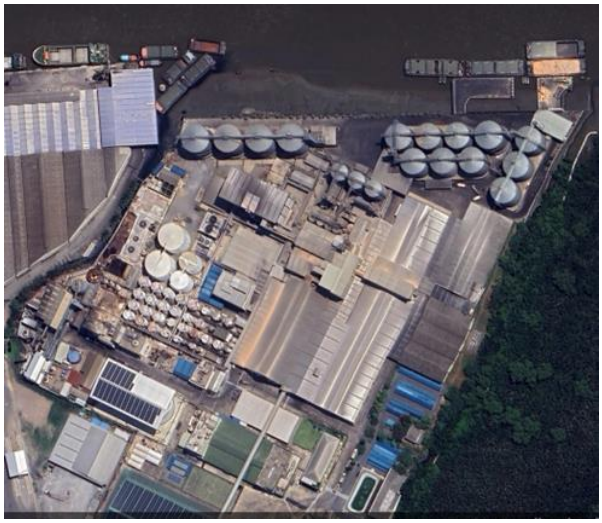
ในบทนี้เสนอรายงานการใช้งานเทคโนโลยี 5G สำหรับ Smart factory/Manufacturing ตามที่คณะผู้วิจัยได้ดำเนินงานตามเป้าประสงค์ของ กทปส. โดยมีการแบ่งเนื้อหาตามสถานที่ทดลองทดสอบจำนวน 3 แห่ง ข้อมูลพื้นฐาน ความต้องการของทางโรงงานและคลังสินค้าที่ต้องการแก้ปัญหาในการทำงานและข้อมูลเกี่ยวกับ Use Case ที่มีการใช้เทคโนโลยีอื่น ๆ มาประกอบกับการใช้งานเครือข่าย 5G

4.1 บริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด (TVOP)

ข้อมูลพื้นฐาน: โรงงานตั้งอยู่ที่อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ ประกอบธุรกิจผลิตน้ำมันพืชและไขมันจากพืช วัตถุดิบอาหารสัตว์ เลซิทินจากถั่วเหลือง และอื่น ๆ เช่น กรดน้ำมันถั่วเหลือง

ปัญหา/ความต้องการในการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม: ทางโรงงานต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต รวมถึงกระบวนการทำงาน ต้องการให้มีการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว มีระบบอัตโนมัติมาสนับสนุนบางส่วน เนื่องจากการใช้คนมีความเหนื่อยล้าจากการทำงาน เสี่ยงต่อความไม่ปลอดภัย นอกจากนั้นทางบริษัทมีแผนในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทั้งในและต่างประเทศ ไม่ว่าจะเป็นด้านเทคโนโลยีและบุคลากร เพื่อทดแทนการนำเข้ากากพืชน้ำมัน และการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ทั้งหมดของบริษัท

จากการหารือเบื้องต้นทางโรงงานมีความต้องการปรับปรุงการทำงานในส่วนของโกดังเก็บน้ำมันพืช บรรจุภาชนะ เช่น บรรจุขวดและปี๊บ และโกดังกากพืชน้ำมัน ด้วยการใช้งานรถยกอัตโนมัติในลักษณะ Autonomous Forklift หรือ AGV นอกจากนี้ยังมีความต้องการตรวจจับระดับของเหลวในถังน้ำมันพืชทั้งขนาดเล็กและใหญ่ด้วยเซนเซอร์แบบเรดาร์ในพื้นที่ฟาร์มถังน้ำมัน (Tank Farm) ที่มีไม่ต่ำกว่า 60 ถังกระจายอยู่ทั่วทั้งพื้นที่โรงงาน โดยมีพื้นที่หลักดังที่แสดงในแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมของโรงงาน บริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด (TVOP) ดังรูปที่ 4.1

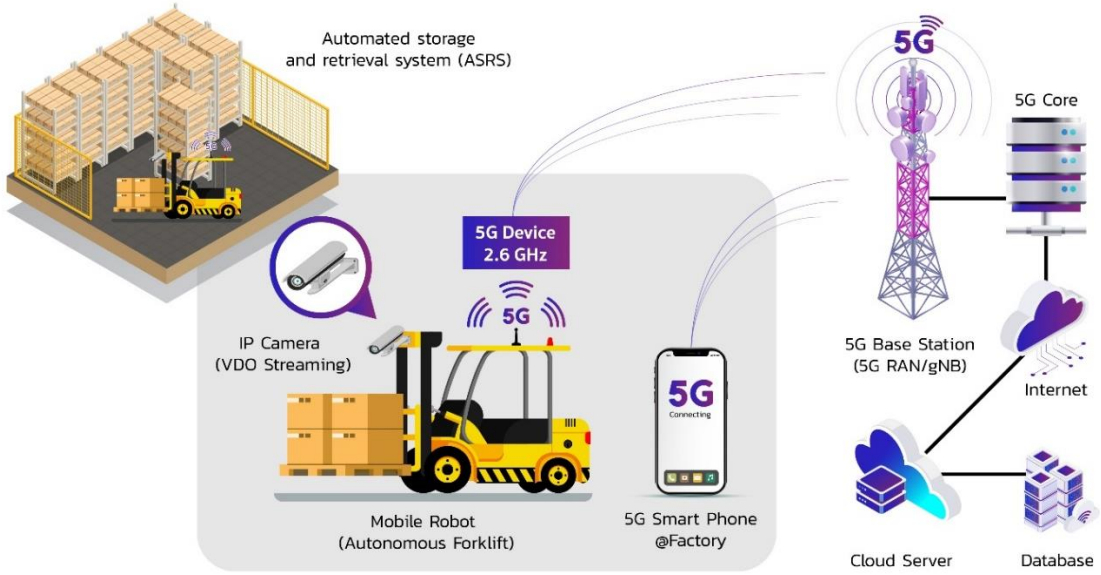


ภาพที่ 4.1 แสดงพื้นที่โกดังน้ำมันพืช โกดังกากพืชน้ำมัน ฟาร์มถังน้ำมัน ในบริเวณโรงงานบริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด (TVOP)

<u>กรณีใช้งาน 5G Mobile Robot</u>

สำหรับ 5G Use Case แรกที่ดำเนินงานในโครงการเป็นการใช้งานร่วมกับรถยกอัตโนมัติ (Autonomous Forklift) หรือ Mobile Robot เพื่อทำการขนพาเลท (Pallet) ลังบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช และทำการจัดวางผลิตภัณฑ์น้ำมันเพื่อเตรียมการส่งมอบให้กับลูกค้า ซึ่งสอดคล้องกับแผน Smart Warehouse with Mobile Robots ของโรงงาน โดยปกติมีเจ้าหน้าที่ในโรงงานขับรถ Forklift ไปยกพาเลท และขับไปเก็บในบริเวณโกดังที่เป็นพื้นที่จัดเก็บ ซึ่งหากมีการใช้งานรถ Autonomous Forklift จะสามารถติดตั้งอุปกรณ์สื่อสาร 5G เพื่อช่วยควบคุมและติดตามการทำงานรถได้ ซึ่ง Use Case สามารถลดการใช้แรงงานคนได้ นอกจากนี้จะมีการติดตั้งกล้อง Digital IP Camera ด้านหน้ารถยกอัตโนมัติเพื่อส่ง Streaming VDO เซิร์ฟเวอร์ที่ควบคุมรถ เพื่อใช้ในการติดตามการทำงานของรถด้วย ซึ่งใน Use Case นี้อาจจะสามารถทดสอบคุณสมบัติของ 5G ในกรณี uRLLC และ eMBB ได้ แต่อย่างไรก็ตามคณะวิจัยค้นพบว่าอุปกรณ์ 5G ที่มีอยู่ท้องตลาดในปัจจุบันยังไม่มีอุปกรณ์ตามมาตรฐาน Release 16 ที่รองรับ uRLLC ได้ จึงทำให้ยังไม่สามารถทดลอง uRLLC ได้ในโครงการนี้

คณะวิจัยได้ทำการออกแบบระบบเบื้องต้นสำหรับ 5G Use Case แรกนี้ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งจะมีการติดตั้งกล้อง Digital IP Camera ไว้ด้านหน้ารถยก (Autonomous Forklift/Mobile Robot) และบนตัวรถจะมีอุปกรณ์ 5G แบบ 5G CPE ที่ทำงานที่ความถี่ 2600MHz เพื่อส่งข้อมูล VDO Streaming และสื่อสารข้อมูลการควบคุมรถยกไปยังระบบอื่น ๆ



ภาพที่ 4.2 แสดงไดอะแกรมการทำงานของระบบที่ออกแบบสำหรับ 5G Use Case Mobile Robot

จากการประเมินราคารถ Forklift อัตโนมัติเบื้องต้น คณะวิจัยพบว่ามูลค่าของรถ Forklift ที่สามารถยกพาเลทของผลิตภัณฑ์น้ำมันพืชที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 600 กิโลกรัมจนถึง 1,200 กิโลกรัม ตามความต้องการข้างต้นจะมีมูลค่าไม่ต่ำกว่า 1 ล้านบาท ทำให้งบประมาณที่คณะวิจัยขอไว้ในโครงการทุน กทปส. ไม่เพียงพอ

ต่อการนำมาใช้งานกับ Use Case นี้ได้ ซึ่งเป็นข้อสังเกตได้ว่ามีความจำเป็นต้องลงทุนเพิ่มนอกเหนือจากการใช้งานเครือข่าย 5G ในการปรับปรุงการทำงานของโรงงาน

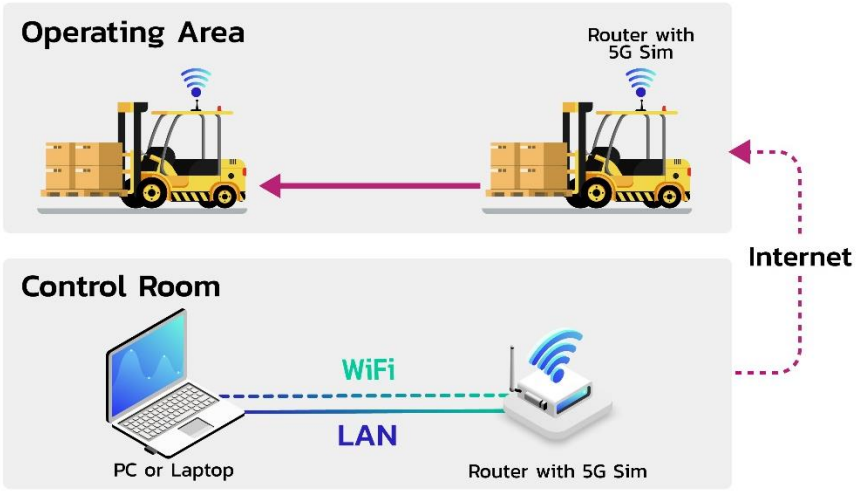
ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการปรับแผน โดยทำการสำรวจความต้องการของทางโรงงานที่มีลักษณะการทำงานที่ใกล้เคียงกับ Use Case ข้างต้นนี้ พบว่าทางโรงงานมีคลังบรรจุเลซิทิน (Lecithin) ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารเสริมน้ำมันปลา ดังแสดงรูปที่ 4.3 ที่ผลิตได้ในกระบวนการของโรงงาน ซึ่งสามารถใช้งานรถ AGV ขนาดเล็กในการขนส่งวัสดุและอุปกรณ์ในพื้นที่คลังนี้ได้ โดยสามารถใช้รถ AGV ที่สามารถขนวัสดุที่มีน้ำหนักไม่เกิน 60 กิโลกรัมได้ ซึ่งรถ AGV ที่สามารถขนที่ขนาดน้ำหนักนี้จะมีมูลค่าประมาณ 500,000 – 700,000 บาท ดังนั้นคณะวิจัยจึงได้ปรับแผนการทดลอง 5G Use Case ในกรณีแรกนี้ใหม่เป็นการใช้งาน 5G ร่วมกับรถ AGV ขนาดพิกัดขนถ่ายไม่เกิน 60 กิโลกรัม

ภาพที่ 4.3 แสดงคลังเก็บสินค้าเลซิทินที่ผลิตเสร็จจากท้ายสายการผลิต

สำหรับคุณสมบัติของรถ AGV ขนาดเล็กจำนวน 1 คัน ที่นำมาใช้งานในคลังบรรจุเลซิทินของโรงงาน TVOP มีคุณสมบัติเบื้องต้นดังนี้

- ขนาด กว้าง X ยาว X สูง ของรถ AGV ไม่เกิน 700 X 900 X 500 mm
- โครงสร้างขึ้นรูปจากอะลูมิเนียมโพรไฟล์
- มอเตอร์ขับเคลื่อนแบบ Brushless DC Motor จำนวน 2 ตัว มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว ใช้แรงดันไฟฟ้า 12 หรือ 24 โวลต์ DC และมี Encoder ขนาดไม่ต่ำกว่า 1024 เส้นติดตั้งมาพร้อมกับมอเตอร์
- สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ไม่ต่ำกว่า 50 กิโลกรัม แต่ไม่เกิน 60 กิโลกรัม
- แบตเตอรี่แบบ $LiFePo_4$ หรือ NMC ขนาด 12 หรือ 24 โวลต์ มีความจุไม่น้อยกว่า 75 Ah
- ใช้หน่วยประมวลผลเป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กรุ่น Intel NUC (Next Unit of Computing)
- มีกล้อง Webcam ติดตั้งที่รถ AGV เพื่อให้มองเห็นเส้นทางของรถ

ในการทดสอบการควบคุมรถ AGV ผ่านระบบการสื่อสาร 5G จะมีรูปแบบการใช้อุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 4.4 โดยจะแบ่งส่วนหลักเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนควบคุมในห้อง Control room และส่วนตัวรถ AGV ในพื้นที่การใช้งาน Operating Area และทำการติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณ 5G ที่เรียกว่า 5G Customer Premises Equipment (5G CPE) ที่ใส่ซิมการ์ด 5G แบบ Fixed IP โดยคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมจะต่อกับ 5G CPE ผ่านสาย Ethernet LAN หรือ Wi-Fi และคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กรุ่น Intel NUC บนรถ AGV จะต่อกับ 5G CPE ผ่านสาย Ethernet LAN เพื่อเชื่อมต่อ Internet ด้วยระบบการสื่อสาร 5G



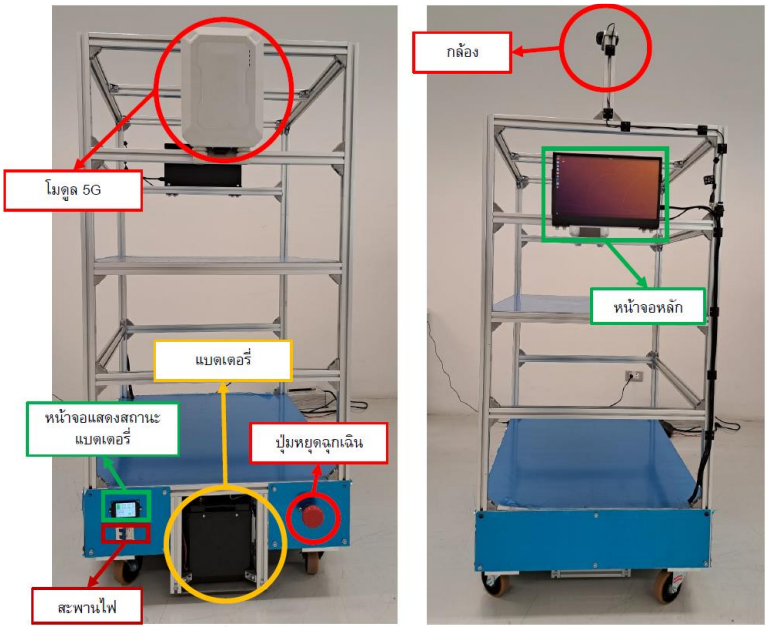
ภาพที่ 4.4 การควบคุมรถ AGV ด้วยสัญญาณระบบการสื่อสาร 5G โดยส่งคำสั่งจาก Control Room

ในพื้นที่ Control Room ซึ่งประกอบไปด้วย PC หรือ Laptop ที่ได้ลงโปรแกรมควบคุมรถ AGV จะส่งคำสั่งการควบคุมรถไปที่ Web Application ผ่านอุปกรณ์ 5G CPE ไปทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ในส่วนของการรับส่งสัญญาณบนตัวรถ AGV ซึ่งมีคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ได้ลงโปรแกรมควบคุมรถ AGV เช่นเดียวกันจะสื่อสารและรับคำสั่งจาก Web Application จากเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผ่านอุปกรณ์ 5G CPE และทำการขับเคลื่อนระบบ Drive-by-Wire ให้รถวิ่งไปในทิศทางที่ต้องการ และทำการเปรียบเทียบผลการทำงานของรถ AGV เพื่อดูประสิทธิภาพในการทำงาน เช่น ความต่อเนื่องในการเคลื่อนที่ของรถ AGV, อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล Upload/Download ของระบบการสื่อสาร และคุณภาพของการส่งภาพที่ถ่ายจากกล้อง Webcam ที่ติดกับรถ เป็นต้น สำหรับการใช้งานในรูปแบบนี้จะเป็นการใช้งาน Mobile Robots เพื่อช่วยขนวัสดุน้ำหนักไม่มากให้กับเจ้าหน้าที่ในคลังบรรจุเลซิทินของโรงงาน TVOP และจะสามารถปรับไปใช้กับรถ Forklift อัตโนมัติในอนาคตเมื่อโรงงานลงทุนจัดหารถดังกล่าวมาใช้งาน

คณะผู้วิจัยได้นำชุดรถ AGV ขนาดเล็กไปส่งที่โรงงาน เพื่อเตรียมใช้ในการทดลอง 5G Use Case กับคลังบรรจุเลซิทิน วิศวกรและเจ้าหน้าที่คลังของโรงงานได้ให้ความอนุเคราะห์สำหรับการทดลองเบื้องต้นเพื่อทดสอบระบบรถ AGV ขนาดเล็กในพื้นที่คลังบรรจุเลซิทิน ดังแสดงในรูปที่ 4.5

ภาพที่ 4.5 แสดงการทดลองควบคุมรถ AGV ขนาดเล็กเพื่อขนถังบรรจุเลซิทินขนาด 20 กิโลกรัม จำนวน 2 ถัง

รูปที่ 4.6 แสดงองค์ประกอบสำคัญที่อยู่บนรถ AGV ขนาดเล็กที่ใช้ในโครงการนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย 5G CPE, กล้อง Web Camera, หน้าจอ LCD หลักสำหรับแสดงผลสถานะของโปรแกรมควบคุมการทำงานที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux, แบตเตอรี่, ปุ่มหยุดฉุกเฉิน, และหน้าจอแสดงสถานะแบตเตอรี่ ทั้งนี้ยังมีข้อจำกัดในการทำงานในแบบควบคุมจากระยะไกล (Teleoperated) เท่านั้น ยังไม่มีโปรแกรมควบคุมเพื่อการทำงานแบบอัตโนมัติ (Autonomous) แต่สามารถเพิ่มเติมได้ในภายหลังโดยต้องมีงบประมาณเพิ่มเติม



ภาพที่ 4.6 แสดงองค์ประกอบหลักของรถ AGV ขนาดเล็กที่นำมาใช้งานในโครงการนี้

ผลการทดลอง Use Case: Mobile Robot (AGV)

ในการทดลองใช้ระบบ Teleoperated AGV มีการรับส่งสัญญาณผ่านระบบการสื่อสาร 5G โดยใช้บริการเครือข่ายของบริษัท ทรู คอร์ปอเรชั่น จำกัด พื้นที่คลังบรรจุเลซิทินที่ทำการทดสอบ Use Case AGV มีระยะทางประมาณ 40 เมตร ในการทดสอบขนส่งจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทาง จะทำการควบคุมรถ AGV เพื่อขนถ่ายถังเลซิทินขนาดน้ำหนัก 20 กิโลกรัมต่อถัง ซึ่งจะเริ่มจากการบรรจุเลซิทินลงถังก่อนจะส่งออกมาตามสายพาน เพื่อส่งมาที่จุดเริ่มต้นในการทดสอบ โดยจะวางบนแท่นพาเลท (Pallet) ที่สามารถวางเลซิทินได้จำนวน 25 ถัง ข้อดีของการใช้ระบบ AGV นี้คือเหมาะสมกับการใช้งานขนถ่ายพัสดุภายในโรงงานหรือพื้นที่แคบที่รถ Forklift ขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าถึงได้

เมื่อเริ่มการทดสอบมีการนำรถ AGV มาติดตั้งที่บริเวณจุดเริ่มต้นของการขนถ่ายถังเลซิทิน ซึ่งรถ AGV มีจำนวนชั้นวาง 2 ชั้น แต่ละชั้นถูกออกแบบมาให้สามารถวางถังเลซิทินได้ชั้นละ 2 ถัง ทำให้สามารถขนถ่ายได้ครั้งละมากที่สุดจำนวน 4 ถัง หรือคิดเป็นน้ำหนักสูงสุด 80 กิโลกรัม มีความเร็วในการเคลื่อนที่สูงสุด 0.5 เมตรต่อวินาที หรือ 1.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การขนส่งจะมีจุดหมายอยู่ที่พาเลทวางถังเลซิทินอีกด้านหนึ่งของโรงเก็บ โดยอยู่ห่างจากจุดเริ่มต้นเป็นระยะทาง 40 เมตร โดยหนึ่งพาเลทสามารถวางถังเลซิทินได้ทั้งหมดจำนวน 25 ถัง หลังจากการทดสอบโดยแบ่งออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ การขนส่งถังเลซิทินรอบละ 2 ถัง จำนวนหนึ่งรอบ การขนส่งถังเลซิทินรอบละ 2 ถังจนครบหนึ่งพาเลท และการขนส่งถังเลซิทินรอบละ 3-4 ถัง จนครบหนึ่งพาเลท โดยมีผลการทดสอบจับเวลาแสดงอยู่ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการจับเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายถังเลซิทินในแต่ละกรณี

Parameters	Results		
Lecithin Load per Trip	2 Units	2 Units	3-4 Units
Oil Transport	2	25	25
Time Consumption	11:40 Minutes 700 seconds	11:40 Minutes 700 seconds	11:40 Minutes 700 seconds

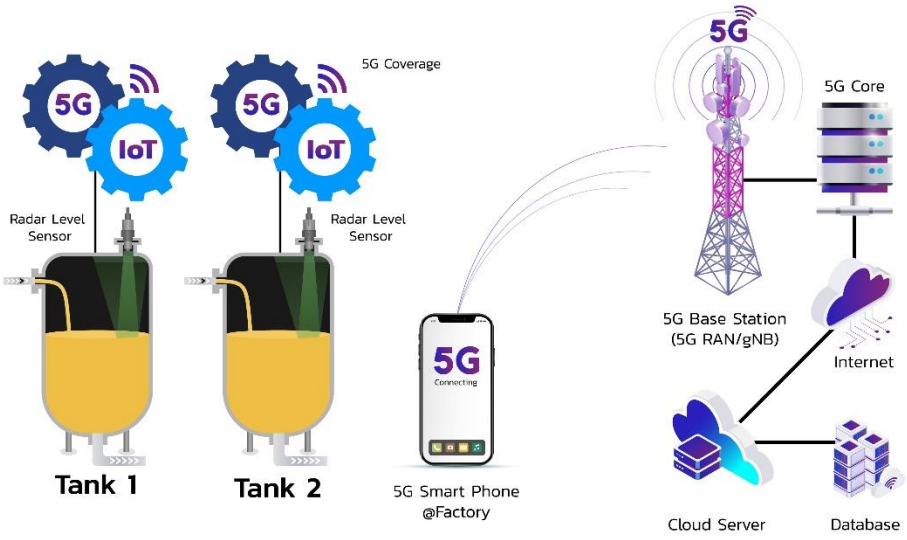
จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าในการขนส่งกรณีแรกจะใช้เวลา 1 เที่ยวเท่ากับ 86 วินาที หรือ คิดเป็นเวลาเฉลี่ย 43 วินาทีต่อถัง โดยนับเวลาตั้งแต่รถ AGV รับถังมาจากจุดเริ่มต้นและนำไปส่งยังจุดปลายทางแล้วกลับมาที่จุดเริ่มต้นอีกครั้ง ซึ่งเมื่อเทียบกับกรณีที่ 2 ที่มีการขนส่งจนครบพาเลท 25 ถังโดยกรณีที่ 2 จะใช้เวลาเฉลี่ย 28 วินาทีต่อ 1 ถัง สำหรับกรณีที่ 3 จะทำการเพิ่มจำนวนถังในการขนส่งแต่ละรอบให้เป็น 3-4 ถัง โดยจะใช้เวลาทั้งหมด 480 วินาทีหรือเฉลี่ย 19 วินาทีต่อถัง

การวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ของระบบ Mobile Robot (AGV) ในโรงงานอุตสาหกรรม

จากการทดสอบระบบรถ AGV ซึ่งควบคุมผ่านการสื่อสารแบบ 5G พบว่าการใช้งานที่เหมาะสมจะเป็นการขนส่งสินค้าขนาดกลางและขนาดเล็กที่มีน้ำหนักรวมไม่เกิน 80 กิโลเมตร ในพื้นที่โรงงานกระบวนการผลิตหรือโรงคลังสินค้าที่มีเส้นทางขนส่งแคบ ซึ่งเป็นบริเวณที่รถ Forklift ขนสินค้าขนาดใหญ่ไม่สามารถผ่านได้ ระบบรถ AGV สามารถขับเคลื่อนด้วยพนักงานทั่วไปที่ไม่ต้องอาศัยความรู้เฉพาะเหมือนอย่างการขับรถ Forklift เพียงแค่ใช้ Joystick และมองผ่านกล้อง IP Camera ที่ติดกับตัวรถ AGV

กรณีใช้งาน 5G Smart Tank Farm

สำหรับ 5G Use Case อีกกรณีสำหรับโรงงานนี้ จะมีการติดตั้ง IoT Sensor แบบเรดาร์ตรวจวัดระดับของเหลว (Liquid Level Measurement RADAR) ในถังของเหลวขนาดใหญ่ จำนวน 2 ถัง ซึ่งสามารถจัดได้ว่าเป็นการใช้ประโยชน์ 5G ในกลุ่ม massive Machine Type Communication (mMTC) ได้ และเนื่องจากถังเก็บของเหลวสองถังนี้มีถังแรกเป็นถังเก็บของเหลวที่ใช้ก่อนเข้ากระบวนการผลิต และถังที่สองใช้เก็บของเหลวหลังการผลิต ซึ่งทางโรงงานต้องการทราบระดับของเหลวแบบ Real Time ซึ่งถือได้ว่าเป็น 5G Use Case Condition-based Monitoring ที่เป็นประโยชน์ต่อโรงงาน และสามารถใช้ประโยชน์เครือข่าย 5G ที่มีพื้นที่ให้บริการครอบคลุม หากมีการติดตั้ง 5G IoT Sensor เหล่านี้ทั่วทั้งโรงงานที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่และมีถังของเหลวขนาดใหญ่กระจายอยู่รอบ ๆ โรงงาน คณะวิจัยได้ทำการออกแบบระบบเบื้องต้นสำหรับ 5G Use Case ที่สองนี้ ดังแสดงในไดอะแกรมของรูปที่ 4.7 และใช้ผลงานวิจัยของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ที่เรียกว่า NETPIE ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งในการเชื่อมต่อข้อมูล Sensor นี้ขึ้นไปยังระบบ Cloud Server



ภาพที่ 4.7 แสดงไดอะแกรมการทำงานของระบบที่ออกแบบสำหรับ 5G Use Case Condition-based Monitoring

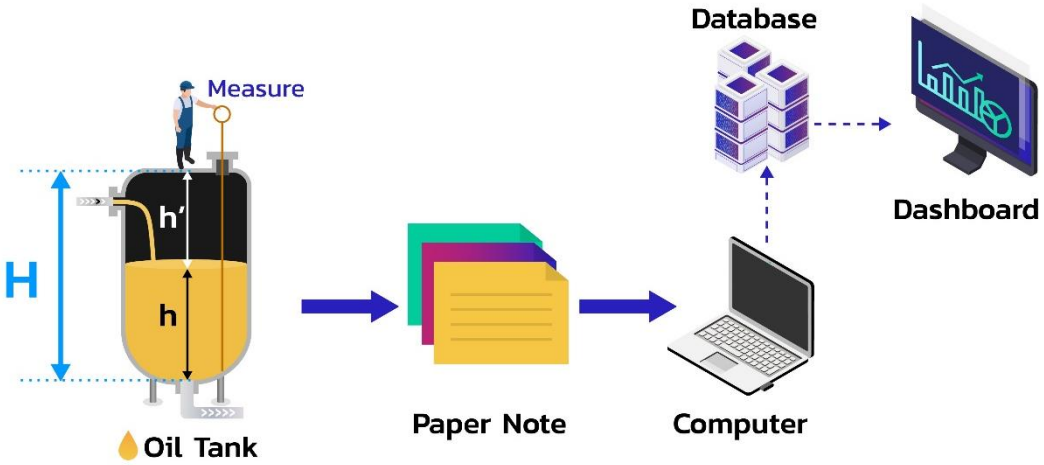
โดยปกติการตรวจเช็คระดับของเหลวในถังขนาดใหญ่จะดำเนินการโดยให้พนักงานขึ้นไปบนถังเพื่อตรวจวัดระดับความสูงของเหลวจากด้านบนถังโดยใช้แท่งเหล็กยาวจุ่มลงในถัง โดยให้แท่งเหล็กสัมผัสก้นถังและวัดความยาวของคราบน้ำมัน และจดข้อมูลเพื่อนำไปกรอกข้อมูลลงระบบฐานข้อมูล โดยการวัดระดับกระทำวันละ 2 ช่วง โดยอาศัยพนักงาน 1 คนต่อ 1 กะงาน ทางโรงงาน TVOP มีแผนจะเปลี่ยนวิธีการวัดระดับด้วยแรงงานคนไปเป็นการใช้ระบบ Sensor วัดระดับ ทั้งนี้ทางโรงงานได้ติดตั้งระบบ Sensor และเดินสายการสื่อสัญญาณผ่านระบบสายเคเบิลเข้าสู่ระบบ SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) ของโรงงานกับถังน้ำมันบางส่วน รูปที่ 4.8 แสดงตัวอย่างทางเดินที่เชื่อมต่อระหว่างฝาของถังของเหลวในโรงงาน

ภาพที่ 4.8 ถังบรรจุของเหลวขนาดใหญ่และขนาดเล็กในพื้นที่โรงงาน

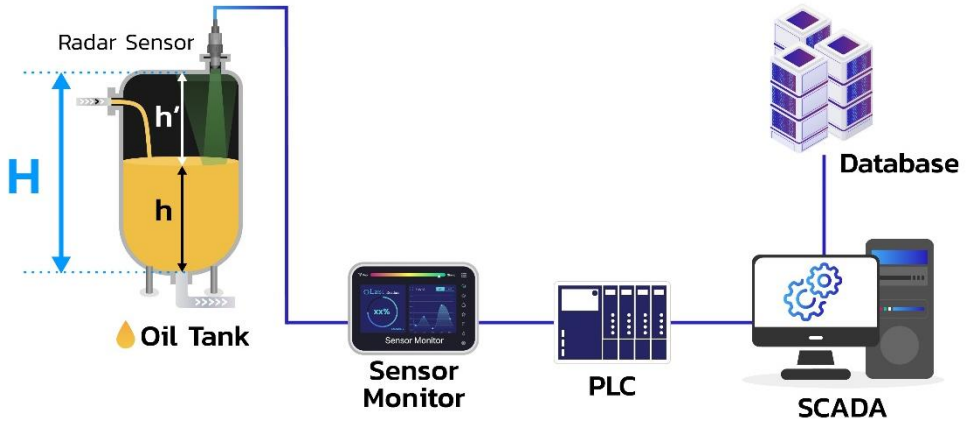
คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบ IoT สำหรับ Smart Tank Farm เริ่มต้นจากการกำหนดถังที่ใช้ทดสอบ ภายหลังจากการสำรวจพื้นที่หน้างานจริง และหารือแนวทางเป็นไปได้ในการติดตั้งระบบกับทางวิศวกรของโรงงาน โดยสามารถสรุปเงื่อนไขในการออกแบบระบบ และวางแผนการติดตั้งระบบดังนี้

- สถานที่ในการติดตั้งเป็นพื้นที่กลางแจ้งและอุณหภูมิสูงเนื่องจากรับแสงแดดโดยตรง ดังนั้นการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ที่จะมาติดตั้งต้องคำนึงถึงความสามารถในการทนทานต่อความร้อนเนื่องจากแสงแดดและความชื้นเนื่องจากฝน
- จุดติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับระดับของเหลวในถัง โดยพื้นที่ฝาถังเป็นจุดที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งเซนเซอร์
- การติดตั้งระบบรับสัญญาณจากเซนเซอร์เพื่อส่งข้อมูลเข้าสู่ IoT cloud platform ต้องคำนึงถึงผลกระทบจากความร้อน, ความชื้น และระยะทางในการเดินสายส่งสัญญาณ ซึ่งมีผลต่อขนาดการลดทอนของสัญญาณ
- การเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอลต่าง ๆ อย่างเหมาะสม

รูปที่ 4.9 และ 4.10 แสดงแบบไดอะแกรมของกระบวนการวัดระดับของเหลวในถังก่อนมีการติดตั้งทดลอง 5G Use Case โดยรูปที่ 4.9 แสดงแบบจำลองการส่งข้อมูลด้วยคน และรูปที่ 4.10 แสดงแบบจำลองการออกแบบการส่งข้อมูลด้วยระบบเซนเซอร์ผ่านสายเคเบิลเข้าสู่ระบบ SCADA ซึ่งยังไม่ได้ใช้เครือข่าย 5G



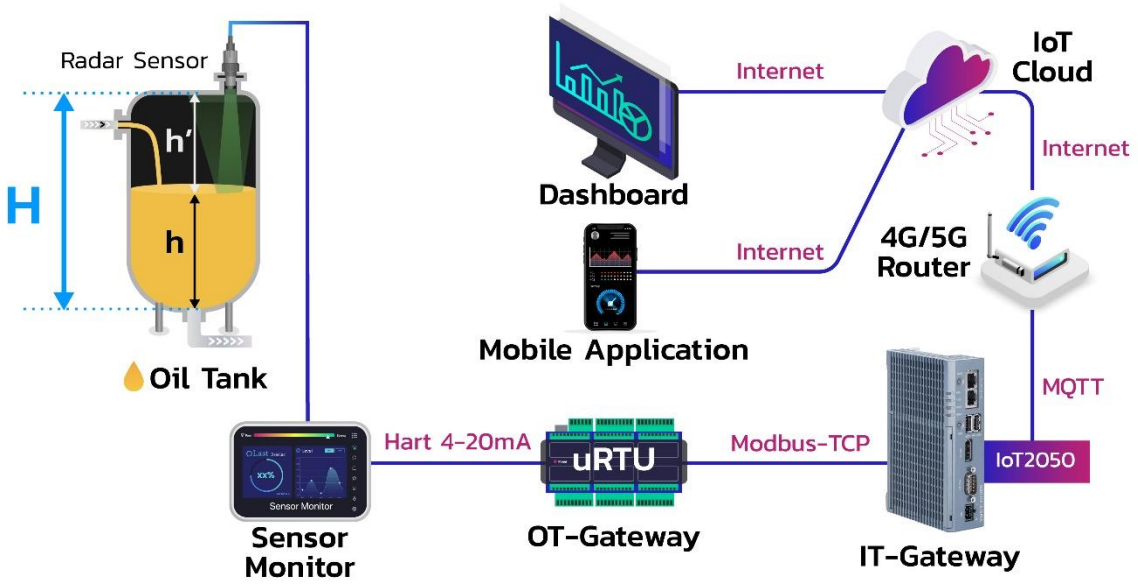
ภาพที่ 4.9 Diagram ของระบบตรวจวัดระดับน้ำมันด้วยเจ้าหน้าที่และแสดงผลผ่านระบบ SCADA



ภาพที่ 4.10 Diagram ของระบบตรวจวัดระดับน้ำมันผ่านสายเคเบิลและแสดงผลผ่านระบบ SCADA

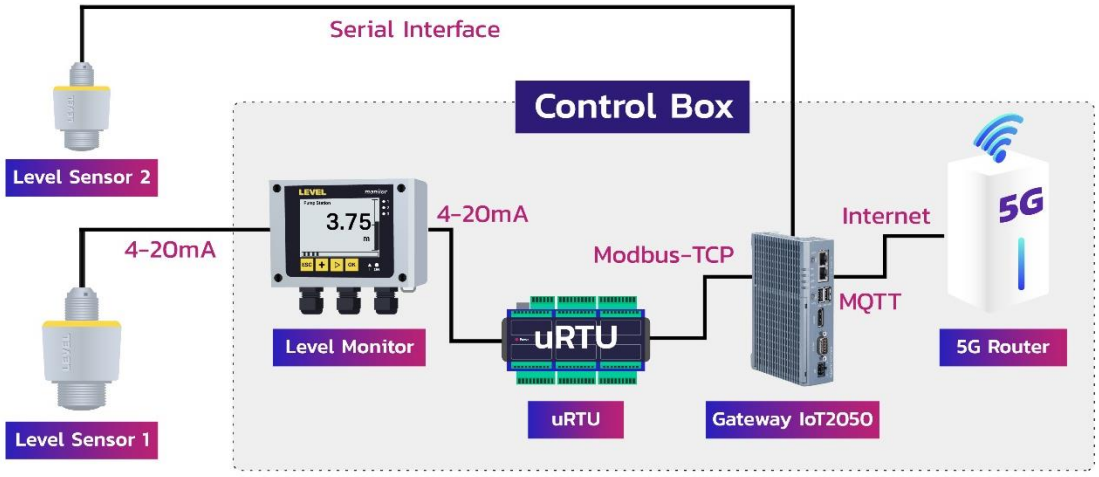
ทีมนักวิจัยได้ทำการออกแบบระบบการวัดระดับน้ำมันด้วย IoT โดยการนำระบบการส่งข้อมูล IoT เข้ามาทดแทนกระบวนการส่งข้อมูลที่เดินทางด้วยแรงงานคน ในการออกแบบต้องคำนึงถึงโพรโทคอลที่ใช้ในการสื่อสารจากต้นทางไปยังปลายทาง โดยอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ทางทีมวิจัยเลือกใช้ ส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล Hart 4-20mA ซึ่งเป็นโพรโทคอลสัญญาณแอนะล็อก (Analog) ดังนั้นจึงต้องทำการแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัล (Digital) ด้วยอุปกรณ์ Universal Remote Terminal Unit (uRTU) โดย Output หรือข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ uRTU จะถูกส่งผ่าน Modbus TCP เข้าสู่ IoT Gateway เพื่อแปลงสัญญาณ

ให้เป็นข้อความที่สื่อสารด้วยโพรโทคอล MQTT เพื่อส่งข้อมูลไปยัง IoT Cloud Platform ที่พัฒนาโดยคณะผู้วิจัย โดยมี Diagram ของระบบที่คณะผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อนำไปติดตั้งที่โรงงานดังรูปที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 Diagram ของระบบตรวจวัดระดับน้ำมันผ่านสายเคเบิลและแสดงผลผ่านระบบ IoT (ผ่านโครงข่ายการสื่อสาร 4G/5G)

คณะผู้วิจัยได้ออกแบบระบบตู้ควบคุมเพื่อเชื่อมต่อเซนเซอร์จากฝาถังของเหลวจำนวน 2 ถัง เพื่อเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ Universal Remote Terminal Unit (uRTU) ที่พัฒนาโดยเนคเทค อุปกรณ์ IoT Gateway ของบริษัท Siemens รุ่น IoT2050 และอุปกรณ์สื่อสาร 5G เช่น 5G CPE ดังแสดงในรูปที่ 4.12 ด้านล่าง ทั้งนี้ ตู้ควบคุมอุปกรณ์ที่คณะผู้วิจัยประกอบขึ้นมีลักษณะดังรูปที่ 4.13

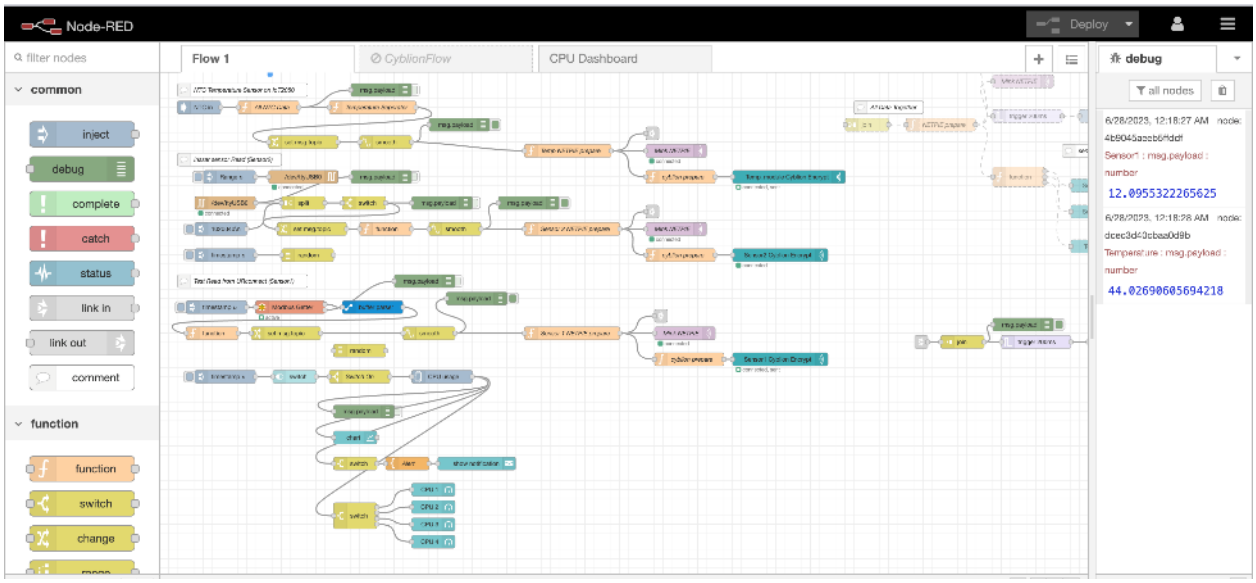


ภาพที่ 4.12 แสดงไดอะแกรมระบบเซนเซอร์และ IoT สำหรับ 5G Use Case Smart Tank Farm

ภาพที่ 4.13 แสดงตัวอย่างการจัดเรียงอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมเซนเซอร์ที่เชื่อมต่อเครือข่าย 5G ผ่าน 5G CPE

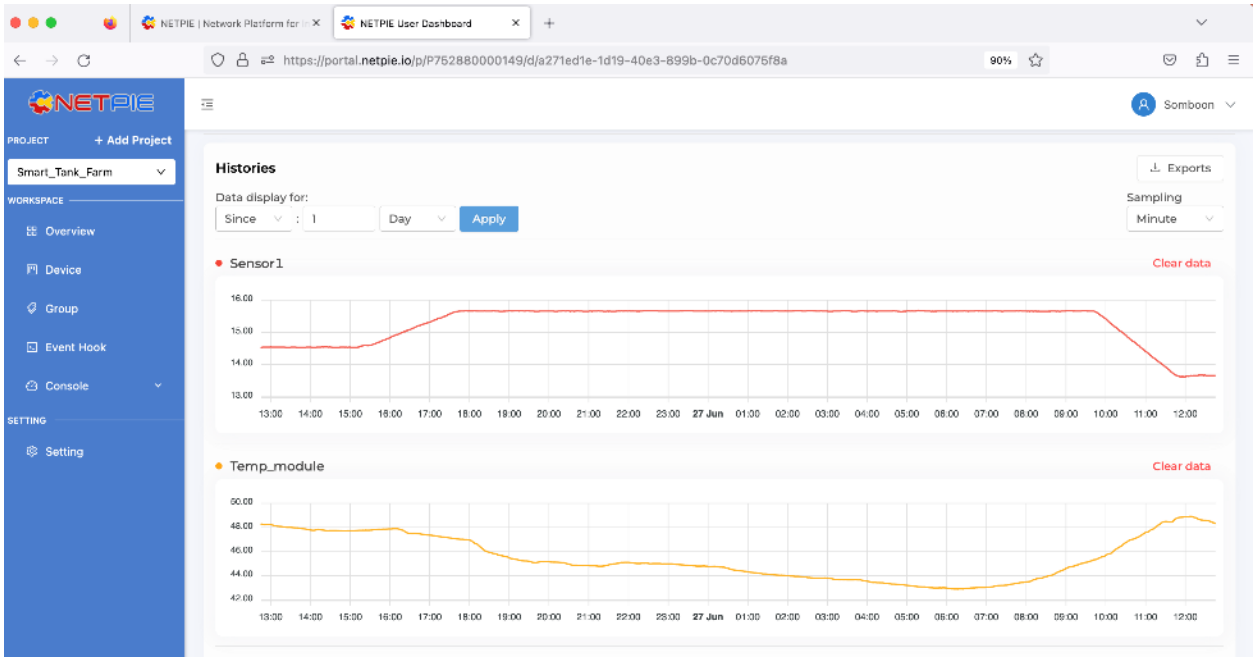
การทดลองร่วมกับเครือข่าย 5G สำหรับโรงงานบริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด คณะผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนจากบริษัท ทรู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ให้ข้อมูลว่ามีการให้บริการ 5G ในคลื่นความถี่ 2600 MHz ซึ่งมีสถานีฐานอยู่ใกล้กับโรงงานจำนวน 1 สถานี เจ้าหน้าที่จากบริษัท ทรู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ได้เข้าพื้นที่โรงงานร่วมกับคณะวิจัยและได้ทำการ Walk Test สัญญาณ 5G ได้ผลว่าพื้นที่ที่เป็นบริเวณ Tank Farm มีระดับสัญญาณที่สามารถใช้งานได้ดี สำหรับอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย 5G ที่ใช้งานในพื้นที่โรงงานบริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด ในกรณี 5G Use Case IoT RADAR Sensor หรือ Smart Tank Farm นี้ก็ยังคงเป็นอุปกรณ์แบบ 5G CPE เช่นเดียวกับในกรณีแรกข้างต้น

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินงานติดตั้งชุดอุปกรณ์ 5G Smart Tank Farm ในโรงงาน TVOP ส่วนของถังของเหลวขนาดใหญ่ และเข้าตรวจสอบและ Configure อุปกรณ์ Edge Computing เพื่อให้สามารถรับค่าเซนเซอร์ได้ และตรวจสอบความถูกต้องของค่าเซนเซอร์ที่รับมาจากอุปกรณ์เรดาร์เซนเซอร์ และค่าที่แสดงผลบน IoT Cloud Platform (NETPIE) บน Dashboard ในรูปแบบ Web Application และ Mobile Application โดยภายใน Edge Computing (SIEMENS IoT2050) ได้ติดตั้งโปรแกรม Node-RED สำหรับการแปลงค่าและเข้ารหัส และส่งค่าที่ต้องการไปยังคลาวด์ จากนั้นทำการตั้งค่าอุปกรณ์ในกล่องควบคุมเซนเซอร์ในบริเวณฐานของถังของเหลวขนาดใหญ่ สำหรับการควบคุมการทำงานหรือการเชื่อมต่อข้อมูลที่อ่านค่าจากเรดาร์เซนเซอร์ด้านบนถังน้ำมันจะใช้โปรแกรม Node-RED สำหรับการแปลงค่าและเข้ารหัส ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยบล็อกการทำงานดังในรูปที่ 4.14



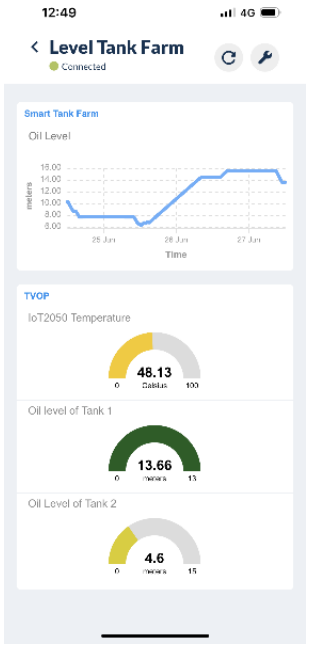
ภาพที่ 4.14 แสดงบล็อกการทำงานของ Node-RED สำหรับการเชื่อมต่อข้อมูลเซนเซอร์ขึ้นไปบนระบบ Cloud NETPIE

ผลการทดลอง 5G Use Case: RADAR Tank Farm: จากการทดสอบการส่งเซนเซอร์ในพื้นที่โรงงานพบว่า ค่าที่ส่งมาถูกต้องและมีความหน่วงต่ำกว่าความถี่ของข้อมูลที่ต้องการส่งเจ้าหน้าที่โรงงานสามารถใช้คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อไปยังเซิร์ฟเวอร์ของระบบ NETPIE (https://portal.netpie.io) เพื่อดูข้อมูลระดับของเหลวในถังดังแสดงในรูป Dashboard รูปที่ 4.15 แสดงระดับของเหลว (หน่วยเมตร) จากเรดาร์เซนเซอร์ Sensor1 และมีค่าอุณหภูมิของ IoT Module (หน่วย องศาเซลเซียส) ประกอบในช่วงเวลา 13:00 – 12:00 น.



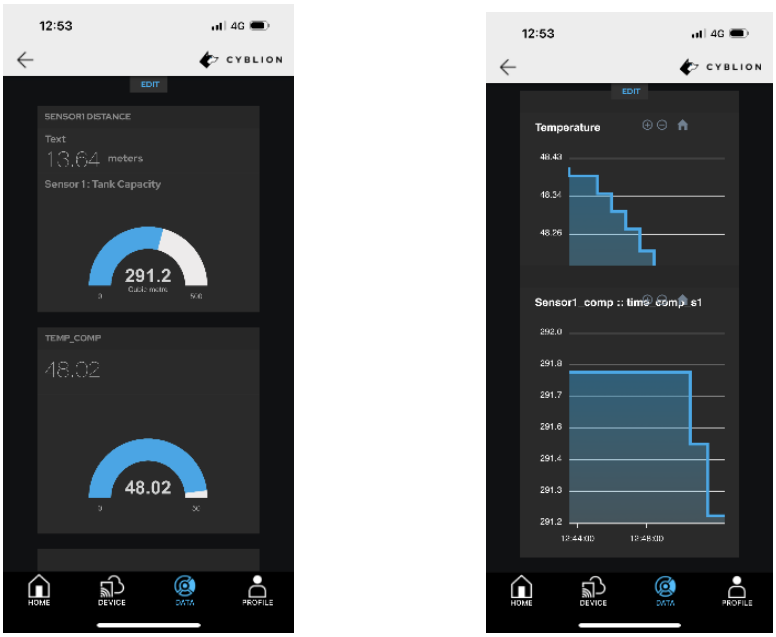
ภาพที่ 4.15 แสดงตัวอย่าง Dashboard ของข้อมูลระดับของเหลวในถังน้ำมันที่วัดได้จาก Sensor1 ในช่วงเวลา 1 วัน

สำหรับการเชื่อมต่อเพื่อดูข้อมูลเซนเซอร์ของ NETPIE ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.16 ซึ่งสามารถดูกราฟระดับของเหลวในแต่ละวัน ค่าอุณหภูมิของอุปกรณ์ Edge Computing IoT2050 และค่าระดับของเหลวจาก Sensor1 (Oil Level of Tank 1) และ Sensor2 (Oil Level of Tank 2)



ภาพที่ 4.16 แสดงผลการอ่านค่าข้อมูลจากเรดาร์เซนเซอร์ที่สามารถดูได้ผ่านระบบ NETPIE

ทั้งนี้คณะผู้วิจัยมีการศึกษาการเข้ารหัสข้อมูลเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ข้อมูลของทางโรงงาน ซึ่งจำเป็นต้องใช้เซิร์ฟเวอร์อีกชุดในการทดลองซึ่งเรียกว่าระบบ CYBLION ซึ่งจะมีการแสดงผลที่คล้ายกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 แสดงตัวอย่างการดูระดับของเหลวในถังน้ำมันผ่านระบบ CYBLION

แผนในอนาคต: จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารบริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด ที่เล็งเห็นถึงประโยชน์จากการลงทุนในเทคโนโลยีสมัยใหม่รวมทั้ง 5G ซึ่งหากผลการทดลองทดสอบในโครงการนี้มีผลสำเร็จและมีความคุ้มค่าการลงทุน ทางบริษัทคาดว่าจะดำเนินการขยายผลไปยังกระบวนการต่าง ๆ ในโรงงานต่อไป เช่น ในสายการผลิตของผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น เลซิทิน หรือ คลังสินค้าย่อยอื่น ๆ ภายในพื้นที่ของโรงงานต่อไป รวมทั้งการพิจารณาติดตั้งสถานีฐานของเครือข่าย 5G แบบ Private Network หากสามารถประเมินได้ว่ามีความคุ้มค่าการลงทุน เพื่อเพิ่มเติมจากการใช้งานเครือข่ายการสื่อสารแบบเคเบิลใยแก้วนำแสงที่มีการติดตั้งในแบบ Self-healing Ring Network รอบโรงงานอยู่แล้วในปัจจุบัน

4.2 บริษัท ไดซิน จำกัด (DAISIN)

ข้อมูลพื้นฐาน: บริษัท DAISIN มีสำนักงานใหญ่อยู่ในนิคมอุตสาหกรรมนวนคร เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนอะลูมิเนียม (Aluminum Die Casting Parts) ให้ผู้ประกอบการอื่น ๆ ในอุตสาหกรรมยานยนต์

ปัญหา/ความต้องการในการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม: อุตสาหกรรมยานยนต์อยู่ในช่วงเปลี่ยนผ่านเทคโนโลยี การผลิตชิ้นส่วนมีการแข่งขันในด้านราคาค่อนข้างสูงจากผู้ประกอบการต่างประเทศ เช่น จีน อินเดีย อินโดนีเซีย ในขณะที่โรงงานยังใช้เทคโนโลยีแบบเก่า การเปลี่ยนแปลงจะเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ทำให้ DAISIN ต้องการปรับโรงงานทั้งระบบให้เป็น Automation และมีระบบอัตโนมัติมากขึ้น

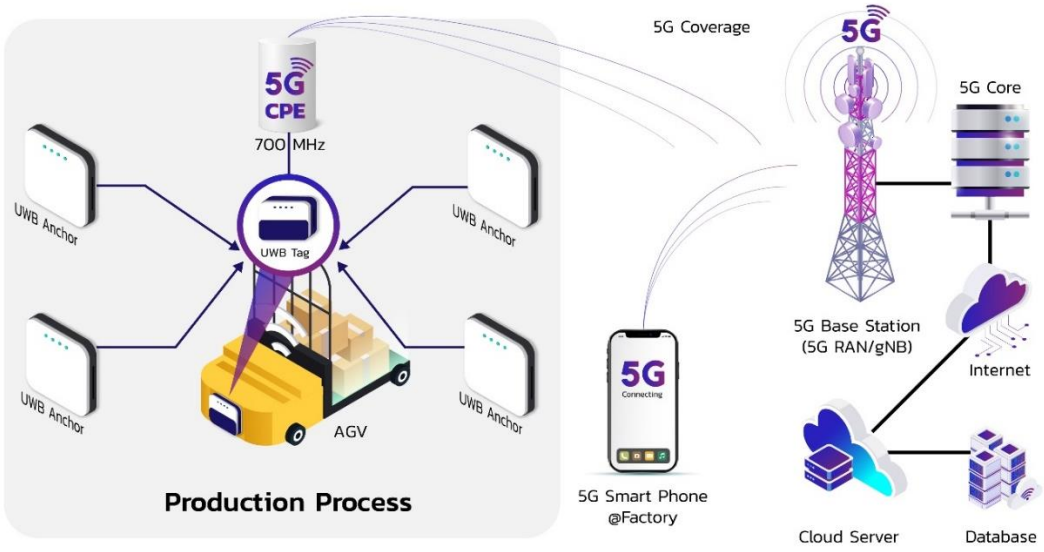
กรณีใช้งาน 5G Asset Tracking ในสายการผลิต

สำหรับ Use Case ที่ดำเนินงานในโรงงานนี้คือการทดลองทดสอบใช้งานเทคโนโลยีการสื่อสาร 5G กับการประยุกต์ใช้ในกลุ่มของ Asset Tracking เพื่อติดตามตำแหน่งรถ Automated Guided Vehicle (AGV)

ที่ทำงานขนชิ้นส่วนที่อยู่ระหว่างการผลิตในพื้นที่รอบ ๆ เครื่องจักรของโรงงาน โดยในกรณีนี้จะใช้ผลงานวิจัยอีกงานหนึ่งของทางศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ซึ่งเรียกว่าแพลตฟอร์มระบบระบุตำแหน่งในอาคาร หรือที่เรียกว่า “แพลตฟอร์มอยู่ไหน” (UNAI) โดยจะมีการติดอุปกรณ์ติดตามตำแหน่งที่เรียกว่าป้ายระบุตำแหน่ง (Tag) บนตัวรถ AGV พร้อมอุปกรณ์สื่อสารกับเครือข่ายเซลลูลาร์ (Cellular) และติดตั้งอุปกรณ์ระบุตำแหน่งที่เรียกว่า Anchor ในพื้นที่รอบเส้นทางการเคลื่อนที่ของ AGV เพื่อตรวจจับตำแหน่งและสถานะการทำงานของรถ AGV รูปที่ 4.18 แสดงข้อมูลความต้องการทดลองของโรงงาน DAISIN

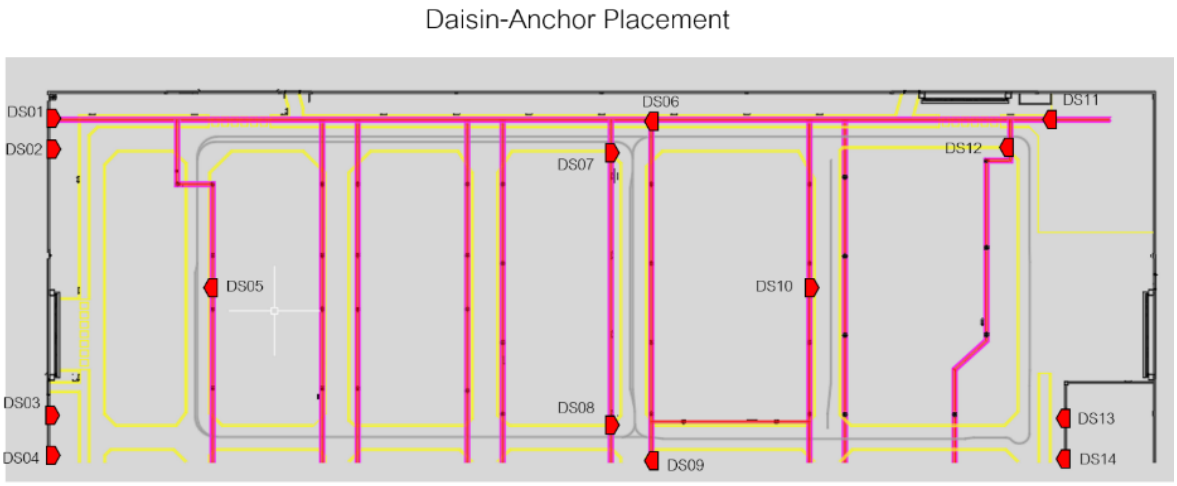
ภาพที่ 4.18 แสดงพื้นที่ใช้งานรถ AGV ของโรงงาน Daisin และความต้องการใช้งาน

รูปที่ 4.19 แสดงองค์ประกอบหลักของการทดลองซึ่งได้แก่รถ AGV พื้นที่ทดสอบและสถานีฐาน 5G ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากบริษัท โทเทิ่ล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (DTAC) การใช้งาน Use Case นี้เป็นรูปแบบหนึ่งของการใช้งาน 5G ในกลุ่ม massive Machine Type Communication (mMTC) หรือลักษณะ Massive Internet of Things (IoT) แต่เนื่องจากทางโรงงานยังเพิ่งเริ่มใช้ AGV เพียง 1 คัน แต่มีแผนที่จะขยายจำนวนเพิ่มขึ้นอีกไม่ต่ำกว่า 4 คันในอนาคตเพื่อลดปัญหาขาดแคลนแรงงานจากคน ทั้งนี้รถ AGV ดังกล่าวเป็นของทางโรงงาน มีการใช้งานในกระบวนการผลิตอยู่แล้ว ไม่ได้ใช้งบประมาณจากทางโครงการนี้ในการจัดหา ทั้งนี้การใช้งาน Use Case นี้สามารถเรียกได้ว่าเป็นการใช้งานในลักษณะของการทดลอง Asset Tracking Use Case ได้เช่นกัน แต่จะเป็นการทำ Asset Tracking ในเรื่องของการขนส่งชิ้นส่วนในระหว่างการผลิต โดยติดตามการทำงานผ่านตำแหน่งของรถ AGV



ภาพที่ 4.19 แสดงไดอะแกรมการทำงานของระบบที่ออกแบบสำหรับ 5G Use Case Asset Tracking

คณะผู้วิจัยได้ประสานงานกับทางโรงงานและได้ทำการวาดแผนที่ของพื้นที่รอบ ๆ สายการผลิตที่รถ AGV มีการเคลื่อนที่อยู่เป็นวงรอบ (Loop) และได้ทำการออกแบบจุดติดตั้งอุปกรณ์ติดตามตำแหน่งของแพลตฟอร์ม UNAI ดังแสดงในรูปที่ 4.20



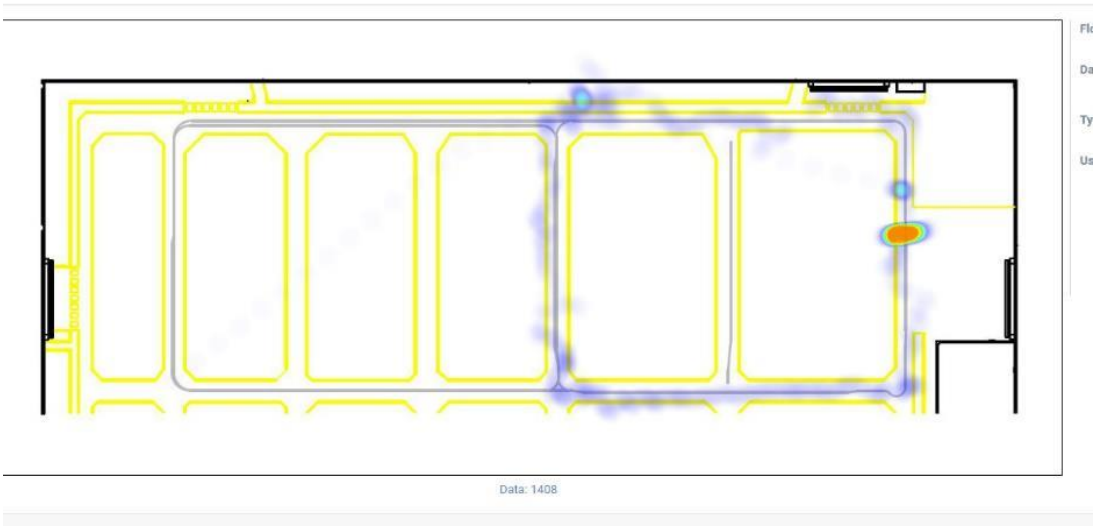
ภาพที่ 4.20 แสดงพื้นที่ในสายการผลิตของบริษัท ไดซิน จำกัด และจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ติดตามตำแหน่ง

การทดลองร่วมกับเครือข่าย 5G สำหรับโรงงาน DAISIN ทางคณะวิจัยได้ประสานงานกับ บริษัท โทเทิ่ล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (DTAC) ซึ่งเป็นผู้ให้บริการเครือข่าย 5G ในคลื่นความถี่ย่าน 700 MHz โดยจากการประสานงานพบว่ามีสถานีฐานให้บริการอยู่ใกล้กับโรงงานในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมนวนคร จำนวน 2 สถานี ในระยะแรกทาง DTAC ได้แนะนำให้ทดลองใช้การสื่อสารแบบ NB-IoT สำหรับเชื่อมต่อรถ AGV เข้ากับเครือข่ายเซลลูลาร์ 5G ของทางบริษัท ต่อมาในระยะที่สองทาง DTAC ได้แนะนำอุปกรณ์ 5G CPE ที่สามารถใช้งานคลื่น 5G ที่ 700 MHz มาทดแทนการใช้งาน NB-IoT สำหรับเชื่อมต่อข้อมูลตำแหน่งของรถ AGV ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานหลักในการทดลองของโครงการนี้

ผลการทดลองเบื้องต้น ผู้ใช้งานสามารถติดตามดูตำแหน่งของรถ AGV ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือแท็บเล็ตทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ในพื้นที่ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.21 และสามารถวิเคราะห์ Heatmap ซึ่งแสดงถึงตำแหน่งที่รถ AGV เดินทางไปบ่อยที่สุด ได้ดังตัวอย่างแผนที่รูปที่ 4.22

s

ภาพที่ 4.21 รถ AGV ของโรงงาน DAISIN ในพื้นที่ทดลองติดตามตำแหน่งด้วย Tablet ผ่านเครือข่าย 5G

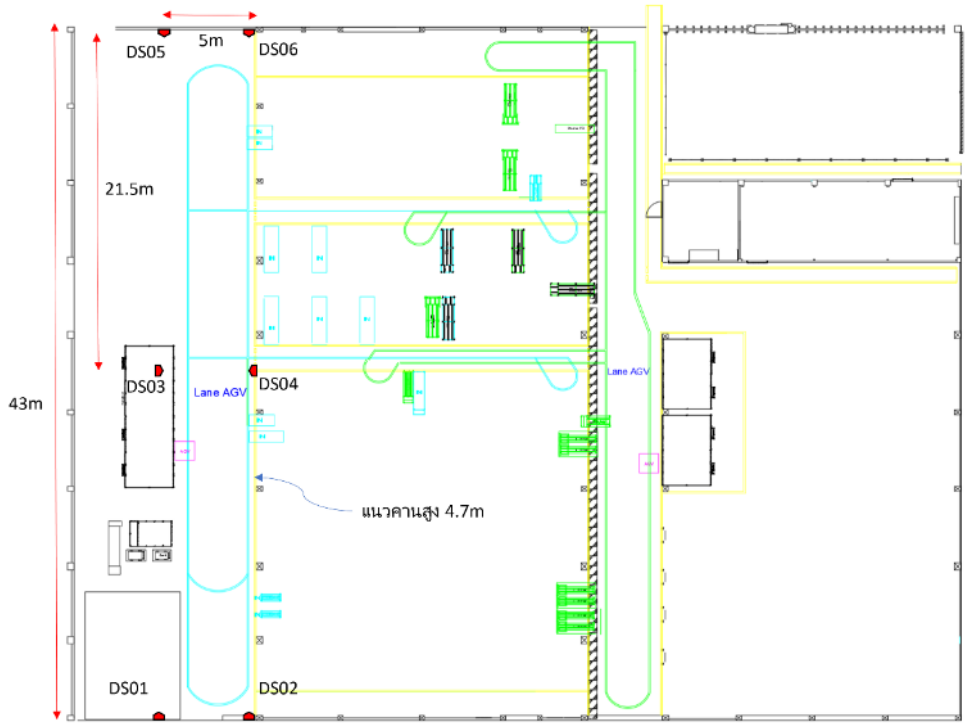


ภาพที่ 4.22 ส่วนแสดงผลบนเซิร์ฟเวอร์ระบบระบุตำแหน่งที่แสดง Heat Map ของรถ AGV ในสายการผลิต

หมายเหตุ **สีส้ม**: แสดงตำแหน่งที่รถมีการจอดบ่อยครั้ง **สีน้ำเงิน**: แสดงบริเวณที่รถมีการเคลื่อนที่ผ่าน

การปรับพื้นที่การทดลอง: จากเดิมโรงผลิตชิ้นงานแรกของบริษัทที่ได้มีการติดตั้งระบบติดตามตำแหน่งรถ AGV และมีการทดสอบการใช้งานได้แล้ว ต่อมาทางโรงงานมีความประสงค์ในการย้ายสถานที่ทดลองไปยังโรงผลิตชิ้นงานอีกโรง (อีกอาคารหนึ่ง) ในพื้นที่ของโรงงานเดียวกันที่นวนคร คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ของโรงผลิตชิ้นงานที่สอง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.23 โดยตำแหน่งสีแดงรูปห้าเหลี่ยมแสดงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ระบุตำแหน่งใหม่อีก 6 ตัว ซึ่งในระยะแรกของพื้นที่ใหม่นี้ จะทดสอบเฉพาะรถ

AGV ที่วิ่งรับและส่งชิ้นงานที่ไลน์การผลิตแต่ละไลน์เท่านั้นนั่นคือเฉพาะเส้นทางรถ AGV สีฟ้า (ในอนาคตทางโรงงานจะขยายระบบให้สามารถทำงานได้ทั่วโรงผลิตชิ้นงานที่สองนี้ให้ครอบคลุมเส้นทางสีฟ้าและสีเขียวด้วย)



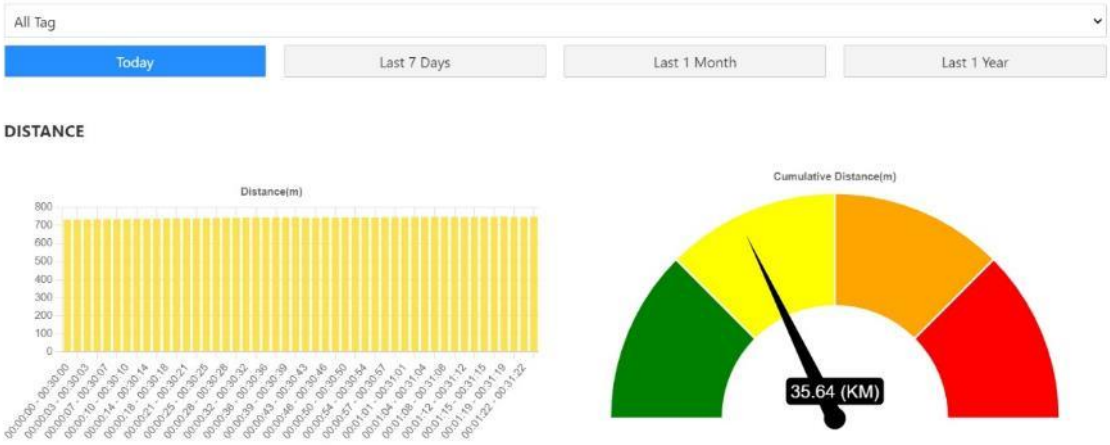
ภาพที่ 4.23 แผนผังโรงผลิตชิ้นงานที่สอง และเส้นทางเดินรถ AGV เฟส 1 (เส้นสีฟ้าเป็นวงรอบด้านซ้ายของรูป)

เมื่อทีมช่างไฟได้เดินระบบไฟใหม่ในและติดตั้งปลั๊กไฟทั้ง 6 จุดเสร็จเรียบร้อย คณะผู้วิจัยได้ส่งมอบอุปกรณ์ระบบระบุตำแหน่งใหม่อีก 6 ตัว ให้กับโรงงาน พร้อมกับได้ชี้จุดติดตั้งอุปกรณ์ Anchor ด้วย Laser Ranging และประสานการติดตั้งอุปกรณ์ในที่สูงจนแล้วเสร็จ และได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ระบุตำแหน่งบนตัวรถ AGV อีกคันหนึ่งที่ใช้งานในพื้นที่ใหม่นี้ โดยมีการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าเข้ากับตัวรถเป็นที่เรียบร้อย จากการทดลองใช้งานเครือข่าย 5G ในกรณีนี้จะพบว่าทางโรงงานไม่จำเป็นต้องติดตั้งระบบสื่อสารข้อมูลเพิ่มเติมแม้จะมีการย้ายพื้นที่การใช้งานระบบติดตามรถ AGV จากอาคารแรกไปยังอาคารที่สอง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการด้านระบบสื่อสารเพิ่มเติม คณะผู้วิจัยได้ทำการปรับจูนให้สมรรถนะความแม่นยำในการระบุตำแหน่งของระบบมีมากขึ้น และได้เริ่มการทดลองใช้งานระบบวิเคราะห์ข้อมูลการทำงานของรถ AGV เพิ่มดังที่จะอธิบายในลำดับถัดไป

ผลการทดลองใช้งาน: คณะผู้วิจัยได้พัฒนาหน่วยประมวลผลข้อมูลตำแหน่งของรถ AGV ที่ชื่อว่า Data Analysis Unit ซึ่งหน่วยประมวลผลนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาวิธีการบันทึกข้อมูลแบบเก่า เนื่องจากการดึงข้อมูลแต่ละครั้งเจ้าหน้าที่จำเป็นต้องหยุดการทำงานของรถ AGV และเชื่อมต่อกับตัวรถผ่านสาย LAN ซึ่งไม่สามารถทำได้แบบออนไลน์และ Real-time โดยข้อมูลที่ได้จากหน่วยประมวลผลนี้สามารถวัดประสิทธิภาพการทำงานของรถ AGV และทำสรุปรายงานผลแบบ Real-time ให้กับเจ้าหน้าที่โรงงานในรูปแบบหน้าต่าง Dashboard

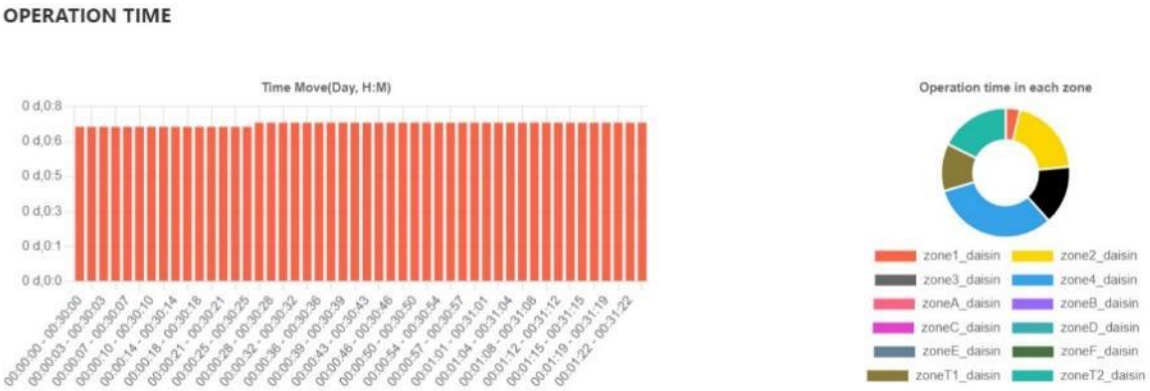
โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกดูข้อมูลแบบรายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน และรายปี ตัวอย่างของข้อมูล Data Analysis ที่ได้จากระบบ UNAI+5G สำหรับโรงงาน DAISIN อาทิเช่น

1. ข้อมูลระยะทางสะสมทุก ๆ รายครึ่งชั่วโมงและระยะทางสะสมรวมแสดงดังรูปที่ 4.24 สำหรับข้อมูลนี้จะช่วยให้เจ้าหน้าที่โรงงานสามารถซ่อมบำรุงรถ AGV ได้ตามรอบของการซ่อมจากค่าระยะทางสะสมและอำนวยความสะดวกมากกว่าการดึงข้อมูลผ่านสาย LAN แบบปัจจุบัน



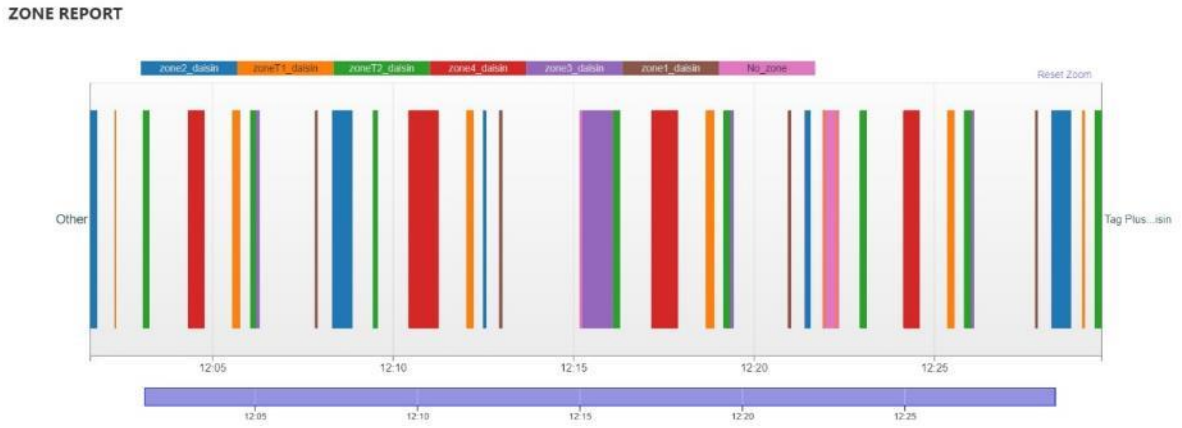
ภาพที่ 4.24 ตัวอย่างข้อมูลระยะทางสะสม

2. ข้อมูลระยะเวลาในการทำงานของแต่ละโซน รูปที่ 4.25 แสดงตัวอย่างของข้อมูล Operation Time ซึ่งให้ข้อมูลระยะเวลาสะสมที่รถเคลื่อน (สถานะ Moving) ทุก ๆ รายครึ่งชั่วโมง รายวัน รายสัปดาห์ และรายปี อีกทั้งยังสามารถจำแนกและอธิบายเป็นสัดส่วนระยะเวลาสะสม Operation Time ของรถ AGV โดยข้อมูลนี้จะช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถติดตามสถานะของ AGV ในไลน์ผลิตได้ รวมไปถึงสามารถดูได้ในรอบครึ่งชั่วโมงหรือรอบวัน มีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นกับรถหรือไม่ (มี Operation Time น้อยกว่าช่วงระยะเวลาอื่น) นอกจากข้อมูล Operation Time แล้ว สำหรับระบบที่ใช้ AGV จะมีข้อมูลกราฟ Idle Time ที่บอกสถานะการหยุดของรถ AGV ในสายการผลิต ซึ่งสามารถนำมาใช้วิเคราะห์การหยุดทำงานของรถ AGV ได้



ภาพที่ 4.25 ตัวอย่างข้อมูล Operation Time

3. ข้อมูล Timeline Zone ใช้อธิบายภาพรวมของรถแต่ละคันว่ารถได้เคลื่อนที่ไปอยู่ที่โซนใดบ้างในคลัง สามารถเลือกดูได้แบบรายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน และรายปี ซึ่งกราฟรายงานนี้สามารถเลือกดูเฉพาะโซนที่สนใจได้ เช่น โซน รับชิ้นงานทั้งหมด หรือโซนจุดชาร์จไฟ เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถให้เจ้าหน้าที่โรงงานใช้วิเคราะห์พฤติกรรมของ AGV ใช้เปรียบเทียบและวัดประสิทธิภาพการทำงานของ AGV รูปที่ 4.26 แสดงตัวอย่างของข้อมูล Timeline Zone ของรถ AGV หมายเลข 1 ตลอดระยะเวลา 1 วัน



ภาพที่ 4.26 ตัวอย่างข้อมูล Timeline Zone ของรถ AGV

<u>แผนในอนาคต:</u> จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารบริษัท ไดซิน จำกัด พบว่าโรงงานยังมิได้วางเครือข่ายสื่อสารภายในโรงงานที่แยกกันระหว่างระบบ IT (Information Technology) และ OT (Operation Technology) ซึ่งทางโรงงานอาจจะสามารถปรับปรุงระบบสื่อสารรอบ ๆ โรงงานได้ด้วยการประยุกต์ใช้เครือข่าย 5G แบบ Private Network ทดแทนการลงทุนลากสายเคเบิลสื่อสารเพื่อเชื่อมต่อระบบอัตโนมัติต่าง ๆ และเครื่องจักรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตเข้าด้วยกัน รวมทั้งการพัฒนาห้อง Control Room ที่เป็นศูนย์กลางการติดตามการทำงานในกระบวนการผลิตทุกอย่างของโรงงานขึ้นในอนาคต ดังเช่นการติดตามสถานการณ์ทำงานของรถ AGV ในการขนวัสดุระหว่างการผลิตผ่านเครือข่าย 5G และ Cloud เช่นที่ทดลองในโครงการนี้ อย่างไรต้องมีการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนดังกล่าวก่อน

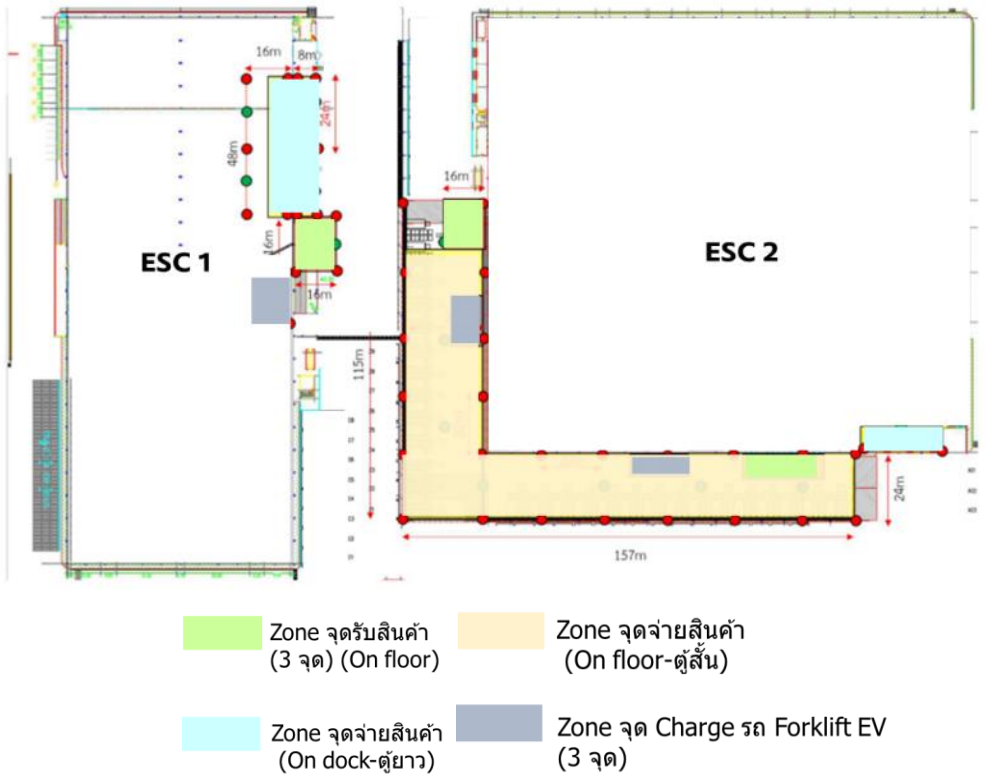
4.3 บริษัท เอสซีจี โลจิสติกส์ แมเนจเม้นท์ จำกัด (SCG Logistics Management Co., Ltd.)

<u>ข้อมูลพื้นฐาน:</u> บริษัท เอสซีจี โลจิสติกส์ แมเนจเม้นท์ จำกัด เป็นบริษัทในกลุ่มธุรกิจซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ก่อสร้างในเครือเอสซีจี (SCG) ให้บริการจัดการทางด้านโลจิสติกส์ในประเทศไทย ให้บริการด้านโลจิสติกส์ครบวงจรสำหรับลูกค้าทั้งภายในและภายนอกเครือ SCG เริ่มตั้งแต่การขนส่ง คลังสินค้า นำเข้าส่งออก Fulfillment ให้คำปรึกษาและบริการด้านระบบ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ปัจจุบันบริษัทมีการควบรวมกิจการกับบริษัท เจดับเบิ้ลยูดี อินโฟโลจิสติกส์ จำกัด (มหาชน) เมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2566 และเปลี่ยนชื่อบริษัทใหม่เป็น บริษัท เอสซีจี เจดับเบิ้ลยูดี โลจิสติกส์ จำกัด (มหาชน) (SCGJWD) อย่างไรก็ตามในรายงานฉบับนี้จะขอใช้ชื่อ SCGL ตามเดิม

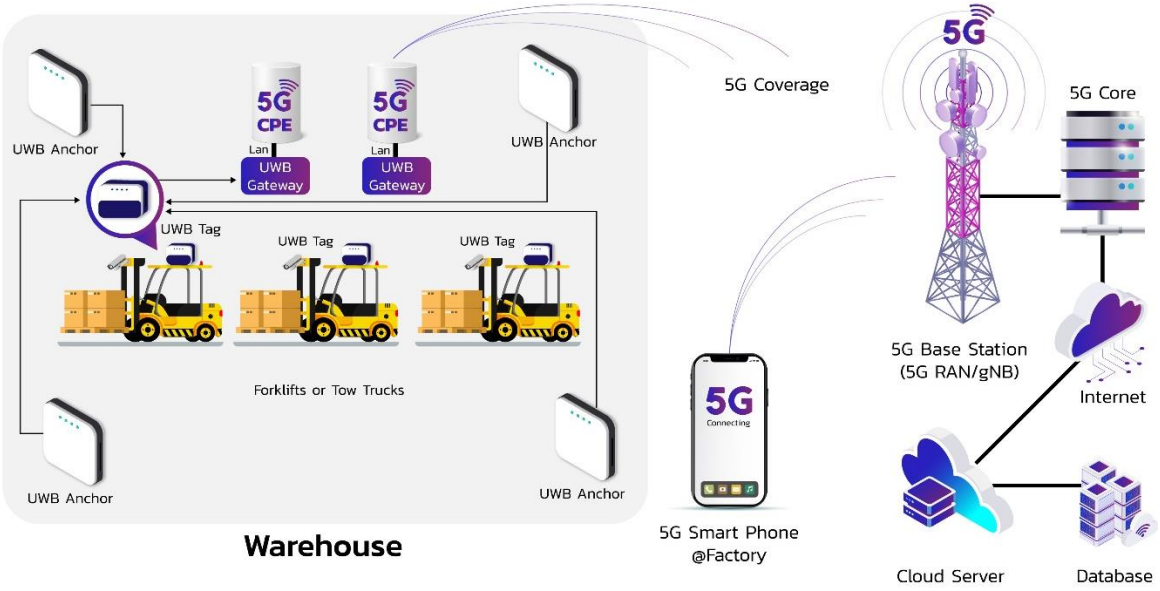
ปัญหา/ความต้องการในการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม: บริษัทมีความต้องการทราบประสิทธิภาพการทำงานของเจ้าหน้าที่และรถยกที่ทำงานเป็นกะตลอด 24 ชั่วโมง ภายในพื้นที่คลังสินค้า เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และนำไปสู่การหาทางเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน หรือลดจำนวนคนงานหรือรถยกที่ไม่จำเป็นออกจากการทำงาน จึงมีความต้องการติดตามตำแหน่งของเจ้าหน้าที่คลังสินค้า (Staff) และ ตำแหน่งของรถยก (Forklift) ในพื้นที่ปฏิบัติงานที่ทางบริษัท SCG Logistics กำหนด และพัฒนา Dashboard เพื่อดูภาพรวมการทำงานของเจ้าหน้าที่ในคลัง โดยคณะวิจัยได้หารือร่วมกับเจ้าหน้าที่บริษัท เอสซีจี โลจิสติกส์ แมเนจเม้นท์ จำกัด ทำการสำรวจพร้อมชี้จุดติดตั้งอุปกรณ์ในคลังสินค้าของบริษัท SCG Logistics บริเวณแหลมฉบัง ESC 1 และ ESC 2 ทำการสัมภาษณ์เพิ่มเติมเพื่อประเมินประสิทธิภาพเบื้องต้นก่อนการทดลองทดสอบ

กรณีใช้งาน 5G Smart Warehouse

สำหรับ Use Case ที่จะดำเนินงานในโครงการคือ ทดลองทดสอบการใช้งานเทคโนโลยีการสื่อสาร 5G กับการประยุกต์ใช้ในกลุ่มของ Smart Warehouse เพื่อติดตาม Asset ภายในคลังสินค้าที่มีการหมุนเวียนตลอด 24 ชั่วโมง ทั้งนี้ Asset ที่จะถูกติดตามเบื้องต้นคือรถ Forklift และมีศักยภาพที่จะขยายผลไปสู่ Asset อื่น ๆ ต่อไป ซึ่งก็สอดคล้องกับลักษณะการใช้งาน 5G Use Case แบบ Asset Tracking รูปที่ 4.27 แสดงแผนผังของคลังสินค้าของบริษัท SCG Logistics ที่เข้าร่วมโครงการ โดยทางคณะวิจัยดำเนินการติดตั้งแพลตฟอร์มระบบระบุตำแหน่งในอาคาร หรือที่เรียกว่า UNAI ในคลังสินค้าของบริษัท เพื่อใช้งานติดตามรถยกเป็นหลักตามความต้องการของบริษัท SCGL คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบเบื้องต้นสำหรับ 5G Use Case Smart Warehouse สำหรับคลังสินค้าบริษัท SCG Logistics นี้ ดังแสดงในไดอะแกรมของรูปที่ 4.28



ภาพที่ 4.27 แสดงแผนผังคลังสินค้าของบริษัท SCG Logistics บริเวณแหลมฉบัง ESC 1 และ ESC 2

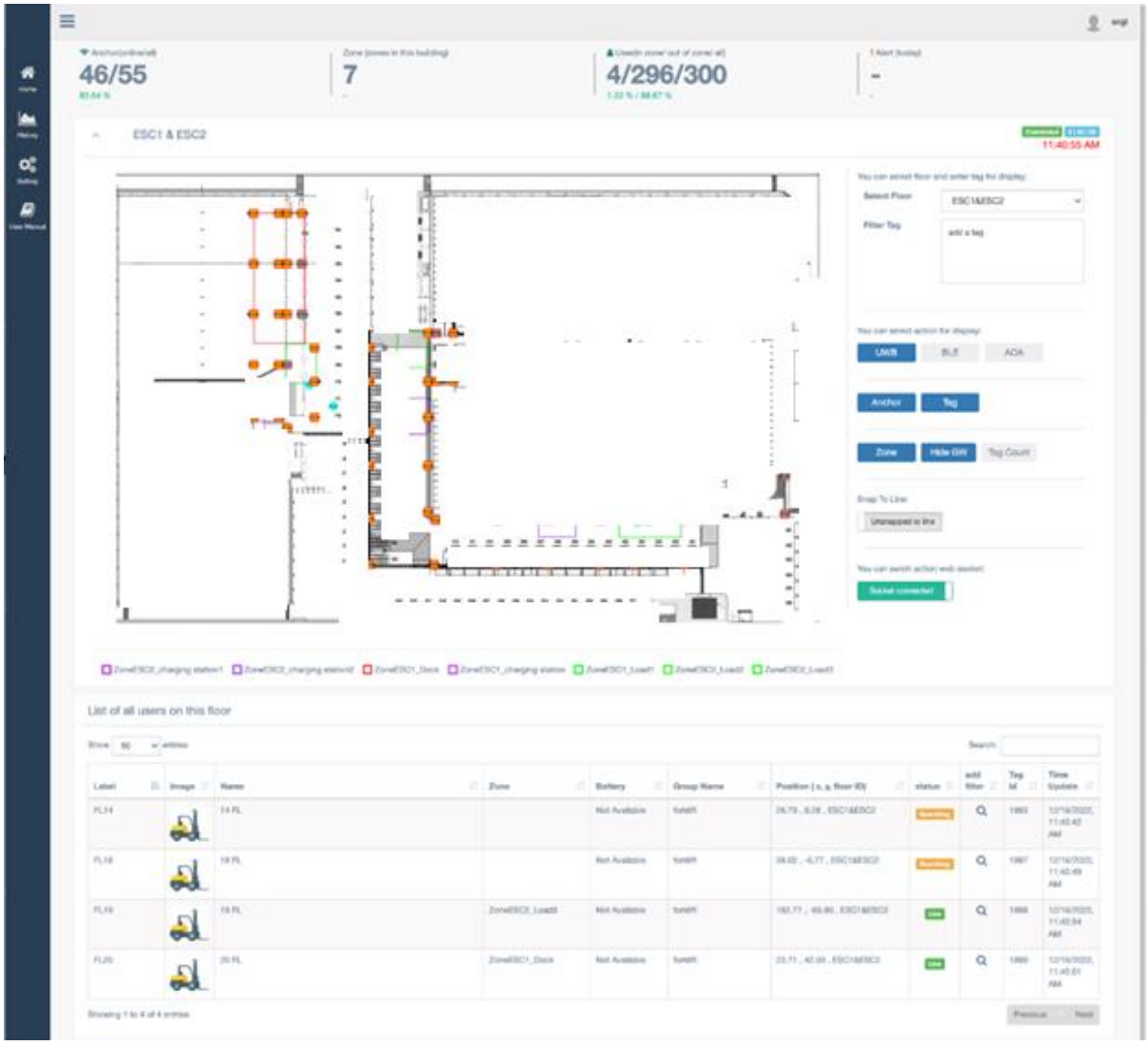


ภาพที่ 4.28 แสดงไดอะแกรมการทำงานของระบบที่ออกแบบสำหรับ 5G Use Case Smart Warehouse

จากการหารือกับทางบริษัท SCGL ใน Use Case นี้มีการใช้งานต้นแบบแพลตฟอร์มระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารที่เรียกว่า แพลตฟอร์ม“อยู่ไหน” (UNAI) ซึ่งเป็นต้นแบบของงานวิจัยของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ร่วมกับเครือข่าย 5G เพื่อให้สามารถใช้งานในคลังสินค้า ทางคณะผู้วิจัยได้ดำเนินงานติดตั้งและพัฒนาระบบ Internet of Things เพื่อให้ใช้งานสอดคล้องกับความต้องการทำงานของบริษัท SCGL โดยมีองค์ประกอบหลัก ๆ ดังต่อไปนี้

- ติดตั้งอุปกรณ์ระบบระบุตำแหน่ง (Anchor) ภายในพื้นที่คลังสินค้าและทำการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์เข้ากับระบบไฟฟ้าของอาคาร เพื่อใช้ในการระบุตำแหน่งของรถยก โดยอุปกรณ์ Anchor สามารถเชื่อมต่อเครือข่าย 5G ผ่าน LAN Network ที่ได้รับการกระจายสัญญาณโดย 5G CPE
- ติดตั้งอุปกรณ์ป้ายระบบระบุตำแหน่ง (Tag) อุปกรณ์ประมวลผล (Microcontroller) อุปกรณ์เซนเซอร์ที่จำเป็นบนรถ Forklift เพื่อใช้งานติดตามรถยกภายในพื้นที่คลังสินค้า
- ติดตั้งซอฟต์แวร์เซิร์ฟเวอร์ของระบบระบุตำแหน่งที่ใช้ในการติดตามการจัดเก็บและค้นหาสินค้าบน Cloud Computing Platform หรือ Public Cloud Service ที่สามารถเข้าถึงได้จากอุปกรณ์ระบบระบุตำแหน่งภายในคลังสินค้า ผ่านเครือข่ายเซลลูลาร์ 5G
- ติดตั้งระบบแสดงผลสำหรับการ Visualize สินค้าภายในพื้นที่จัดเก็บของคลังสินค้า ที่สามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลา (Real Time) ผ่านเครือข่าย 5G หรือเครือข่ายสื่อสารข้อมูลอื่น ๆ เช่น Wi-Fi หรือ Internet และสามารถดูข้อมูลย้อนหลังสำหรับการเคลื่อนที่ของรถ Forklift ได้
- ติดตั้งอุปกรณ์ 5G CPE ที่สามารถรับสัญญาณ 5G ภายในพื้นที่คลังสินค้า ตามจำนวนที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ของคลังสินค้า

สำหรับระบบติดตามรถ Forklift ที่พัฒนาโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) นั้นได้มีการเตรียมซอฟต์แวร์ที่เซิร์ฟเวอร์ที่อยู่บนระบบคลาวด์สาธารณะไว้ โดยมีการทดสอบการเชื่อมต่อระบบติดตามรถ Forklift กับอุปกรณ์ที่หน้างานที่ติดตั้งไว้ดังแสดงในรูปที่ 4.29 ซึ่งเป็น Web Interface ของแพลตฟอร์ม UNAI ของทางศูนย์ฯ มีเชื่อมต่ออุปกรณ์และข้อมูลผ่านเครือข่าย 5G ของทาง บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (AIS) โดยตัวอย่างของรถ Forklift จำนวน 4 คัน สามารถสังเกตได้จากวงกลมสีเขียว (ปัจจุบันมีการปรับการแสดงผลเป็นรูปรถยกแทน) และอุปกรณ์รับสัญญาณระบบติดตามรถ Forklift ที่ติดตั้งที่คลังสินค้าคือกล่องสี่เหลี่ยมสีเหลืองที่ถูกติดตั้งอยู่ในบริเวณที่ต้องการติดตามในคลังสินค้า

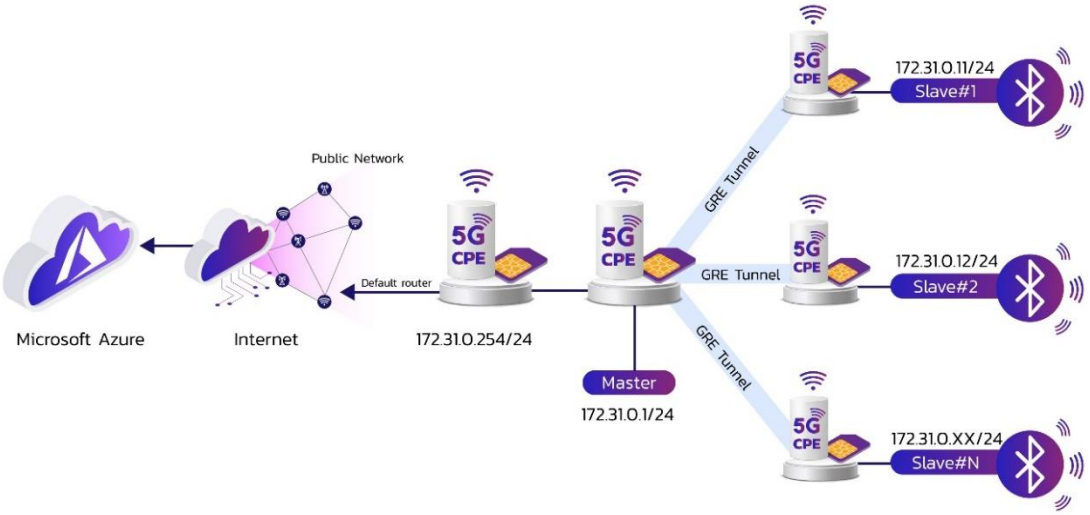


ภาพที่ 4.29 แสดง Web Interface ของเซิร์ฟเวอร์ระบบติดตามตำแหน่งรถ Forklift ของคลังสินค้าบริษัท SCG Logistics สำหรับการทดลองร่วมกับเครือข่าย 5G

ในการใช้งานเครือข่าย 5G ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการประสานงานกับทางบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด ได้รับคำตอบรับว่ามีสถานีฐานที่สามารถให้บริการในบริเวณใกล้เคียง คลื่นความถี่ที่ที่ใช้งานได้สำหรับเครือข่าย 5G คือ 2600 MHz ทางบริษัท AIS ได้ให้ข้อมูลการทำ Speed Test จากคุณภาพสัญญาณในพื้นที่คลังสินค้า ESC 1

และ ESC 2 ด้านนอกอาคารจำนวน 4 จุด และทางคณะผู้วิจัยได้ประสานงานกับทางบริษัท SCGL เพื่อให้ทาง AIS เข้าไปทำการสำรวจสัญญาณภายใต้หลังคาของคลังสินค้าด้วยเช่นกัน

คณะผู้วิจัยได้ออกแบบการเชื่อมต่อแพลตฟอร์มระบบระบุตำแหน่งสำหรับรถยกของคลังสินค้า ร่วมกับการติดตั้ง 5G CPE และ AR Router ดังแสดงในรูปที่ 4.30 ซึ่งจากด้านขวาของภาพจะแทนอุปกรณ์ระบบระบุตำแหน่งว่า Slave# ซึ่งจะรวบรวมข้อมูลตำแหน่งส่งมายังอุปกรณ์ AR Router และ 5G CPE ซึ่ง AR Router ทำหน้าที่สร้าง GRE (Generic Routing Encapsulation) Tunnel หรือ Virtual Private Network (VPN) ระหว่างอุปกรณ์ระบบระบุตำแหน่งทั้งหมด เพื่อให้เกิดความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล และรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปยังชุดอุปกรณ์ 5G CPE และ AR Router ที่อยู่ตรงกลางของรูป ซึ่งในการติดตั้งจะมีจุดติดตั้งหนึ่งที่มีอุปกรณ์ 5G CPE และ AR Router 2 ชุดอยู่ข้าง ๆ กัน ก่อนจะส่งข้อมูลขึ้นไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสาธารณะและเชื่อมต่อไปยังระบบ Microsoft Azure Cloud ที่อยู่ด้านซ้ายมือสุดของรูป ทั้งนี้สาเหตุหลักที่ต้องมีการใช้งาน AR Router เนื่องจากทาง Microsoft Azure แนะนำให้มีการเชื่อมต่อแบบ VPN ไปยัง Azure Portal ซึ่งการทำงานในรูปแบบนี้สามารถใช้กับ 5G Virtual Private Network ซึ่งเป็นบริการของทาง AIS ที่ทดลองในโครงการ



ภาพที่ 4.30 แผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบระบุตำแหน่ง (Slave#) กับ AR Router และ 5G CPE เพื่อให้สามารถสื่อสารถึงกันได้และมีความปลอดภัยในการส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ที่อยู่บน Microsoft Azure Cloud Platform

สำหรับอุปกรณ์ 5G CPE ที่ทาง AIS แนะนำให้ใช้งานจะเป็นรุ่น 5G Outdoor CPE เพื่อเชื่อมต่อกับ 5G network ของ AIS ในส่วนของบริการ 5G ที่ทาง AIS เสนอให้บริการจะเป็น 5G Virtual Private Network Type 1 ที่มีข้อมูลเงื่อนไขการให้บริการหรือ Quality of Service (QoS) ที่แตกต่างจากบริการ 5G สาธารณะทั่วไป ดังต่อไปนี้

- Downlink 20 Mbps
- Uplink 8 Mbps

- Network Slicing
- Gateway Internet Access
- SLA (Service Level Agreement): Recovery Time by 6 hours
- Average Latency = approximately 50ms

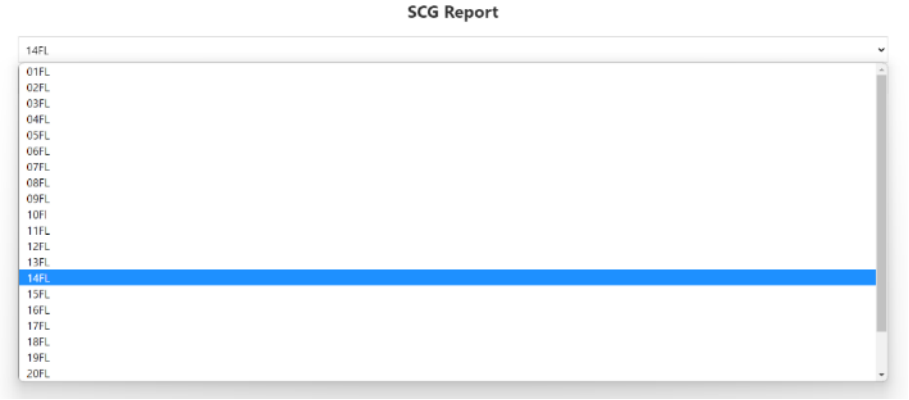
<u>การติดตั้งและปรับแต่งระบบ</u>: 5G Use Case นี้ทาง AIS ได้ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ 5G CPE และ AR Router จำนวนอย่างละ 16 ตัว ในพื้นที่คลังสินค้าของทางบริษัท เอสซีจี โลจิสติกส์ แมเนจเม้นท์ จำกัด จนแล้วเสร็จ และสามารถเริ่มใช้บริการ 5G Private Network Level 1 ได้ หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ระบบระบุตำแหน่ง (UNAI) ทั้งหมดเสร็จแล้วคณะผู้วิจัยได้กำหนดค่าโซนและพารามิเตอร์อื่น ๆ ในระบบ พร้อมกับทดสอบระบบ UNAI+5G และพบว่า UWB Gateway ของระบบระบุตำแหน่งทั้งหมดสามารถใช้งานได้ปกติ และได้ทำการสอบเทียบตำแหน่งอุปกรณ์ระบบระบุตำแหน่ง (UNAI) ทั้ง 70 ตัว (55 Anchor และ 15 Gateway) หลังจากแก้ไขและสอบเทียบแล้ว ระบบ UNAI+5G สามารถทำงานได้ปกติ 100% มีความแม่นยำมากขึ้นกว่าก่อนการสอบเทียบ (ก่อนสอบเทียบความแม่นยำประมาณ 2.5 เมตร และหลังสอบเทียบแล้วความแม่นยำจะไม่เกิน 1 เมตร) โดยสำหรับระบบนี้ต้องการติดตามตำแหน่งรถ Forklift ทั้งหมดภายในคลังเฉพาะในส่วนของพื้นที่ Loading สินค้า รูปที่ 4.31 แสดงตัวอย่างการแสดงผลตำแหน่งรถยกในพื้นที่โหลดของที่กำหนดในพื้นที่แถบสีต่าง ๆ

ภาพที่ 4.31 ตัวอย่างของการทำงานระบบ UNAI+5G

จากการตรวจสอบข้อมูลฝั่งเซิร์ฟเวอร์ของแพลตฟอร์ม UNAI พบว่าระบบระบุตำแหน่งได้รับข้อมูลครบถ้วน ไม่มีการสูญหายของข้อมูล (Packet Loss) หรืออีกความหมายคือระบบการสื่อสารระหว่าง Gateway และเครือข่าย 5G ของ AIS แบบ Virtual Private Network Level 1 มีความเสถียรและสามารถรองรับปริมาณข้อมูลจำนวนมากในช่วงเวลาเดียวกันได้

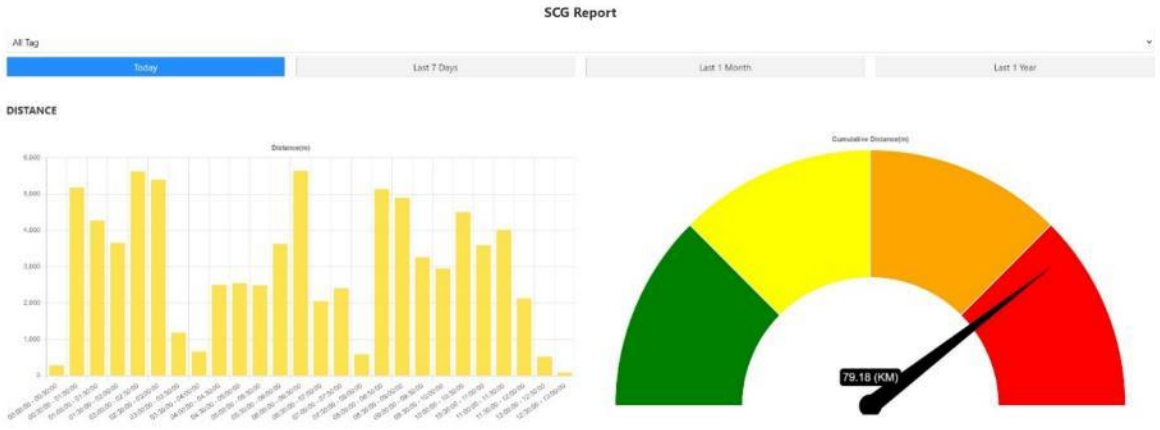
ผลการทดลองใช้งาน: คณะผู้วิจัยได้พัฒนาหน่วยประมวลผลที่ชื่อว่า Data Analysis Unit บนระบบเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งทำหน้าที่คำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกที่ได้จากระบบ UNAI+5G โดยหน่วยประมวลผลนี้จะดำเนินการดึงข้อมูลแบบอัตโนมัติและสร้างกราฟเพื่อแสดงข้อมูลสำคัญสำหรับคลังสินค้า ซึ่งข้อมูลที่ได้จากหน่วยประมวลผลนี้สามารถบอกพฤติกรรมของคนขับ วัดประสิทธิภาพการทำงานของรถยกแต่ละคัน และทำสรุปรายงานผลแบบ Real-time ให้กับเจ้าหน้าที่คลังสินค้าในรูปแบบหน้าต่าง Dashboard

โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกแสดงข้อมูลรถ Forklift รายคัน หรือข้อมูลรวมทั้งหมดดังแสดงในภาพที่ 4.32 และสามารถเลือกช่วงเวลาแบบรายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน และรายปี ตัวอย่างของข้อมูล Data Analysis ที่ได้จากระบบ UNAI+5G สำหรับคลังสินค้า SCGL อาทิเช่น



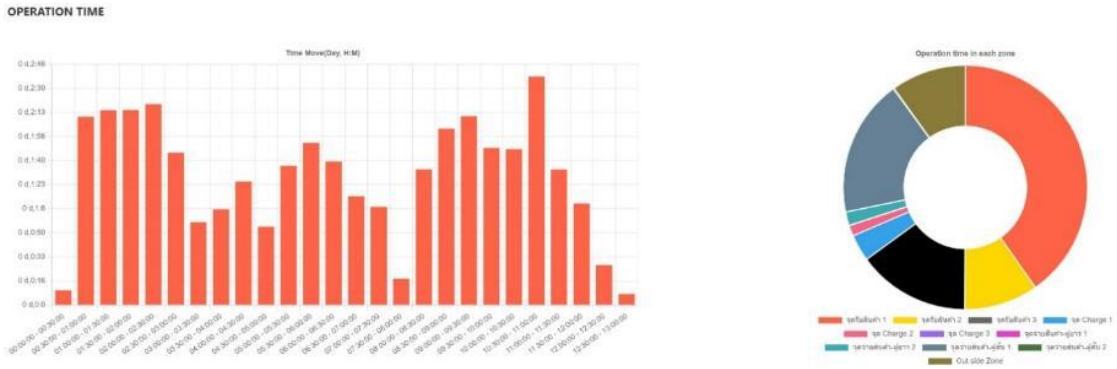
ภาพที่ 4.32 การเลือกแสดงข้อมูลรถแบบรายคัน

1. ข้อมูลระยะทางสะสมทุก ๆ รายครึ่งชั่วโมงและระยะทางสะสมรวมแสดงดังภาพที่ 4.33 สำหรับข้อมูลนี้ จะช่วยให้เจ้าหน้าที่คลังสินค้าสามารถเตรียมการซ่อมบำรุงรถ Forklift ได้ตามรอบของการซ่อมจากค่าระยะทางสะสม โดยข้อมูลนี้เหมาะทั้งกับรถ Forklift แบบเก่าที่ไม่มีเซนเซอร์วัดระยะทาง และรถ Forklift แบบใหม่ที่มีเซนเซอร์วัดระยะทางสะสมแต่จะไม่สามารถรายงานผลได้แบบ Real-time



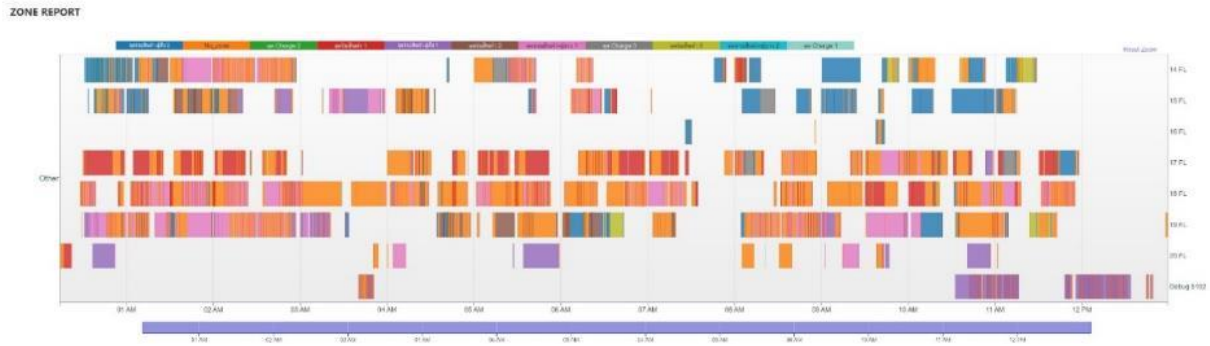
ภาพที่ 4.33 ตัวอย่างข้อมูลระยะทางสะสม

2. ข้อมูลระยะเวลาในการทำงานของแต่ละโซน ภาพที่ 4.34 แสดงตัวอย่างของข้อมูล Operation Time ซึ่งให้ข้อมูลระยะเวลาสะสมที่รถเคลื่อนที่อยู่ภายในคลังสินค้าทุก ๆ รายครึ่งชั่วโมง รายวัน รายสัปดาห์ และรายปี อีกทั้งยังสามารถจำแนกและอธิบายเป็นสัดส่วนระยะเวลาสะสม Operation Time ของรถ Forklift แต่ละคัน หรือแสดงแบบรวมทุกคันได้ โดยข้อมูลนี้จะมีประโยชน์อย่างยิ่งกับคลังสินค้าที่ต้องการติดตามรถ Forklift ที่อาจเข้าไปยังเขตหรือพื้นที่หวงห้ามของคลังสินค้า และใช้เพื่อวิเคราะห์สัดส่วนการใช้สอยพื้นที่ภายในคลังสินค้า และปรับปรุงให้เกิดประโยชน์สูงสุด



ภาพที่ 4.34 ตัวอย่างข้อมูล Operation time

3. ข้อมูล Timeline Zone ใช้อธิบายภาพรวมของรถแต่ละคันว่ารถคันดังกล่าวได้เคลื่อนที่ไปอยู่ที่โซนใดบ้างในคลังสินค้า สามารถเลือกดูได้แบบรายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน และรายปี ซึ่งกราฟรายงานนี้สามารถเลือกดูเฉพาะโซนที่สนใจได้ อาทิเช่น ต้องการดู Workload ของรถ Forklift เฉพาะในโซนจุดจ่ายสินค้า หรือต้องการดูช่วงระยะเวลาการชาร์จของรถ Forklift ที่จอดอยู่โซนจุดชาร์จไฟ เป็นต้น โดยสามารถช่วยให้เจ้าหน้าที่คลังสินค้าใช้วิเคราะห์พฤติกรรมของ Forklift แต่ละคัน ใช้เปรียบเทียบและวัดประสิทธิภาพการทำงาน (Workload) ของผู้ขับ Forklift แต่ละคันได้ ภาพที่ 4.35 แสดงตัวอย่างของข้อมูล Timeline Zone ของรถ Forklift ทั้ง 7 คัน (FL14 ถึง FL20) แกน x แสดงระยะเวลาตลอด 1 วัน ขณะที่แกน y แทนข้อมูลของรถ Forklift แต่ละคัน สีในกราฟแสดงระยะเวลาที่รถถูกพบในโซนต่าง ๆ



ภาพที่ 4.35 ตัวอย่างข้อมูล Timeline Zone

<u>แผนในอนาคต:</u> จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ของ บริษัท เอสซีจี โลจิสติกส์ แมเนจเม้นท์ จำกัด การติดตั้งระบบติดตามตำแหน่งรถยก มีเป้าหมายที่จะปรับปรุงคลังสินค้าไปสู่การทำงานแบบคลังสินค้าอัจฉริยะ (Smart Warehouse) ต่อไป โดยทางบริษัทมีแผนที่จะขยายการใช้งานรถ Autonomous Tow Truck อีกจำนวนหนึ่งเพื่อมาทดแทนการใช้แรงงานคน เพื่อนำมาใช้ในพื้นที่คลัง และสามารถควบคุมและติดตามการทำงานของรถดังกล่าวผ่านเครือข่าย 5G ได้ นอกจากนี้ทางบริษัทมีแผนการปรับเปลี่ยนหมุนเวียนอุปกรณ์ Indoor Tracking ไปใช้งานที่คลังสินค้าอื่น ๆ ของบริษัทในจังหวัดอื่น ๆ อีกด้วยซึ่งการใช้งานเครือข่าย 5G และ Cloud Server จะทำให้สามารถใช้งานในคลังอื่น ๆ ได้โดยไม่ต้องติดตั้งระบบสื่อสารและระบบแม่ข่ายหรือเซิร์ฟเวอร์เพิ่มเติมในคลังสินค้าอื่น ๆ

บทที่ 5 การทดสอบสัญญาณ 5G ก่อนประยุกต์ใช้งานในโรงงาน

5.1 หัวข้อการทดสอบสัญญาณ 5G ก่อนประยุกต์ใช้งานในโรงงาน

ก่อนนำเทคโนโลยี 5G มาประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมการผลิต โรงงานควรตรวจสอบว่าพื้นที่เป้าหมายมีสัญญาณ 5G เข้าถึงอย่างมีคุณภาพและครอบคลุมพื้นที่ รวมถึงสัญญาณที่เข้าถึงมีคุณสมบัติเพียงพอต่อโจทย์การประยุกต์ใช้ การทดสอบสัญญาณ 5G สามารถทำได้โดยติดต่อผู้ให้บริการเครือข่าย (Operator) เพื่อทำ Walk Test หรือทดสอบเองด้วยอุปกรณ์วัดระดับคุณภาพสัญญาณ และคอมพิวเตอร์พกพา (Notebook) หรืออุปกรณ์ 5G End Device เพื่อทดสอบคุณสมบัติสัญญาณ 5G ในพื้นที่เป้าหมาย

ตารางที่ 5.1 แสดงหัวข้อการทดสอบสัญญาณ 5G โดยหัวข้อที่ 1 ทดสอบการเข้าถึงของสัญญาณว่ามีคุณภาพและความครอบคลุมพื้นที่เป้าหมาย หัวข้อที่ 2 – 6 ทดสอบคุณสมบัติของสัญญาณว่าเพียงพอต่อโจทย์การประยุกต์ใช้ และหารือความเป็นไปได้ของการเพิ่มคุณภาพเครือข่ายร่วมกับทางผู้ให้บริการในหัวข้อที่ 7

ตารางที่ 5.1 หัวข้อการทดสอบสัญญาณ 5G

#	หัวข้อ	วิธีการ	ผลลัพธ์
1	คุณภาพสัญญาณและพื้นที่ให้บริการ 5G	ตรวจวัดคุณภาพระดับความแรงของสัญญาณ Signal Quality (dBm) 2 ทาง - Walk Test โดย Operator - ใช้อุปกรณ์ Spectrum Analyzer (กรณีที่มีเครื่องมือ)	ตัวชี้วัดคุณภาพสัญญาณ เช่น RSRP, RSRQ, และ SINR
2	อัตราการสื่อสารข้อมูล (Data Rate)	ประเมินอัตราการสื่อสาร (Mbps) 2 ทาง - Walk Test โดย Operator - ใช้ Notebook/5G End Device ด้วยเว็บไซต์ nPerf และ เครื่องมือทางซอฟต์แวร์ Speed-test command line	Downlink Rate, Uplink Rate
3	ค่าความหน่วงในการสื่อสารข้อมูล (Delay or Latency)	ประเมินความหน่วง (ms) 2 ทาง - Walk Test โดย Operator - ใช้ Notebook/5G End Device ด้วยเว็บไซต์ nPerf และ Speed-Test Command Line และ Ping Utility	Delay or Jitter
4	อัตราค่าเฉลี่ยความผิดพลาดในการส่งข้อมูล	ใช้โปรแกรม iPerf ผ่าน Protocol UDP บนอุปกรณ์ 5G End Device	% Error ต่อ Target Bit Rate

#	หัวข้อ	วิธีการ	ผลลัพธ์
5	จำนวนอุปกรณ์ใช้งานพร้อมกันในพื้นที่	นำทุกอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการประยุกต์ใช้มาเชื่อมต่อและใช้งานเครือข่าย 5G พร้อมกัน	จำนวนอุปกรณ์
6	อัตราความเร็วการเคลื่อนที่ของ 5G End Devices ภายใต้พื้นที่ใช้งาน	ขึ้นอยู่กับว่าอุปกรณ์นั้นเคลื่อนที่หรืออยู่นิ่ง	Speed (m/s or km/s)
7	ความเป็นไปได้ในการใช้งานเครือข่าย 5G แบบ Private Network สำหรับโรงงาน	ประเมินผลการทดสอบทั้งหมดเพื่อหารือการเพิ่มคุณภาพเครือข่ายกับ Operator	Public Network, Network Slicing, Private Network

5.2 การทดสอบคุณภาพสัญญาณและพื้นที่ให้บริการ 5G

การทดสอบคุณภาพสัญญาณและพื้นที่ให้บริการจะช่วยแสดงว่าพื้นที่เป้าหมายมีสัญญาณ 5G เข้าถึงจริงอย่างมีคุณภาพและครอบคลุม โดยดูได้จากผลการ Walk Test ของ Operator ซึ่งในรายงานผลการวัดจากผู้ให้บริการจะแสดงระดับคุณภาพและความครอบคลุมของสัญญาณในพื้นที่เป้าหมายผ่านพารามิเตอร์ที่สำคัญคือ

- RSRP (Reference Signal Received Power) คือ ค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับ
- RSRQ (Reference Signal Received Quality) คือ ค่าคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับ
- SINR (Signal to Interference Plus Noise Ratio) คือ อัตราส่วนของสัญญาณที่ใช้งานได้เทียบกับสัญญาณแทรกสอดและสัญญาณรบกวน

พารามิเตอร์ทั้งสามชนิดนี้สามารถแบ่งระดับคุณภาพออกเป็น 4 ระดับ คือ ดีมาก (Excellent) ดี (Good) ปานกลางถึงแย่ (Fair to Poor) และไม่มีสัญญาณ (Disconnection) โดยสามระดับแรกหมายความว่ายังมีสัญญาณให้ใช้งานได้ ส่วนระดับสุดท้ายหมายความว่าไม่มีสัญญาณ 5G ในพื้นที่เลย

ตารางที่ 5.2 ระดับเกณฑ์คุณภาพสัญญาณของแต่ละตัวแปร [17]

RSRP	RSRQ	SINR	RF condition	Description
> -80 dBm	>= -10 dB	>= -20 dB	Excellent	Strong signal with maximum data speeds
-80 dBm to -90 dBm	-10 dB to -15 dB	13 dB to 20 dB	Good	Strong signal with good data speeds
-90 dBm to -100 dBm	- 15 dB to -20 dB	0 dB to 13 dB	Fair to Poor	Reliable data speeds may be attained, but marginal data with dropouts is possible. When these values (RSRP/RSRQ/SINR) get close to -20, performance will drop drastically
<= -100 dBm	<= -20 dB	<= 0 dB	Disconnection	No signal

การแปลผลคุณภาพสัญญาณที่ได้รับมีประเด็นสำคัญที่ควรให้ความสนใจ คือ

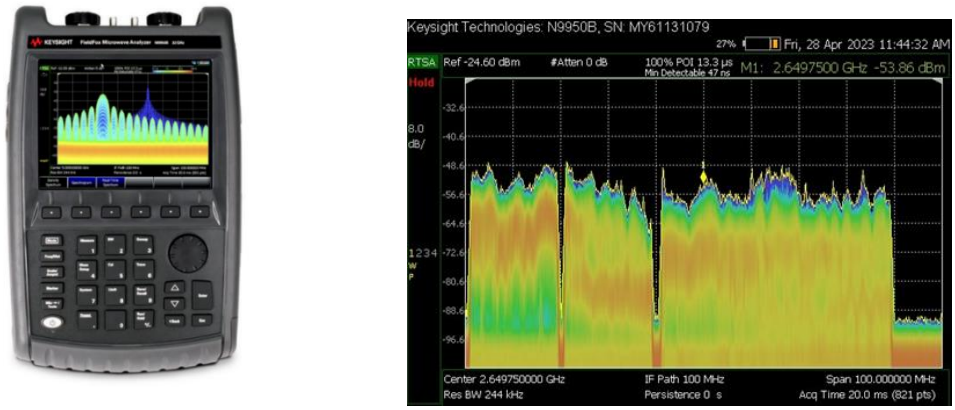
1. กรณีที่พื้นที่เป้าหมายได้รับสัญญาณที่มีพารามิเตอร์ RSRP หรือ RSRQ ในเกณฑ์ปานกลางถึงแย่ หมายความว่าพื้นที่เป้าหมายมีสัญญาณ 5G ที่ใช้งานได้โดยไม่จำเป็นต้องปรับปรุงเพิ่มเติมยกเว้นต้องการใช้งานเต็มขีดความสามารถของเทคโนโลยี 5G เช่น การใช้งานแบบ eMBB หรือ uRLLC หากเป็นรูปแบบการใช้งานข้างต้นสามารถติดต่อกับ Operator เพื่อเพิ่มขีดความสามารถหรือปริมาณของสัญญาณที่เข้าถึงพื้นที่

2. กรณีสัญญาณที่ได้รับมีพารามิเตอร์ RSRP อยู่ในเกณฑ์ดีหรือดีมาก แต่มี RSRQ ในเกณฑ์ปานกลางถึงแย่ หมายความว่าสัญญาณที่ได้รับถูกรบกวนจาก Noise ซึ่งอาจมาจากสิ่งกีดขวางหรือจากเทคโนโลยีสื่อสารอื่น กรณีนี้สามารถแก้ไขเบื้องต้นด้วยการเลื่อนสิ่งกีดขวางที่เลื่อนได้เพื่อให้สัญญาณเข้าถึงอุปกรณ์แบบ Line-of-Sight (LoS) หรือย้ายตำแหน่งหรือปิดอุปกรณ์สร้างสัญญาณรบกวน ซึ่งอาจจะต้องตรวจสอบก่อนว่ามีอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นต้นกำเนิดสัญญาณรบกวนที่ใช้คลื่นความถี่เดียวกับสถานีฐานของคลื่น 5G ที่ให้บริการหรือไม่ โดยอาจจะต้องใช้เครื่องมือวัดสัญญาณเช่น Spectrum Analyzer และสายอากาศแบบมีทิศทางเพื่อค้นหาตำแหน่งของต้นกำเนิดสัญญาณรบกวน

3. กรณีสัญญาณที่ได้รับมีพารามิเตอร์ SINR ในเกณฑ์ปานกลางถึงแย่ จะส่งผลให้เกิดการส่งข้อมูลซ้ำ (Retransmission) ของข้อมูลจำนวนมากได้ ซึ่งส่งผลต่อความเร็วในการรับส่งสัญญาณ กรณีนี้สามารถติดต่อกับทาง Operator เพื่อหารือแนวทางแก้ไข เช่นขอให้ปรับทิศทางหรือกำลังส่งสายอากาศจากสถานีฐาน 5G

นอกจากนี้ หากพื้นที่เป้าหมายมีการเข้าถึงสัญญาณ 5G มากกว่าหนึ่งย่านความถี่ (700 MHz, 2600 MHz, 26 GHz) โรงงานสามารถใช้ผลการทดสอบเพื่อเลือกใช้งานย่านความถี่ที่มีระดับคุณภาพและความครอบคลุมที่ดีกว่า

นอกจากการ Walk Test โรงงานสามารถทดสอบคุณภาพสัญญาณและความครอบคลุมได้เองหากมีอุปกรณ์และความเชี่ยวชาญ ในโครงการนี้ใช้เครื่องมือวิเคราะห์คลื่นความถี่ FieldFox Microwave Analyzer รุ่น N99508 จากบริษัท Keysight [18] ดังแสดงในภาพที่ 5.1 ที่เหมาะสำหรับนำไปทดสอบภาคสนาม เพราะมีขนาดเล็ก พกพาสะดวก และรองรับคลื่นความถี่กว้างและครอบคลุมย่านความถี่ของสัญญาณ 5G



ภาพที่ 5.1 เครื่องมือวิเคราะห์คลื่นความถี่ FieldFox Microwave Analyzer N99508 32GHz (ซ้าย) ผลประเมินสัญญาณจากโหมด RTSA (ขวา)

เครื่องมือ FieldFox เมื่อใช้งานร่วมกับสายอากาศแบบมีทิศทาง (Directional Antenna) จะสามารถตรวจหาและวิเคราะห์สัญญาณและแถบคลื่นความถี่แบบเรียลไทม์ (Real Time Spectrum Analyzer (RTSA)) ซึ่งแสดงการเข้าถึงของสัญญาณ 5G ในรูปแบบสเปกตรัมความถี่ตามที่แสดงในภาพที่ 5.1 ขวา และการทดสอบแบบ Over-the-Air (OTA) ซึ่งเป็นฟังก์ชันในตัวเครื่อง Fieldfox จะสามารถใช้วัดระดับคุณภาพของสัญญาณผ่านพารามิเตอร์ที่เหมือนกับการ Walk Test ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลได้ด้วยตารางที่ 5.2 โดยโครงการใช้อุปกรณ์ทำการทดสอบทีละตำแหน่งก่อนจะเคลื่อนไปตำแหน่งถัดไปจนกว่าจะครบตามแนวรอบพื้นที่เป้าหมาย เช่น ในบริเวณเส้นทางที่รถ AGV เคลื่อนที่อยู่ในสายการผลิต เป็นต้น

5.3 การทดสอบสัญญาณ 5G ในหัวข้ออื่น

หลังจากตรวจสอบว่าพื้นที่เป้าหมายมีสัญญาณ 5G เข้าถึงอย่างมีคุณภาพและครอบคลุม ทางโรงงานสามารถทำการทดสอบเพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของสัญญาณว่าสามารถตอบโจทย์ประยุกต์ใช้ในโรงงาน

การทดสอบอัตราสื่อสารข้อมูล (Data Rate) และความหน่วงในการสื่อสาร (Delay or Latency) จะแสดงความเร็วสูงสุดในการรับข้อมูล (Download) ส่งข้อมูล (Upload) และระยะเวลาในการส่งข้อมูลจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง ซึ่งค่าอัตราการสื่อสารและค่าความหน่วงที่เหมาะสมนั้นขึ้นกับรูปแบบการใช้งาน เช่น การสตรีมวีดิโอต้องการความเร็วสูง หรือการควบคุมรถ AGV อัตโนมัติต้องการความเร็วสูงและความหน่วงต่ำมากเพื่อให้หยุดรถได้ทันเวลา โดยอัตราสื่อสารและความหน่วงสามารถดูได้จากผลการ Walk Test หรือทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์พกพาหรืออุปกรณ์ 5G End Device เช่น 5G CPE ที่เข้าถึงสัญญาณ 5G ในพื้นที่เป้าหมายผ่านเว็บไซต์ nPerf (https://www.nperf.com/th) ดังที่แสดงในภาพที่ 5.2 หรือใช้ Speed-Test Command Line ที่แสดงทั้งอัตราสื่อสารและความหน่วง และโปรแกรม Ping Utility ที่แสดงความหน่วงการสื่อสาร

ภาพที่ 5.2 การทดสอบอัตราสื่อสารและความหน่วงผ่านเว็บไซต์ nPerf

การทดสอบอัตราความผิดพลาดในการส่งข้อมูลจะช่วยประเมินความเหมาะสมของสัญญาณที่มีต่อรูปแบบการใช้ เช่น การทำงานประสานกันของแขนกลในสายการผลิตที่ต้องการอัตราความผิดพลาดต่ำเพื่อป้องกันการชนกันและเสียหาย โดยการทดสอบอัตราความผิดพลาดจะทำโดยติดตั้งและใช้งานโปรแกรม iPerf [19] ซึ่งสามารถแสดงอัตราเฉลี่ยความผิดพลาดในการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ทดสอบไปยังเซิร์ฟเวอร์ เช่น จากคอมพิวเตอร์พกพาที่เชื่อมต่อเครือข่าย 5G ในพื้นที่เป้าหมาย ไปยังเซิร์ฟเวอร์ของโรงงาน

ถัดมาคือการทดสอบการเปิดใช้งานอุปกรณ์ที่จำเป็นทั้งหมดต่อโจทย์ที่ตั้งไว้เพื่อตรวจสอบจำนวนอุปกรณ์ที่สามารถใช้งานพร้อมกันได้ รวมถึงตรวจสอบความเร็วของอุปกรณ์ที่มีการเคลื่อนที่ในเครือข่าย 5G เช่น การบังคับการเคลื่อนที่ของรถ AGV อัตโนมัติ

ด้วยผลการทดสอบทั้งหมด ทางโรงงานจะสามารถทราบว่าเครือข่ายและสัญญาณ 5G ที่มีพร้อมประยุกต์ใช้ตอบโจทย์กระบวนการผลิตที่ปัญหาและสำคัญกับโรงงานหรือไม่ หากผลทดสอบชี้ว่าสัญญาณที่มีไม่เพียงพอทั้งในแง่ความไม่ครอบคลุมพื้นที่ใช้งาน คุณภาพของเครือข่ายไม่เพียงพอ หรือปัญหาด้านความปลอดภัยและเป็นส่วนตัวของข้อมูล ทางโรงงานสามารถหารือกับ Operator เพื่อให้เสนอแนะแนวทางแก้ปัญหาได้ เช่น ปรับมุมของสายอากาศที่สถานีฐานเพื่อเพิ่มพื้นที่บริการ เพิ่มระดับความแรงของกำลังส่งสัญญาณ จัดสรรความถี่ที่เหมาะสม จัดสรรช่องสัญญาณหรือแบนด์วิดท์ให้เพียงพอ เปลี่ยนไปใช้เครือข่ายที่รับประกันคุณภาพหรือระดับบริการ มี Service Level Agreement (SLA) หรือเลือกสร้างเครือข่ายส่วนบุคคล (Private Network) ซึ่งมีคุณภาพเครือข่ายสูงกว่าและสะดวกในการจัดการความปลอดภัย ทั้งนี้ ความเป็นไปได้ในการใช้งานเครือข่าย 5G แบบ Private Network ในโรงงานขึ้นอยู่กับงบประมาณและความจำเป็นในการลงทุนติดตั้งสถานีฐานเพิ่มเติม

บทที่ 6 ความปลอดภัยทางไซเบอร์ในเทคโนโลยี 5G กับการนำไปใช้งาน IIoT

6.1 บทนำ

เทคโนโลยี 5G ถูกนำไปใช้เพิ่มขีดความสามารถในการสื่อสารและขับเคลื่อนแอปพลิเคชันอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งสำหรับอุตสาหกรรม Industrial Internet of Things (IIoT) สำหรับภาคอุตสาหกรรมที่มีความต้องการความหน่วงต่ำ แบนด์วิดท์สูง และรองรับอุปกรณ์เชื่อมต่อเป็นจำนวนมาก นอกจากผู้ใช้งานจะคำนึงถึงประสิทธิภาพของการสื่อสารที่เพิ่มสูงขึ้นแล้ว ความปลอดภัยทางไซเบอร์ (Cybersecurity) และความเป็นส่วนตัวของข้อมูล (Data Privacy) หรือความลับของข้อมูล ก็เป็นส่วนที่ภาคอุตสาหกรรมให้ความสำคัญเช่นกัน ด้วยความคาดหวังของเทคโนโลยี 5G ที่ไม่ได้เพิ่มมาเฉพาะส่วนของคลื่นความถี่ (Radio Spectrum) ใหม่ที่เปิดให้ใช้งาน ได้แก่ 700 MHz, 2600 MHz และ 26 GHz แต่การปรับปรุงส่วนการทำงานของเครือข่ายเบื้องหลัง (Backhaul) ตลอดจนเครือข่ายแกนกลาง (Core Network) โดยนำเทคโนโลยี Software Defined Network (SDN)/Network Function Virtualization (NFV) เข้ามาใช้ในสถาปัตยกรรมเครือข่าย 5G ทำให้การสื่อสารในส่วนของระนาบสื่อสัญญาณข้อมูล (Data Plane) และระนาบสื่อสัญญาณควบคุม (Control Plane) ถูกแยกส่วนออกจากกัน ซึ่งการแยกส่วนของ Data Plane และ Control Plane ทำให้ง่ายต่อการจัดการ และส่งผลให้เกิดเทคนิคใหม่ที่ผู้ให้บริการเปิดให้บริการ Network Slicing ซึ่งสามารถแยกระนาบการให้บริการที่เฉพาะเจาะจงกับแอปพลิเคชัน IIoT นั้น ๆ ได้ แต่อย่างไรก็ตามทางผู้ให้บริการ 5G ต้องเผชิญกับคำถามจากผู้ใช้งานภาคอุตสาหกรรมในประเด็น ต่าง ๆ ดังนี้

- การใช้เทคโนโลยี 5G กับ แอปพลิเคชัน IIoT ให้ความปลอดภัยทางไซเบอร์และความเป็นส่วนตัวของข้อมูลมากกว่าใช้เทคโนโลยี Wi-Fi จริงหรือไม่
- การให้บริการ Network Slicing รวมถึงการแยก Data Plane ออกจาก Control Plane ส่งผลให้เกิดความท้าทายด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์มากขึ้นหรือไม่
- การใช้บริการ Network Slicing ช่วยให้ข้อมูลปลอดภัยทางไซเบอร์ และเพิ่มความเป็นส่วนตัวของข้อมูลให้กับผู้ใช้งานมากขึ้นหรือไม่

บทนี้จะนำเสนอมุมมองของความปลอดภัยทางไซเบอร์ และความเป็นส่วนตัวของข้อมูลในการใช้งาน IIoT สำหรับ Smart Factory ด้วยเทคโนโลยี 5G เพื่อหาคำตอบให้กับประเด็นดังกล่าว พร้อมเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายแบบ Wi-Fi

6.2 ความปลอดภัยทางไซเบอร์ใน 5G

การป้องกันความปลอดภัยทางไซเบอร์ของเทคโนโลยี 5G มีความท้าทายเพิ่มขึ้นจากการแยกระนาบข้อมูลกับส่วนสัญญาณควบคุมออกจากกัน ซึ่งส่งผลต่อการป้องกันความปลอดภัยของระบบที่ประกอบด้วยการรักษาความลับ ความถูกต้องและเชื่อถือได้ และความพร้อมใช้งาน ต้องสอดคล้องกันทั้งสองระนาบ โดยแนวทางการจัดการด้านความปลอดภัยนี้ได้ถูกเสนอขึ้นโดย China IMT-2020 (5G) [20] โดยนำเสนอในมุมมองของอุปกรณ์ผู้ใช้งาน (User Equipment (UE)) ที่คำนึงถึงการเชื่อมต่อระหว่าง UE และ Application ที่ให้บริการด้วย Service Provider เพื่อให้แน่ใจว่าการเข้าถึงโครงข่ายของผู้ให้บริการ 5G จะได้รับการรักษาความลับและความถูกต้องทั้งในส่วนของสัญญาณบนระนาบควบคุมและส่วนของข้อมูลบนระนาบข้อมูลไปพร้อม ๆ กัน โดยการแลกเปลี่ยนการสื่อสารระหว่าง Radio Access Network (RAN) และ Service Network Public Node (โนดที่ให้บริการสำหรับ User สาธารณะ) เพื่อไปตรวจสอบข้อมูลการยืนยันตัวตนของอุปกรณ์ผู้ใช้กับฐานข้อมูลใน Home Public Land Mobile Network (PLMN)/Home Network ที่จัดเก็บโพรไฟล์ของผู้ใช้งาน นอกจากนี้ China IMT-2020 (5G) ระบุว่าความปลอดภัยทางไซเบอร์ของ Network Slices ต่าง ๆ ควรได้รับการรับรองทั้งส่วนของ Authorization และ Isolation อีกทั้งในส่วนของ UE และ Application ควรมีการรับรอง Security Visualization และ Configurability

จากแนวทางความปลอดภัยทางไซเบอร์ของ 5G ที่กล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความปลอดภัยในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ของผู้ใช้งานและส่วนเชื่อมต่อการสื่อสารต่าง ๆ ในระบบสื่อสาร 5G ตลอดจนแอปพลิเคชันจะได้รับการยืนยันตัวตน และความปลอดภัยทางไซเบอร์จากมาตรฐานความปลอดภัยทั้งระนาบสื่อสัญญาณข้อมูล (Data Plane) และระนาบสื่อสัญญาณควบคุม (Control Plane)

6.3 5G Access Security

การเข้าถึงเครือข่ายไร้สายอย่างปลอดภัยได้รับการปกป้องจาก Authentication and Key Agreement (AKA) Protocol ซึ่งเป็นพื้นฐานของการสื่อสารใน Layer 2 ซึ่งทาง 3GPP standard [21] ได้กำหนดให้ใช้ Extensible Authentication Protocol (EAP-AKA) สำหรับเครือข่าย 4G และ WPA2 สำหรับ Wi-Fi และ WPA3 ใน Wi-Fi 6 ส่วนเครือข่าย 5G นั้น 3GPP standard ได้กำหนดให้นำ Framework ของ EAP-AKA มาใช้เช่นกัน แต่เพิ่มให้มีการตรวจสอบ UE ก่อนส่งการยืนยันตัวตนไปยัง Home Network ใน 5G-AKA

เนื่องจากข้อมูล International Mobile Subscriber Identity (IMSI) เป็นข้อมูลหนึ่งเดียวที่ผูกติดกับ SIM Card จึงทำให้ถูกนำมาใช้ระบุตัวตน แต่วิธีนี้กลับส่งผลให้ข้อมูลส่วนบุคคลถูกเปิดเผย (Privacy Leak) เพื่อป้องกันไม่ให้ข้อมูลการระบุตัวตนของผู้ใช้งานรั่วไหลเทคโนโลยี 5G จึงได้มีนำเทคนิค Subscription Concealed Identifier (SUCI) มาใช้โดยอาศัยเทคนิคการเข้ารหัสด้วย Public Key ของ User ที่อยู่ใน Home PLMN/Home Network แต่การระบุตัวตนของ UE กับ Service Network บ่อย ๆ ทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากร

5G Network ดังนั้น ผู้ให้บริการ 5G Network จึงได้กำหนด Globally Unique Temporary Identifier (GUTI) มาเพื่อป้องกันการส่ง SUCI บ่อย ๆ ด้วยเหตุนี้เองทำให้ผู้โจมตีสามารถดักฟัง GUTI ได้เนื่องจาก GUTI มีระยะเวลาการใช้งานยาวนาน ทำให้ผู้โจมตีสามารถทำการโจมตีได้ อย่างไรก็ตาม 5G Network ได้พัฒนาเทคนิคการป้องกันการโจมตี GUTI มาใช้เพื่อป้องกันการโจมตีลักษณะเช่นนี้แล้ว นอกจากนี้ยังมีการโจมตีจากการตั้ง Rogue base-station และ gNodeB ผิดกฎหมายเพื่อหลอกให้ User Equipment (UE) ทำการเชื่อมต่อ แต่การทำเช่นนี้สามารถตรวจสอบได้จาก Regulator เนื่องจากการใช้งานคลื่นความถี่ 5G ต้องมีใบอนุญาตและเสาส่งสัญญาณต้องได้รับอนุญาตจาก Regulator เท่านั้น ดังนั้นโอกาสที่จะถูกโจมตีในลักษณะเช่นนี้ไปได้ยาก

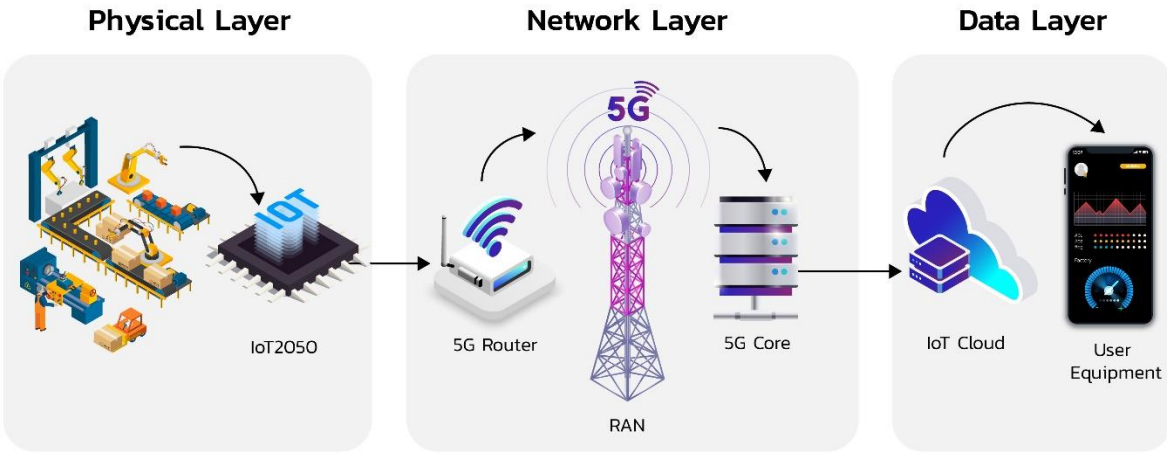
6.4 Wi-Fi Access Security

การเชื่อมต่อ Wi-Fi network ต้องทำผ่าน Authentication ด้วย EAP framework ในรูปของ WPA2 สำหรับ Wi-Fi ยุคที่ 3 และ WPA3 สำหรับ Wi-Fi ยุคที่ 4 การโจมตีทางไซเบอร์สำหรับ Wi-Fi network นั้นทำได้ดังนี้ การติดตั้ง Rogue Access Point หรือเรียกว่า Evil Twin ซึ่งเทคนิคนี้อาศัยช่องว่างของสัญญาณ Beacon packet ที่ไม่ได้ถูกเข้ารหัส ซึ่งผู้โจมตีสามารถเข้าถึง SSID และ BSSID ได้ง่าย และทำการโจมตีผู้ใช้งานที่เข้าถึง SSID และ BSSID นั้นได้ จากนั้นผู้โจมตีจึงทำ de-authentication attack UE ที่เชื่อมต่อกับ Wi-Fi เป้าหมายเพื่อทำให้ UE นั้นเปลี่ยนมาเชื่อมต่อกับ Rogue Wi-Fi แทน ในส่วนเพิ่มเติมการโจมตีแบบ Man-in-The-Middle Attack สามารถทำได้โดยใช้ Evil Twin ซึ่งเรียกได้ว่าเป็น Denial of Service (DoS) Attack ได้เช่นกัน เนื่องจาก Evil Twin จะทำการขัดขวางการเชื่อมต่อของ UE และ Wi-Fi AP นอกจากนี้การโจมตีใน Wi-Fi Access ยังสามารถทำได้ในอีกหลากหลายรูปแบบ

6.5 ข้อคิดเห็นความปลอดภัยทางไซเบอร์ระหว่าง 5G access และ Wi-Fi access

ความเสี่ยงจากการถูกโจมตีทางไซเบอร์สามารถเกิดขึ้นได้จากทั้งเทคโนโลยี 5G และ Wi-Fi โดยการใช้งานผ่าน 5G Access มีความเสี่ยงในการถูกโจมตีทางไซเบอร์น้อยกว่าการสื่อสารผ่านระบบ Wi-Fi Access เนื่องจาก 5G เป็น Licensed Spectrum ที่ผู้โจมตีไม่สามารถตั้ง Rogue based-station และปล่อยสัญญาณได้ง่าย อีกทั้งการระบุตัวตนของระบบ 5G ทำให้ตรวจจับผู้ไม่ได้รับอนุญาตใช้งานได้ และแนวทางในการแก้ปัญหาการโจมตีการปลอม GUTI สามารถใช้เทคนิคการเข้ารหัส PKI มาช่วยป้องกันได้ อีกทางหนึ่ง ในขณะที่ Wi-Fi ใช้ Unlicensed Band ทำให้ Attacker สามารถติดตั้ง Rogue Access Point (AP) ได้ง่ายและตรวจจับได้ยาก ถึงแม้การแก้ปัญหาโดยการให้ UE จำ AP ที่ได้รับอนุญาตในการเข้าถึงและการซ่อน SSID และ BSSID จะช่วยป้องกัน UE ได้ในเบื้องต้น แต่ Wi-Fi AP ไม่สามารถส่งข้อมูลระบุตัวตนของอุปกรณ์ เช่น MAC Address ข้าม Network Layer 2 ได้

6.6 ความปลอดภัยทางไซเบอร์ใน 5G Smart Factory



ภาพที่ 6.1 สถาปัตยกรรม 5G Smart Factory

การนำเทคโนโลยี 5G เข้ามาใช้ร่วมกับเทคโนโลยี IIoT เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานของ OT ให้สามารถผสานรวมกับ IT เพื่อให้การควบคุมกระบวนการทำงานภายในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นไปอย่างอิสระจากข้อจำกัดการเข้าถึงด้านกายภาพ ส่งผลให้ระบบการทำงานเป็นไปอย่างอัตโนมัติมากยิ่งขึ้นจนเกิดเป็น Smart Factory และด้วยความสามารถของการสื่อสารแบบไร้สาย และประสิทธิภาพในการสื่อสารของเทคโนโลยี 5G ทำให้ 5G Smart Factory เป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับภาคอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม การเพิ่มอุปกรณ์การเชื่อมต่อโลกของกายภาพให้เข้าถึงได้จากภายนอกด้วยการสื่อสารทางไซเบอร์ ส่งผลให้เกิดข้อกังวลเรื่องความปลอดภัยทางไซเบอร์ และการรั่วไหลของข้อมูลจนนำมาสู่ความลับทางการค้ารั่วไหลได้ ภาพที่ 6.1 แสดงถึงสถาปัตยกรรม 5G Smart Factory ซึ่งความปลอดภัยทางไซเบอร์ที่ต้องคำนึงถึงแบ่งออกตามระดับชั้นของการสื่อสาร [22] ดังนี้

1. Physical Layer:
    - Authentication: การยืนยันตัวตนของอุปกรณ์ Sensors หรือ IoT Devices มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากอุปกรณ์ IoT ในโรงงานอุตสาหกรรมมักนำไปติดตั้งใช้งานในระบบควบคุมเครื่องจักรมอเตอร์ และการตรวจวัดข้อมูลการทำงานของระบบต่าง ๆ ภายในโรงงาน หากมีการปลอมแปลงของอุปกรณ์ IoT Devices ในระบบอุตสาหกรรมจะส่งผลให้ทั้งระบบไม่ปลอดภัยทางไซเบอร์และทางกายภาพ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีระบบระบุตัวตนของอุปกรณ์ IoT ทั้งนี้ ด้วยเทคโนโลยี 5G เองมีระบบการระบุตัวตนด้วย International Mobile Subscriber Identity (IMSI) ของ SIM Card ที่ใช้ติดต่อกับ RAN และทำการให้สิทธิ (Authorize) กับส่วน Home PLMN ทำให้การระบุตัวตน (Authentication) ของอุปกรณ์ปลายทางสามารถทำได้ซึ่งความปลอดภัยเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยที่ทางผู้ผลิตอุปกรณ์ (Vendor) และ ผู้ให้บริการ (Operator) เลือกใช้ แต่ในขณะนี้ยังไม่มีอุปกรณ์เซนเซอร์ที่สามารถติดตั้ง SIM Card ได้โดยตรงจึงจำเป็นต้องระบุตัวตนผ่านอุปกรณ์ Edge Computing ดังนั้นการเพิ่ม

การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ส่งผลให้เพิ่ม Attack Surface มากขึ้น เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวโรงงานอุตสาหกรรมจึงควรมีระบบการป้องกันการเข้าถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในโรงงานเช่น การทำ Authentication (Multi-Factor Authentication) สำหรับการเข้า Configure Edge Computing เป็นต้น การตรวจสอบการปลอมแปลงอุปกรณ์ เช่น การติดตั้งระบบตรวจสอบข้อมูล Log ของการสื่อสารของแต่ละอุปกรณ์ เพื่อตรวจสอบการเข้าถึงการเปลี่ยนค่าการติดตั้งของระบบจากผู้ไม่ได้รับอนุญาตและติดตั้งระบบแจ้งเตือน รวมไปถึงการตรวจสอบความเป็นไปได้ของการถูกโจมตีในระดับภายภาพ (Physical Layer)

- Security of IIoT: ความเสี่ยงในการถูกโจมตีทางกายภาพของตัวเซนเซอร์ และ การถูกโจมตีทางไซเบอร์ของ Edge Computing นั้นสามารถลดได้ด้วยการตรวจสอบช่องโหว่ซอฟต์แวร์ที่ติดตั้ง การอัปเดต Patch อยู่เสมอ และการตรวจสอบการทำงานของ Edge Computing และป้องกันการเข้าถึง Edge Computing จากภายนอก
- Stability of Large-scale Network Devices: ในระบบการสื่อสาร 5G ถูกออกแบบมาให้รองรับการสื่อสารกับอุปกรณ์ปลายทางเป็นจำนวนมาก โดยความปลอดภัยทางไซเบอร์ได้ระบุถึงแต่ละอุปกรณ์ซึ่งสอดคล้องกับหมายเลขประจำตัว (Identification) ของอุปกรณ์นั้น ๆ ทำให้การเข้าใช้งาน 5G พร้อม ๆ กันของอุปกรณ์ทำได้ดีกว่าการใช้งานบน Wi-Fi แบบ Unlicensed Band

2. Network Layer
    - Cyber Threats: การโจมตีทางไซเบอร์ในระบบเครือข่าย 5G สามารถเกิดขึ้นได้หลายรูปแบบ เช่น Denial of Service (DoS) และ Distributed Denial of Service (DDoS) attack การโจมตีอาจจะพุ่งเป้าหมายไปที่ RAN เพื่อขัดขวางการเข้าถึงสัญญาณของอุปกรณ์ปลายทาง การสร้าง Rogue base-station ซึ่งระบบจะสร้าง Fake Authentication มารบกวน RAN ทำให้ขัดขวางการเข้าถึงของอุปกรณ์ปลายทางที่ต้องการใช้งาน แต่การสร้าง Rogue base-station ในระบบ 5G Licensed Spectrum ทำได้ยากกว่า Rogue AP ในระบบ Wi-Fi
    - Protocol Vulnerability: ช่องโหว่ของ Protocol การสื่อสารทั้งนี้การสื่อสาร 5G ด้วย Protocol ที่ได้รับการรับรองจากองค์กร GSMA ทำให้การสื่อสารปลอดภัยจากการโจมตี Eavesdropping และ Intrusion Attacks อย่างง่ายได้
3. Data Layer (Application Layer)
    - User Authentication และ Access Control: ระบบการยืนยันตัวตนของผู้ใช้งานในระดับชั้นของ Application การจัดให้มีการควบคุมสิทธิในการเข้าถึงข้อมูลด้วย Access Control Policy ในระดับ Application
    - Encryption Algorithms: การสื่อสารผ่านเครือข่าย 5G และ อินเทอร์เน็ต ข้อมูลจะได้รับการเข้ารหัสช่องสัญญาณตามมาตรฐาน เพื่อเป็นการป้องกันการดักฟังข้อมูล

- Privacy Protection: ข้อมูลของระบบ IIoT ถูกนำไปประมวลผลบนคลาวด์และจัดเก็บในคลาวด์ ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของข้อมูลไปสู่คลาวด์ และหากคลาวด์ถูกโจมตี เช่น Ransomware Attack หรือเกิดปัญหา Data Leak จากคลาวด์ หรือมีการโจมตีจากผู้ไม่ได้รับอนุญาตให้เข้าถึงข้อมูลในคลาวด์จากการยกระดับสิทธิ์ในการเข้าถึง (Privilege Escalation) เนื่องจากข้อมูลที่ถูกส่งไปคำนวณบนคลาวด์ทั่วไปข้อมูลจำเป็นต้องถอดรหัสเพื่อนำไปคำนวณ

6.7 ความปลอดภัยทางไซเบอร์กับ Network Slicing

การนำเทคโนโลยี 5G Network Slicing เข้ามาให้บริการมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้การจัดการด้านประสิทธิภาพ และคุณภาพการให้บริการสอดคล้องกับแอปพลิเคชันที่ต้องการให้บริการ ซึ่งทำให้การจัดสรรทรัพยากรของเครือข่ายตั้งแต่ต้นทางไปถึงปลายทางเฉพาะเจาะจงไปที่ความต้องการของแอปพลิเคชันได้ แต่การนำเทคโนโลยี Network Slicing มาใช้กลับสร้างความท้าทายด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ให้กับผู้ให้บริการ 5G เป็นอย่างมาก เนื่องจากด้านกายภาพ Infrastructure และทรัพยากรที่ใช้ในการให้บริการ Network Function ถูกแชร์กันกับ Network Slices อื่น ๆ แต่ด้าน Logical ต้องทำการแยกส่วนกัน ทำให้การออกแบบ Network Slicing ให้ปลอดภัยทางไซเบอร์ต้องทำ security-by-design โดยใน Release 15 ของ 3GPP [23] ได้ระบุถึงประเด็นในการทำ Security ในการทำ UE Authorization กับ Access Network Slices, Confidentiality และ Integrity Protection ของ Network Slice Identifiers, Network Slice Specific, Network Function Authorization ซึ่งประเด็นที่ทำให้เกิดข้อกังวลด้านความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้งานนั่นคือ ผู้ไม่หวังดีสามารถรู้ข้อมูลจากการที่ผู้ใช้งานทำการยืนยันตัวตนการใช้งาน Network Slice ผ่าน Single-Network Slice Selection Assistance Information (S-NSSAI) ซึ่งเป็นการระบุข้อมูล Identifier ถ้าหากไม่มีการปกป้องข้อมูลส่วนนี้จะทำให้ข้อมูลการใช้งาน Application รั่วไหล ดังนั้นใน Release 15 ได้มีการเสนอวิธีการช่วยบรรเทาปัญหาดังกล่าวแล้ว

6.8 ความเป็นส่วนตัวของข้อมูล (Data Privacy)

การนำเทคโนโลยี 5G Smart Factory มาช่วยปรับปรุงในระบบการทำงานในอุตสาหกรรมมีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แต่อาจมีความเสี่ยงในการรั่วไหลของข้อมูลไปสู่คลาวด์สาธารณะเนื่องจากต้องนำข้อมูลจากโรงงานไปคำนวณบนคลาวด์ โดยคลาวด์ทั่วไปมีการป้องกันความปลอดภัยทางไซเบอร์จากผู้ไม่หวังดีภายนอก แต่ไม่สามารถป้องกัน Privacy ของข้อมูลที่นำไปคำนวณบนคลาวด์ได้ ซึ่งในปัจจุบันมีงานวิจัยที่พัฒนาเทคนิคต่าง ๆ เพื่อปกป้องความเป็นส่วนตัวของข้อมูล หรือ Data Privacy เช่น Differential Privacy, Secure-Multiparty Computation และ Homomorphic Encryption เป็นต้น โดยทีมนักวิจัยเนคเทคได้พัฒนา IoT Cloud Platform ภายใต้ชื่อ CYBLION ที่สามารถให้บริการ IoT และคำนวณข้อมูล IoT โดยอาศัยเทคโนโลยี Homomorphic Encryption ซึ่งทำให้คลาวด์สามารถคำนวณข้อมูลที่เข้ารหัสโดยไม่ถอดรหัสได้ ทำให้ข้อมูลไม่ถูกเปิดเผยสู่คลาวด์ และป้องกันการรั่วไหลของข้อมูลจากการที่คลาวด์ถูกโจมตีได้

6.9 บทสรุป

การใช้เทคโนโลยี 5G กับ แอปพลิเคชัน IIoT ซึ่งทำให้เกิดเป็น 5G Smart Factory นั้นสามารถให้ความปลอดภัยทางไซเบอร์และความเป็นส่วนตัวของข้อมูลมากกว่าใช้เทคโนโลยี Wi-Fi แต่อย่างไรก็ตาม การใช้เทคโนโลยีที่มีความปลอดภัยสูงแต่ยังต้องมีระบบการป้องกันความปลอดภัยทางไซเบอร์ควบคู่ไปด้วย เนื่องจากยังไม่มีเทคโนโลยีใดที่ปราศจากช่องโหว่ทางไซเบอร์ และการใช้งาน IIoT ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของข้อมูลไปสู่คลาวด์ การนำเทคโนโลยีเช่น Differential Privacy, Secure-Multiparty Computation และ Homomorphic Encryption เข้ามาใช้ร่วมด้วยจะช่วยปกป้องความเป็นส่วนตัวของข้อมูลได้ นอกจากนั้น การให้บริการ Network Slicing รวมถึงการแยก Data Plane ออกจาก Control Plane ส่งผลให้เกิดความท้าทายด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์มากขึ้น การใช้บริการ Network Slicing ไม่ได้ช่วยเพิ่มความปลอดภัยทางไซเบอร์ให้กับข้อมูลที่ใช้งาน และไม่ได้เพิ่มความเป็นส่วนตัวของข้อมูลให้กับผู้ใช้งานมากขึ้นแต่เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพการใช้งานให้มีความเหมาะสมกับแอปพลิเคชันที่ต้องการ

บทที่ 7 การใช้ 5G กับความคุ้มค่าในการลงทุน

7.1 บทนำ

ด้วยกระแสการนำเทคโนโลยีและโซลูชันต่าง ๆ มาใช้ในการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตมากขึ้นตามลำดับ และด้วยคุณสมบัติของเทคโนโลยี 5G ทำให้ผู้ประกอบการเริ่มสนใจและนำมาปรับใช้กับอุตสาหกรรมมากขึ้น แต่ก็ยังมีความกังวลว่า 5G จะทำให้องค์กรก้าวเป็นแนวหน้าในการใช้เทคโนโลยีหรือติดกับดักอยู่กับความไม่คุ้มค่ากันแน่ โดยเมื่อกล่าวถึงการประเมินความคุ้มค่าการลงทุนในโครงการ/กิจกรรมต่าง ๆ เครื่องมือที่ถูกใช้วิเคราะห์มักจะเป็นการวัดผลตอบแทนการลงทุน (Return on Investment) ที่เรียกกันย่อ ๆ ว่า “ROI”

สำหรับการนำเทคโนโลยี 5G ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมไทยยังไม่มีผลการประเมิน ROI ให้เห็นมากนัก จะมีเพียงผลศึกษาจากต่างประเทศเช่น เยอรมนี จีน ญี่ปุ่น ฯลฯ เป็นหลัก ในโครงการนี้จึงขอนำเสนอมิติการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน เพื่อให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรม/โรงงานมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจและเห็นโอกาสรวมถึงข้อจำกัดจากการใช้เทคโนโลยี เนื่องจากการนำ 5G ไปใช้ในอุตสาหกรรมไทยยังเป็นความท้าทาย และยังมีอีกหลายปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณาร่วมกันนอกจากเรื่องของความคุ้มค่า ไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติเชิงเทคนิค มาตรฐานและอุปกรณ์ที่รองรับ กฎหมาย ข้อบังคับด้านมาตรฐาน ระบบนิเวศ 5G กลยุทธ์ขององค์กร นโยบายและการสนับสนุนให้เกิดการประยุกต์ใช้ สภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจ สังคม การจัดการและสิ่งแวดล้อม ฯลฯ

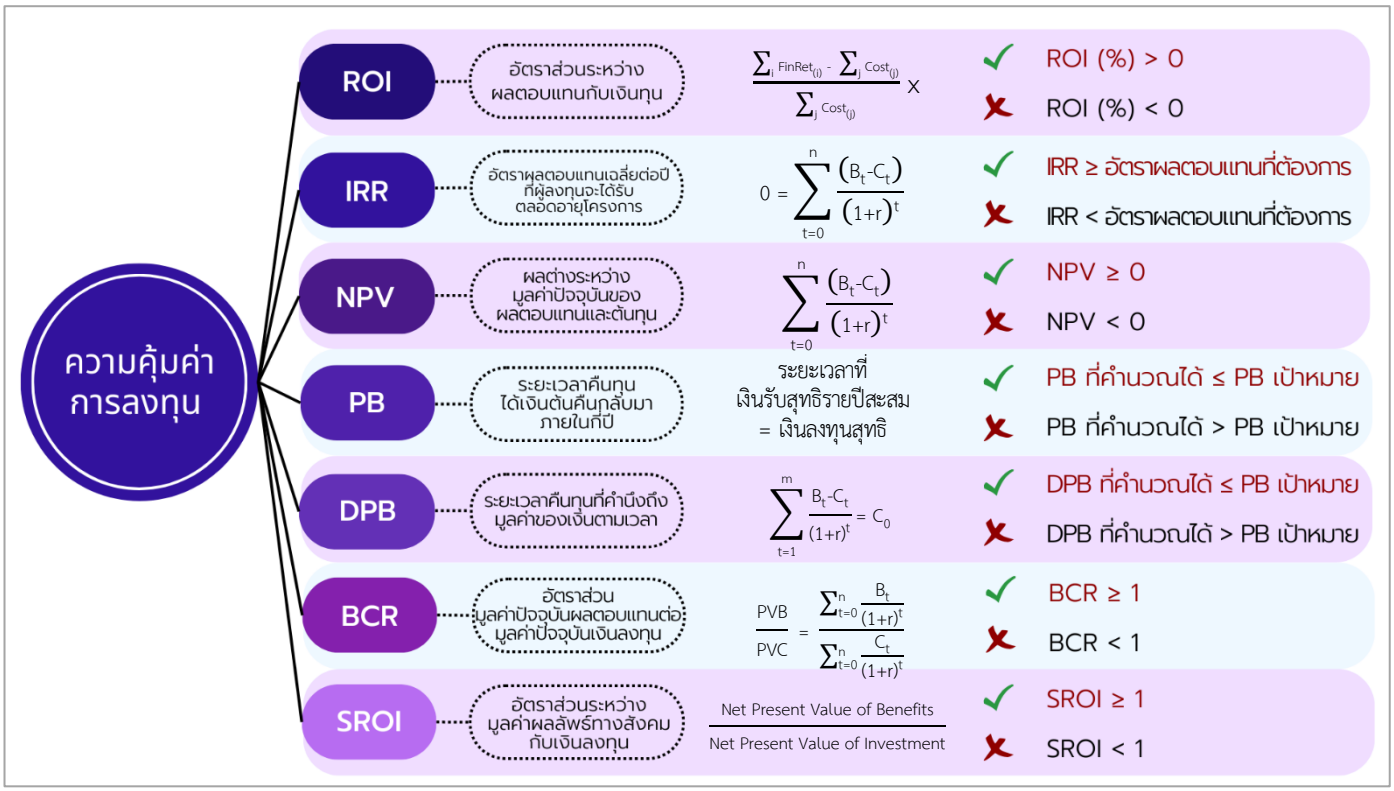
7.2 ความหมายและองค์ประกอบของความคุ้มค่าการลงทุน

ความคุ้มค่าการลงทุนเป็นการบริหารจัดการหรือใช้ทรัพยากรที่มีอยู่เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด มักใช้ประกอบการพิจารณาเลือกโครงการหรือการลงทุนโดยคำนึงถึงผลตอบแทนที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนที่เกิดขึ้นจริง หากมีหลายโครงการกิจกรรม ข้อมูลความคุ้มค่าที่ต่างกัน จะสามารถช่วยจัดลำดับความสำคัญเพื่อพิจารณาว่าทางเลือกใดคุ้มค่ามากที่สุด เพื่อการตัดสินใจให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

หลายองค์กรมักประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนผ่านการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน (Return on Investment) หรือที่เรียกกันว่า “ROI” ซึ่งเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้เปรียบเทียบผลตอบแทนที่เกิดขึ้นกับเงินลงทุนเพื่อประกอบการตัดสินใจ เนื่องจากให้ผลเป็นตัวเลขแบบเปอร์เซ็นต์ ตีความได้ง่าย ยิ่งได้ผลลัพธ์เป็นค่าที่สูงเท่าใด ยิ่งแสดงให้เห็นถึงผลตอบแทนการลงทุนที่ดีขึ้นเท่านั้น

อย่างไรก็ตาม ROI เองก็มีข้อด้อยที่แสดงให้เห็นผลเป็นเปอร์เซ็นต์ ณ จุดเดียว ซึ่งทำให้ไม่เห็นภาพรวมการลงทุน รวมถึงต้นทุนรวม ดังนั้นการประเมินความคุ้มค่าทางการลงทุนส่วนใหญ่จะใช้เครื่องมือในการประเมินที่มีหลายแบบประกอบกัน เพื่อให้เห็นมิติต่าง ๆ ได้ครอบคลุมมากขึ้น ตัวอย่างของเครื่องมือที่นิยมใช้ ได้แก่

(1) ผลตอบแทนจากการลงทุน (Return on Investment: ROI) (2) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) (3) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) (4) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) (5) ระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด (Discount Payback Period: DPB) (6) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio or B/C Ratio) (7) ผลตอบแทนทางสังคมจากการลงทุน (Social Return on Investment: SROI) โดยมีสูตรการคำนวณและหลักเกณฑ์การประเมินดังภาพที่ 7.1



ภาพที่ 7.1 เครื่องมือและเกณฑ์การประเมินความคุ้มค่าการลงทุน

ที่มา: คณะผู้วิจัย

สำหรับการประเมินความคุ้มค่าการลงทุนในโครงการฯ จะใช้เครื่องมือทางการเงิน 5 เครื่องมือหลัก ได้แก่ ROI IRR NPV DPB และ BCR ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ถูกใช้บ่อย เข้าใจง่าย เพื่อให้เห็นผลศึกษาที่ครอบคลุมและชัดเจนมากขึ้น

7.3 กรอบแนวทางการประเมิน

การประเมินความคุ้มค่าการลงทุนในโครงการฯ มีกรอบแนวทางการดำเนินงานตามภาพที่ 7.2 ดังนี้

- การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ ไม่ว่าจะเป็นงานศึกษาและผลการทดสอบ 5G ทั้งในและต่างประเทศ โดยเลือกกรณีศึกษาที่ใกล้เคียง เพื่อหาแนวทางการกำหนดตัวแปรต้นทุนและผลตอบแทนจากงานศึกษาดังกล่าวมาใช้เป็นหลักคิดสำหรับสรุปตัวแปรด้านต้นทุนและผลตอบแทนในโครงการ
- การจัดเก็บข้อมูลปฐมภูมิ ข้อมูลก่อนทดสอบ โดยการสัมภาษณ์ ส่งแบบสอบถามกับผู้บริหารและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง การลงพื้นที่เพื่อสังเกตสถานภาพโดยรวมก่อนการทดสอบ

- กำหนดตัวแปรต้นทุนและผลตอบแทนที่เหมาะสมในโครงการ และเริ่มเก็บรวมรวมข้อมูลหลังการทดสอบใช้งาน
- วิเคราะห์ผลตามเกณฑ์การประเมินความคุ้มค่า โดยนำข้อมูลต้นทุนผลตอบแทนที่ได้มาใช้คำนวณในแต่ละเกณฑ์เครื่องมือ
- สรุปผลการประเมิน และวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบ รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องเพิ่มเติมเพื่อสามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริง และถูกต้องเหมาะสม

อย่างไรก็ตาม การเลือกตัวแปร/ตัวชี้วัด ด้านผลตอบแทน (Benefits) และต้นทุน (Costs) ในโครงการฯ จะพิจารณาทั้งผลตอบแทนและต้นทุนที่เกิดขึ้นทั้งทางตรง (Direct Benefit/Cost) และทางอ้อม (Indirect Benefit/Cost) ในรูปแบบที่วัดเป็นตัวเงินได้ (Tangible) และวัดเป็นตัวเงินไม่ได้ (Intangible) มาประเมินให้ครบถ้วน ซึ่งผลตอบแทนและต้นทุนที่จับต้องไม่ได้ (Intangible Benefits/Costs) อาจไม่ได้มีค่าทางการเงินที่เป็นตัวเลขที่สามารถวัดได้ชัดเจน แต่กลับมีน้ำหนักในการตัดสินใจที่จะลงทุนเช่นกัน ซึ่งในบางกรณีจะถูกนำมารวมเพื่อประเมินและมีผลต่อความคุ้มค่าในการลงทุนอย่างเห็นได้ชัดด้วย

นอกจากนั้น ระยะเวลาการประเมินความคุ้มค่าในโครงการกำหนดไว้ 5 ปี ซึ่งจะทำให้มูลค่าของเงินมีความต่างกันในแต่ละปี จึงมีการปรับค่าของเงินในอนาคตให้เท่ากับค่าของเงินในปัจจุบันก่อนการวิเคราะห์ด้วยการใช้อัตราคิดลด (Discount Rate)[1] เพื่อสามารถเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนได้ง่ายและชัดขึ้น

ภาพที่ 7.2 กรอบแนวทางการดำเนินงานส่วนการประเมินความคุ้มค่าการลงทุน

ที่มา: คณะผู้วิจัย

[1] เมื่อเวลาผ่านไป มูลค่าของเงินที่แท้จริงจำนวน 1 บาท จะลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากมีทางเลือกหลายประการที่ทำให้สามารถนำเงินนั้นไปลงทุนให้ได้มาซึ่งผลตอบแทน หรือเป็น “ค่าเสียโอกาส” ของเงิน 1 บาท ที่ต้องใช้ทำอย่างหนึ่งแทนที่จะทำอีกอย่างหนึ่ง มูลค่าของเงินตามเวลาจึงใช้ “อัตราคิดลด (Discount Rate)” เป็นตัวปรับค่าของเงิน

นอกจากนั้นยังมีการกำหนดสถานการณ์สมมติ (Scenario) เพื่อให้เห็นมิติของการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้น โดยกำหนดกรณีฐาน (Base Case) ซึ่งพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ บนพื้นฐานของการร่วมทดสอบ และกรณีที่ดีที่สุด (Best Case) เปรียบเทียบสถานการณ์ภายใต้ข้อสมมติต้นทุน/ค่าใช้จ่าย ผลประโยชน์ เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเป็นข้อมูลประกอบที่อาจจะเกิดขึ้นหรือไม่เกิดขึ้นก็ได้ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในบริบทที่ต่างกัน ประกอบด้วย

1) สมมติให้ค่าใช้จ่ายลดลงร้อยละ 10 โดยอาศัยหลักคิดเรื่องกลไกราคาในตลาดประกอบกับวัฏจักรเทคโนโลยี ในระยะแรกการนำเทคโนโลยีใหม่ ซึ่งยังไม่ค่อยมีการใช้อย่างแพร่หลาย จะส่งผลให้ราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายส่วนเทคโนโลยี ค่าอุปกรณ์ และโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ค่อนข้างสูง ต่อมาเมื่อมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้มากขึ้น มีการผลิตอุปกรณ์มากขึ้น มีแนวโน้มทำให้ค่าใช้จ่ายส่วนเทคโนโลยีและองค์ประกอบลดลงเรื่อย ๆ ส่งผลต่อความคุ้มค่าการลงทุนที่อาจมากขึ้นได้

2) สมมติให้เป็นกรณีที่มีการสนับสนุนจากภาครัฐ โดยใช้ข้อมูลหากสถานประกอบการผ่านเงื่อนไขและได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีของคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ในมาตรการที่ 4 ด้านการยกระดับไปสู่อุตสาหกรรม 4.0 โดยรายได้จากการประยุกต์ใช้ 5G จะได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีร้อยละ 100 ของเงินลงทุน (ไม่รวมเงินทุนหมุนเวียน) ใน 3 ปี จะส่งผลให้ประโยชน์ที่เป็นตัวเงินจากการมีระบบเพิ่มขึ้นได้

7.4 ผลการวิเคราะห์ 5G Use Cases กับความคุ้มค่าการลงทุน

จากกรณีศึกษานำ 5G ไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ 2 โรงงาน 1 คลังสินค้า ของประเทศไทย ประกอบไปด้วย 4 Use Cases ได้แก่ 5G AGV Asset Tracking (Production Line), 5G Condition-based Monitoring, 5G Mobile Robot (AGV) และ 5G Asset Tracking (Smart Warehouse) โดยใช้เครือข่ายสัญญาณ 5G ภายใต้ผู้ให้บริการเครือข่ายหลักของประเทศ โดยแต่ละกรณีจะลักษณะแตกต่างกันตามเทคนิควิธีทดลองทดสอบและความต้องการของแต่ละบริษัท ดังมีรายละเอียดกล่าวถึงแล้วในบทที่ 4 สามารถสรุปต้นทุน ผลประโยชน์ และความคุ้มค่าได้ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 สรุปประโยชน์และความคุ้มค่าจากกรณีศึกษา 5G Use Cases

	5G AGV Asset Tracking	5G Condition-based Monitoring	5G Mobile Robot (AGV)	5G Smart Warehouse
ลักษณะพื้นที่/ผลิตภัณฑ์	พื้นที่ Line การผลิต ลำเลียงพัสดุระหว่างการผลิต	บริเวณพื้นที่ถังเก็บวัตถุดิบของเหลวในอุตสาหกรรม ที่มีความสูงกว่า 10 เมตร	พื้นที่คลังเก็บผลิตภัณฑ์ สำหรับขนถ่ายและจัดวางลังบรรจุผลิตภัณฑ์	พื้นที่คลังสินค้าที่ลำเลียงสินค้าเข้าและออก
เทคโนโลยีที่ใช้	ประยุกต์ใช้ 5G กับ Asset Tracking **ติดตามตำแหน่งรถ AGV** ขนส่งผลผลิตสำคัญในสายการผลิตรายงานผลแบบ **Real Time**	**Radar Sensor** ตรวจวัดปริมาณของเหลว และ**แจ้งเตือน Real Time** แทนการใช้คนขึ้นไปตรวจวัด	**Mobile Robot** ติดตั้ง Digital IP Camera ด้านหน้ารถ และส่ง **Streaming VDO** ไปยัง Server (**ควบคุมระยะไกล** ผ่าน Joystick)	ประยุกต์ใช้ 5G กับ Asset Tracking **ติดตามตำแหน่งรถ Forklift** ที่ลำเลียงสินค้าเข้าและออกภายในคลังสินค้า
Pain Point	**ไม่ทราบปัญหา** เมื่อ AGV หยุดชะงัก, พนักงาน**ใช้เวลาตรวจสอบนาน** บริหารจัดการเวลาลำเลียงงานไม่ได้	ใช้พนักงานขึ้นไปตรวจวัด, มี**ความเสี่ยง**ขณะปฏิบัติงาน, **ไม่มีระบบแจ้งเตือน**ระดับของเหลวภายใน อาจเกิดการแห้งได้, ใช้**คนจดบันทึก** ข้อมูลอาจคลาดเคลื่อนได้	ต้องการปรับปรุงการทำงานเพิ่มประสิทธิภาพ ด้วย**ระบบอัตโนมัติ**, ต้องการให้พนักงานมี**คุณภาพชีวิตที่ดี**ขึ้น ลดความเสี่ยงในการทำงาน	**ไม่ทราบสถานะ**รถ Forklift (ตำแหน่ง โซน เวลา จุดชาร์จ), ไม่ทราบว่าพนักงานทำงานเต็มประสิทธิภาพหรือไม่
ต้นทุน/ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น	● ค่าวัสดุ อุปกรณ์ ค่ารถ AGV ● ค่าติดตั้ง/ค่าพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูล ● ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้าและระบบสื่อสาร ● ค่าบำรุงรักษาระบบ/ค่าบริการรายเดือน 5G/คลาวด์ ● ค่าจ้างบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับระบบ	● ค่าวัสดุ อุปกรณ์ Tank Farm Sensor ● ค่าติดตั้ง/ค่าพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูล ● ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้าและระบบสื่อสาร ● ค่าบำรุงรักษาระบบ/ค่าบริการรายเดือน 5G/คลาวด์	● ค่าวัสดุ อุปกรณ์ ค่ารถ AGV ● ค่าติดตั้ง/ค่าพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูล ● ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ● ค่าบำรุงรักษาระบบ/ค่าบริการรายเดือน 5G	● ค่าวัสดุ อุปกรณ์ ● ค่าติดตั้ง/ค่าพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูล ● ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้าและระบบสื่อสาร ● ค่าบำรุงรักษาระบบ/ค่าบริการรายเดือน 5G/คลาวด์
ต้นทุนปีแรก (ล้านบาท)	● 1.035	● 0.412	● 0.666	● 2.075

	5G AGV Asset Tracking	5G Condition-based Monitoring	5G Mobile Robot (AGV)	5G Smart Warehouse
ประโยชน์ที่ได้รับจากการมีระบบ	● **เพิ่มประสิทธิภาพ**ในการทำงาน ลดค่าใช้จ่ายจ้างบุคลากร/ไม่ต้องใช้คนติดตาม/สามารถไปทำงานอย่างอื่น ● มีข้อมูล **Real Time** วิเคราะห์และแสดงข้อมูลบน Dashboard /วางแผนเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในอนาคตได้ ● **มีภาพลักษณ์ที่ดี** เป็นผู้นำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ สร้างความน่าเชื่อถือและได้รับความสนใจ	● **เพิ่มประสิทธิภาพ** ลดระยะเวลาตรวจวัด/พนักงานไปทำงานอย่างอื่น ● **ลดความเสี่ยง**ของบุคลากรจากการเกิดอุบัติเหตุ ● มีข้อมูล **Real Time** วิเคราะห์และแสดงข้อมูลบน Dashboard	● **เพิ่มประสิทธิภาพ** ไม่ต้องใช้พนักงานทักษะสูง ลดต้นทุนบุคลากร/อบรม ● มีระบบรถขนส่งผลิตภัณฑ์และควบคุมได้ในระยะไกล แสดงข้อมูล **Real Time**	● **เพิ่มประสิทธิภาพ** นำข้อมูลมาวิเคราะห์ต่อ ปรับปรุงเส้นทางการเดินรถ และลดอัตราการใช้พลังงาน ● ข้อมูล **Real Time** วิเคราะห์และแสดงข้อมูลบน Dashboard / วางแผนเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในอนาคตได้ ● **ขยายการใช้งานไปยังคลังสินค้าอื่นได้** ประหยัดได้จากอุปกรณ์ 5G ที่มีความยืดหยุ่น ● **เพิ่มอัตราการรับส่งสินค้า/ลดความเสี่ยงส่งงานไม่ทัน**
ROI Summary				
Base Case	164%	-49%	-1%	9%
Cost -10%	194%	-43%	10%	21%
Best Case*	216%	17%	69%	37%
Payback Period Summary				
Base Case	7 เดือน	> 5 ปี	> 5 ปี	4 ปี
Cost -10%	6 เดือน	> 5 ปี	12 เดือน	3 ปี 1 เดือน
Best Case*	5 เดือน	9 เดือน	7 เดือน	1 ปี 1 เดือน

*Tax Incentive

ที่มา : คณะผู้วิจัย

สำหรับกรณีศึกษาแรก **5G AGV Asset Tracking** เป็นการประยุกต์ใช้ 5G ร่วมกับรถ AGV ที่ติดอุปกรณ์ติดตามตำแหน่ง โดยมีอุปกรณ์สื่อสารกับเครือข่ายเซลลูลาร์ ในส่วนของการทำงาน AGV จะลำเลียงวัสดุการผลิตและเดินตามแถบแม่เหล็กเพื่อไปรับงานในแต่ละสถานีตามคำสั่ง ซึ่ง AGV ทำหน้าที่ตั้งแต่รับกล่องเปล่า รับชิ้นงาน และนำชิ้นงานไปส่ง แทนการใช้คนในการขนถ่ายงาน ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลำเลียงผลิตภัณฑ์ในสายการผลิตได้ พนักงานไม่ต้องคอยตามค้นหาหรือเสียเวลารอ AGV หยุดชะงักก่อนแล้วจึงแก้ไขปัญหา การมีระบบแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์จะช่วยให้พนักงานสามารถทราบสถานะของ AGV ได้ทันท่วงที และยังสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากระบบเพื่อใช้ในการวางแผนการผลิต การรับจ่ายงานตลอดจนการรับคำสั่งซื้อหรือเพิ่มกำลังการผลิตตามความต้องการของลูกค้าได้ ในอนาคตอาจนำข้อมูลที่ได้ไปวางแผนการผลิตหรือกระบวนการเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันได้ ทั้งนี้ การนำเทคโนโลยี 5G มาประยุกต์ใช้งานในโรงงาน ยังเสริมภาพลักษณ์ที่ดีให้กับผู้ประกอบการเป็นองค์กรที่ใช้เทคโนโลยีใหม่มาปรับปรุงกระบวนการทำงาน ตลอดจนเป็นโรงงานตัวอย่างที่พัฒนาองค์ความรู้ทางเทคโนโลยีทั้งด้านกระบวนการผลิตและบุคลากร นำไปสู่การเข้ามาศึกษาดูงานของหน่วยงานเครือข่ายที่เกี่ยวข้อง

กรณีศึกษาที่สองคือ **5G Condition-based Monitoring** เป็นการประยุกต์ใช้ 5G ร่วมกับ RADAR Sensor ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวัดปริมาณของเหลว (Level Measurement RADAR) ในถังสูงกว่า 10 เมตร แทนการใช้คนขึ้นไปตรวจวัด โดยที่ระบบ Tank Farm Sensor จะแจ้งเตือนและแสดงผลข้อมูลระดับของเหลวในถังแบบ Real Time และเก็บข้อมูลบน IoT Cloud ได้อีกด้วย นอกจากจะช่วยลดความเสี่ยงด้านความไม่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุขณะปฏิบัติงานแล้ว ยังช่วยลดเวลาและขั้นตอนในการตรวจวัด พร้อมให้ข้อมูลที่ถูกต้อง ป้องกันความผิดพลาดจากมนุษย์ (Human Error) ในการบันทึกข้อมูล ทั้งนี้ ระบบยังเสริมการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลผ่านแอปพลิเคชัน CYBILION มั่นใจได้ว่าข้อมูลไม่รั่วไหล เสมือนมี Private Cloud การมีระบบทำให้สามารถดึงข้อมูลส่วนที่ต้องการมาวิเคราะห์ต่อยอด ปรับกลยุทธ์ในการวางแผนและปรับกระบวนการผลิต ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการและวางแผนการผลิตได้ พร้อมรองรับอัตราการผลิตหรือการเปลี่ยนแปลงที่อาจเพิ่มขึ้นได้อย่างทันท่วงที อีกทั้ง การนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ ไปประยุกต์ใช้นอกจากจะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ยังส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ พัฒนาองค์ความรู้ใหม่ ๆ รวมถึงเพิ่มคุณภาพชีวิตให้กับพนักงาน ตลอดจนเห็นโอกาสในการปรับปรุงกระบวนการใหม่ ๆ และวางแผนขยายผลให้เกิดการประยุกต์ใช้ในภาพรวมด้วยการเชื่อมโยงหลายระบบเข้าด้วยกัน

กรณีศึกษาต่อมาคือ **5G Mobile Robot (AGV)** เป็นการประยุกต์ใช้ 5G ร่วมกับรถ AGV ที่ติดตั้ง Digital IP Camera ด้านหน้ารถยกอัตโนมัติเพื่อส่ง Streaming VDO กิจกรรมด้านหน้ารถขึ้นมายัง Server ที่ควบคุมรถเพื่อใช้ในการติดตามการทำงานของรถด้วยการควบคุมระยะไกล ทำหน้าที่ขนถ่ายผลิตภัณฑ์ไปจัดวางเพื่อขนส่งต่อไป ระบบนี้ช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถลดค่าใช้จ่ายในการอบรมบุคลากรตามมาตรฐานความปลอดภัยในการขับรถ Forklift และไม่ต้องใช้พนักงานที่มีทักษะสูงในการขับรถ AGV ที่เป็นเพียงการควบคุมผ่าน Joystick เท่านั้น นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานด้วยระบบควบคุมระยะไกล/แสดงสถานะส่งข้อมูล Streaming VDO สามารถบริหารจัดการข้อมูลและทรัพยากรได้ สังเกตและตรวจสอบการทำงานของรถ

และการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ และสามารถใช้งานในพื้นที่จำกัดหรือพื้นที่แคบได้ถึง 3 เมตรขึ้นไป ซึ่งเป็นบริเวณที่รถ Forklift ขนสินค้าขนาดใหญ่ไม่สามารถผ่านได้อีกด้วย สำหรับในกรณีนี้เป็นการทดลองใช้ระบบแบบควบคุมระยะไกล ซึ่งในอนาคตผู้ประกอบการอาจจะนำไปปรับใช้/พัฒนากับระบบแบบไร้คนขับ จะช่วยให้พนักงานที่ขับรถส่วนนี้สามารถไปทำงานอย่างอื่น เกิดประสิทธิภาพการทำงานทั้งในกระบวนการและเสริมคุณภาพชีวิตที่ดีกับพนักงานได้

ส่วนกรณีศึกษาสุดท้ายเป็น **5G Asset Tracking for Smart Warehouse** ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ 5G ร่วมกับรถ Forklift พร้อมกับระบบระบุตำแหน่ง (Asset Tracking) สามารถติดตามการทำงานและสถานะของรถ Forklift ที่ทำงานในแต่ละโซน ครอบคลุมไปถึงการจอดชาร์จแบตเตอรี่ ประโยชน์ที่ได้จากระบบนี้จะช่วยให้ผู้ประกอบการมีข้อมูลสนับสนุนจากการมีระบบแสดงผลข้อมูลแบบ Real Time ผ่าน Dashboard ที่สามารถดูออนไลน์ ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ด้วยการนำข้อมูลมาบริหารเส้นทางการเดินรถให้เป็นเส้นทางที่สั้นและประหยัดเวลา/พลังงาน จะส่งผลดีทั้งด้านการใช้พลังงาน ด้านการจัดการคำสั่งซื้อไปจนถึงการส่งของได้ทันเวลา เสริมความสัมพันธ์อันดีกับลูกค้า ถือว่าผู้ประกอบการสามารถบริหารจัดการข้อมูลและทรัพยากรได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งในอนาคตอาจจะเพิ่มอัตราการรับส่งสินค้า/ลดความเสี่ยงการส่งสินค้าไม่ทันเวลา นอกจากนี้ อุปกรณ์ 5G ที่มีความยืดหยุ่น สามารถนำระบบไปใช้วิเคราะห์การทำงานที่คลังสินค้าอื่นโดยจ่ายค่าอุปกรณ์ใหม่เพียงบางส่วน ไม่ต้องเสียค่ากำหนดจุด/สำรวจพื้นที่ในการติดตั้ง และค่าพัฒนาระบบอีกอาจเป็นไปได้ว่าการขยายการใช้งานอาจจะช่วยให้ผู้ประกอบการมีโมเดลธุรกิจใหม่ ๆ มาสอดรับกับระบบที่เชื่อมโยงกันครอบคลุมทั้งคลังสินค้าและเครือข่ายขององค์กรได้ในอนาคต

จะเห็นว่าแต่ละกรณีศึกษามีความต้องการแก้ไขปัญหาที่แตกต่างกัน ซึ่งกรณี 5G AGV Asset Tracking, 5G Mobile Robot (AGV) และ 5G Smart Warehouse มีความคล้ายคลึงกันในส่วนการลำเลียงผลิตภัณฑ์ในสายการผลิตหรือคลังสินค้า ส่วน 5G AGV Asset Tracking และ 5G Smart Warehouse จะคล้ายกันในส่วนของการติดตามตำแหน่งในกระบวนการทำงาน/การผลิต ต่างกันที่กรณีแรกเป็นการติดตามสถานะของผลิตภัณฑ์ ส่วน Smart Warehouse จะติดตามการทำงานของพนักงานที่ขับรถ Forklift มากกว่า ในขณะที่ 5G Condition-based Monitoring เป็นการตรวจสอบ/ตรวจวัดในกระบวนการหนึ่ง ซึ่งในทุก Use Case มีระบบการแจ้งเตือนและแสดงผลแบบ Real Time จึงมีความเป็นไปได้ที่จะช่วยลดการเกิดปัญหา/ความผิดปกติในกระบวนการทำงาน สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที โดยไม่เสียเวลาในการรวบรวมข้อมูลเพื่อชี้จุดแก้ปัญหาที่อาจจะเกิดผลเสียกับกระบวนการทำงานอย่างมหาศาลได้ นอกจากนั้น จะพบว่ามีเพียงกรณีของ 5G AGV Asset Tracking ที่เข้าไปแก้ไขปัญหาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตโดยตรงหรือที่เป็น Pain Point ชัดเจน ดังนั้นด้วยลักษณะการประยุกต์ใช้ที่ต่างกัน จึงทำให้ผลความคุ้มค่าที่คำนวนได้เป็นไปได้ทั้งบวกและลบ

ผลการประเมินความคุ้มค่าการลงทุน

จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางการเงิน และสถานการณ์สมมติที่ส่งผลต่อความคุ้มค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถแสดงผลประโยชน์ในมิติต่าง ๆ และความคุ้มค่าในแต่ละ Use Case ได้อย่างชัดเจน ดังนี้

ความคุ้มค่าการลงทุนจากการนำระบบ 5G AGV Asset Tracking ไปช่วยในการลำเลียงชิ้นงานในสายการผลิต ให้ผลตอบแทนจากลงทุน (ROI) สูงถึง 164% หรือมีผลตอบแทนสุทธิ (ผลประโยชน์หักค่าใช้จ่ายแล้ว) เป็น 1.64 เท่าของเงินที่ใช้จ่าย และยังสามารถคืนทุนได้รวดเร็วภายใน 7 เดือน ในขณะที่หากมีการลดค่าใช้จ่าย/ต้นทุนจากการมีระบบ จะทำให้ผลประโยชน์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น โดยมีผลตอบแทนการลงทุน (ROI) ถึง 194% หรือ เกือบ 2 เท่าของเงินที่ใช้ลงทุน และยังสามารถคืนทุนรวดเร็วภายใน 6 เดือน อย่างไรก็ตาม หากมีการได้รับส่งเสริมสิทธิประโยชน์ทางภาษีมาตรการที่ 4 ให้ผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) ถึง 216% และคืนทุนภายใน 5 เดือน เมื่อพิจารณาผลประโยชน์ที่เกิดขึ้น จะพบว่า ผลตอบแทนด้านการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการทำงาน มีสัดส่วนมากถึงร้อยละ 86 ทั้งนี้ ได้แสดงผลโดยละเอียดในตารางแนบท้ายบท 7.2

สำหรับกรณี 5G Condition-based Monitoring เมื่อเปรียบเทียบประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการมีระบบ พบว่าให้ผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) ติดลบ 49% และไม่สามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 5 ปี ซึ่งเห็นได้ชัดว่าไม่มีความคุ้มค่าในแง่ของตัวเงิน แม้จะมีการลดค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนจากการมีระบบ ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นก็ยังไม่ครอบคลุมค่าใช้จ่ายรวม สะท้อนจากผลตอบแทนการลงทุน (ROI) ติดลบ 43% นอกจากจะได้รับส่งเสริมสิทธิประโยชน์ทางภาษีมาตรการที่ 4 จึงจะให้ผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) ได้ 17% โดยข้อสังเกตที่พบเนื่องจากโครงสร้างต้นทุนของระบบค่อนข้างสูง จากการนำผลงานวิจัยไปทดสอบใช้งานโดยไม่ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีโดยทั่วไปในท้องตลาด และใช้โครงสร้างพื้นฐาน 5G เชื่อมต่อระบบเพียงตำแหน่งเดียว ทำให้ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยสูง อย่างไรก็ตาม หากมีนโยบายสนับสนุนให้เกิดการลงทุน เป็นไปได้ว่าผลตอบแทนจะคุ้มค่ามากขึ้น ทั้งนี้ ได้แสดงโดยละเอียดในตารางแนบท้ายบท 7.3

ขณะที่กรณี 5G Mobile Robot (AGV) เมื่อลงทุนในระบบนี้ให้ผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) ติดลบเพียง 1% แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้งานระบบนี้เกือบคุ้มทุนและให้ผลตอบแทนที่เทียบเท่าเงินทุนแล้ว แต่ยังไม่สามารถคืนทุนได้ใน 5 ปี ดังนั้น หากมีการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการมีระบบ จะทำให้เกิดความคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น สะท้อนด้วยค่า ROI เท่ากับ 10% และคืนทุนได้ใน 11 เดือน อีกทั้ง การได้รับนโยบายส่งเสริมสิทธิประโยชน์ทางภาษี จะทำให้คืนทุนได้รวดเร็วใน 7 เดือน และเกิดความคุ้มค่าถึง 69% จากการพิจารณาองค์ประกอบของผลประโยชน์ที่เกิดขึ้น พบว่า ประโยชน์ที่เกิดขึ้นไม่ได้มาจากการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน แต่ว่าเกิดจากการลดต้นทุนจากการมีระบบนี้แทนที่จะไปใช้จ่ายซื้อระบบอื่นที่มีราคาสูงแต่มีลักษณะคล้ายกันมาใช้งาน เห็นได้ชัดว่าการมีระบบช่วยเสริมการทำงานให้ดีขึ้นจริง แต่ไม่ได้เพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตที่สำคัญ ทั้งนี้ ได้แสดงผลโดยละเอียดในตารางแนบท้ายบท 7.4

ส่วนกรณีศึกษาสุดท้าย 5G Smart Warehouse เมื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ พบว่าระบบนี้มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงกว่า Use Case อื่น เนื่องจากมีจำนวนจุดติดตั้งมากและพื้นที่การใช้งานค่อนข้างกว้าง แต่การมีระบบทำให้เกิดการขยายการใช้งานได้ในอีกหลายคลังสินค้า ให้ผลประโยชน์ส่วนนี้ถึง 90% ดังนั้นผลตอบแทนที่ได้รับมีความคุ้มค่าด้วย ROI ถึง 9% และยังสามารถคืนทุนได้ใน 4 ปี หากค่าใช้จ่ายด้านโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์ลดลง ก็จะทำให้มีความคุ้มค่า ด้วยผลตอบแทนการลงทุน (ROI) เป็น 21% และคืนทุนได้ใน 2 ปี 6 เดือน นอกจากนี้ หากได้รับส่งเสริมสิทธิประโยชน์ทางภาษีมาตรการที่ 4 ให้ผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) เป็นบวกถึง 37% และคืนทุนได้ใน 1 ปี 1 เดือน สะท้อนว่าการปรับโครงสร้างต้นทุนในกรณีนี้ และการใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์ 5G ที่มีความยืดหยุ่นสามารถขยายการใช้งานได้ มีผลต่อความคุ้มค่าอย่างมาก ทั้งนี้ ได้แสดงผลโดยละเอียดในตารางแนบท้ายบท 7.5

เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 4 Use Cases จะพบว่ากรณีของ 5G AGV Asset Tracking มีความคุ้มค่ามากที่สุด ผลตอบแทนการลงทุน (ROI) ถึง 164% รองลงมาเป็น 5G Smart Warehouse และ 5G Mobile Robot (AGV) ที่มีความคุ้มค่าจากผลตอบแทนการลงทุน (ROI) 9% และ 1% ตามลำดับ ส่วน 5G Condition-based Monitoring พบว่าไม่มีความคุ้มค่า ผลตอบแทนการลงทุน (ROI) -49% โดยมีข้อสังเกตที่มีผลต่อความคุ้มค่าดังนี้

1) Use Case ที่มีความสำคัญกับกระบวนการผลิต (Core Business) และ มี Pain Point ที่เห็นได้ชัดเจน จะทำให้มีแนวโน้มจะคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่า ดังเช่นกรณี 5G AGV Asset Tracking ที่ช่วยแก้ปัญหาสำคัญในกระบวนการผลิต นอกจากนั้นในกรณีนี้ยังมีค่าภาพลักษณ์ของหน่วยงานจากการใช้ระบบที่ประเมินจากค่า Ad value หรือ Advertising Value ซึ่งเป็นประโยชน์ที่เห็นได้ชัดจากการดำเนินงานโครงการในมุมมองของผู้ประกอบการ

2) การสนับสนุนของภาครัฐยังจำเป็นและสำคัญ โดยภาครัฐควรปรับนโยบายและเงื่อนไขในการกระตุ้นให้เกิดการประยุกต์ใช้ทั้งในผู้ประกอบการที่มีขนาดเงินลงทุนไม่เท่ากัน มาตรการควรสอดคล้องกับกระบวนการใช้เทคโนโลยีจริง ซึ่งการปรับปรุงเทคโนโลยีอาจไม่สามารถก่อให้เกิดรายได้และกำไรในระยะแรก แต่มาตรการสนับสนุนมีส่วนที่จะทำให้เกิดความคุ้มค่ามากขึ้นและสามารถลงทุนได้ในเวลาที่รวดเร็วขึ้น

3) การใช้งานเฉพาะจุดเล็ก ๆ ในโรงงาน (เช่นกรณีของ 5G Mobile Robot (AGV) และ 5G Condition-based Monitoring) จะทำให้ต้นทุนสูง และไม่สามารถใช้โครงสร้างพื้นฐานและเชื่อมต่อระบบได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังนั้นหากมีการวางโครงสร้างพื้นฐานให้เหมาะสมกับ Use Case และอุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อในหลายระบบและอุปกรณ์ได้ ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในการให้บริการสัญญาณและการบำรุงรักษาจะลดลงด้วย ซึ่งจะทำให้มีแนวโน้มความคุ้มค่ามากขึ้นจากค่าใช้จ่ายต่อหน่วยที่ลดลงอย่างชัดเจน

4) การประเมินผลประโยชน์และความคุ้มค่า นอกจากผลประโยชน์ที่เป็นตัวเงินแล้ว ยังมีผลประโยชน์ที่ไม่สามารถวัดค่าเป็นตัวเงินได้ (Intangible Benefits) หรือยังเห็นไม่ชัดในปัจจุบัน เช่น *ด้านการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน*ซึ่งอาจต้องใช้ระยะเวลาในการใช้งานระบบไประยะหนึ่ง *ด้านภาพลักษณ์องค์กรที่ดี*

ก็มีส่วนช่วยเสริมความน่าเชื่อถือ แสดงถึงการเป็นผู้นำในการใช้เทคโนโลยีใหม่ ก่อให้เกิดการผลักดันการใช้งานภาพรวมของอุตสาหกรรม *ด้านการปรับปรุงกระบวนการใหม่*ซึ่งอาจเกิดจากการได้รับข้อมูล บริหารจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลที่ยังต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลและประเมินความเป็นไปได้ นำไปสู่กลยุทธ์ใหม่ขององค์กรในการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการทำงานและประสิทธิภาพการผลิต ตลอดจนนำไปสู่*การเกิดโมเดลธุรกิจใหม่*เพื่อเข้ามาช่วยเสริมและสอดรับกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี 5G ในอนาคต นอกจากนั้น *ด้านองค์ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้น*ทั้งกับองค์กรและบุคลากร ก็ไม่อาจวัดผลประโยชน์ทางตัวเงินได้ แต่สะท้อนความคุ้มค่าออกมาในรูปแบบที่ไม่เป็นตัวเงินได้เช่นกัน

อย่างไรก็ตาม การประเมินผลประโยชน์และต้นทุนค่าใช้จ่ายเป็นเพียงการประมาณการ ซึ่งยังมีตัวแปรที่ไม่สามารถวัดค่าได้ชัด ทั้งนี้ ผลการประเมินความคุ้มค่าด้วยผลตอบแทนจากการลงทุน หรือ ROI อาจไม่สามารถใช้ดูภาพรวมของการลงทุนได้ทั้งหมด เพราะ ROI ไม่ได้สะท้อนข้อมูลที่ไม่เป็นตัวเงิน ไม่ได้สะท้อนความสอดคล้องของกลยุทธ์/นโยบายขององค์กร นอกจากนั้น การคำนวณ ROI ไม่สามารถขจัดหรือลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการลงทุนได้ แม้ว่ามีการประเมินความคุ้มค่าด้วยเครื่องมือทางการเงินอื่น ๆ ประกอบกัน ก็เป็นเพียงตัวเลขในสมการที่ช่วยในการตัดสินใจลงทุนเพียงเท่านั้น ดังนั้น การประเมินความคุ้มค่าในกรณีศึกษาที่นำมาเสนอนี้ เป็นแนวทางและข้อชี้แนะประกอบการตัดสินใจ ซึ่งผู้ประกอบการยังคงต้องประเมินความเป็นไปได้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงต้นทุนและผลประโยชน์ ตลอดจนบริบทแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมของตน รวมถึงความเสี่ยงในการคาดการณ์ต่าง ๆ อีกด้วย

ตารางแนบท้าย 7.2

ผลประเมินความคุ้มค่าการลงทุนในการทดสอบ 5G AGV Asset Tracking				
เครื่องมือทางการเงินที่ประเมิน	สถานการณ์ปกติ (Base Case)	ค่าใช้จ่ายลดลง 10%	ค่าใช้จ่ายลดลง 20%	ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษี
มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV)	฿2,240,818	฿2,377,182	฿2,513,546	฿2,947,966
ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)	7 เดือน	6 เดือน	5 เดือน	5 เดือน
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	165%	194%	226%	249%
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) / BCR	2.64	2.94	3.30	3.16
ผลตอบแทนจากการทดสอบ (ROI)	**164%**	**194%**	**230%**	**216%**

ตารางแนบท้าย 7.3

ผลประเมินความคุ้มค่าการลงทุนในการทดสอบ 5G Condition-based Monitoring				
เครื่องมือทางการเงินที่ประเมิน	สถานการณ์ปกติ (Base Case)	ค่าใช้จ่ายลดลง 10%	ค่าใช้จ่ายลดลง 20%	ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษี
มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV)	฿-271,195	฿-215,957	฿-160,719	฿95,998
ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)	-*	-*	-*	9 เดือน
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	-**	-**	-**	40%
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) / BCR	0.51	0.57	0.64	1.17
ผลตอบแทนจากการทดสอบ (ROI)	**-49%**	**-43%**	**-36%**	**17%**

ตารางแนบท้าย 7.4

ผลประเมินความคุ้มค่าการลงทุนในการทดสอบ Mobile Robot (AGV)				
เครื่องมือทางการเงินที่ประเมิน	สถานการณ์ปกติ (Base Case)	ค่าใช้จ่ายลดลง 10%	ค่าใช้จ่ายลดลง 20%	ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษี
มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV)	-฿ 4,619	฿ 77,341	฿ 159,302	฿ 568,114
ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)	> 5 ปี	12 เดือน	11 เดือน	7 เดือน
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	8%	21%	36%	101%
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) / BCR	0.99	1.10	1.24	1.69
ผลตอบแทนจากการทดสอบ (ROI)	**-1%**	**-10%**	**-24%**	**69%**

ตารางแนบท้าย 7.5

ผลประเมินความคุ้มค่าการลงทุนในการทดสอบ 5G Asset Tracking (Smart Warehouse)				
เครื่องมือทางการเงินที่ประเมิน	สถานการณ์ปกติ (Base Case)	ค่าใช้จ่ายลดลง 10%	ค่าใช้จ่ายลดลง 20%	ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษี
มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV)	฿ 380,565	฿ 808,650	฿ 1,236,735	฿ 1,597,610
ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)	4 ปี	3 ปี 1 เดือน	2 ปี 6 เดือน	1 ปี 1 เดือน
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	18%	29%	41%	63%
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) / BCR	1.09	1.21	1.36	1.37
ผลตอบแทนจากการทดสอบ (ROI)	**9%**	**21%**	**36%**	**36%**

บทที่ 8 บทสรุปและข้อค้นพบที่สำคัญ

จากการดำเนินงานโครงการทดลองและถ่ายทอดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี 5G สำหรับ Smart Factory/Manufacturing มีข้อค้นพบที่สำคัญพอสรุปได้เป็นประเด็น ดังนี้

8.1 สถานภาพความพร้อมในการนำ 5G ไปใช้กับภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย

การนำ 5G ไปใช้กับภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย โดยรวมยังมีความไม่พร้อมอยู่ในหลาย ๆ ด้าน แต่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้หากมีการออกแบบและเลือกใช้งานให้เหมาะสม

- ด้านอุปกรณ์ ทั้งด้านมาตรฐานและความครอบคลุมการใช้งาน
  - อุปกรณ์ที่เหมาะกับโรงงานอุตสาหกรรมยังมีจำกัด อุปกรณ์ลูกข่ายสามารถใช้บางรุ่นแบบใช้ภายนอกอาคาร (Outdoor) ทดแทนไปก่อนได้ แต่ส่วนใหญ่อุปกรณ์ดังกล่าวยังเป็นมาตรฐาน 3GPP Release 15 อยู่ อย่างไรก็ตามเริ่มมีอุปกรณ์รุ่นใหม่สำหรับใช้ในภาคอุตสาหกรรมเข้ามาแล้ว ในส่วนอุปกรณ์เครือข่ายของผู้ให้บริการมีความพร้อมมากกว่าและส่วนใหญ่ได้รับการปรับปรุงเป็นมาตรฐานล่าสุดเช่น 3GPP Release 16 และ 17 แล้ว
  - อุปกรณ์แบบไอซีวงจรรวมหรือชิปเซต (IC/Chipset) สำหรับการพัฒนาอุปกรณ์สื่อสาร 5G ยังมีจำนวนจำกัด ยังไม่ผ่านการจดทะเบียน การตรวจสอบและรับรองมาตรฐานเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ (Type Approval) กับ กสทช. หลายรุ่น ผู้พัฒนาระบบหรือควบรวมระบบ (System Integrator) ยังมีตัวเลือกไม่มาก และยังขึ้นอยู่กับอุปสงค์ (Demand) ในตลาดที่จะทำให้มีการนำมาใช้งานแพร่หลายขึ้น หากภาครัฐที่ดูแลช่วยสนับสนุนแก้ไขปัญหา หาแนวทางช่วยเร่งกระบวนการ จดทะเบียน ตรวจสอบ รับรองมาตรฐานและส่งเสริมการใช้งานให้มากขึ้น จะช่วยแก้ปัญหาความขาดแคลนของอุปกรณ์แบบไอซีวงจรรวมหรือชิปเซ็ตสำหรับอุปกรณ์สื่อสาร 5G ได้
  - ราคาอุปกรณ์รุ่นใหม่อาจจะยังสูงอยู่ แต่มีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับเทคโนโลยีใหม่ ๆ อื่น ๆ
- ด้านความครอบคลุมสัญญาณ
  - หากใช้งานเครือข่ายแบบสาธารณะ (5G Public Network) ปัจจุบันในประเทศไทยจะมีพื้นที่บริการ (Coverage) เครือข่ายครอบคลุมทั้งประเทศแล้ว ตามที่ทาง กสทช. กำหนดให้ทางผู้รับใบอนุญาตดำเนินการให้มีทั้งในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก หรือที่เรียกว่าระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก EEC และทั่วประเทศ
  - อย่างไรก็ตามหากต้องการใช้บริการเครือข่าย 5G ที่มีคุณภาพสูงกว่าระดับทั่วไป เช่นมีข้อตกลงระดับคุณภาพบริการ (Service Level Agreement: SLA) มีการรับประกันคุณภาพการใช้งาน (Guarantee) หรือการเลือกใช้งานเครือข่ายแบบไม่เป็นสาธารณะในลักษณะ 5G Private Network มีข้อแนะนำให้โรงงานอุตสาหกรรมและผู้ต้องการใช้งานควรปรึกษากับผู้ให้บริการ (Operator) ก่อน เพื่อตรวจสอบพื้นที่ให้บริการ ตรวจสอบคุณภาพสัญญาณภายในบริเวณพื้นที่เป้าหมายของโรงงาน หรือหาแนวทางการใช้บริการที่เหมาะสมกับองค์กรหรือโรงงาน

8.2 สิ่งที่สถานประกอบการ/โรงงานควรเข้าใจในบริบทการนำ 5G มาใช้สำหรับ Smart Factory/ Manufacturing มีดังนี้

- เครือข่าย 5G เป็นเครื่องมือหนึ่งที่สามารถช่วยยกระดับ Thailand Industry 4.0 Index สำหรับโรงงานในประเทศได้ เนื่องจากสามารถครอบคลุมตัวชี้วัดด้าน Production/Enterprise/Facility Network ได้โดยลดความจำเป็นในการดูแลหลาย ๆ เครือข่ายพร้อม ๆ กัน
- ควรมองเทคโนโลยี 5G เป็นเครื่องมือหนึ่งในการทำ Digital Transformation สำหรับธุรกิจหรือปรับรูปแบบการทำงานธุรกิจไปจากกระบวนการทำงานแบบเดิม เช่นเดิมใช้คนทำงาน แต่เมื่อนำ 5G Use Case ใหม่มาประกอบ สามารถทำงานให้เป็นอัตโนมัติได้และเก็บข้อมูลเข้าระบบนำไปใช้งานต่อได้เลยแบบไร้สาย ไม่ต้องติดอยู่กับที่ ไม่ต้องคอยจดบันทึกอีกต่อไป และยังสามารถนำข้อมูลข้างต้นที่นำเข้าผ่านเครือข่ายซึ่งมีปริมาณมากไปเชื่อมต่อกับ Cloud Computing เพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์หรือทำนายหรือใช้ประโยชน์จากการเรียนรู้ด้วยเครื่อง (Machine Learning) หรือปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ซึ่งเครือข่ายสื่อสารที่มีอยู่เดิมอาจจะจำกัดการทำงานอยู่เฉพาะแต่ภายในโรงงานและไม่ได้ใช้ประโยชน์จากกำลังประมวลผลในระบบ Cloud Computing และความยืดหยุ่นของบริการที่มีระดับความน่าเชื่อถือสูง
- เครือข่าย 5G ที่มีบริการสื่อสารเปรียบเสมือนถนน ถ้ามีแต่เพียงถนนเพียงอย่างเดียวไม่ได้ตอบโจทย์การนำไปใช้งานของภาคอุตสาหกรรมการผลิตและโรงงานอัจฉริยะ (Smart Factory/Manufacturing) ได้ ผู้ประกอบการโรงงานและธุรกิจควรพิจารณากรณีใช้งานหรือ Use Case ซึ่งเปรียบเสมือนรถที่วิ่งบนถนนที่เหมาะสม การเลือก Use Case ให้เหมาะสมและคุ้มค่าการลงทุน มีหลักการที่ควรตัดสินใจใช้คือ Use Case นั้นควรแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิตได้ หรือตอบโจทย์หัวใจของธุรกิจ (Core Business) หรือปัญหา (Pain Points) ของโรงงาน เช่น Use Case ที่แก้ไขปัญหาการหยุดชะงักในการผลิต หรือแก้ไขปัญหาเรื่องแรงงานที่ขาดแคลนในกระบวนการผลิตเป็นต้น หรือทำให้กระบวนการทำงานฉลาดขึ้น ทำงานได้เร็วขึ้น ลดความผิดพลาดจากการใช้คนในกระบวนการผลิต หรือสามารถนำข้อมูลในกระบวนการผลิตเข้าระบบคลังข้อมูลเร็วขึ้นโดยไม่เสียเวลา และใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่เดิมไม่เคยได้รวบรวมเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์แก้ไขปัญหาได้
- กรณีใช้งาน (Use Case) ที่เหมาะกับการใช้ 5G มักจะเกี่ยวข้องกับเงื่อนไขความต้องการ ดังต่อไปนี้
  - การใช้งานที่ต้องการส่งข้อมูลปริมาณมาก ๆ ขึ้นไปสู่เครือข่าย (Uplink) โดยมีข้อจำกัดด้านการลากสายเคเบิลข้อมูล สามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี 5G ได้ เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายที่มีการสื่อสารขาขึ้น (Uplink) ไปยังระบบเครือข่ายดีกว่าเทคโนโลยี 4G ในขณะที่ข้อมูลขาลง (Downlink) หรือการดาวน์โหลดข้อมูลไม่ค่อยต่างกันมาก โดยเฉพาะเครื่องจักรหรือระบบอัตโนมัติในโรงงานมักไม่ต้องการการใช้งานในรูปแบบการดาวน์โหลดข้อมูลมากนัก แต่ต้องการการส่งข้อมูลขึ้นไปยังเครือข่ายและเครื่องเซิร์ฟเวอร์เพื่อประมวลผลมากกว่า

- เหมาะกับการใช้งานกรณีที่มีการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์หรือหุ่นยนต์อัตโนมัติในพื้นที่บริเวณกว้าง รอบ ๆ โรงงาน เช่น Mobile Robot, AMR, AGV, Autonomous Forklift/Tow Truck เป็นต้น
- เหมาะกับกรณีที่เดิมใช้งานเครือข่ายไร้สายแบบ Wi-Fi หรือ Wireless Sensor Network อื่น ๆ แล้วพบปัญหาคุณภาพสัญญาณเนื่องจากถูกรบกวนสูง การปรับไปใช้สัญญาณไร้สายของเครือข่ายเซลลูลาร์ 5G จะมีสัญญาณรบกวนน้อยกว่า เนื่องจากคลื่นความถี่ไม่มีการแชร์ใช้กับผู้อื่น อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาคลื่นความถี่ย่านสูง กลาง หรือต่ำ ที่ต้องการใช้ให้เหมาะสมว่าต้องการระยะทางไกล หรือปริมาณข้อมูลมากเพื่อให้สามารถใช้งานได้เหมาะสม
- ความต้องการการสื่อสารแบบไร้สายที่ต้องการควบคุมคุณภาพของการสื่อสารข้อมูลให้ได้มากกว่าเครือข่ายไร้สายแบบ Wi-Fi เช่นความต้องการในการกำหนดความหน่วงในการสื่อสารให้มีความหน่วงต่ำ เช่นในกรณีที่ต้องการควบคุมระบบอัตโนมัติภายในเวลาที่กำหนด ซึ่ง 5G จะตอบโจทย์นี้ได้ดีกว่า Wi-Fi

- กรณีใช้งาน (Use case) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมควรพิจารณาเรื่องคุณภาพของบริการเครือข่าย ซึ่งควรอยู่ในระดับขององค์กร (Enterprise Grade) ซึ่งหากมีการใช้งานเครือข่ายทั่วไป แบบที่ใช้ร่วมกับบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั่วไปที่เป็น Consumer Grade จะพบว่าควบคุมคุณภาพหรือรับประกันระดับของบริการได้ยาก
  - ควรปรึกษาผู้ให้บริการเครือข่าย (Operator) แต่ละรายก่อนการใช้งานเทคโนโลยี 5G เพื่อสอบถามถึงพื้นที่ให้บริการ (Coverage) ในพื้นที่โรงงานก่อน และควรขอให้ทางผู้ให้บริการเครือข่าย (Operator) เข้ามาสำรวจคุณภาพสัญญาณในพื้นที่ของโรงงานด้วยการทำ Walk-Test ก่อน เพื่อให้ทราบว่าพื้นที่ที่จะใช้งานมีคุณภาพสัญญาณเพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่
  - มีแนวทางเลือกใช้บริการระดับองค์กร (Enterprise Grade) อยู่หลายรูปแบบ เช่น การเลือกใช้บริการ 5G Private Network ที่เปิดให้บริการโดย Operator โดยยังสามารถแชร์เสาสัญญาณสถานีฐานทั่วไปได้ แต่จะได้การรับประกันระดับคุณภาพบริการจากผู้ให้บริการเครือข่าย (Operator) ที่แตกต่างจาก Consumer Grade หรือ อาจจะหารือการลงทุนตั้งเสาสถานีฐาน ภายในโรงงานหากมีการใช้งานปริมาณมากและระยะยาว

- การเลือกใช้คลื่นความถี่ 5G ให้เหมาะสม เช่น 700 MHz, 2600 MHz หรือ 26 GHz
  - จากการศึกษาพบว่าหากใช้งานทั่วไป โดยไม่ต้องการ Bandwidth ปริมาณมากหรือคุณภาพความหน่วงต่ำในการ Download สัญญาณจากเครือข่าย 5G ก็จะไม่ต่างจาก 4G แต่หากต้องการ Bandwidth ขาขึ้นและขาลงมาก ๆ 5G จะเริ่มตอบโจทย์ความต้องการได้ และหากมีการกำหนดคุณสมบัติ เช่น ความหน่วงต่ำ เสถียรภาพสูง 5G จะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกับการสื่อสารไร้สายมากขึ้น
  - คลื่นความถี่ 700 MHz จะมี Bandwidth ที่แคบกว่าส่งข้อมูลได้ไม่มากแต่สามารถส่งสัญญาณได้ไกลกว่า ดังจะเห็นได้ว่ามีการใช้งานในต่างจังหวัดมากกว่า
  - คลื่นความถี่ 2600 MHz จะมีใช้ทั่วไปในวงกว้างทั่วประเทศเนื่องจากเหมาะกับการใช้งานทั่วไป สามารถส่งข้อมูลได้ดี และระยะส่งสัญญาณได้ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นสิ่งที่โครงการนี้พบว่า

ในทุก Use Case ที่ทำงานกับ Operator ผู้ทดลองจะได้ใช้งานคลื่น 2600 MHz เป็นหลัก มีเพียง 700 MHz เพียงกรณีเดียว และไม่มีกรณีไหนเลยที่สามารถใช้ 26 GHz ได้ในการศึกษาของโครงการนี้

- คลื่นความถี่ 26 GHz ยังไม่ค่อยพบในพื้นที่ให้บริการทั่วไปหรือแบบ Consumer Grade ส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะ Hotspot หรือ Fixed Broadband Wireless Access (FBWA) มากกว่า มีจุดเด่นของปริมาณข้อมูลรับส่งได้สูงที่สุดจากทั้งสามย่านความถี่ แต่ระยะสื่อสารอาจจะได้เพียง 200 เมตร ซึ่งเหมาะกับการใช้งานในโรงงาน แต่จำเป็นต้องมีการติดตั้งเสาหรืออุปกรณ์ในโรงงานเป็นการเฉพาะ และเหมาะกับพื้นที่ที่ยังไม่มีสาย Fiber Optics เข้าถึง และยังมีปัญหาเรื่องประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอุปกรณ์ที่อาจจะใช้พลังงานมากกว่าปกติ

- หากโรงงานมีการใช้งานระบบ Cloud Computing/Server อยู่แล้ว การใช้ 5G เพื่อเป็น Network Infrastructure แทนการลงทุนติดตั้ง Wi-Fi เองทั้งโรงงาน อาจจะเป็นทางเลือกที่น่าสนใจเนื่องจากข้อมูลจะสามารถวิ่งเข้า Cloud ได้เลย และลดค่าใช้จ่ายในการดูแลเครือข่าย Wi-Fi เองได้
- ประเด็นด้าน Network Security เมื่อเทียบระหว่าง 5G กับ Wi-Fi ในโรงงานก็มีความน่าสนใจ เนื่องจาก Network Security ของ 5G จะมีความมั่นคงปลอดภัยกว่า Wi-Fi เนื่องจากมีการใช้งาน SIM ที่มีการพิสูจน์ตัวตนของอุปกรณ์ก่อนใช้งานเครือข่ายได้ โอกาสที่จะถูกเจาะระบบมีน้อยกว่าใช้งานผ่าน LAN/Wi-Fi
- หลายโรงงานยังมีความกังวลในเรื่องของ Data Privacy ของโรงงาน ซึ่งหลายโรงงานมักจะมีความกังวลหรือมีนโยบายห้ามมิให้มีการสื่อสารข้อมูลภายในพื้นที่การผลิตของโรงงานออกไปนอกโรงงาน ซึ่งในประเด็นนี้ทางผู้ให้บริการสามารถแก้ไขได้ด้วยการปรับการสื่อสารข้อมูลที่รับได้ที่สถานีฐานใกล้สุดให้กลับเข้ามาที่โรงงานโดยไม่ได้ออกไปที่เครือข่ายสาธารณะได้ หรือในกรณีใช้ Server ที่เป็นลักษณะของ Edge Computing ที่อยู่ที่ Multi-access Edge Computing (MEC) ก็จะสามารถบังคับให้ข้อมูลสื่อสารอยู่เฉพาะในเครือข่ายของ Mobile Operator เท่านั้นไม่สามารถเชื่อมต่อไปยัง Public Internet ได้
- โครงข่าย 5G มีความยืดหยุ่นมากกว่าและสามารถให้บริการที่แตกต่างกันด้วยเครือข่ายเดียวกันได้ โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า Network Slicing คล้ายกับการทำ Virtual Network บนเครือข่าย Wi-Fi ซึ่งปกติในโรงงานอาจจะต้องติดตั้งเครือข่ายหลาย ๆ ชนิด เพื่อรองรับการทำงานที่แตกต่างกัน เช่น Field Network สำหรับในงาน Operation Technology และ Wi-Fi และ LAN Network สำหรับงาน Information Technology (IT) ซึ่ง 5G สามารถให้บริการ ทั้งหมดด้วยเทคโนโลยีเดียว ไม่ต้องลงทุนหลาย ๆ ระบบขนานกัน

8.3 ประเด็นความคุ้มค่าในการลงทุน

จากการทดสอบและการหารือโรงงานที่ร่วมทดสอบการใช้ 5G กับ Use Case ต่าง ๆ มีโอกาสที่จะคุ้มค่า หรือไม่คุ้มค่า ขึ้นอยู่กับบริบทแวดล้อมต่าง ๆ หลายด้าน โดยกรณีที่มีแนวโน้มคุ้มค่า ได้แก่

- พิจารณาเลือก Use Case ที่มีความสำคัญกับกระบวนการผลิต (Core Business) และมี Pain Point ที่ชัด ซึ่งเทคโนโลยีใหม่ที่เพิ่มเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาของโรงงาน จะทำให้มีแนวโน้มจะคุ้มค่ามากกว่า
  - ตัวอย่างเช่น ถ้าโรงงานมีรถ AGV อยู่แล้ว แต่ไม่มีเครือข่าย Wi-Fi ในสายการผลิต การเชื่อมต่อ AGV เข้ากับเครือข่าย 5G โดยตรงอาจจะลงทุนน้อยกว่าได้ เพราะไม่ต้องลงทุน AGV ใหม่ และไม่ต้องลง Wi-Fi Network ใหม่ เพิ่มแต่ระบบสื่อสาร 5G ก็จะลงทุนน้อย
  - ในกรณีใช้รถ Autonomous Forklift สำหรับขนสินค้าหนัก หรือ Mobile Robot ทดแทนรถ Forklift แบบใช้คนขับแบบเดิม ค่าใช้จ่ายลงทุนรถ Autonomous Forklift ใหม่หรือ Mobile Robot จะสูง (อาจจะหลายล้านบาท) ซึ่งต้องไปพิจารณาว่าหากต้องการเชื่อมต่อ Autonomous Forklift นี้กับเครือข่ายจะได้ประโยชน์เพิ่มเติมอย่างไร แต่ถ้ามีปริมาณข้อมูลที่ต้องส่งขึ้นไปด้วยเครือข่าย 5G สูง เช่น มีการใช้งาน VDO Streaming การใช้งานเครือข่ายน่าจะสามารถตอบโจทย์นี้ได้ มีโอกาสคุ้มค่าการลงทุน
- ใช้ Use Case ที่เป็นการเชื่อมต่อกันหลายระบบภายในโรงงาน/คลังสินค้า และมีการวางโครงสร้างพื้นฐาน 5G และเทคโนโลยีครั้งเดียวให้ใช้หลาย ๆ ระบบ Integrated กันได้ ทำให้เกิดการ Share หรือเฉลี่ยต้นทุน Infrastructure และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนการทำงานได้จริง
  - หากเปรียบเทียบการลงทุนติดตั้ง Wi-Fi Network ใหม่ในโรงงานขนาดใหญ่อาจจะต้องลงทุนสูง หากพื้นที่ขนาดใหญ่หลายหมื่นตารางเมตร ในขณะที่ 5G Cellular Network จะครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่า ด้วยสถานีฐานเพียงไม่กี่สถานี
  - หากโรงงานยังไม่ค่อยมีเครือข่ายสื่อสารไร้สายภายในโรงงาน การพิจารณาใช้งานเครือข่าย 5G Cellular อาจจะเป็นอีกทางเลือกที่ไม่ต้องลงทุนและดูแลเครือข่ายไร้สายเองได้ ทั้งนี้ ความคุ้มค่าน่าจะอยู่ที่การมี 5G Coverage รอบพื้นที่โรงงานอยู่แล้วหรือไม่ หากมี Coverage จะทำให้การลงทุนไม่สูงได้เกิดความคุ้มค่าได้ง่ายขึ้น
- การมองเทคโนโลยี 5G ให้เป็นโครงสร้างพื้นฐานการสื่อสารข้อมูลขององค์กร (โรงงาน) หรือ Network as a Service (NaaS = เช่าใช้บริการเครือข่ายซึ่งมีความยืดหยุ่นมากขึ้น) ที่ควรสามารถใช้ตอบโจทย์ Use Cases ได้หลายกรณี เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกรณีต่าง ๆ และเกิดการแชร์ต้นทุนของโครงสร้างพื้นฐาน 5G ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมผ่านเครือข่าย 5G ควรที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์แก้ปัญหา และวางแผนในการทำงานของโรงงาน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

- ประเด็นนี้มีความคล้ายคลึงกับกรณี Cloud Computing/Server ที่เมื่อก่อนองค์กรส่วนใหญ่จะลงทุนด้านเซิร์ฟเวอร์เพื่อเก็บข้อมูลเอง แต่ต่อมาเมื่อราคาของ Cloud Computing/Server ลดลง ค่าใช้จ่ายโดยรวมในการดูแลเซิร์ฟเวอร์ในองค์กรสูงขึ้น และเสถียรภาพของ Cloud Computing ก็สูงขึ้น จึงทำให้หลายองค์กรหันไปใช้งาน Cloud Computing/Server มากขึ้น
- ตัวอย่างที่เห็นในโรงงานผลิตรถยนต์ในประเทศเยอรมนี ที่มีการลงทุน 5G Private Network ใช้งานในโรงงานเอง แต่อาจจะให้ Mobile Operator ดูแล อาจจะลงทุนสูงแต่มีการเชื่อมโยงข้อมูลจาก Shopfloor ขึ้นมาวิเคราะห์และใช้ประโยชน์ทำให้เห็นข้อมูลเรียกได้ว่า 360 องศาในการทำงาน

- บริการ 5G สามารถค่อย ๆ ขยายความสามารถของบริการการสื่อสารไร้สายให้กับโรงงานได้ง่าย หรืออาจจะกล่าวได้ว่า Scalability ได้ดีกว่า เมื่อเทียบกับการใช้เครือข่าย Wi-Fi เช่น
  - หากจำนวนอุปกรณ์ต่อพื้นที่มีปริมาณหนาแน่นมากขึ้น โรงงานจะต้องติดตั้ง Wi-Fi Access Point เองเพิ่มมากขึ้น มีการลงทุนเดินสายสัญญาณ LAN เพื่อรองรับข้อมูลต่อตารางเมตรมากขึ้น ในขณะที่จำนวนอุปกรณ์ต่อพื้นที่ของ 5G จะสามารถค่อย ๆ เพิ่มได้เพียงซื้อ SIM หรืออุปกรณ์เชื่อมต่อเพิ่มขึ้นได้สะดวกกว่า และไม่ต้องกังวลเรื่องสัญญาณรบกวนของเครือข่าย Wi-Fi ที่หนาแน่นจนเกินไป ทั้งนี้เงื่อนไขนี้จะอยู่ที่โรงงานมีความจำเป็นต้องใช้ระบบสื่อสารไร้สายเพิ่มมากขึ้นหรือไม่

อย่างไรก็ตาม คณะวิจัยพบว่ามีประโยชน์อื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน และการใช้ 5G ของโครงการที่ประเมินเป็นค่าทางตัวเงินไม่ได้อีกหลายส่วน ไม่ว่าจะเป็น โอกาสในการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันขององค์กรในระยะยาว (มองเห็นแนวทางในการปรับปรุงในอนาคต) การพัฒนาความสามารถของบุคลากรให้ปรับตัวเข้ากับหรือสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใหม่ การสร้างภาพลักษณ์องค์กร การเกิดโมเดลธุรกิจใหม่ และการปรับปรุงกระบวนการใหม่โดยลดข้อจำกัดจากเทคโนโลยีเดิม ๆ

นอกจากนั้นยังพบข้อจำกัดและสิ่งที่ทำให้ผลการทดสอบในโครงการอาจทำให้เห็นความคุ้มค่าในการลงทุนต่างกัน และไม่ชัดเจน เนื่องจาก

- ระยะการทดลองทดสอบในโครงการเป็นระยะเวลาที่สั้น ซึ่งเป็นการทดลองใช้แก้ปัญหาเฉพาะจุด เห็นความคุ้มค่าไม่ชัดเจน ประเมินได้ยาก
- มี Intangible Benefits ที่อาจประเมินค่าเป็นตัวเงินไม่ได้ หรือยังเห็นไม่ชัดในปัจจุบัน เช่น เพิ่มความสามารถในการแข่งขัน สนับสนุนภาพลักษณ์องค์กรที่ดีขึ้น การเกิดโมเดลธุรกิจใหม่ หรือนำผลที่ได้ไปปรับปรุงกระบวนการใหม่ ซึ่งจะเกิดขึ้นภายหลังเมื่อใช้เทคโนโลยีระยะเวลาหนึ่ง
- แต่ละ Use case มีต้นทุนไม่เหมือนกัน บางกรณีไม่ต้องลงทุนระบบอัตโนมัติเพิ่มมากนัก แต่บางกรณีต้องลงทุนระบบอัตโนมัติเพิ่ม เช่น หากต้องลงทุนรถ AGV ใหม่ทั้งคัน และซื้อเพียงแค่คันเดียวก็จะเริ่มด้วยค่าใช้จ่ายที่สูง หรือในบางกรณีไม่ได้เข้าไปแก้ปัญหาที่สำคัญมากนักทำให้เมื่อนำระบบใหม่เข้าไปทดลองจึงไม่ได้ลดค่าใช้จ่ายหรือไม่สามารถทำให้คุ้มทุนในระยะสั้นได้

- ค่าบริการในกรณีใช้ 5G แบบ Public Network จะถูกว่า 5G Private Network แต่การรับประกันคุณภาพ หรือ Service Level Agreement จะต่างกัน ไม่ว่าจะเป็น Bandwidth ที่ได้รับความหน่วงต่ำสุดที่ทำได้ การบริการแก้ไขปัญหาเครือข่ายภายในเวลาที่กำหนด เป็นต้น

8.4 ข้อเสนอแนะด้านนโยบายสนับสนุน

- การสนับสนุนของภาครัฐยังจำเป็นและสำคัญ เนื่องจากจะสามารถลดต้นทุน และทำให้คืนทุนได้ในระยะเวลาที่เร็วขึ้น และยังควรมีนโยบายอื่น ๆ เพิ่มเติม หาแนวทางทำให้อุปกรณ์ลูกข่าย 5G รวมถึงอุปกรณ์ Chipset/Module ที่สามารถนำไป Integrate กับระบบอัตโนมัติเพื่อใช้ในทางอุตสาหกรรม มีราคาลดลง สามารถจัดหาได้ง่าย และไม่ต้องใช้เวลานานในการผ่านกระบวนการตรวจสอบที่ล่าช้า
- มาตรการควรสอดคล้องกับกระบวนการใช้เทคโนโลยีจริงซึ่งอาจไม่เกิดรายได้และกำไรในระยะแรก ดังนั้น มาตรการต่าง ๆ เช่น ลดภาษี จะต้องนับได้แต่วันแรกที่ใช้งาน ไม่ใช่รอจนเกิดรายได้ หรือรอให้มีกำไร
- รัฐยังควรส่งเสริมการใช้งานในภาคอุตสาหกรรมให้มากขึ้น โดยลดเงื่อนไข หรือข้อจำกัดหลาย ๆ ด้าน เช่น มาตรฐานอุปกรณ์ รวมถึงมีการสนับสนุนในการทดลองทดสอบเพื่อลดต้นทุน ผู้ประกอบการระยะแรก

คณะวิจัย

ดร.พนิตา พงษ์ไพบูลย์	นักวิจัย และที่ปรึกษาโครงการ
ดร.กมล เขมะรังษี	หัวหน้าโครงการ
ดร.กลิกา สุขสมบูรณ์	นักวิจัย
ดร.ทิวัตถ์ พงศ์ถาวรกมล	นักวิจัย
ดร.รวีภัทร์ ผุดผ่อง	นักวิจัย
ดร.กุลชาติ มีทรัพย์หลาก	นักวิจัย
ดร.เกรียงไกร มณีรัตน์	นักวิจัย
นางสาวณัชมน ผู้เจริญชนะชัย	ผู้ช่วยวิจัย
นางสาวสิรินทร อินทร์สวาท	นักวิจัยด้านเศรษฐศาสตร์
นางสาวเพชรลักษณ์ โชควัฒนาสมบัติ	ผู้ช่วยวิจัยด้านเศรษฐศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ผู้ประสานงาน

อ้างอิง

[1] ITAP (National Science and Technology Development Agency) and III (The Federation of Thai Industries). (2021). Thailand i4.0 index [Online]. Available: https://www.thindex.or.th/

[2] Alain Sultan. (2022, Aug. 08). 5G System Overview [Online]. Available: https://www.3gpp.org/technologies/5g-system-overview

[3] กสทช., “ผลการประมูลคลื่นความถี่ 5G,” สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, 16 กุมภาพันธ์ 2563. [ออนไลน์]. Available: https://www.nbtc.go.th/News/Information/40146.aspx. [ที่เข้าถึง 21 12 2564].

[4] M. Shafi et al., "5G: A Tutorial Overview of Standards, Trials, Challenges, Deployment, and Practice," in IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 35, no. 6, pp. 1201-1221, June 2017,

[5] J. Bourne, “5G EXPO: The Stadium of Tomorrow,” Encore Media, 29 November 2019. [ออนไลน์]. Available: https://5gexpo.net/2019/11/5g/the-stadium-of-tomorrow/. [ที่เข้าถึง 7 September 2020].

[6] S. N. K. Veedu, et al., “RedCap – expanding the 5G device ecosystem for consumers and industries,” Ericsson White Paper GFTL-23:000064 Uen [Online], Feb. 2023. Available: https://www.ericsson.com/493d70/assets/local/reports-papers/white-papers/redcap-5g-iot-for-wearables-and-industries.pdf

[7] Microwave Journal, “5G for Industry 4.0: Enabling Features, Deployment Options and Test Considerations,” 13 November 2020. [ออนไลน์]. Available: www.microwavejournal.com.

[8] GSMA, “5G Private & Dedicated Networks for Industry 4.0,” 7 October 2020. [Online]. Available: https://www.gsma.com/iot/resources/5g-private-npn-industry40/

[9] E. Sisinni, A. Saifullah, S. Han, U. Jennehag, et al., “Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities, and Directions,” IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 14, no. 11, pp. 4724-4734, Nov. 2018.

[10] TACNET 4.0 [Online]. Available: http://www.tacnet40.de.

[11] D. Adib, “Executive Briefing: 5G's Impact on Manufacturing: $750BN of Benefits in 2030,” October 2019. [ออนไลน์]. Available: https://carrier.huawei.com/~/media/CNBGV2/download/program/Industries-5G/5G-Impact-on-Manufactureing.pdf. [ที่เข้าถึง 21 December 2021].

[12] D. Bonte, J. Saunders, D. Mavrakis, and R. Martin, “Smart manufacturing and how to get started: The implementation and ROI of industry 4.0 use cases”, ABIresearch, Oyster Bay, New York, USA, 2020. Available: www.abiresearch.com

[13] มติชนออนไลน์, “ทรู 5G ผนึก มิตซูบิชิ-เลิศวิลัย ผุด ต้นแบบ 5G Smart Factory อัตโนมัติเต็มรูปแบบ ยกระดับอุตสาหกรรม 4.0,” 29 กรกฎาคม 2564. [ออนไลน์]. Available: https://www.matichon.co.th/economy/news_2855229.

[14] DTAC Blog, “DTAC and ASEFA Launch Thailand’s First 5G Smart Energy Solutions,” 8 December 2020. [ออนไลน์]. Available: https://dtacblog.co/en/dtac-and-asefa-launch-thailands-first-5g-smart-energy-solutions/.

[15] บริษัท โทเทิ่ล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (DTAC), “ดีแทคแนะไทยต้องพลิกโฉมสู่อุตสาหกรรม 4.0 พร้อมชูหมากเด็ดยกระดับประสิทธิภาพและความปลอดภัยเครือข่ายด้วย 5G Private Network,” 6 กรกฎาคม 2564. [ออนไลน์]. Available: https://www.dtac.co.th/business/news/dtac-business-launches-proof-of-concept-5g-private-network-to-boost-thai-industry.

[16] DigitalMore.co. (22 กันยายน 2566) Chunghwa Telecom ประกาศความสำเร็จของโครงการปรับใช้เครือข่ายส่วนตัว 5G สำหรับ DELTA Thailand โดยร่วมกับโทรคมนาคมแห่งชาติและ The White Space [ออนไลน์]. Available: https://digitalmore.co/chunghwa-telecom-5g-delta-electronics/]

[17] “4G signal statistics explained,” NetVault, 26-Jan-2021. [Online]. Available: https://www.netvault.net.au/netmon-4g-signal-statistics-explained/. [Accessed: 07-Mar-2023]

[18] Keysight, “FieldFox handheld analyzers,” [Online], Available: https://www.keysight.com/us/en/assets/7018-06516/data-sheets/

[19] ESnet/Iperf, “IPERF3: A TCP, UDP, and SCTP Network Bandwidth Measurement Tool,” [Online], Available: https://github.com/esnet/iperf

[20] X. JI, et al., “Overview of 5G security technology,” SCIENCE CHINA Information Sciences, August 2018, Vol. 61 081301:1–081301:25

[21] K. Ramezanpour, J. Jagannath, and A. Jagannath, “Security and privacy vulnerabilities of 5G/6G and WiFi 6: Survey and research directions from a coexistence perspective,” Computer Network, vol (2023) 109515, pp. 1- 14.

[22] C. Lin, et al., “Security and Privacy in 5G-IIoT Smart Factories: Novel Approaches, Trends, and Challenges,” Mobile Networks and Applications, 5 July 2023, Doi. https://doi.org/10.1007/s11036-023-02143-5

[23] 3GPP, “Network Slicing Security for 5G and 5G Advanced Systems”, [Online-Access] May 23, 2023

[21] Botchkarev, A. &. (2011). A Return on Investment as a Metric for Evaluating Information Systems: Taxonomy and Application. Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management (6 ed.)

[24] Fernando, J. (2021, September 13). Return on Investment (ROI). Retrieved August 19, 2021, from Investopedia: http://www.investopedia.com/terms/r/returnoninvestment.asp

[25] คณะกรรมการนโยบายการเงิน. (2565, พฤศจิกายน 29). รายงานนโยบายการเงิน พฤศจิกายน 2565. สืบค้น เมษายน 27, 2566, จาก ธนาคารแห่งประเทศไทย: https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/MonetPolicyComittee/MPR/DocLib/MPRThai_November2022.pdf

[26] ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2566, มีนาคม 10). FM_RT_001_S2 อัตราดอกเบี้ยในตลาดเงิน (2548-ปัจจุบัน). สืบค้น เมษายน 27, 2566, จาก ธนาคารแห่งประเทศไทย: https://www.bot.or.th/App/BTWS_STAT/statistics/ReportPage.aspx?reportID=223&language=th

[27] Microwave Journal, “5G for Industry 4.0: Enabling Features, Deployment Options and Test Considerations,” 13 November 2020. [Online]. Available: www.microwavejournal.com

[28] AIS Business. 10 January 2023. 5G Smart Autonomous Vehicles Solutions for Sustainable Industrial Advancement. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=MMRWeNkBZOM

เอกสารนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการทดลองและถ่ายทอดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี 5G สำหรับ Smart Factory/Manufacturing
ได้รับทุนอุดหนุนจากกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ (กทปส. สำนักงาน กสทช.)

02-564-6900 www.nectec.or.th cnwrg@nectec.or.th