การพัฒนาต้นแบบระบบแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงผ่านข้อความสั้นของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

นายพรเทพ ศรีสัมพันธุ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PROTOTYPE DEVELOPMENT OF OPTICAL BYPASS UNIT OPERATION ALARMING SYSTEM VIA MOBILE TELEPHONE SYSTEM SHORT MESSAGE SERVICE

Mr. Pornthep Srisumpun

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาต้นแบบระบบแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงผ่านข้อความสั้นของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่
โดย	นายพรเทพ ศรีสัมพันธุ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยเชษฐ์ สายวิจิตร)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.ชัยพร เขมะภาตะพันธ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พรเทพ ศรีสัมพันธุ์ : การพัฒนาต้นแบบระบบแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงผ่านข้อความสั้นของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ (PROTOTYPE DEVELOPMENT OF OPTICAL BYPASS UNIT OPERATION ALARMING SYSTEM VIA MOBILE TELEPHONE SYSTEM SHORT MESSAGE SERVICE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร.วาทิต เบญจพลกุล, 115 หน้า.

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอ การพัฒนาต้นแบบระบบแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงผ่านข้อความสั้นของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาที่เจ้าหน้าที่บำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อนใช้ในการหาข้อมูล,วิเคราะห์หาสาเหตุและสถานที่เกิดเหตุขัดข้องเพื่อเดินทางไปแก้ไขเหตุขัดข้องของระบบสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสงระหว่างระบบ DMS กับ FRTU ตามที่การไฟฟ้านครหลวงใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งส่วนใหญ่สาเหตุขัดข้องเกิดจากแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์สื่อสาร Media Converter ชำรุด ส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานระบบ DMS ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับ FRTU ได้ การจำลองระบบโครงข่ายในงานวิจัยนี้จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ จำนวน 3 ชุด โดยแต่ละชุดนั้น มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ประกอบด้วย Microcontroller (ATMEGA32U4), Cellular Module (UC-15T), Voltage Detector และ DC-DC Power supply converter วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความร่วมมือจากบริษัท Furukawa Electric ในการนำอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง (Optical Bypass Unit : OBU) จำนวน 4 ชุดมาให้ยืมใช้เพื่อทำงานการทดสอบ จากการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯและ OBU ร่วมกับระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU พบว่าสามารถใช้งานได้ตามที่ออกแบบไว้ เมื่อพิจารณาการลดค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานแก้ไขเหตุขัดข้องโดยติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบฯและ OBU พบว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ถึง 50% และเมื่อพิจารณาการลดเวลาในการแก้ไขเหตุขัดข้อง พบว่าสามารถลดได้ถึง 36.32% ในส่วนการทดสอบความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบฯ โดยการทดสอบต่อเนื่อง 480 ชั่วโมงและจำลองเหตุขัดข้อง 2160 ครั้ง พบว่าอุปกรณ์ต้นแบบฯทั้ง 3 ชุดสามารถแจ้งเตือนได้ถูกต้องทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560

5970260521 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORDS: OPTICAL BYPASS UNIT, DISTRIBUTION MANAGEMENT SYSTEM, FEEDER REMOTE TERMINAL UNIT, ATMEGA32U4, UC-15T

PORNTHEP SRISUMPUN: PROTOTYPE DEVELOPMENT OF OPTICAL BYPASS UNIT OPERATION ALARMING SYSTEM VIA MOBILE TELEPHONE SYSTEM SHORT MESSAGE SERVICE. ADVISOR: PROF.WATIT BENJAPOLAKUL, Ph.D., 115 pp.

This thesis proposes the development prototype of optical bypass unit operation alarming system via mobile telephone system short message service. The objective is, to reduce time of corrective problem which distribution automation system technicians spends time with searching for information, analysis to find root cause and location of FRTUs problem, after that they go to the site to correct optical communication between DMS and FRTU problem. The main root cause is power supply for optical communication device failed causes DMS not able to communicate with FRTU. To simulate network, this project needs 3 sets of prototype alarming device. The components of prototype alarming device is consist main equipment 4 part: microcontroller (ATMEGA32U4), cellular module (UC15-T), voltage detector and power supply converter. Furukawa Electric, Japan supported Fibermesh® (OBU) 4 sets for this experiment. From experiment developed alarming system and OBU can work and alarm as designed. When considering cost reduction of operation with installed developed alarming system and OBU, we found that we can reduce by 50% and when considering operation time reduction, we can reduce by 36.32%. The reliability of developed alarming system working continuos in 480 hr. and simulation of alarm 2160 times reveal that they can work correctly.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department: Electrical Engineering Student's Signature .....

Field of Study: Electrical Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year: 2017

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำในการดำเนินงานวิจัยเป็นอย่างดีตลอดมา รวมถึงแนะแนววิธีการศึกษาและดำเนินงานวิจัยให้เป็นไปในรูปแบบที่ยอมรับในระดับเชิงวิชาการ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณการไฟฟ้านครหลวงในการสนับสนุนทุนวิจัยตลอดการทำวิทยาพนธ์ฉบับนี้ ตามโครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่างการไฟฟ้านครหลวงและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานและบริษัท Furukawa Electric ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทดสอบและให้ความร่วมมือสนับสนุนการทดสอบงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณครอบครัว สำหรับความช่วยเหลือสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณคุณสรุธ สืบสาย ที่ได้ให้คำแนะนำแนวทางและคำปรึกษาในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการทำวิจัยรวมถึงเพื่อนๆที่คอยให้กำลังใจตลอดเวลาการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และขอขอบพระคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาตลอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญรูป ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยาพนธ์ 13

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 13

1.4 วิธีการดำเนินงาน 13

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 14

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ 14

บทที่ 2 การออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งเตือน 15

2.1 ภาพรวมของระบบสื่อสารของระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU 15

2.2 รายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์ OBU ร่วมกับระบบสื่อสาร 16

2.3 หลักการทำงานของอุปกรณ์ OBU และระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้อง 23

2.4 รายละเอียดขั้นตอนการทำงานของระบบแจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์ OBU ทำงาน 27

บทที่ 3 การทดสอบ 33

3.1 การทดสอบอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับอุปกรณ์ FRTU และระบบ DMS จำลอง 33

3.2 การทดสอบจำลองโครงข่ายอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับอุปกรณ์ DMS Master Station จำลองและอุปกรณ์ FRTU จำลอง 35

3.3 การทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ในส่วนการแจ้งเหตุขัดข้อง 42

หน้า

3.4 การทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯในส่วนการตรวจสอบสถานะ Cellular Module ถัดไป 45

3.5 การติดตั้งและทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ในระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. 48

3.6 การทดสอบหาระยะเวลาแก้ไขเหตุขัดข้องเนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุดที่ลดลงและค่าใช้จ่ายในการแก้ไขที่ลดลงเมื่อใช้งานอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ในระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. 70

3.7 การทดสอบความเชื่อถือได้ในการแจ้งเตือนเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ 80

บทที่ 4 สรุปผล 108

4.1 บทสรุป 108

4.2 ข้อเสนอแนะ 109

4.3 ข้อดี 110

4.4 ข้อเสีย 110

รายการอ้างอิง 111

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 115

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1-1 การเชื่อมต่อระบบสื่อสารระหว่าง FRTU กับระบบ DMS ของการไฟฟ้านครหลวงแต่ละที่ทำการเขตแบบวงแหวน (Ring Topology) 2

รูปที่ 1-2 การรองรับการชำรุดของเส้นใยแก้ว 1 จุดภายในวงแหวนโดยระบบ DMS กับ FRTU ยังสามารถสื่อสารกันได้ปกติ 2

รูปที่ 1-3 การชำรุดของเส้นใยแก้ว 2 จุดภายในวงแหวน ส่งผลให้ระบบ DMS ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับ FRTU#01-04 3

รูปที่ 1-4 กรณีการชำรุดของเส้นใยแก้ว 1 จุดภายในวงแหวนและ FRTU#04 แหล่งจ่ายไฟชำรุด ส่งผลให้ระบบ DMS ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับ FRTU#01-04 ได้เช่นเดียวกับรูปที่ 1-3 3

รูปที่ 2-1 Block Diagram แสดงการเชื่อมต่อระบบสื่อสารระหว่าง FRTU กับระบบ DMS ของการไฟฟ้านครหลวงแต่ละที่ทำการเขต 16

รูปที่ 2-2 Block Diagram แสดงการเชื่อมต่อระบบสื่อสารระหว่าง FRTU กับระบบ DMS ของการไฟฟ้านครหลวง 16

รูปที่ 2-3 อุปกรณ์ ET-BUSIO-DCIN 17

รูปที่ 2-4 อุปกรณ์ ET-MINI POWER-ADJUST 18

รูปที่ 2-5 อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino LEONARDO ATMEGA32U4 ติดตั้งร่วมกับ Board ET-BASE AVR EASY32U4 18

รูปที่ 2-6 อุปกรณ์ Cellular Module UC15-T ติดตั้งร่วมกับ Board ET-3G UC15 19

รูปที่ 2-7 Block Diagram แสดงการเชื่อมต่อวงจรจ่ายไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในตู้ FRTU 22

รูปที่ 2-8 แผนภาพแสดงระบบแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟ 24 VDC ชำรุด 25

รูปที่ 2-9 แผนภาพแสดงระบบแจ้งเตือนการทำงานของ Optical Bypass Unit เมื่อ Battery Backup 24 VDC มีพลังงานไม่เพียงต่อการจ่ายไฟให้ Optical Bypass Unit 25

รูปที่ 2-10 แผนภาพแสดงการตรวจสอบสถานะการทำงานของระบบแจ้งเตือน เมื่ออุปกรณ์ Microcontroller และ Cellular Module ชุดที่ 3 ตรวจพบว่า อุปกรณ์ Microcontroller และ Cellular Module ชุดที่ 1 ไม่สามารถติดต่อได้ 26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 2-11 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบแจ้งเตือนที่นำเสนอ 30

รูปที่ 2-12 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบแจ้งเตือนที่นำเสนอ (ต่อ).....31

รูปที่ 2-13 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบแจ้งเตือนที่นำเสนอ (ต่อ).....32

รูปที่ 2-14 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบแจ้งเตือนที่นำเสนอ (ต่อ).....32

รูปที่ 3-1 การทดสอบเชื่อมต่ออุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับอุปกรณ์ FRTU กับ DMS Master Station.....33

รูปที่ 3-2 การทดสอบเชื่อมต่ออุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับอุปกรณ์ FRTU กับ DMS Master Station (ต่อ).....34

รูปที่ 3-3 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบการเชื่อมต่อ 34

รูปที่ 3-4 การทดสอบ Ping จาก DMS Simulation ไปยังอุปกรณ์ FRTU พบว่าสื่อสารได้ปกติ 34

รูปที่ 3-5 การจำลองโครงข่ายอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับ DMS Master Station จำลองกับอุปกรณ์ FRTU จำลอง.....36

รูปที่ 3-6 แผนภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบการเชื่อมต่อ 37

รูปที่ 3-7 ทดสอบ ping จากอุปกรณ์ DMS Master Station จำลอง ไปยังอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3 พบว่าสามารถสื่อสารได้ปกติ 37

รูปที่ 3-8 ทดสอบ ping จากอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 1 ไปยังอุปกรณ์ DMS Master Station จำลอง พบว่าสามารถสื่อสารได้ปกติ 38

รูปที่ 3-9 ทดสอบ ping จากอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 2 ไปยังอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3 พบว่าสามารถสื่อสารได้ปกติ.....38

รูปที่ 3-10 ทดสอบ ping จากอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3 ไปยังอุปกรณ์ DMS Master Station จำลอง พบว่าสามารถสื่อสารได้ปกติ.....39

รูปที่ 3-11 แผนภาพจำลองการลัดสัญญาณแสงที่อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงของอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 1 โดยจำลองเส้นทางเส้นใยแก้วนำแสงชำรุดระหว่าง DMS Master Station จำลองกับอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3 39

รูปที่ 3-12 ทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงของอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 1 พบว่าอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 1 ไม่สามารถติดต่อกับ DMS Master Station จำลอง.....40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-13 ทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงของอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 1 (ไฟสถานะ Power ดับ) พบว่าอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 1 ไม่สามารถติดต่อกับ DMS Master Station จำลอง (ต่อ).....40

รูปที่ 3-14 ทดสอบ ping จากอุปกรณ์ DMS Master Station จำลอง ผ่านอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 1 ไปยังอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3 พบว่ายังสามารถสื่อสารได้ปกติ.....41

รูปที่ 3-15 ทดสอบ ping จากอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3 ผ่านอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 1 ไปยังอุปกรณ์ DMS Master Station จำลอง พบว่ายังสามารถสื่อสารได้ปกติ.....41

รูปที่ 3-16 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ร่วมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อทำการทดสอบการทำงานตามที่ออกแบบไว้.....43

รูปที่ 3-17 SMS ชุดที่ 1 แจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1.....43

รูปที่ 3- 18 SMS ชุดที่ 1 แจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 ...44

รูปที่ 3-19 SMS ชุดที่ 1 แจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3.....44

รูปที่ 3-20 SMS ชุดที่ 2 แจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1.....44

รูปที่ 3-21 SMS ชุดที่ 2 แจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2.....45

รูปที่ 3-22 SMS ชุดที่ 2 แจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3.....45

รูปที่ 3-23 SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 3 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 1 ได้.....47

รูปที่ 3-24 SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 1 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 2 ได้.....47

รูปที่ 3-25 SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 2 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 3 ได้.....47

รูปที่ 3-26 แผนภาพระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. ที่ใช้งานในปัจจุบันเพื่อเฝ้าดูระบบไฟฟ้าสถานที่สำคัญโดยเฉพาะ.....51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-27 การติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงแทนที่อุปกรณ์ Media Converter เดิม ภายให้ห้องเวรแก้ไฟฟ้าขัดข้อง 52

รูปที่ 3-28 การติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ที่ FRTU ชุดที่ 1 52

รูปที่ 3-29 การติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ที่ FRTU ชุดที่ 2 53

รูปที่ 3-30 การติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ที่ FRTU ชุดที่ 3 53

รูปที่ 3-31 แผนภาพระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. ภายหลังติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง.....54

รูปที่ 3-32 หน้าจอแสดงสถานะของ FRTU ของระบบ DMS Master Station โดยที่ระบบ DMS Master Station กับอุปกรณ์ FRTU สามารถแสดงผลและติดต่อสื่อสารกันได้ปกติ ภายหลังจากติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนแล้ว 54

รูปที่ 3-33 แผนภาพจำลองเส้นใยแก้วนำแสงชำรุด 1 เส้นทาง ระหว่างอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่อุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2 55

รูปที่ 3-34 จำลองเส้นใยแก้วนำแสงชำรุด 1 เส้นทาง โดยปลดเส้นใยแก้วนำแสงที่เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่อุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2.....55

รูปที่ 3 35 ระบบ DMS Master Station แสดงสถานะแหล่งจ่ายไฟผิดปกติ (AC Fail) ของ FRTU ชุดที่ 2 เนื่องจาก off AC Breaker.....56

รูปที่ 3-36 Alarm Report ของระบบ DMS เนื่องจาก FRTU ชุดที่ 2 มีสถานะ AC Fail.....56

รูปที่ 3-37 การแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 ผ่าน SMS ชุดที่ 1 ภายหลัง off AC breaker และปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 1 ตรวจสอบพบว่าแหล่งจ่ายไฟชำรุด.....57

รูปที่ 3-38 การแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 1 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 2 ได้.....57

รูปที่ 3-39 แผนภาพระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. ภายหลังทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่อุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2 และอุปกรณ์ DMS Master Station ยังคงสื่อสารการอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 1 และ 3 ได้ปกติ.....58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-40 ระบบ DMS Master Station แสดงสถานะไม่สามารถติดต่อกับ FRTU ชุดที่ 2 ได้ (No Reply) เนื่องจากปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง โดยที่ระบบ DMS Master Station ยังคงสื่อสารการอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 1 และ 3 ได้ปกติ....58

รูปที่ 3-41 Alarm Report ของระบบ DMS เนื่องจาก FRTU ชุดที่ 2 มีสถานะติดต่อไม่ได้ (Communication Error)....59

รูปที่ 3-42 ไฟสถานะ Power ของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 2 ดับ เนื่องจากปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 2 เพื่อทดสอบความสามารถการลัดสัญญาณแสง 59

รูปที่ 3-43 SMS ชุดที่ 2 แจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2....60

รูปที่ 3-44 ระบบ DMS Master Station แสดงสถานะแหล่งจ่ายไฟผิดปกติ (AC Fail) ของ FRTU ชุดที่ 3 เนื่องจาก off AC Breaker....60

รูปที่ 3-45 Alarm Report ของระบบ DMS เนื่องจาก FRTU ชุดที่ 3 มีสถานะ AC Fail....61

รูปที่ 3-46 การแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3 ผ่าน SMS ชุดที่ 1 ภายหลัง off AC breaker และปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 1 ตรวจสอบพบว่าแหล่งจ่ายไฟชำรุด....61

รูปที่ 3-47 การแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 2 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 3 ได้....62

รูปที่ 3-48 แผนภาพระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. ภายหลังทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่อุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 3 และอุปกรณ์ DMS Master Station ยังคงสื่อสารการอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 1 และ 2 ได้ปกติ....62

รูปที่ 3-49 ระบบ DMS Master Station แสดงสถานะไม่สามารถติดต่อกับ FRTU ชุดที่ 3 ได้ (No Reply) เนื่องจากปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง โดยที่ระบบ DMS Master Station ยังคงสื่อสารการอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 1 และ 2 ได้ปกติ....63

รูปที่ 3-50 Alarm Report ของระบบ DMS เนื่องจาก FRTU ชุดที่ 3 มีสถานะติดต่อไม่ได้ (Communication Error)....63

รูปที่ 3-51 ไฟสถานะ Power ของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 3 ดับ เนื่องจากปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 3 เพื่อทดสอบความสามารถการลัดสัญญาณแสง 64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-52 SMS ชุดที่ 2 แจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3.....64

รูปที่ 3-53 ระบบ DMS Master Station แสดงสถานะแหล่งจ่ายไฟผิดปกติ (AC Fail) ของ FRTU ชุดที่ 1 เนื่องจาก off AC Breaker.....65

รูปที่ 3-54 Alarm Report ของระบบ DMS เนื่องจาก FRTU ชุดที่ 1 มีสถานะ AC Fail.....65

รูปที่ 3-55 การแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1 ผ่าน SMS ชุดที่ 1 ภายหลัง off AC breaker และปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 1 ตรวจสอบพบว่าแหล่งจ่ายไฟชำรุด.....66

รูปที่ 3-56 การแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 3 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 1 ได้.....66

รูปที่ 3-57 แผนภาพระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. ภายหลังทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่อุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 1 และอุปกรณ์ DMS Master Station ยังคงสื่อสารการอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2 และ 3 ได้ปกติ.....67

รูปที่ 3-58 ระบบ DMS Master Station แสดงสถานะไม่สามารถติดต่อกับ FRTU ชุดที่ 1 ได้ (No Reply) เนื่องจากปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง โดยที่ระบบ DMS Master Station ยังคงสื่อสารการอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2 และ 3 ได้ปกติ.....67

รูปที่ 3-59 Alarm Report ของระบบ DMS เนื่องจาก FRTU ชุดที่ 1 มีสถานะติดต่อไม่ได้ (Communication Error).....68

รูปที่ 3-60 ไฟสถานะ Power ของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 1 ดับ เนื่องจากปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 1 เพื่อทดสอบความสามารถการลัดสัญญาณแสง 68

รูปที่ 3-61 SMS ชุดที่ 2 แจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1.....69

รูปที่ 3-62 อุปกรณ์ Drop Fuse บนเสาไฟฟ้าชำรุด ส่งผลให้แหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU ขาดไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 220 V เพื่อแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 24 V แหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU จึงไม่สามารถจ่ายไฟเลี้ยงอุปกรณ์ FRTU และอุปกรณ์ Media Convertor ได้ 76

รูปที่ 3-63 เจ้าหน้าที่ห้องเวรฯ ดำเนินการแก้ไข Drop Fuse ด้วยการใช้ไม้ชัก Fuse ปลดกระบอก Fuse ลงมาเพื่อเปลี่ยน Fuse และใช้ไม้ชัก Fuse สับกลับเข้าไปอีกครั้ง.....77

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-64 วงจรการทำงานแหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU 78

รูปที่ 3-65 Drop Fuse และอุปกรณ์ Voltage Transformer ที่ติดตั้งใช้งานใน กฟน.....78

รูปที่ 3-66 อุปกรณ์ AC Breaker 79

รูปที่ 3-67 อุปกรณ์แหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU 79

รูปที่ 3-68 การจัดเตรียมอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ทั้ง 3 ชุด เพื่อทำการทดสอบความเชื่อถือได้ในการแจ้งเตือนเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ.....82

รูปที่ 3-69 การแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1 ผ่าน SMS ชุดที่ 1.....82

รูปที่ 3-70 การแจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1 ผ่าน SMS ชุดที่ 2.....83

รูปที่ 3-71 การแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 3 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 1 ได้.....83

รูปที่ 3-72 การแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 ผ่าน SMS ชุดที่ 1.....84

รูปที่ 3-73 การแจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 ผ่าน SMS ชุดที่ 2.....84

รูปที่ 3-74 การแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 1 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 2 ได้.....85

รูปที่ 3-75 การแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3 ผ่าน SMS ชุดที่ 1.....85

รูปที่ 3-76 การแจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3 ผ่าน SMS ชุดที่ 2.....86

รูปที่ 3-77 การแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 2 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 3 ได้.....86

รูปที่ 3-78 ตัวอย่างการการแจ้งเตือนโดยอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3.....87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1-1 ตารางสรุปงานแก้ไขเหตุขัดข้อง (Corrective Maintenance) ระบบ DMS กับ FRTU ของงานบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน 1 - 2 ประจำปี 2560 ในพื้นที่การไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะ 4

ตารางที่ 1-2 ตารางสรุปงานแก้ไขเหตุขัดข้อง (Corrective Maintenance) ระบบ DMS กับ FRTU ของงานบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน 1 - 2 ประจำปี 2560 ในพื้นที่การไฟฟ้านครหลวงเขตสามเสน 4

ตารางที่ 1-3 ตารางสรุปงานแก้ไขเหตุขัดข้อง (Corrective Maintenance) ระบบ DMS กับ FRTU ของงานบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน 1 - 2 ประจำปี 2560 ในพื้นที่การไฟฟ้านครหลวงเขตบางกะปิ 5

ตารางที่ 1-4 ตารางสรุปงานแก้ไขเหตุขัดข้อง (Corrective Maintenance) ระบบ DMS กับ FRTU ของงานบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน 1 - 2 ประจำปี 2560 ในพื้นที่การไฟฟ้านครหลวงเขตคลองเตย 5

ตารางที่ 1-5 ตารางสรุปสาเหตุขัดข้องระบบ DMS กับ FRTU ทั้ง 4 พื้นที่ทำการเขตของ 6

ตารางที่ 1-6 ตารางแสดงค่าแรงมาตรฐานปี 2560 ของ ฝ่ายระบบโครงสร้างพื้นฐานในวันทำการปกติ เวลา 07.30 น. - 15.30 น. 6

ตารางที่ 2-1 ตารางสรุปอุปกรณ์ที่ใช้และต้นทุนในการพัฒนาต้นแบบระบบแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงผ่านข้อความสั้นของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 20

ตารางที่ 2-2 ตารางเปรียบเทียบอัตราค่าบริการ SMS ในรูปแบบเติมเงินและชำระรายเดือนแบบขั้นต่ำสุดของผู้ให้บริการทั้ง 3 บริษัทในประเทศไทย 21

ตารางที่ 3-1 ตารางเปรียบเทียบระยะเวลาแก้ไขเฉลี่ยและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบ 73

ตารางที่ 3-2 ตารางเปรียบเทียบระยะเวลาแก้ไขเฉลี่ยเนื่องจาก Drop fuse ชำรุดและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง เทียบกับระยะเวลาแก้ไขเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง 74

ตารางที่ 3-3 ตารางเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการแก้ไขปัญหาของงานบำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อนเนื่องจาก Drop fuse ชำรุดและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง เทียบกับเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง 75

ตารางที่ 3-4 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2561 88

ตารางที่ 3-5 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2561 89

ตารางที่ 3-6 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2561 90

ตารางที่ 3-7 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2561 91

ตารางที่ 3-8 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2561 92

ตารางที่ 3-9 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2561 93

ตารางที่ 3-10 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2561.....94

ตารางที่ 3-11 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2561.....95

ตารางที่ 3-12 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2561.....96

ตารางที่ 3-13 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 1 มีนาคม 2561 97

ตารางที่ 3-14 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 2 มีนาคม 2561 98

ตารางที่ 3-15 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 3 มีนาคม 2561 99

ตารางที่ 3-16 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 4 มีนาคม 2561 100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3-17 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 5 มีนาคม 2561 101

ตารางที่ 3-18 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 6 มีนาคม 2561 102

ตารางที่ 3-19 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 7 มีนาคม 2561 103

ตารางที่ 3-20 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 8 มีนาคม 2561 104

ตารางที่ 3-21 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 9 มีนาคม 2561 105

ตารางที่ 3-22 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 10 มีนาคม 2561..... 106

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

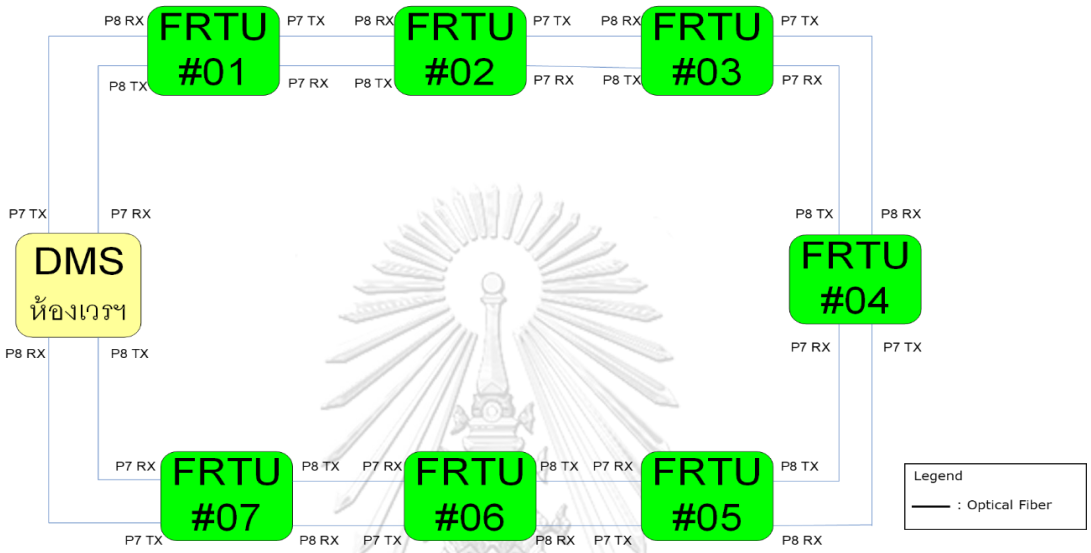
1.1 ที่มาและความสำคัญ

การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) มีการใช้งานระบบ DMS (Distributed Management System) เพื่อรองรับการควบคุมและการแสดงผลข้อมูลของอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ในระบบจำหน่าย อุปกรณ์ FRTU (Feeder Remote Terminal Unit) เป็นส่วนหนึ่งในระบบ DMS ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ตัดตอนทางไฟฟ้า (LBS : Load Break Switch) ให้ทำหน้าที่ปลด/สับวงจรไฟฟ้า เมื่อเกิดเหตุขัดข้อง และทำหน้าที่วัดค่าทางไฟฟ้า ณ จุดที่ FRTU ติดตั้งอยู่ เช่น แรงดันสายป้อน, กระแสไฟฟ้า, กำลังไฟฟ้า เป็นต้น อุปกรณ์ FRTU มีการสื่อสารข้อมูลแบบ 2 ทางกับระบบ DMS โดย FRTU ส่งสถานะอุปกรณ์ LBS และค่าทางไฟฟ้าไปแสดงผลบนหน้าจอ Monitor ภายในห้องเวรแก้ไฟฟ้าขัดข้องเพื่อให้เจ้าหน้าที่ในห้องเวรฯ ตรวจสอบและวิเคราะห์หาสาเหตุตลอดจนหาวิธีแก้ไขปัญหาระบบไฟฟ้าขัดข้องได้อย่างทันท่วงที โดยระยะแรกมีการติดตั้งใช้งานระบบ DMS กับ อุปกรณ์ FRTU ใน 4 พื้นที่เขตของการไฟฟ้านครหลวงประกอบด้วย การไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะ การไฟฟ้านครหลวงเขตสามเสน การไฟฟ้านครหลวงเขตบางกะปิ และการไฟฟ้านครหลวงเขตคลองเตย ทั้งนี้ กฟน. มีแผนขยายการใช้งานระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU ให้ครบทั้ง 18 เขตของการไฟฟ้านครหลวง โดยครอบคลุมจังหวัดกรุงเทพมหานคร สมุทรปราการและนนทบุรีให้ได้ทั้งหมดภายในปี 2563

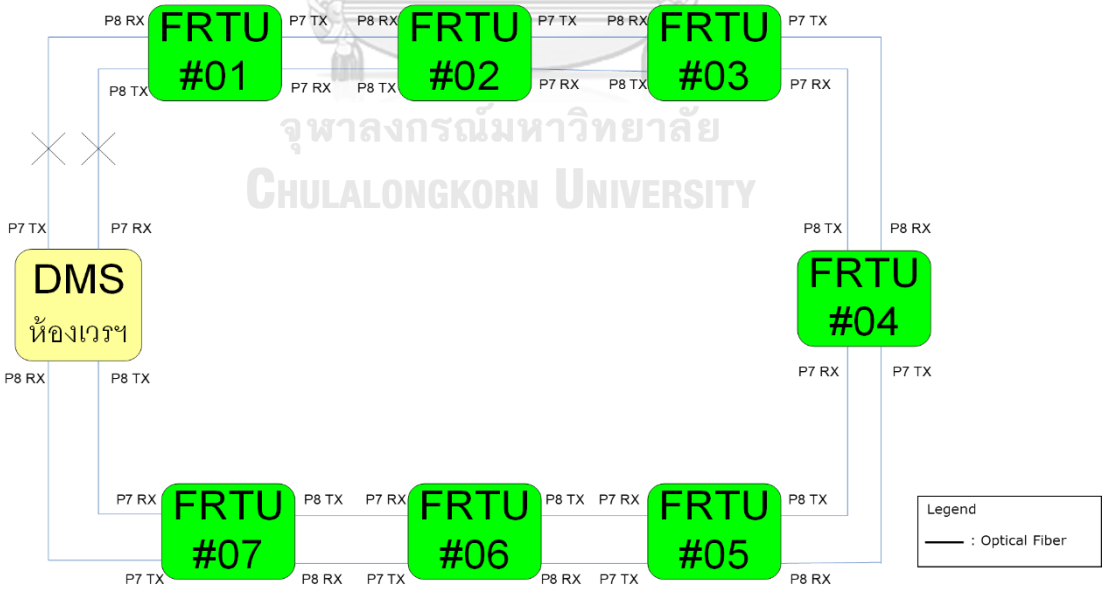
อุปกรณ์ FRTU ติดต่อสื่อสารกับระบบ DMS ผ่านโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงของ กฟน. โดยมีโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงเป็นรูปแบบวงแหวน (Ring Topology) และใช้การสื่อสารแบบ TCP/IP แสดงในรูปที่ 1-1 เพื่อรองรับการเชื่อมต่อ FRTU ในบริเวณเดียวกันแล้วเชื่อมต่อกับระบบ DMS ภายในห้องเวรแก้ไขไฟฟ้าขัดข้องตามที่ทำการไฟฟ้าเขตต่าง ๆ ในแต่ละเขตของการไฟฟ้านครหลวงจะมีโครงข่ายการสื่อสาร FRTU แบบวงแหวนจำนวนมาก โดยทั่วไปโครงข่ายวงแหวนจะรองรับ FRTU ประมาณ 40-50 ชุด การสื่อสารระหว่าง FRTU กับระบบ DMS นั้นจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ Media Converter เป็น Industrial Ethernet Switch (IES) เพื่อทำหน้าที่แปลงสัญญาณระหว่างแสงกับไฟฟ้า การใช้งานการสื่อสารในรูปแบบวงแหวนมีข้อดีคือ เมื่อเกิดเส้นใยแก้วชำรุดจะมีการปรับใช้เส้นทางสำรองอัตโนมัติได้ทันทีด้วยโปรโตคอล Rapid Spanning Tree (RSTP) แสดงในรูปที่ 1-2 แต่สามารถรองรับเส้นใยแก้วชำรุดได้เพียง 1 จุดต่อ 1 โครงข่ายวงแหวนเท่านั้น หากเกิดเหตุชำรุดเพิ่มเติมแสดงในรูปที่ 1-3 จะทำให้ FRTU ในช่วงระหว่างบริเวณที่ชำรุดจะไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับระบบ DMS ได้อีก ส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานระบบ DMS ไม่สามารถควบคุมการปลด/สับ LBS

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(Switching) เพื่อแก้ไขเหตุขัดข้องจากระยะไกลได้ นอกจากนี้สาเหตุที่ทำให้ระบบสื่อสารระหว่าง FRTU กับระบบ DMS ขัดข้องคือ แหล่งจ่ายไฟของ FRTU และ Media Converter ชำรุด/ขัดข้อง แสดงในรูปที่ 1-4 ส่งผลให้สัญญาณแสงไม่สามารถส่งต่อไปได้เปรียบเสมือนเส้นใยแก้วชำรุดเช่นกัน โดยที่ความจริงเส้นใยแก้วมิได้ชำรุดแต่อย่างใด

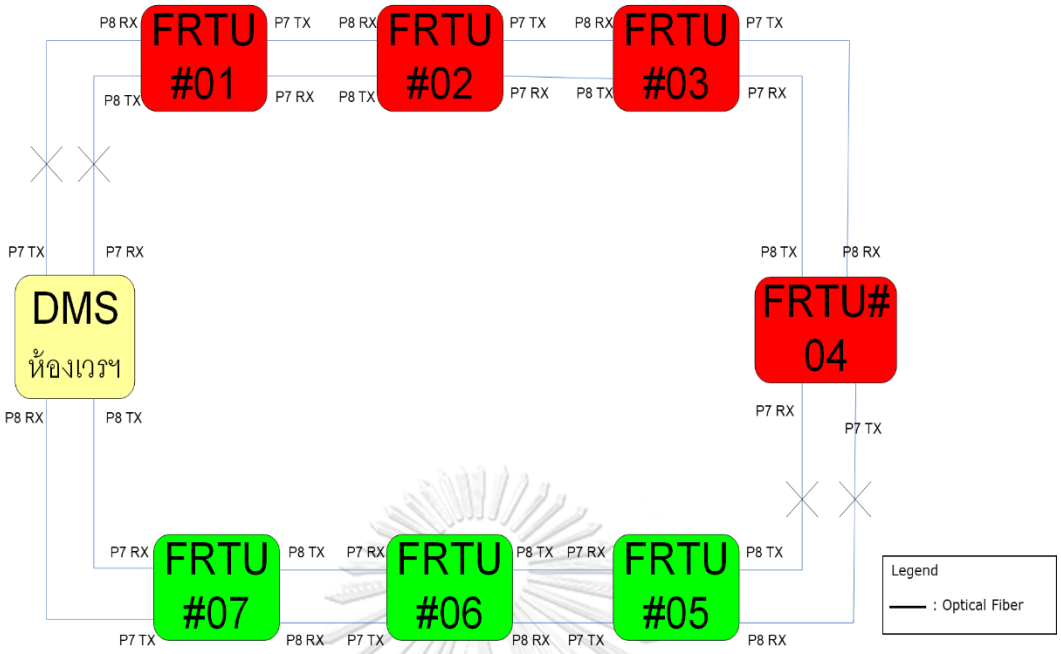


รูปที่ 1-1 การเชื่อมต่อระบบสื่อสารระหว่าง FRTU กับระบบ DMS ของการไฟฟ้านครหลวง แต่ละที่ทำการเขตแบบวงแหวน (Ring Topology)

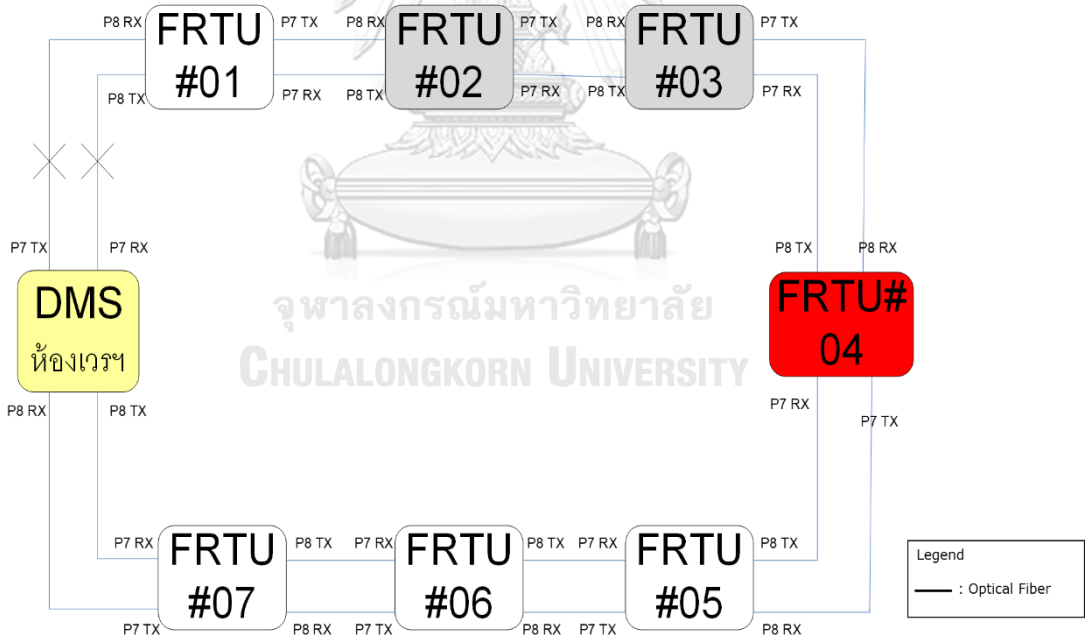


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 1-2 การรองรับการชำรุดของเส้นใยแก้ว 1 จุดภายในวงแหวนโดยระบบ DMS กับ FRTU ยังสามารถสื่อสารกันได้ปกติ



รูปที่ 1-3 การชำรุดของเส้นใยแก้ว 2 จุดภายในวงแหวน ส่งผลให้ระบบ DMS ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับ FRTU#01-04



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 1-4 กรณีการชำรุดของเส้นใยแก้ว 1 จุดภายในวงแหวนและ FRTU#04 แหล่งจ่ายไฟชำรุด ส่งผลให้ระบบ DMS ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับ FRTU#01-04 ได้เช่นเดียวกับรูปที่ 1-3

จากการศึกษาปัญหาการใช้งานของระบบสื่อสารของระบบ DMS กับ FRTU ตามเอกสารข้อมูลสถิติงานแก้ไขเหตุขัดข้อง (Corrective Maintenance) ระบบ DMS กับ FRTU ของงาน

บำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน 1-2 ประจำปี 2560 มีรายละเอียดตามแสดงในตารางที่ 1-1 ถึง 1-4 ดังนี้ [1]

ตารางที่ 1-1 ตารางสรุปงานแก้ไขเหตุขัดข้อง (Corrective Maintenance) ระบบ DMS กับ FRTU ของงานบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน 1 - 2 ประจำปี 2560 ในพื้นที่การไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะ

ที่ทำการเขต	เดือน	สาเหตุ					
		แหล่งจ่ายไฟชำรุด	เส้นใยแก้วนำแสงชำรุด	FRTU ชำรุด	อุปกรณ์ media converter ชำรุด	อื่นๆ	รวม
การไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะ	มกราคม	2	1	0	1	2	6
	กุมภาพันธ์	1	2	0	0	0	3
	มีนาคม	4	1	0	0	0	5
	เมษายน	5	0	0	0	2	7
	พฤษภาคม	1	0	0	0	0	1
	มิถุนายน	1	0	0	0	0	1
	กรกฎาคม	0	1	0	0	0	1
	รวม	14	5	0	1	4	24
สาเหตุชำรุด (%)		58.33	20.83	0.00	4.17	16.67	100

ตารางที่ 1-2 ตารางสรุปงานแก้ไขเหตุขัดข้อง (Corrective Maintenance) ระบบ DMS กับ FRTU ของงานบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน 1 - 2 ประจำปี 2560 ในพื้นที่การไฟฟ้านครหลวงเขตสามเสน

ที่ทำการเขต	เดือน	สาเหตุ					
		แหล่งจ่ายไฟชำรุด	เส้นใยแก้วนำแสงชำรุด	FRTU ชำรุด	อุปกรณ์ media converter ชำรุด	อื่นๆ	รวม
การไฟฟ้านครหลวงเขตสามเสน	มกราคม	2	3	0	0	0	5
	กุมภาพันธ์	4	1	3	1	2	11
	มีนาคม	3	2	0	1	0	6
	เมษายน	1	1	0	0	0	2
	พฤษภาคม	10	1	2	1	1	15
	มิถุนายน	3	1	1	0	2	7
	กรกฎาคม	4	1	1	0	4	10
	รวม	27	10	7	3	9	56
สาเหตุชำรุด (%)		48.21	17.86	12.50	5.36	16.07	100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 1-3 ตารางสรุปงานแก้ไขเหตุขัดข้อง (Corrective Maintenance) ระบบ DMS กับ FRTU ของงานบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน 1 - 2 ประจำปี 2560 ในพื้นที่การไฟฟ้านครหลวงเขตบางกะปิ

ที่ทำการเขต	เดือน	สาเหตุ					
		แหล่งจ่ายไฟชำรุด	เส้นใยแก้วนำแสงชำรุด	FRTU ชำรุด	อุปกรณ์ media converter ชำรุด	อื่นๆ	รวม
การไฟฟ้านครหลวงเขตบางกะปิ	มกราคม	0	2	0	0	0	2
	กุมภาพันธ์	2	3	1	1	0	7
	มีนาคม	2	4	1	0	0	7
	เมษายน	2	1	0	0	0	3
	พฤษภาคม	9	2	1	0	1	13
	มิถุนายน	12	2	1	0	0	15
	กรกฎาคม	4	2	0	2	0	8
	รวม	31	16	4	3	1	55
สาเหตุชำรุด (%)		56.36	29.09	7.27	5.45	1.82	100

ตารางที่ 1-4 ตารางสรุปงานแก้ไขเหตุขัดข้อง (Corrective Maintenance) ระบบ DMS กับ FRTU ของงานบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน 1 - 2 ประจำปี 2560 ในพื้นที่การไฟฟ้านครหลวงเขตคลองเตย

ที่ทำการเขต	เดือน	สาเหตุ					
		แหล่งจ่ายไฟชำรุด	เส้นใยแก้วนำแสงชำรุด	FRTU ชำรุด	อุปกรณ์ media converter ชำรุด	อื่นๆ	รวม
การไฟฟ้านครหลวงเขตคลองเตย	มกราคม	0	3	0	0	0	3
	กุมภาพันธ์	0	1	0	0	0	1
	มีนาคม	2	3	0	0	0	5
	เมษายน	0	4	0	0	0	4
	พฤษภาคม	1	2	3	0	3	9
	มิถุนายน	2	1	7	0	0	10
	กรกฎาคม	5	0	0	0	2	7
	รวม	10	14	10	0	5	39
สาเหตุชำรุด (%)		25.64	35.90	25.64	0.00	12.82	100

สถาบันวิทยบริการ
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หมายเหตุ : สาเหตุอื่น ๆ เช่น อุปกรณ์ LBS ชำรุด, ตู้ FRTU ชำรุด, Board Control LBS ชำรุด, การรื้อถอนสายแรงต่ำเพื่อรองรับการนำสายไฟฟ้าลงใต้ดิน, การย้ายแนวเสาสายไฟฟ้าเนื่องจากการก่อสร้างอาคารและถนน เป็นต้น

จากข้อมูลทั้ง 4 ตารางสามารถสรุปสาเหตุขัดข้องระบบ DMS กับ FRTU ทั้ง 4 เขตของการไฟฟ้านครหลวง ตั้งแต่ ม.ค. - ก.ค. 2560 ได้ดังตารางที่ 1–5 พบว่าตั้งแต่ ม.ค. - ก.ค. 2560 มีเหตุขัดข้องระบบ DMS กับ FRTU จำนวนทั้งหมด 174 ครั้ง โดยสาเหตุขัดข้องที่มากที่สุดคือสาเหตุจากแหล่งจ่ายไฟชำรุดจำนวน 82 ครั้ง คิดเป็น 47.13% ของเหตุขัดข้องทั้งหมด รองลงมาคือสาเหตุจากเส้นใยแก้วชำรุดจำนวน 45 ครั้ง คิดเป็น 25.86% ของเหตุขัดข้องทั้งหมด

ตารางที่ 1-5 ตารางสรุปสาเหตุขัดข้องระบบ DMS กับ FRTU ทั้ง 4 พื้นที่ทำการเขตของการไฟฟ้านครหลวง ตั้งแต่ ม.ค. - ก.ค. 2560

ลำดับ	สาเหตุ	จำนวน (ครั้ง)	คิดเป็น %
1	แหล่งจ่ายไฟชำรุด	82	47.13
2	เส้นใยแก้วนำแสงชำรุด	45	25.86
3	FRTU ชำรุด	21	12.07
4	Media Converter ชำรุด	7	4.02
5	อื่นๆ	19	10.92
	รวม	174	100.00

จากข้อมูลตารางที่ 1–5 พบว่าปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากอุปกรณ์ Media Converter ขัดข้อง เนื่องจากขาดไฟเลี้ยงจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงภายในตู้ FRTU เนื่องจากอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าภายในตู้ FRTU ยังอยู่ในการรับประกันของบริษัทผู้รับสัญญาซื้อ-ขายกับ กฟน. ดังนั้น พนักงานในหน่วยงานบำรุงรักษาระบบจำหน่ายอัตโนมัติจำเป็นต้องเดินทางไปหน้างานเพื่อตรวจสอบปัญหาเพื่อแจ้งให้บริษัททราบเพื่อดำเนินการแก้ไขและลัดเส้นใยแก้วนำแสงข้ามผ่าน FRTU ชุดนั้นไปก่อน เพื่อให้ FRTU ชุดอื่น ๆ สามารถใช้งานได้ต่อไป ซึ่งการเดินทางไปแก้ไขที่หน้างานนั้นใช้เวลานานมากเนื่องจากสภาพการจราจรภายในเมือง ประกอบกับการจัดพื้นที่เพื่อปฏิบัติงานและอำนวยการจราจรมิให้ติดขัดเนื่องจากเป็นการปฏิบัติงาน ณ เสาไฟฟ้าที่ FRTU ติดตั้งบริเวณริมทางสัญจร และจากข้อมูลค่าแรงมาตรฐานปี 2560 ของ ฝ่ายระบบโครงสร้างพื้นฐานในวันทำการปกติ [2] ในตารางที่ 1–6 แสดงให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายดำเนินงานเพื่อไปแก้ไขปัญหาดังกล่าวนั้นไม่คุ้มค่าอย่างยิ่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1-6 ตารางแสดงค่าแรงมาตรฐานปี 2560 ของ ฝ่ายระบบโครงสร้างพื้นฐานในวันทำการปกติ เวลา 07.30 น. - 15.30 น.

ลำดับ	กองงาน	จำนวน	ค่าแรง (บาท)	ค่าแรงทางอ้อม (บาท)	ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (บาท)	ค่าแรง 1 ชม. (บาท)	ค่าแรง 7 ชม. (บาท)
1	วิศวกร	1	344	410	207	961	6727
2	ช่างเทคนิคอิเล็กทรอนิกส์	2	1046	820	414	2280	15960
3	พนักงานประมวลผลข้อมูล	1	523	410	207	1140	7980
4	พนักงานขับยานพาหนะ	1	683				683
5	รถเช่า	1	590				590
	รวมค่าใช้รวม 1 กองงาน/วัน (บาท)		31940				

หมายเหตุ

1. รายการที่ 1-4 เป็นค่าแรงมาตรฐานของ ฝ่ายระบบโครงสร้างพื้นฐาน ประจำปี 2560
2. รายการที่ 5-6 เป็นอัตราการจ้าง/เช่าจากหน่วยงาน ฝ่ายจัดการยานพาหนะ ประจำปี 2560

จากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้าที่มีความเกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพในระบบสื่อสารทางแสงโดยการใช้งานอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงจำนวนมาก

Shi-Sheng Lee และคนอื่น ๆ [3] บทความนี้ได้เสนอการพัฒนาสร้างอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง (OBS : optical bypass switch) เพื่อแก้ไขปัญหาอุปกรณ์ switch node ขาดแหล่งจ่ายไฟในระบบสื่อสารแบบ fiber data distribution interface (FDDI) ตามมาตรฐาน American National Standards Institute (ANSI) ส่งผลให้การสื่อสารรูปแบบวงแหวนคู่ขนาน (dual ring) ขาดความต่อเนื่อง โดยการสร้างอุปกรณ์ OBS นั้นอาศัยเทคโนโลยี Micro-Electro-Machine-Systems (MEMS) อุปกรณ์ OBS นั้นมีการทำงาน 2 สถานะ สถานะแรกทำงานในสภาวะอุปกรณ์ switch node มีไฟเลี้ยงปกติ อุปกรณ์ OBS ทำหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณแสงไปยัง อุปกรณ์ switch node ในจุดติดตั้งร่วมกันเพื่อส่งสัญญาณแสงไปยังอุปกรณ์ switch node ถัดไป สถานะที่สองหากเกิดเหตุการณ์สภาวะไฟเลี้ยงอุปกรณ์ switch node ขัดข้อง กลไกภายในอุปกรณ์ OBS จะลัดสัญญาณแสงให้ข้ามอุปกรณ์ switch node ที่ขัดข้องไปยังอุปกรณ์ switch node ถัดไปทันทีโดยไม่ต้องอาศัยไฟเลี้ยง (passive device) ส่งผลให้ระบบสื่อสารแบบวงแหวนคู่ขนานมีความต่อเนื่อง มีความเชื่อถือได้และเสถียรภาพสูงขึ้น แต่จากการทดสอบการใช้งานพบว่าอุปกรณ์ OBS มีค่า insertion loss ประมาณ 3.1 dB และค่า crosstalk ประมาณ 26.1 dB ซึ่งมีค่าสูงเกินไปที่จะนำมาใช้งานจริงในระบบสื่อสารทางแสงที่มีค่างบกำลังสูญเสียทางแสง (power loss budget) ไม่เพียงพอต่อการสูญเสียทางแสงเพิ่มเติมหากเพิ่ม OBS เข้าไป จึงจำเป็นต้องพัฒนาให้ OBS มีค่า insertion loss และ crosstalk ลดลงกว่านี้เพื่อรองรับการใช้งานในระบบสื่อสารทางแสงได้จริงต่อไป

Qiong Zhang และคนอื่น ๆ [4] บทความนี้ได้เสนอการแก้ไขเหตุขัดข้องโดยใช้ Optical Bypass ในระบบสื่อสาร IP network บน optical network เนื่องจากสาเหตุหลักคือ 1. IP router ชำรุด/ขัดข้อง และ 2. เส้นใยแก้วนำแสงชำรุด Qiong Zhang ใช้การลัดสัญญาณแสงร่วมกับการแก้ไขระบบสื่อสารแบบ multi-layer hybrid mesh network โดยเน้นการลดค่าใช้จ่ายการแก้ไขเหตุขัดข้องในระบบสื่อสาร IP network บน optical network แบบเมช (mesh network) ข้อดีของระบบสื่อสารแบบเมชดีกว่าแบบวงแหวนเพราะว่ามีเส้นทางสำรองได้มากกว่าแบบวงแหวน ระบบสื่อสารแบบ multi-layer hybrid mesh network มี 2 layer โดยแบ่งเป็น 1. Optical layer ภายใน layer นี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ optical cross connect ทำหน้ารับ-ส่งสัญญาณทางแสงและมี protection เส้นทางแบบ 1:1 เพื่อรองรับเหตุขัดข้องเนื่องจากเส้นใยแก้วนำแสงชำรุดและรองรับการสัดสัญญาณกรณี IP router ชำรุด/ขัดข้อง 2. IP layer ภายใน layer นี้ประกอบด้วย IP router โดยมี MPLS fast reroute เพื่อรองรับการแก้ไขปัญหาใน IP layer โดยทั้ง 2 layer ทำงานร่วมกันตลอดเวลา จากการทดสอบแบบ Simulation พบว่าการแก้ไขระบบสื่อสารแบบ multi-layer hybrid mesh network สามารถลดค่าใช้จ่ายในการแก้ไขเหตุขัดข้องในระบบสื่อสาร IP network

บน optical network ได้ถึง 50% เมื่อเปรียบเทียบกับระบบสื่อสาร IP network บน optical network ที่ใช้การแก้ไขปัญหาแบบ IP layer เพียงอย่างเดียว

Ce'dric Ware และคนอื่น ๆ [5] บทความนี้ได้นำเสนอการแก้ไขปัญหาขัดข้องในระบบสื่อสาร IP network บน optical network เนื่องจากสาเหตุ IP router ชำรุด/ขัดข้อง และเส้นใยแก้วนำแสงชำรุดหรือมีการใช้งาน traffic ที่หนาแน่นจนเกินไป โดยการพัฒนาสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ local control plane จาก fast programmable gate array (FPGA) และอุปกรณ์ต้นแบบ optical switching อุปกรณ์ต้นแบบ local control plane ทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะการทำงานของ IP router ตลอดเวลาและควบคุม/จัดเส้นทางเส้นใยแก้วนำแสงให้กับอุปกรณ์ต้นแบบ optical switching จากการทดสอบใน testbed จำลองเหตุการณ์ IP Router ชำรุด อุปกรณ์ต้นแบบ local control plane ตรวจสอบสถานะการทำงานของ IP router เมื่อพบว่า IP router ชำรุด จึงควบคุมอุปกรณ์ต้นแบบ optical switching ทำการลัดสัญญาณแสงให้ผ่าน IP router ที่มีปัญหาทันที ส่งผลให้โครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงยังคงเสถียรภาพได้ และจากการทดสอบจำลองเหตุการณ์เส้นใยแก้วนำแสงชำรุดหรือมีการใช้งาน traffic ที่หนาแน่น อุปกรณ์ต้นแบบ local control plane จะตรวจพบเส้นทางของเส้นใยแก้วนำแสงที่มีปัญหาและควบคุมอุปกรณ์ต้นแบบ optical switching เลือกใช้เส้นทางอื่นแทนและจัดการปรับความเร็วของข้อมูล packet ให้เหมาะสมกับเส้นทางที่เลือกใหม่ได้

Mohit Chamania และคนอื่น ๆ [6] บทความนี้ได้นำเสนอการใช้งาน optical bypass เพื่อแก้ปัญหาในระบบสื่อสาร IP network บน optical network ในช่วงที่ IP link มีปริมาณ traffic สูงมากในระยะสั้นๆ เพื่อเพิ่มเสถียรภาพใน IP network อุปกรณ์ optical bypass ทำหน้าที่ลัดสัญญาณแสงข้ามผ่าน IP link ที่มีปริมาณ traffic สูง ผ่านเส้นทางเส้นใยแก้วนำแสงสำรองไปยังปลายทางเดียวกันและไม่มีผลกระทบต่อ IP routing เดิมแต่อย่างใด งานวิจัยนี้ได้ใช้ Integer Linear Programming ในการคำนวณหาจำนวนอุปกรณ์ optical bypass และจำนวน hop ที่มีอุปกรณ์ optical bypass ติดตั้งร่วมด้วย เพื่อหาจำนวนที่เหมาะสมต่อการสร้างเส้นทางลัดสัญญาณแสงข้าม IP link ปริมาณ traffic สูง จากการทดสอบพบว่าระบบสื่อสาร IP network บน optical network มีเสถียรภาพและความสามารถในการรองรับ traffic ได้สูงขึ้นประกอบกับสามารถเปลี่ยนแปลงวงจร optical bypass ได้ตลอดเวลาตามความเหมาะสมโดยไม่มีผลกระทบต่อ IP routing เดิม (Dynamic Routing)

Mark Karol และคนอื่น ๆ [7] บทความนี้ได้นำเสนอการสร้างอัลกอริทึมเพื่อหาจำนวนอุปกรณ์ optical bypass สำหรับการใช้งานในระบบสื่อสาร IP network บน optical network ร่วมกับ IP router ด้วยจำนวนที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบสื่อสาร การใช้งานอัลกอริทึมร่วมกับอุปกรณ์ optical bypass มีข้อดีคือ 1. สามารถลดความต้องการใช้จำนวน port

ของ IP router ที่จำเป็นต้องใช้งานลงได้ ส่งผลให้ลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนซื้อ IP router ที่มีราคาถูกกว่าเนื่องจากจำนวน port น้อยกว่า 2. ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าใน network ลง โดยย้าย traffic ที่มีปริมาณสูงสุดไปยังวงจร optical bypass 3. ลดความล่าช้าของ packet จากต้นทาง - ปลายทาง โดยการกำจัด queue ที่ไม่จำเป็นใน IP router 4. ลดภาวะ traffic ปริมาณสูงได้ด้วยวงจร optical bypass อัลกอริทึมทำหน้าที่พิจารณาหาเส้นทาง optical bypass ทั้งหมด จากนั้นจะเลือกเส้นทางที่มีการ bypass มากที่สุดและเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดจากต้นทาง - ปลายทาง จากการทดสอบด้วยวิธี simulation โดยจำลองการใช้งาน IP router ร่วมกับ optical cross connect ที่สามารถทำหน้าที่เป็น optical bypass จำนวน 40 ชุดเชื่อมต่อกันเป็นแบบวงแหวน และใช้งานสัญญาณแสง 4 ความยาวคลื่น พบว่าระบบสื่อสาร IP network บน optical network แบบปกติต้องใช้ IP router ขนาด 8x8 จำนวน 40 ชุด มีการใช้งาน traffic สูงถึง 90% ในขณะที่ระบบสื่อสาร IP network บน optical network และใช้งานอัลกอริทึมร่วมกับอุปกรณ์ optical bypass มีความต้องการใช้งาน IP router ขนาดเพียง 4x4 จำนวน 40 ชุด มีการใช้งาน traffic ที่ลดลงเหลือ 80% เมื่อทดสอบเพิ่มเติมโดยเพิ่มจำนวนการใช้งานความยาวคลื่นส่งผลให้ลดการใช้งาน traffic ลงได้ โดยยังคงการใช้งาน IP router จำนวนเท่าเดิม

Ching-Hung Chang และคนอื่น ๆ [8] บทความนี้ได้นำเสนอการแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดเหตุขัดข้องในระบบสื่อสารแบบ Wavelength Division Multiplexing (WDM) เนื่องจากเส้นใยแก้วนำแสงชำรุดและแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์สื่อสารชำรุด โดยการนำอุปกรณ์ passive optical sensor มาใช้งานในระบบสื่อสาร WDM แบบวงแหวน ข้อดีของอุปกรณ์ passive optical sensor คือความไม่ซับซ้อนและไม่ต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้าในการทำงาน ภายในระบบสื่อสาร WDM จะมีศูนย์ควบคุมติดตั้งระบบ monitor อุปกรณ์และภาพรวมระบบ WDM และ Remote Node ทำหน้าที่ควบคุมการรับ-ส่งสัญญาณแสงให้แต่ละ Node เป็นไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เส้นใยแก้วนำแสงในระบบ WDM สามารถรองรับการสื่อสารได้ 2 ทางภายในเส้นเดียว (Uplink-Downlink) ภายในโครงข่ายวงแหวนจะประกอบไปด้วย Node อุปกรณ์ Single-line bidirectional optical add-drop multiplexer (SBOADM) ติดตั้งร่วมกับ Fiber Bragg Grating (FBG) ซึ่ง Fiber Bragg Grating (FBG) ทำหน้าที่คัดเลือกความยาวคลื่นที่ตรงกับที่ใช้งานกับ SBOADM ของ Node นั้น ๆ และสะท้อนความยาวคลื่นที่ไม่ได้ใช้งานกลับไปยังศูนย์ควบคุม ที่ศูนย์ควบคุมมีการติดตั้ง Optical Spectrum Analyzer เพื่อวิเคราะห์ spectrum ของกำลังแสงในแต่ละความยาวคลื่นที่สะท้อนกลับมาเปรียบเทียบกับกำลังแสงของแต่ละความยาวคลื่นในสภาวะที่ไม่มีเหตุขัดข้อง หากพบว่ากำลังแสงของแต่ละความยาวคลื่นมีความแตกต่างไปจากสภาวะที่ไม่มีเหตุขัดข้อง เนื่องจากเส้นใยแก้วนำแสงขาดหรือ SBOADM ชำรุดจึงทำให้ความยาวคลื่นบางส่วนไม่สามารถสะท้อนกลับมายังศูนย์ควบคุมได้ เจ้าหน้าที่ภายในศูนย์ควบคุมสามารถสั่งงานให้อุปกรณ์ optical switch ใน Remote node ซึ่งเป็น

optical switch 2 ชุด แยกการส่งสัญญาณเป็น 2 ทิศทาง (ตามเข็มนาฬกาและทวนเข็มนาฬิกา) เพื่อให้สัญญาณแสงสามารถเดินทางไปถึง Node ปลายทางได้อย่างทั่วถึงและข้าม Node หรือ link ที่มีปัญหาได้ทันที

Dawei Zang และคนอื่น ๆ [9] บทความนี้ได้นำเสนอการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบสื่อสาร IP network บน optical network อย่างมีประสิทธิภาพโดยการลดจำนวน hop การสื่อสารระหว่างต้นทาง – ปลายทาง โดยการใช้อุปกรณ์ MEMS optical switch ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงข้าม electrical switch ที่ไม่จำเป็นออกไป อุปกรณ์ MEMS optical switch เชื่อมโยงกันเป็น optical network และเชื่อมต่อกับ electrical switch ทุกชุดเป็นสถาปัตยกรรมโครงข่ายเรียกว่า OpticV ทั้งนี้ OpticV สามารถจัดเส้นทางของเส้นใยแก้วนำแสงได้ตลอดเวลาผ่านโปรแกรม MapReduce-Style จาก datacenter และทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ MEMS optical switch ให้ลัดสัญญาณข้าม electrical switch ได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนจัดการ traffic electrical packet switched link และ optical circuit switched link ด้วย จากการทดสอบ OpticV ด้วยวิธีการจำลองสร้าง TCP/IP stack module และ traffic จาก simulator โดยมีรูปแบบโครงข่ายแบบ fat tree ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ electrical switch 720 ชุด, Server 3456 ชุด และ MEMS optical switch 720 ports โดยเชื่อมต่อกับ electrical switch ทั้งหมด พบว่า OpticV สามารถลดจำนวน hop ได้ถึง 63% เมื่อเทียบกับระบบสื่อสาร IP network ที่มี electrical switch เพียงอย่างเดียว

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง พบว่าอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงสามารถเพิ่มเสถียรภาพในระบบสื่อสารทางแสง อีกทั้งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบสื่อสารได้ ดังนั้นเพื่อการแก้ไขปัญหาของระบบสื่อสารระหว่าง FRTU กับระบบ DMS ให้เป็นไปอย่างทันท่วงทีและมีประสิทธิภาพที่สุด การประยุกต์ใช้อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจ ในปัจจุบันอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงเริ่มมีวางจำหน่ายในตลาดและมีค่า Insertion loss และ crosstalk เหมาะสมต่อการใช้งานในระบบสื่อสารทางแสงได้จริง โดยเมื่อเกิดเหตุแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ Media Converter ขัดข้อง กลไกภายในอุปกรณ์ OBS จะลัดสัญญาณแสงให้ข้ามผ่าน Media Converter ที่ขัดข้องไปยัง Media Converter ชุดถัดไปโดยอัตโนมัติทันทีและไม่ต้องอาศัยไฟเลี้ยงในการทำงาน (Passive Operation) ทำให้ปัญหาอุปกรณ์จ่ายไฟ Media Converter ขัดข้องไม่ส่งผลกระทบต่อระบบสื่อสาร และเพิ่มเสียรภาพ (Stability) และ ความเชื่อถือได้ (Reliability) ของระบบสื่อสารระบบ DMS สูงขึ้น

อย่างไรก็ตามการทำงานของอุปกรณ์ OBS ที่ลัดสัญญาณแสงได้โดยไม่ต้องอาศัยไฟเลี้ยงในการทำงาน (Passive Device) ก็มีข้อเสียเช่นกันเพราะว่าในขณะอุปกรณ์ OBS ลัดสัญญาณแสงแล้ว ผู้ปฏิบัติงานจะไม่ทราบปัญหาแหล่งจ่ายไฟขัดข้องได้ทันที เพราะอุปกรณ์ OBS ไม่สามารถแจ้งเตือนได้ เนื่องจากไม่มีแหล่งจ่ายไฟ ตามงานวิจัยที่ผ่านมาอุปกรณ์ OBS ได้แก้ปัญหาในส่วนของการขัดข้อง

เมื่อสัญญาณแสงผ่านไปไม่ได้ในกรณีไฟเลี้ยงอุปกรณ์ Media Converter ชำรุดหรือหายไปเท่านั้น มิได้มีระบบแจ้งเตือนให้ผู้ปฏิบัติงานทราบทันที ยังคงต้องอาศัยการเฝ้าดู Network Management System ตลอดเวลาเพื่อรับทราบถึงปัญหาดังกล่าว การไม่มีระบบแจ้งเตือนทันทีจะส่งผลให้ในอนาคตจะกลายเป็นปัญหาขัดข้องสะสมเป็นจำนวนมากโดยส่งผลให้มี FRTU ใช้งานไม่ได้เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงชำรุดและถูกลัดสัญญาณแสงด้วย OBS เป็นจำนวนมาก หากมิได้ตรวจสอบ Network Management System ให้ละเอียด จะพบว่าระบบสื่อสารยังคงปกติอยู่เนื่องจากอุปกรณ์ OBS ได้ลัดสัญญาณแสงไว้ ส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเข้าใจผิดได้

ในปัจจุบันเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เป็นสิ่งที่น่าสนใจในการทำระบบควบคุมต่าง ๆ มากมาย เช่น ระบบบำบัดน้ำเสีย iMETland ที่ได้รับการสนับสนุนโดย European Union Horizon 2020 [10] โดยอาศัยอุปกรณ์ Sensor ทำหน้าที่ติดตามคุณภาพของน้ำ ที่พัฒนาจาก Libelium Waspmote Plug & Sense! ที่เป็นอุปกรณ์ IoT Node ซึ่งใช้พลังงานแสงอาทิตย์และรองรับ Sensor ได้หลากหลายรูปแบบ โดยสามารถตรวจสอบอุณหภูมิน้ำ, ค่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้า, ค่าความเป็นกรดด่าง (pH), ความขุ่น, ปริมาณออกซิเจนในน้ำ รวมถึงสภาพแวดล้อมโดยรอบเช่น ความดัน, ความชื้น และความแรงของแสงอาทิตย์

ข้อมูลจาก Sensor เหล่านี้จะถูกส่งต่อไปยัง IoT Gateway ผ่านโครงข่ายไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 หรือ Low-rate Wireless Personal Area Network (LR-WPAN) ก่อนที่ข้อมูลทั้งหมดใน IoT Gateway นี้จะถูกส่งต่อไปประมวลผลบน iMETland Dashboard ที่ถูกพัฒนาโดย IDbox และระบบ Business Analytics ผ่านทางเครือข่าย 3G

เมื่อพิจารณาการใช้เทคโนโลยี IoT ในประเทศไทยในปัจจุบันนั้น ยังคงอยู่ในช่วงเริ่มต้นพัฒนา โดยบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) ผู้ให้บริการระบบโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้เปิดให้บริการโครงข่ายอัจฉริยะ Narrow-band Internet of Things (NB-IoT) เพื่อรองรับเทคโนโลยี IoT แล้ว [11] แต่เป็นเพียงการให้บริการโครงข่ายเท่านั้น หากผู้สนใจต้องการที่จะพัฒนาเทคโนโลยี IoT เพื่อใช้งานบนเครือข่าย NB-IoT จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือเพื่อพัฒนาอุปกรณ์ IoT ร่วมกับบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) ซึ่งในปัจจุบันบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) ยังไม่มีการประกาศแนวทางหรือแจ้งให้ผู้สนใจรับทราบว่าต้องดำเนินการอย่างไรต่อไป

ในขณะเดียวกัน บริษัท ทรู คอเปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) และบริษัท หัวเว่ย ผู้ให้บริการโซลูชั่นเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระดับโลก ร่วมมือพัฒนาสร้างศูนย์ปฏิบัติการและพัฒนาเทคโนโลยี IoT True-Huawei IoT Open Lab แห่งแรกในประเทศไทยและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ [12] มุ่งเน้นการวิจัยพัฒนานวัตกรรมโซลูชั่นการทำงานอัจฉริยะ IoT ต่าง ๆ จนสามารถใช้งานได้จริงเพื่อให้บริการลูกค้าในเครือ ทรูเป็นหลัก

ถึงแม้ว่า บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) และ บริษัท ทรู คอเปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ได้ประกาศพัฒนาระบบสื่อสารเพื่อรองรับเทคโนโลยี IoT แล้ว แต่ในปัจจุบันยังไม่มีการเริ่มนำมาใช้งานจริง แต่ภายในอนาคตอันใกล้น่าจะเริ่มมีการทดสอบการให้บริการและใช้งานจริง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการแข่งขันที่สูงขึ้นของเทคโนโลยีใหม่ๆ และจะสร้างรายได้ในอนาคตให้กับบริษัทผู้ให้บริการด้านโทรคมนาคมต่อไป

จากการศึกษาปัญหาและแนวทางการพัฒนาระบบแจ้งเตือนในขณะที่อุปกรณ์ OBS ทำงาน พบว่าการใช้งานอุปกรณ์ Microcontroller ยังคงเป็นแนวทางที่มีความน่าสนใจ เพราะเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีความยืดหยุ่น รองรับการพัฒนาได้ง่าย ตลอดจนยังคงเป็นอุปกรณ์ที่มีการพัฒนาในส่วนของ Hardware อยู่ตลอดเวลา รวมถึงในปัจจุบันผู้พัฒนาภาษาสำหรับเขียน code ร่วมกับ Microcontroller ได้พัฒนาการเขียน code ที่มีความซับซ้อนด้วยชุดคำสั่งที่ง่ายขึ้น ทำให้ผู้สนใจเขียน code สามารถเรียนรู้และเข้าใจได้ง่ายมากยิ่งขึ้น อีกทั้งอุปกรณ์ Microcontroller มีราคาถูกจึงเหมาะต่อการนำมาพัฒนาเพื่อเป็นระบบต้นแบบได้ง่ายและสามารถพัฒนาต่อยอดแก้ไขจุดบกพร่องจากระบบต้นแบบเพื่อนำไปผลิตในอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

เมื่อสอบถามความคิดเห็นและความต้องการของผู้ปฏิบัติงาน ในส่วนของงานบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน 1 – 2 พบว่าต้องการให้มีระบบการแจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์ OBS ลัดสัญญาณแสงให้ทราบด้วย จากการสอบถามถึงรูปแบบการแจ้งเตือนฯนั้น พบว่าผู้ปฏิบัติงานบางท่านไม่สะดวกใช้งาน Internet บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ตลอดเวลา อีกทั้งหากผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถใช้งาน Internet ได้ในขณะนั้นและต้องการความเป็นส่วนตัวของการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ ตลอดจนการแจ้งเตือนฯ ผ่านระบบ SMS ไม่จำเป็นต้องปรับแต่งค่าการใช้งานใด ๆ ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ปฏิบัติงานเพื่อรองรับการแจ้งเตือนฯด้วย จึงทำให้การได้รับการแจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์ OBS ลัดสัญญาณแสงผ่านระบบ SMS จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมต่อผู้ปฏิบัติงานที่สุด

ดังนั้นการเพิ่มระบบการแจ้งเตือนให้ผู้ปฏิบัติงานทราบว่า OBS ได้ทำหน้าที่ลัดสัญญาณแสงแล้วผ่านทางระบบ SMS ทันทีนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ กฟน. ต้องการ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติได้ทราบถึงปัญหาเบื้องต้นว่า FRTU ที่ OBS ทำงานนั้นเกิดจากแหล่งจ่ายไฟชำรุดมีปริมาณเท่าใดและอยู่บริเวณจุดติดตั้งใด จะทำให้สามารถจัดเตรียมอุปกรณ์แก้ไขปัญหาและเดินทางไปแก้ไขได้ถูกต้องและรวดเร็ว ไม่ต้องเสียเวลาเพื่อหาข้อมูลจาก Network Management System อีกครั้งเพื่อทวนข้อมูลซ้ำ และขณะที่ผู้ปฏิบัติงานดำเนินการตรวจสอบและแก้ไขปัญหาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงก็จะไม่กระทบต่อระบบสื่อสารของระบบ DMS การเพิ่มระบบการแจ้งเตือนให้อุปกรณ์ OBS นี้ จะทำให้ OBS ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและไม่จำเป็นต้องมีผู้ปฏิบัติงานเฝ้าหน้าจอ Network Management System ตลอดเวลาและลดค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยาพนธ์

1. เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานบำรุงรักษาอุปกรณ์ FRTU และระบบ DMS ให้ทันสมัย มีประสิทธิภาพ
2. เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทราบปัญหาของ FRTU เมื่ออุปกรณ์ OBU ทำงานได้รวดเร็วมากขึ้น และลดระยะเวลาขัดข้องของระบบสื่อสาร DMS และ FRTU
3. เพื่อให้พนักงานบำรุงรักษารู้ข้อมูลตำแหน่งของ FRTU ที่เกิดเหตุขัดข้องได้ทันทีผ่าน SMS

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. พิจารณาเฉพาะเหตุขัดข้องของระบบสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ FRTU กับระบบ DMS เนื่องจากอุปกรณ์ Media Converter ขัดข้องจากสาเหตุแหล่งจ่ายไฟชำรุด
2. เพื่อศึกษาผลการใช้งานอุปกรณ์ OBU ร่วมกับอุปกรณ์ FRTU และ Media Converter ที่มีการติดตั้งใช้งานร่วมกับระบบ DMS แล้ว
3. พิจารณาพื้นที่ดำเนินการศึกษาอยู่ภายใต้การรับผิดชอบการไฟฟ้านครหลวงที่มีระบบ DMS และ FRTU ติดตั้งใช้งานแล้ว

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย
2. ประชุมร่วมกับผู้ปฏิบัติงานเพื่อศึกษาการใช้งานอุปกรณ์ OBU ในระบบสื่อสาร DMS และ FRTU และพิจารณาเลือกจุดติดตั้งอุปกรณ์ OBU เพื่อเก็บผลการทดสอบการใช้งาน
3. ประชุมร่วมกับผู้ปฏิบัติงานเพื่อสรุปผลการใช้งานอุปกรณ์ OBU เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลค่าใช้จ่ายการปฏิบัติงานเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ OBU กับเมื่อยังไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ OBU
4. ศึกษาการพัฒนาระบบแจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์ OBU ทำงานเมื่อแหล่งจ่ายไฟขัดข้อง
5. พัฒนาระบบแจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์ OBU ทำงานเมื่อเกิดเหตุขัดข้องผ่านระบบข้อความสั้นของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยประชุมร่วมกับผู้ปฏิบัติงานเพื่อหาความต้องการในการพัฒนาระบบแจ้งเตือนให้ตรงกัน
6. ทดสอบการใช้งานระบบพัฒนาการแจ้งเตือนฯที่พัฒนาขึ้นและปรับปรุงข้อผิดพลาดของระบบ
7. ประชุมร่วมกับผู้ปฏิบัติงานเพื่อชี้แจงและทำความเข้าใจร่วมกันถึงรูปแบบการใช้งานระบบการแจ้งเตือนที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานจริง
8. สรุปผลการทดสอบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เมื่อเกิดปัญหาขัดข้องผู้ปฏิบัติงานสามารถเดินทางไปยังจุดติดตั้ง FRTU ได้ถูกต้องรวดเร็วขึ้น
2. ลดค่าใช้จ่ายในการแก้ไขปัญหาเหตุขัดข้องได้
3. เพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานได้มากขึ้น มีความเชื่อถือได้มากขึ้น
4. เป็นการพัฒนาระบบสื่อสารของระบบ DMS และ FRTU ให้มีเสถียรภาพ และความเชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็น 4 บท โดยแต่ละบทมีเนื้อหาดังนี้

บทที่ 1 บทนำ ในบทนี้กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของวิทยานิพนธ์, วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์, ขอบเขตของวิทยานิพนธ์, วิธีการดำเนินงาน, ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และส่วนเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ที่จะกล่าวถึงในบทต่อไป

บทที่ 2 การออกแบบระบบและพัฒนาระบบแจ้งเตือน ในบทนี้อธิบายถึงภาพรวมของระบบสื่อสารของระบบ DMS กับ FRTU, รายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์ OBU ร่วมกับระบบสื่อสาร, หลักการทำงานของอุปกรณ์ OBU และระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้อง, รายละเอียดขั้นตอนการทำงานของระบบแจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์ OBU ทำงาน

บทที่ 3 การทดสอบ ในบทนี้กล่าวถึงการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบฯ ร่วมกับอุปกรณ์ OBU ภายในระบบสื่อสารของระบบ DMS กับ FRTU รวมถึงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และความสามารถของอุปกรณ์ต้นแบบฯ ที่พัฒนาขึ้นมา

บทที่ 4 บทสรุป ในบทนี้กล่าวถึง บทสรุปในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้, ข้อเสนอแนะสาหรับนาไปพัฒนางานวิจัยต่อไป และวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

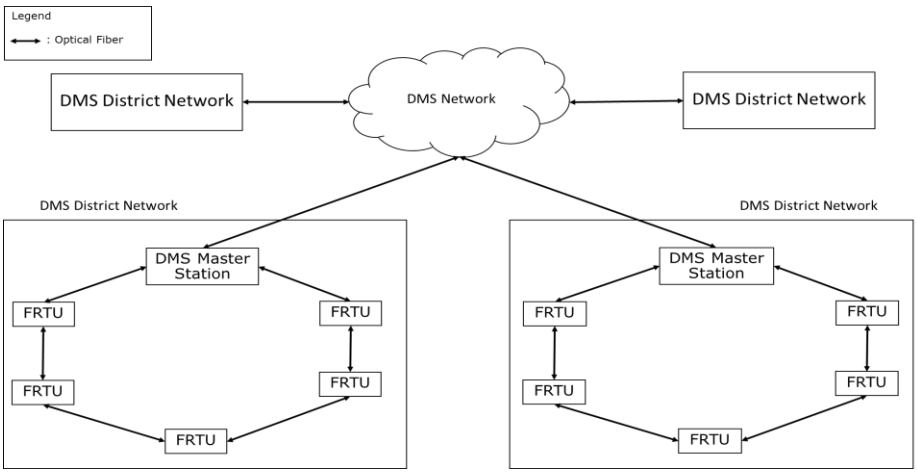
บทที่ 2
การออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งเตือน

2.1 ภาพรวมของระบบสื่อสารของระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU

ปัจจุบันระบบสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ FRTU กับอุปกรณ์ DMS Master Station ของ กฟน. ติดต่อสื่อสารผ่านโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงของ กฟน. เอง โดยมีโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงเป็นรูปแบบวงแหวน (Ring Topology) และใช้การสื่อสารแบบ TCP/IP อุปกรณ์ DMS Master Station จะติดตั้งอยู่ตามห้องเวรแก้ไฟฟ้าขัดข้องใน 4 พื้นที่เขตของการไฟฟ้านครหลวงประกอบด้วย การไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะ การไฟฟ้านครหลวงเขตสามเสน การไฟฟ้านครหลวงเขตบางกะปิ และการไฟฟ้านครหลวงเขตคลองเตย และเชื่อมต่อถึงกันด้วยโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงด้วยเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2-1

การติดต่อสื่อสารอุปกรณ์ FRTU กับอุปกรณ์ DMS Master Station จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ Media Converter เพื่อทำหน้าที่แปลงสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า อุปกรณ์ Media Converter ถูกติดตั้งอยู่ทุกจุดติดตั้ง FRTU และภายในห้องเวรฯ ใน 4 พื้นที่เขตของการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งเมื่อเกิดเหตุขัดข้องแหล่งจ่ายไฟของ Media Converter ชำรุด หรือเส้นใยแก้วนำแสงชำรุด ส่งผลให้ระบบสื่อสารขัดข้องไปด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับการพัฒนาระบบการแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุขัดข้องให้ผู้ปฏิบัติงานทราบผ่านระบบข้อความสั้นของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (SMS) โดยการพัฒนาสร้างระบบแจ้งเตือนด้วยการพัฒนาโปรแกรมใช้งานกับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานรับทราบปัญหาและรู้จุดติดตั้ง FRTU ที่มีปัญหาได้ทันทีและลดระยะเวลาขัดข้องของอุปกรณ์ FRTU เนื่องจากการขาดแหล่งจ่ายไฟ ตลอดจนเพิ่มเสถียรภาพของระบบสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ FRTU กับอุปกรณ์ DMS Master Station ให้สูงขึ้น

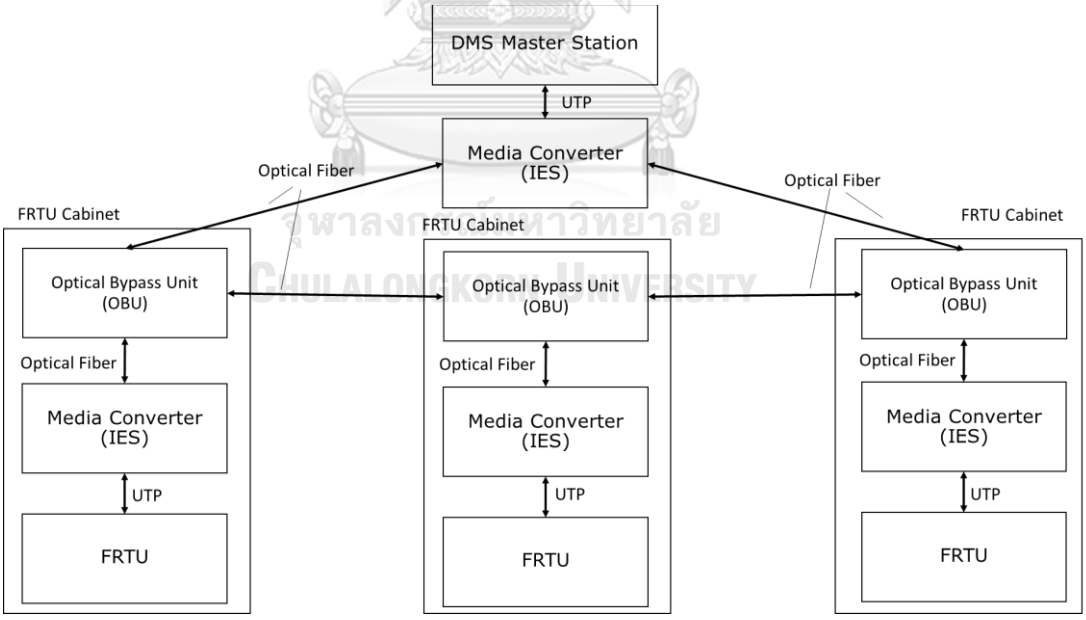
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2-1 Block Diagram แสดงการเชื่อมต่อระบบสื่อสารระหว่าง FRTU กับระบบ DMS ของการไฟฟ้านครหลวงแต่ละที่ทำการเขต

2.2 รายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์ OBU ร่วมกับระบบสื่อสาร

2.2.1 การใช้งานอุปกรณ์ OBU ร่วมกับระบบสื่อสาร จำเป็นต้องติดตั้งร่วมกับอุปกรณ์ Media Converter ภายในตู้ FRTU และต้องเพิ่มเส้นใยแก้วนำแสงเพื่อเป็นเส้นทางสำรอง กรณีอุปกรณ์ Media Converter ขัดข้องเนื่องจากแหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU ชำรุด ดังแสดงในรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 Block Diagram แสดงการเชื่อมต่อระบบสื่อสารระหว่าง FRTU กับระบบ DMS ของการไฟฟ้านครหลวง

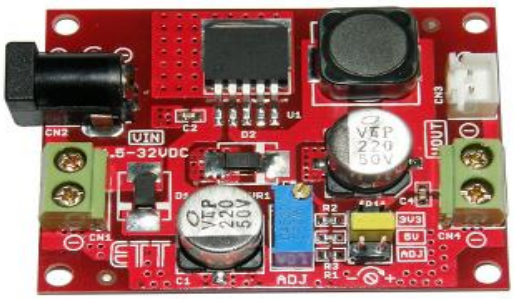
2.2.2 การพัฒนาระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้องเมื่ออุปกรณ์ OBU ทำงานผ่านข้อความสั้นของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มีต้นทุนประมาณ 3,560 บาท (ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 4 ส่วน ได้แก่

1. อุปกรณ์ Supply Voltage Detector ทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 24 โวลต์กระแสตรงของอุปกรณ์ FRTU, OBU และ Media Converter งานวิจัยนี้เลือกใช้อุปกรณ์ ET-BUSIO-DCIN [13] ราคา 40 บาท (ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) จำนวน 2 ชุด ดังแสดงในรูปที่ 2-3 ทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณ TTL 5VDC เมื่อแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 24 VDC ปกติ หากไม่พบแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 24 VDC อุปกรณ์ ET-BUSIO-DCIN จะไม่ส่ง 5VDC อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทราบได้ทันทีว่าแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 24 VDC หายไป อุปกรณ์ ET-BUSIO-DCIN สามารถเลือกใช้กับแรงดันไฟขาเข้าแบบกระแสตรงที่ระดับไฟ 5VDC, 12VDC, 24VDC ด้วยการเลือก JUMPER บนบอร์ดได้ แยกการทำงานด้วย OPTO ISOLATION และไม่จำเป็นต้องใช้ไฟเลี้ยงเนื่องจากรับ Input 24VDC จากแหล่งจ่ายไฟแล้วส่งสัญญาณ 5VDC ไปยัง Microcontroller เท่านั้น

รูปที่ 2-3 อุปกรณ์ ET-BUSIO-DCIN

2. อุปกรณ์แหล่งจ่ายไฟ 5 VDC ทำหน้าที่รับไฟจากแบตเตอรี่สำรองของ FRTU (ใช้รองรับกรณีแหล่งจ่ายไฟ 24 VDC ชำรุด โดยนำแบตเตอรี่แรงดัน 12 VDC 7.2Ah 2 ชุด ต่ออนุกรมเป็น 24 VDC) แรงดัน 24 VDC และแปลงแรงดันลงเป็น 5 VDC เพื่อจ่ายให้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ Cellular Module งานวิจัยนี้เลือกใช้อุปกรณ์ ET-MINI POWER-ADJUST [14] ราคา 270 บาท (ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) ดังแสดงในรูปที่ 2-4 เป็นบอร์ด DC POWER SUPPLY ในแบบ SWITCHING STEP DOWN REGULATOR โดยรับแรงดัน INPUT ได้ 4.5-32 VDC และสามารถปรับค่า OUTPUT DC ได้เอง หรือเลือก JUMPER เป็น DC OUTPUT 5V หรือ 3.3V ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2-4 อุปกรณ์ ET-MINI POWER-ADJUST

3. อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ประมวลผลจากสัญญาณที่ได้รับจากอุปกรณ์ Supply Voltage Detector และติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ Cellular Module เพื่อควบคุมการส่งข้อความสั้นผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อเกิดเหตุขัดข้องผ่าน port RS232 งานวิจัยนี้เลือกใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino LEONARDO ATMEGA32U4 [15] โดยติดตั้งร่วมกับ Board ET-BASE AVR EASY32U4 ราคา 620 บาท (ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) ดังแสดงในรูปที่ 2-5 สามารถพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C หรือ C++ มีคุณสมบัติดังนี้

รูปที่ 2-5 อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino LEONARDO ATMEGA32U4 ติดตั้งร่วมกับ Board ET-BASE AVR EASY32U4

3.1 ความเร็ว Clock Speed 16 MHz, หน่วยความจำแบบ FLASH 32 kBYTE (สงวนไว้ 4 kBYTE สำหรับ BOOTLOADER), RAM 2.5 kBYTE, EEPROM 1 kBYTE

3.2 มี USB CONTROLLER 2.0 เพื่อรองรับการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ในการพัฒนาโปรแกรม

3.3 มี DIGITAL I/O ทั้งหมดรวม 24 pin (D0-D23)

3.4 มี RS232 PORT แบบ 4 PIN ET พร้อมวงจร LINE DRIVER จำนวน 1 ช่อง

3.5 ใช้แหล่งจ่ายไฟภายนอก 5-12 VDC กระแสตรง 500 mA

4. อุปกรณ์ Cellular Module ทำหน้าที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ FRTU, Media Converter และ OBU ขัดข้อง และส่งข้อความสั้นผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังผู้ปฏิบัติงานให้ทราบ งานวิจัยนี้เลือกใช้อุปกรณ์ UC15-T [16] เป็นโมดูลของ บริษัท QUECTEL โดยติดตั้งร่วมกับ Board ET-3G UC15 ราคา 2,590 บาท (ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) ดังแสดงในรูปที่ 2-6 มีคุณสมบัติดังนี้

รูปที่ 2-6 อุปกรณ์ Cellular Module UC15-T ติดตั้งร่วมกับ Board ET-3G UC15

4.1 รองรับความถี่ในระบบ 3G (UMTS) 850 / 2100 MHz

4.2 ความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุด HSPA MAX 3.6 Mbps (DL) / MAX 384 kbps (UL)

4.3 รองรับคำสั่ง AT COMMAND (COMPLIANT WITH 3GPP TS27.007, 27.005 และของ QUECTEL ENHANCED AT)

4.4 รองรับ SIM CARD แบบ 1.8V/3V

4.5 มี USB CONTROLLER 2.0 เพื่อรองรับการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ในการพัฒนาโปรแกรม

4.6 ใช้แหล่งจ่ายไฟภายนอก 5 VDC

4.7 มีวงจร LINE DRIVER RS232 สำหรับในกรณีต่อใช้งานระหว่างอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์มายัง ET-3G UC15 ทาง PORT RS232 ที่ความเร็วรับ-ส่ง ที่ 9600-921600 bps

4.8 ใช้เสาอากาศ แบบ L-TYPE ใช้กับความถี่ 800/850/900/1900/2100 MHz

4.9 ในสภาวะปกติต้องการกระแส 60 mA และใช้งานส่ง SMS ต้องการกระแส 2 A

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปอุปกรณ์ที่ใช้และต้นทุนในการพัฒนาต้นแบบระบบแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงผ่านข้อความสั้นของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ดังแสดงในตารางที่ 2–1

ตารางที่ 2-1 ตารางสรุปอุปกรณ์ที่ใช้และต้นทุนในการพัฒนาต้นแบบระบบแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงผ่านข้อความสั้นของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

ลำดับ	อุปกรณ์	ราคา/ชุด (บาท)	จำนวน	ราคา (บาท)
1	อุปกรณ์ ET-BUSIO-DCIN	40	2	80
2	อุปกรณ์ ET-MINI POWER-ADJUST	270	1	270
3	อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino LEONARDO ATMEGA32U4	620	1	620
4	อุปกรณ์ Cellular Module UC15-T	2,590	1	2,590
รวมต้นทุนที่ใช้ (บาท)		3,560		

หมายเหตุ : ราคาที่แสดงยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่าย (Air Time) รายเดือนเนื่องจากอุปกรณ์ Cellular Module UC15-T จำเป็นต้องใช้ Sim Card จากการศึกษาอัตราค่าบริการในรูปแบบเติมเงินและชำระรายเดือนแบบขั้นต่ำสุดของผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์ทั้ง 3 บริษัท ประกอบด้วย บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน), บริษัท ทรู คอเปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) และ บริษัท โทเทิ่ล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (มหาชน) มีรายละเอียดดังนี้

CHULALONGKORN UNIVERSITY

- พิจารณาแบบรายเดือน

  - บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) แพ็กเกจ AIS 4G Max Speed คิดค่าบริการข้อความสั้น 3 บาท/ข้อความ โดยมีค่าบริการรายเดือน 299 บาท (ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) [17]
  - บริษัท ทรู คอเปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) แพ็กเกจ 4G+ ฟัน อันลิมิเต็ด คิดค่าบริการข้อความสั้น 3 บาท/ข้อความ โดยมีค่าบริการรายเดือน 299 บาท (ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) [18]
  - บริษัท โทเทิ่ล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (มหาชน) แพ็กเกจ Super Non-stop 299 คิดค่าบริการข้อความสั้น 1 บาท/ข้อความ โดยมีค่าบริการรายเดือน 299 บาท (ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) [19]

- พิจารณาแบบเติมเงิน

- บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) โปรโมชั่นซิมสุดคุ้ม ราคา 24 บาท/ซิม คิดค่าบริการข้อความสั้น 2.14 บาท/ข้อความ โดยเติมเงินขั้นต่ำ 10 บาท ได้รับวันใช้งาน 30 วัน [20]
- บริษัท ทรู คอเปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) โปรโมชั่นซิมยกก๊วน แลกได้ ราคา 9 บาท/ซิม คิดค่าบริการข้อความสั้น 2 บาท/ข้อความ โดยเติมเงินขั้นต่ำ 10 บาท ได้รับวันใช้งาน 30 วัน [21]
- บริษัท โทเทิ่ล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (มหาชน) โปรโมชั่นซิมโซเชียลฮีโร่ ราคา 49 บาท/ซิม คิดค่าบริการข้อความสั้น 2 บาท/ข้อความ โดยเติมเงินขั้นต่ำ 10 บาท ได้รับวันใช้งาน 30 วัน [22]

จากข้อมูลอัตราค่าบริการ SMS ในรูปแบบเติมเงินและชำระรายเดือนแบบขั้นต่ำสุดของผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์ทั้ง 3 บริษัท ประกอบด้วย บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) หรือ AIS, บริษัท ทรู คอเปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) หรือ TRUEMOVE-H และบริษัท โทเทิ่ล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (มหาชน) หรือ DTAC สามารถสรุปได้ในตารางที่ 2-2 ดังนี้

ตารางที่ 2-2 ตารางเปรียบเทียบอัตราค่าบริการ SMS ในรูปแบบเติมเงินและชำระรายเดือนแบบขั้นต่ำสุดของผู้ให้บริการทั้ง 3 บริษัทในประเทศไทย

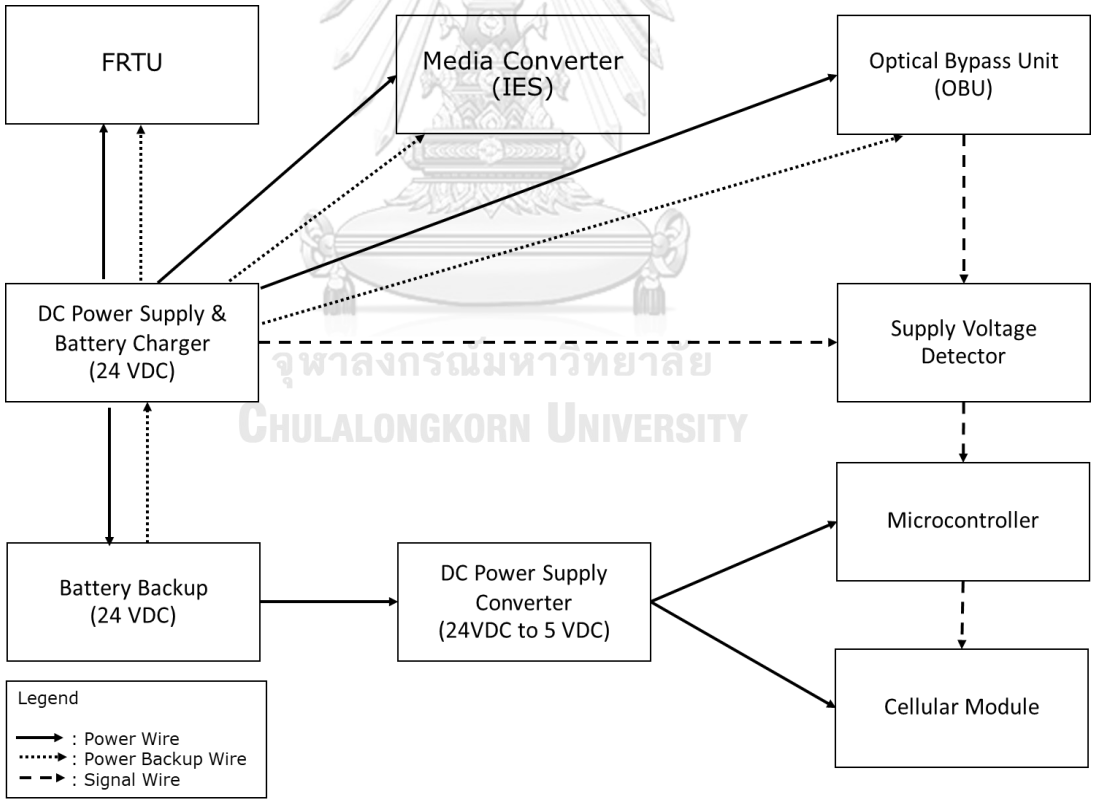
รูปแบบการใช้งาน	ผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่	แพ็กเกจ/โปรโมชั่น	ราคาซิมการ์ด (บาท)	ค่าบริการรายเดือนขั้นต่ำ/เติมเงินขั้นต่ำ (บาท)	ค่าบริการ SMS/ข้อความ (บาท)
รายเดือน	AIS	AIS 4G Max Speed	0	299	3
	TRUEMOVE-H	4G+ ฟัน อันลิมิเต็ด	0	299	3
	DTAC	Super Non-stop 299	0	299	1
เติมเงิน	AIS	ซิมสุดคุ้ม	24	10	2.14
	TRUEMOVE-H	ซิมยกก๊วน แลกได้	9	10	2
	DTAC	ซิมโซเชียลฮีโร่	49	10	2

หมายเหตุ : ราคาที่แสดงยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

เมื่อพิจารณาในการใช้บริการเฉพาะข้อความสั้น (SMS) พบว่าโปรโมชั่นซิมยกก๊วนแลกได้ ของบริษัท ทรู คอเปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) มีความคุ้มค่าที่สุด โดยมีราคา 9 บาท/ซิม คิดค่าบริการข้อความสั้น 2 บาท/ข้อความ (SMS 1 ชุดรองรับอักขระภาษาอังกฤษ, ตัวเลขและเว้นวรรคได้ 160 ตัวอักษร) โดยเติมเงิน 100 บาท รองรับการส่งข้อความได้ 50 ชุด กรณีเป็นข้อความภาษาอังกฤษ และได้รับวันใช้งาน 30 วัน

ทั้งนี้ในงานวิจัยต้องการใช้งานอย่างน้อย 3 ชุด เพื่อจำลองการเป็นโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสง ดังนั้นค่าใช้จ่ายในส่วนอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนการทำงานของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงผ่านข้อความสั้นของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีมูลค่า 10,680 บาท โดยประมาณ และค่าใช้บริการโครงข่ายโทรศัพท์ของบริษัท ทั้ง 3 ชุด 300 บาทต่อเดือน โดยประมาณ

อุปกรณ์ทั้ง 4 ส่วน เชื่อมต่อกันเป็นโมดูลระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้องติดตั้งร่วมกับ OBU และติดตั้งอยู่ภายในตู้ FRTU ดังแสดงในรูปที่ 2-7



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2-7 Block Diagram แสดงการเชื่อมต่อวงจรจ่ายไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในตู้ FRTU

2.3 หลักการทำงานของอุปกรณ์ OBU และระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้อง

1.) เมื่อเกิดเหตุแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ FRTU, Media Converter และ Optical Bypass Unit ชำรุดหรือขัดข้อง Battery Backup 24VDC จะทำหน้าที่จ่ายไฟให้ FRTU, Media Converter และ Optical Bypass Unit แทน อุปกรณ์ Microcontroller ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณที่ได้จาก Supply Voltage Detector ของแหล่งจ่ายไฟและส่งคำสั่งให้อุปกรณ์ Cellular Module ส่ง SMS ชุดแรกผ่านระบบสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อแจ้ง Alarm ให้ User ทราบถึงปัญหาดังกล่าวในเบื้องต้น ดังแสดงในรูปที่ 2-8

2.) เมื่ออุปกรณ์ Supply Voltage Detector ตรวจจับได้ว่าแรงดันแหล่งจ่ายไฟของ Media Converter และ Optical Bypass Unit หายไปอีกครั้งเนื่องจาก Battery Backup มีแรงดันไม่พอต่อการใช้งาน (Battery Backup สามารถรองรับการจ่ายไฟได้ประมาณ 2 ชม. ที่ 24 VDC และเพียงพอที่จะจ่ายไฟให้ Microcontroller และ Cellular Module ขณะที่ OBU ลัดสัญญาณแล้ว) อุปกรณ์ Supply Voltage Detector จะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ Microcontroller เพื่อประมวลผลต่อไป ในขณะเดียวกัน Optical Bypass Unit จะลัดสัญญาณแสงไปยังอุปกรณ์ Media Converter ของ FRTU ชุดถัดไปทันที

3.) อุปกรณ์ Microcontroller ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณที่ได้จาก Voltage Detector ของ Optical Bypass Unit และส่งคำสั่งให้อุปกรณ์ Cellular Module ส่ง SMS ชุดที่สองผ่านระบบสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อแจ้ง Alarm ให้ User ทราบว่า Optical Bypass Unit ลัดสัญญาณแสงแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 2-9 ทั้งนี้ User ประกอบด้วย 5 ท่านประกอบด้วย ผู้อำนวยการกองระบบอัตโนมัติ, ผู้ช่วยผู้อำนวยการกองระบบอัตโนมัติ, หัวหน้าแผนกงานบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน, วิศวกร และช่างเทคนิคอิเล็กทรอนิกส์อาวุโสเพื่อรับทราบถึงปัญหาดังกล่าวและแจ้งจ่ายงานให้ช่างเทคนิคอิเล็กทรอนิกส์ดำเนินการต่อไป

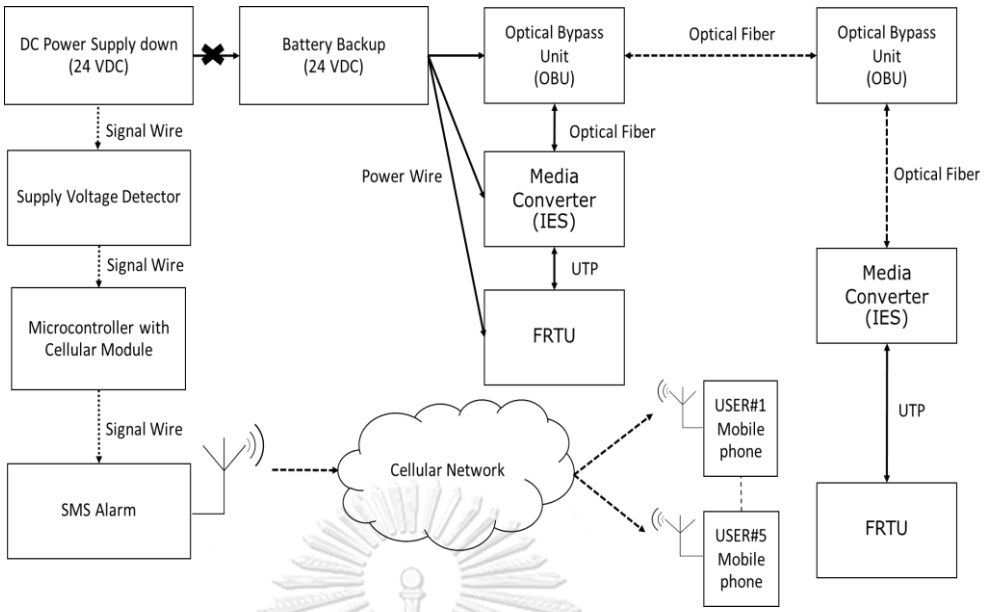
4.) การตรวจสอบสถานะการทำงานของระบบแจ้งเตือน อุปกรณ์ Microcontroller และ Cellular Module จะตรวจสอบสถานะของกันและกันด้วยการตรวจสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

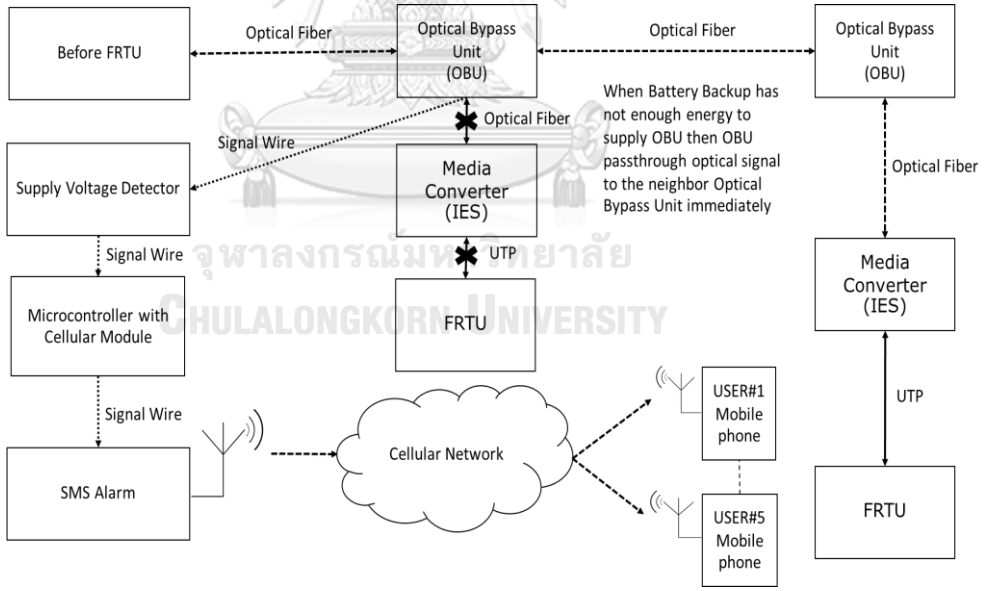
สัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยการทดสอบโทรเข้าผ่านอุปกรณ์ Cellular Module หากอุปกรณ์ Cellular Module ตรวจสอบพบว่าอุปกรณ์ Cellular Module ชุดถัดไปมีสัญญาณที่ผิดปกติหรือติดต่อไม่ได้ขณะเรียกสาย อุปกรณ์ Cellular Module จะแจ้งให้อุปกรณ์ Microcontroller ทราบ อุปกรณ์ Microcontroller ส่งคำสั่งให้อุปกรณ์ Cellular Module ส่ง SMS ชุดที่สามผ่านระบบสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อแจ้ง Alarm ให้ User ทราบว่า Cellular Module ชุดถัดไปมีปัญหาแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 2-10

5.) กรณีเกิดเหตุขัดข้องและได้รับ SMS ในวันเวลาทำการ ช่างเทคนิคอิเล็กทรอนิกส์อาวุโสจะบันทึกเหตุขัดข้องลงในสมุดบันทึกจ่ายงานก่อนแล้วแจ้งจ่ายงานให้ช่างเทคนิคอิเล็กทรอนิกส์ดำเนินการแก้ไขตรวจสอบทันที หากเกิดเหตุขัดข้องและได้รับ SMS นอกวันเวลาทำการ ช่างเทคนิคอิเล็กทรอนิกส์อาวุโสจะบันทึกเหตุขัดข้องลงในสมุดบันทึกจ่ายงานในเช้าวันทำการถัดไปและแจ้งจ่ายงานให้ช่างเทคนิคอิเล็กทรอนิกส์ดำเนินการแก้ไขโดยเร็วตามความจำเป็น เมื่องานแก้ไขแล้วเสร็จช่างเทคนิคอิเล็กทรอนิกส์อาวุโสจะลงนามเพื่อแจ้งปิดงาน หากงานยังไม่แล้วเสร็จจะมีการแจ้งจ่ายงานค้างต่อไป โดยสมุดบันทึกจ่ายงานจะลงเลขที่งานและระบุวันที่อย่างชัดเจน และตามระเบียบของฝ่ายระบบโครงสร้างพื้นฐานสมุดบันทึกจ่ายงานจะถูกตรวจสอบและลงนามโดยผู้อำนวยการฝ่ายระบบโครงสร้างพื้นฐานทุกเดือนเพื่อทราบถึงภาระและการปฏิบัติงานของพนักงานในแต่ละเดือน

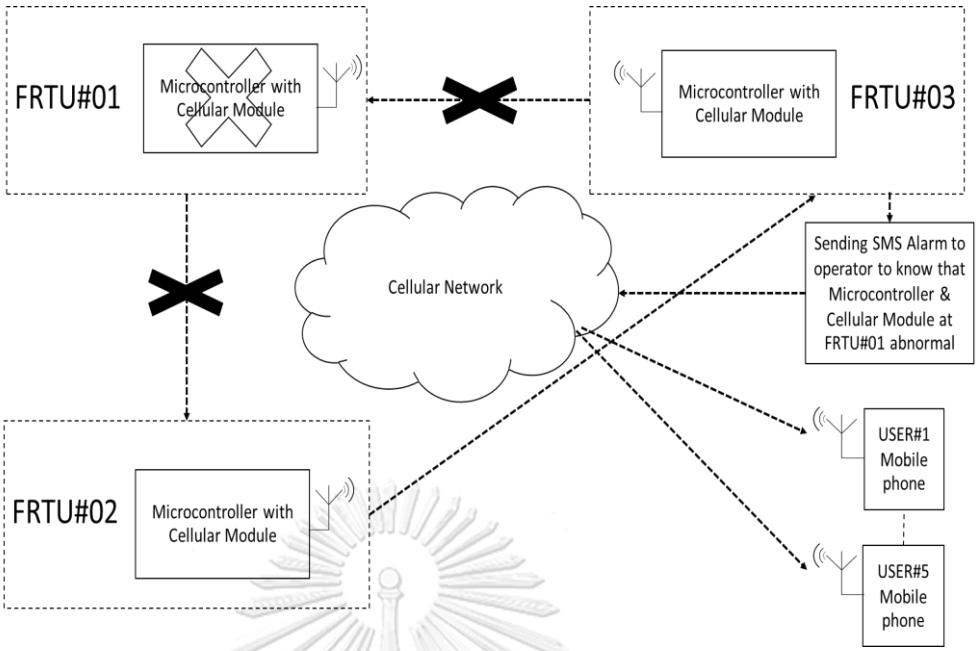
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2-8 แผนภาพแสดงระบบแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟ 24 VDC ชำรุด



รูปที่ 2-9 แผนภาพแสดงระบบแจ้งเตือนการทำงานของ Optical Bypass Unit เมื่อ Battery Backup 24 VDC มีพลังงานไม่เพียงต่อการจ่ายไฟให้ Optical Bypass Unit



รูปที่ 2-10 แผนภาพแสดงการตรวจสอบสถานะการทำงานของระบบแจ้งเตือน เมื่ออุปกรณ์ Microcontroller และ Cellular Module ชุดที่ 3 ตรวจพบว่า อุปกรณ์ Microcontroller และ Cellular Module ชุดที่ 1 ไม่สามารถติดต่อได้

ตัวอย่างข้อความแจ้งเตือนชุดแรก

FRTU: RBD02#07

Location: Latitude, Longitude

Cause: Power Supply Failed

Please check me ASAP, Thank you.

ตัวอย่างข้อความแจ้งเตือนชุดที่สอง

FRTU: RBD02#07

Location: Latitude, Longitude

Cause: OBU Operated

Please check me ASAP, Thank you.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างข้อความแจ้งเตือนชุดที่สาม (ตรวจสอบสถานะ Cellular Module ชุดถัดไป)

FRTU: RBD02#0X // (X ขึ้นอยู่กับเลขอันดับที่ต้องการตรวจสอบ)
Location: Latitude, Longitude
Cause: Cellular Module Abnormal
Please check me ASAP, Thank you.

หมายเหตุ : 1. FRTU: RBD02#07 หมายถึง FRTU ที่ติดตั้งภายในพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะในวงแหวนเส้นใยแก้วนำแสงที่ 2 เป็นลำดับที่ 7

2. SMS ภาษาอังกฤษจำนวน 160 ตัวอักษร คิดเป็น 1 ข้อความ (รวมเว้นวรรคและตัวเลข) สำหรับบริการ SMS ภาษาไทย หรือ SMS ที่มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษจำนวน 70 ตัวอักษร คิดเป็น 1 ข้อความ (รวมสระ เว้นวรรคและตัวเลข)

2.4 รายละเอียดขั้นตอนการทำงานของระบบแจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์ OBU ทำงาน

การทำงานของระบบแจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์ OBU ทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 2-11 ถึง 2-14 มีขั้นตอนดังนี้

1.) ผู้ปฏิบัติงานโทรเข้าอุปกรณ์ Cellular Module ทั้ง 3 ชุด เพื่อเปิดการใช้งานระบบแจ้งเตือน

2.) อุปกรณ์ Supply Voltage Detector ตรวจสอบสถานะแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 24 โวลต์กระแสตรงของอุปกรณ์ FRTU, OBU และ Media Converter หากพบว่าผิดปกติจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ Microcontroller ทันที หากไม่พบความผิดปกติ อุปกรณ์ Microcontroller จะทำการตรวจสอบสถานะ Cellular Module ที่ติดตั้งอยู่กับ FRTU ชุดถัดไปผ่าน Cellular Module ที่ติดตั้งร่วมกัน หากไม่พบความผิดปกติ อุปกรณ์ Microcontroller และ Cellular Module จะรอผลการตรวจสอบสถานะแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 24 โวลต์กระแสตรงจากอุปกรณ์ Supply Voltage Detector ต่อไป และตรวจสอบการโทรเข้าจากผู้ปฏิบัติงานเพื่อปิดการใช้งานระบบแจ้งเตือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.) อุปกรณ์ Microcontroller ตรวจสอบสัญญาณจากอุปกรณ์ Supply Voltage Detector หากพบว่ามีสัญญาณเนื่องจากแหล่งจ่ายไฟผิดปกติ จะทำการหน่วงเวลาไว้ 1 นาที เพื่อยืนยันว่าแหล่งจ่ายไฟที่ผิดปกตินั้นเป็นแบบถาวร ไม่ได้เกิดจากไฟตกชั่วขณะ หากแหล่งจ่ายไฟขัดข้องไม่ถึง 1 นาทีจะกลับไปสู่ขั้นตอนการตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟอีกครั้ง

4.) กรณีแหล่งจ่ายไฟขัดข้องเกิน 1 นาที อุปกรณ์ Microcontroller จะส่ง AT Command เพื่อสั่งการให้อุปกรณ์ Cellular Module ส่ง SMS ชุดแรกเพื่อแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟขัดข้อง ให้ผู้ปฏิบัติงานทราบต่อไป ผู้ปฏิบัติงานจะต้อง Acknowledge SMS โดยการโทรเข้า Cellular Module ภายใน 1 นาทีเพื่อเป็นการยืนยันว่ารับทราบถึงปัญหาแล้ว หากภายใน 1 นาที ไม่ได้รับการยืนยันจากผู้ปฏิบัติงานจะส่ง SMS ชุดแรกซ้ำอีกครั้ง หากระบบไม่ได้รับการ Acknowledge SMS เลย ระบบจะส่ง SMS ชุดแรกซ้ำจำนวน 3 ครั้ง แล้วข้ามไปยังขั้นตอนต่อไปทันที

5.) อุปกรณ์ Microcontroller จะหน่วงเวลาไว้ 1 ชั่วโมง เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานเดินทางไปยังหน้างานและดำเนินการตรวจสอบและแก้ไขเหตุขัดข้อง

6.) ภายในกำหนดเวลา 1 ชั่วโมง ในกรณีอุปกรณ์ Supply Voltage Detector ตรวจสอบพบว่าแหล่งจ่ายไฟกลับมาปกติเนื่องจากผู้ปฏิบัติงานเดินทางมาแก้ไขแล้วระบบจะเข้าสู่สถานะเริ่มต้นอีกครั้ง แต่หากอุปกรณ์ Supply Voltage Detector ของแหล่งจ่ายไฟ 24 VDC ตรวจสอบพบว่ายังขัดข้องอยู่ ระบบจะเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟจาก Battery Backup ของ OBU ด้วยอุปกรณ์ Supply Voltage Detector ของ OBU โดยเฉพาะ หากพบว่าแหล่งจ่ายไฟจาก Battery Backup ของ OBU ขัดข้อง อุปกรณ์ Supply Voltage Detector ของ OBU จะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ Microcontroller ดำเนินการสั่งการให้อุปกรณ์ Cellular Module ส่ง SMS ชุดที่ 2 ให้ผู้ปฏิบัติงานทราบอีกครั้งว่า OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว

7.) ภายหลังจากอุปกรณ์ Cellular Module ส่ง SMS ชุดที่ 2 แล้ว อุปกรณ์ Microcontroller และ อุปกรณ์ Cellular Module จะหยุดการทำงานเพื่อ

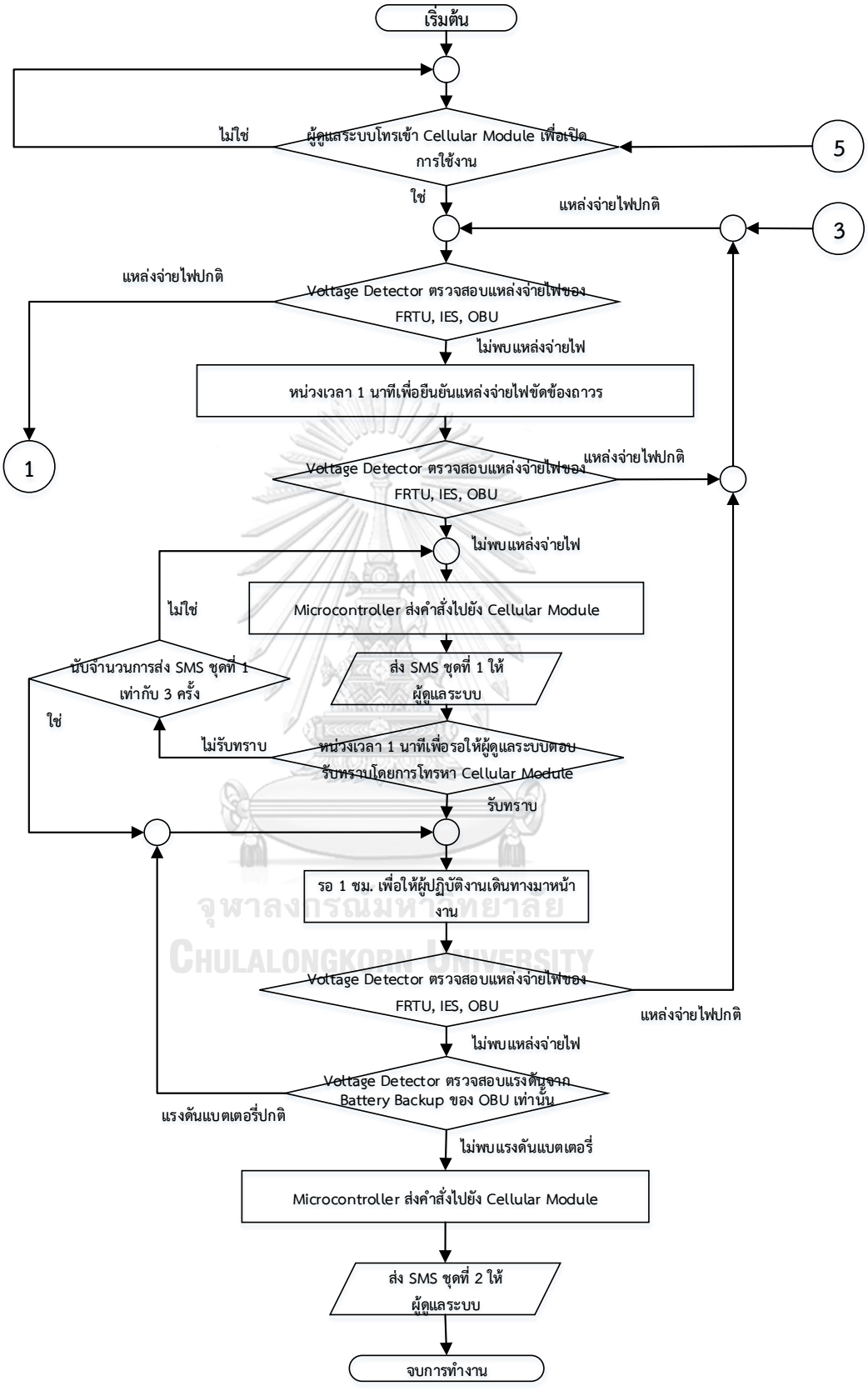
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลดการดึงพลังงานที่ส่งผลกระทบอายุการใช้งานของ Battery Backup (Lead Acid Type) หากมีการดึงพลังงานจาก Battery Backup มาใช้มากเกินไปจะส่งผลให้ Battery Backup เสื่อมสภาพได้ง่าย จากนั้นระบบจะรอผู้ปฏิบัติงานเดินทางมาแก้ไขและรีเซ็ตระบบใหม่ต่อไป

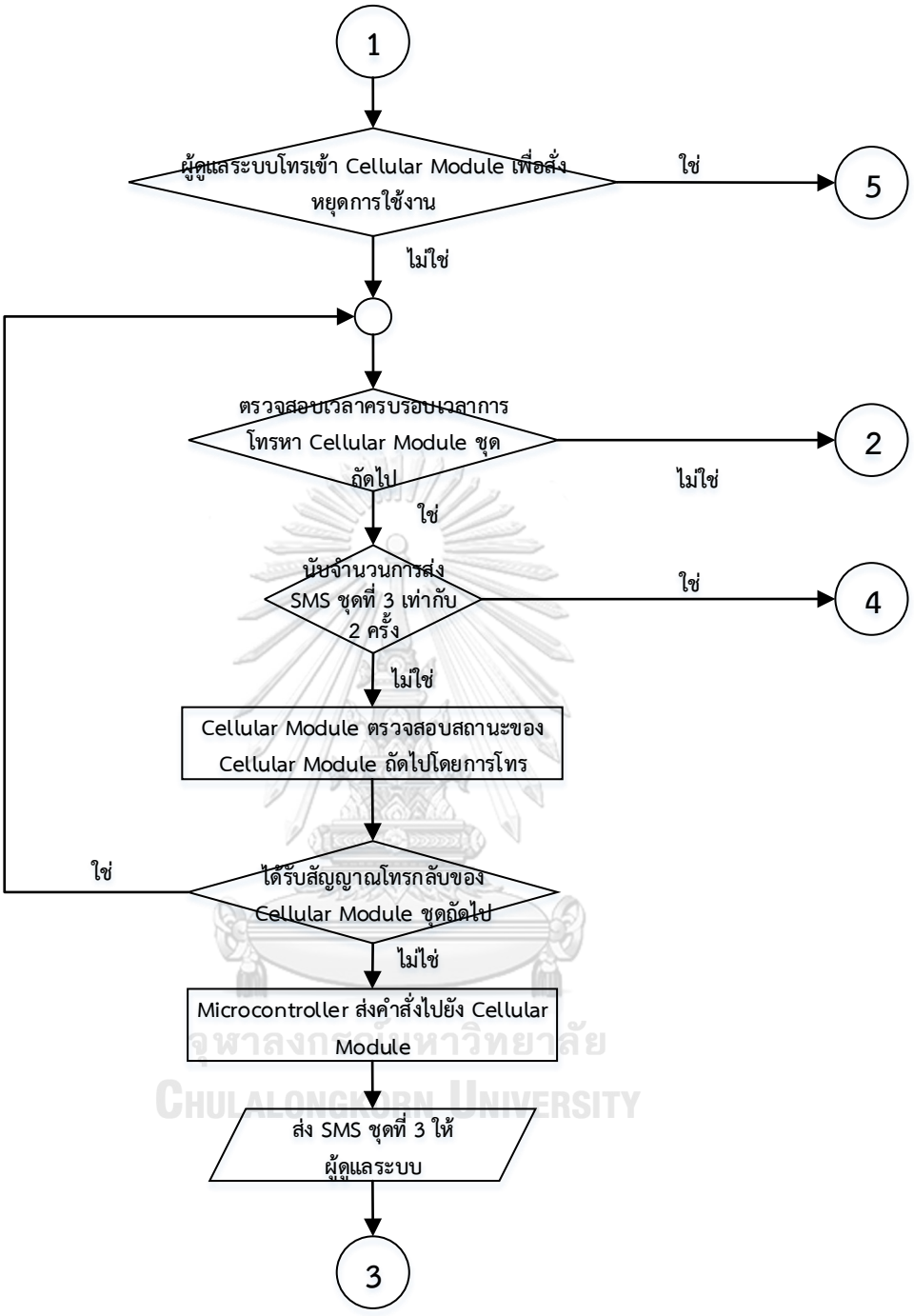
8.) กรณีอุปกรณ์ Supply Voltage Detector ตรวจสอบสถานะแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 24 โวลต์กระแสตรงของอุปกรณ์ FRTU, OBU และ Media Converter ไม่พบความผิดปกติ อุปกรณ์ Microcontroller จะตรวจสอบสถานะ Cellular Module ที่ติดตั้งอยู่กับ FRTU ชุดถัดไปผ่าน Cellular Module ที่ติดตั้งร่วมกันโดยการโทรเข้า หากพบความผิดปกติของสัญญาณ อุปกรณ์ Microcontroller จะส่ง AT Command เพื่อสั่งการให้อุปกรณ์ Cellular Module ส่ง SMS ชุดที่สามให้ผู้ปฏิบัติงานทราบว่า Cellular Module ที่ติดตั้งอยู่กับ FRTU ชุดถัดไปมีความผิดปกติให้เข้าดำเนินการตรวจสอบต่อไป โดยจะส่ง SMS ชุดที่สามทั้งหมด 2 ครั้ง โดยระบบแจ้งเตือนชุดที่ 1 ใช้เวลาห่างกันครั้งละ 10 นาที, ชุดที่ 2 ใช้เวลาห่างกันครั้งละ 14 นาที และชุดที่ 3 ใช้เวลาห่างกันครั้งละ 18 นาที กรณีระบบแจ้งเตือนส่ง SMS ชุดที่สามครบทั้งหมด 2 ครั้ง ระบบแจ้งเตือนจะหยุดการตรวจสอบ Cellular Module ชุดถัดไป จนกว่าอุปกรณ์ Cellular Module ที่ส่ง SMS ชุดที่สามจะได้รับสัญญาณโทรเข้าจากผู้ปฏิบัติงานภายหลังจากผู้ปฏิบัติงานดำเนินการตรวจสอบและแก้ไขตามจุดที่แจ้งใน SMS แล้วเสร็จ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

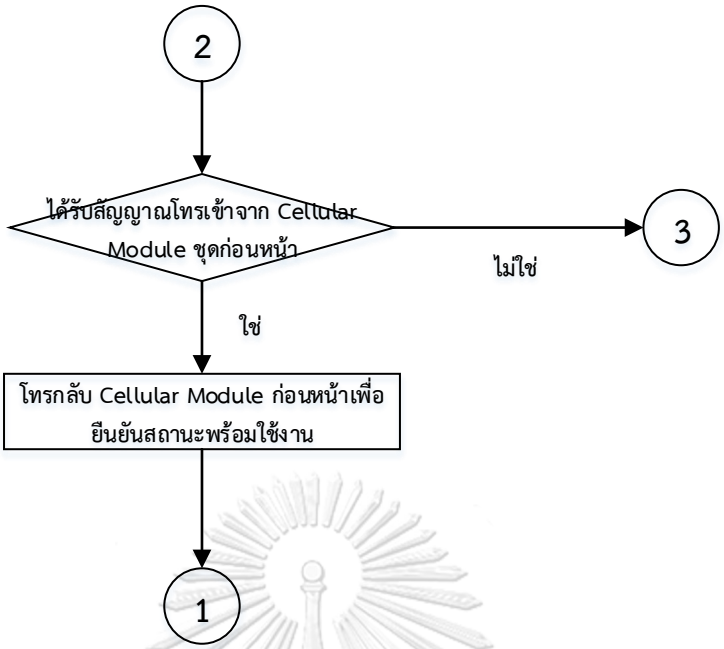
หมายเหตุ : เพื่อลดค่าใช้จ่ายค่าล่วงเวลา งานบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อนจึงเน้นการดำเนินการแก้ไขงานเหตุขัดข้องในเวลาทำการเป็นหลัก หากมีเหตุขัดข้องกรณีเร่งด่วนจำเป็นต้องขอการอนุมัติจากผู้บังคับบัญชาก่อนจึงจะเดินทางไปแก้ไขได้ เช่น กรณีเสาล้มกีดขวางเส้นทางจราจรต้องได้รับการอนุมัติจากผู้บังคับบัญชาเสียก่อน เพื่อให้พนักงานบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อนไปดำเนินการรื้อถอนตู้ FRTU ออกจากเสาไฟฟ้าได้ เป็นต้น



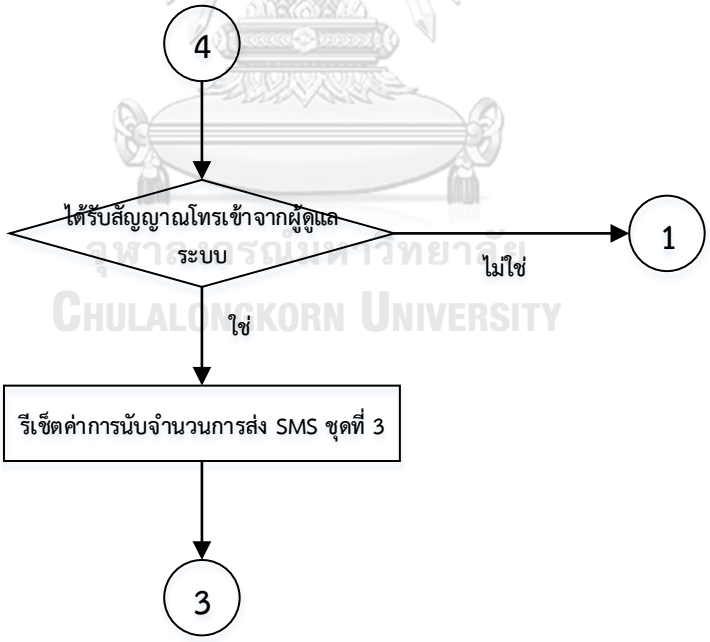
รูปที่ 2-11 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบแจ้งเตือนที่นำเสนอ



รูปที่ 2-12 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบแจ้งเตือนที่นำเสนอ (ต่อ)



รูปที่ 2-13 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบแจ้งเตือนที่นำเสนอ (ต่อ)



รูปที่ 2-14 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบแจ้งเตือนที่นำเสนอ (ต่อ)

บทที่ 3
การทดสอบ

3.1 การทดสอบอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับอุปกรณ์ FRTU และระบบ DMS จำลอง

เนื่องจากการทดสอบครั้งนี้ได้รับความร่วมมือจากบริษัท Furukawa Electric ประเทศญี่ปุ่น ในการอนุเคราะห์ให้ยืมอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง (Fibermesh) มาใช้ในการทดสอบ จึงจำเป็นต้องทดสอบความเข้ากันได้ของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับอุปกรณ์ FRTU และระบบ DMS จำลอง ก่อนนำไปติดตั้งทดสอบการใช้งานต่อไป ทั้งนี้อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงของบริษัท Furukawa Electric สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ Media Converter ได้ด้วย

วัตถุประสงค์การทดสอบ ต้องการทราบวิธีการปรับแต่งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงเพื่อทดสอบร่วมกับอุปกรณ์ FRTU กับระบบ DMS จำลอง

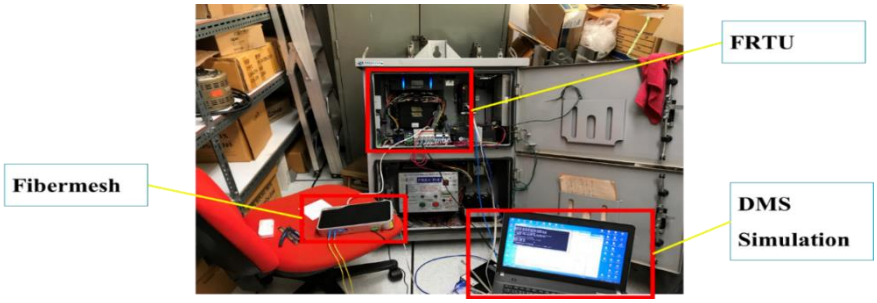
เครื่องมือในการทดสอบ 1) อุปกรณ์ FRTU 1 ชุด
2) อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง 2 ชุด
3) คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค 1 ชุด

วิธีการทดสอบ

1) ปรับแต่งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงให้มี IP Network เดียวกับระบบ DMS และอุปกรณ์ FRTU
2) ทดสอบ ping จากคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊คจำลองเป็นอุปกรณ์ DMS Master Station ไปยังอุปกรณ์ FRTU เพื่อทดสอบการสื่อสาร

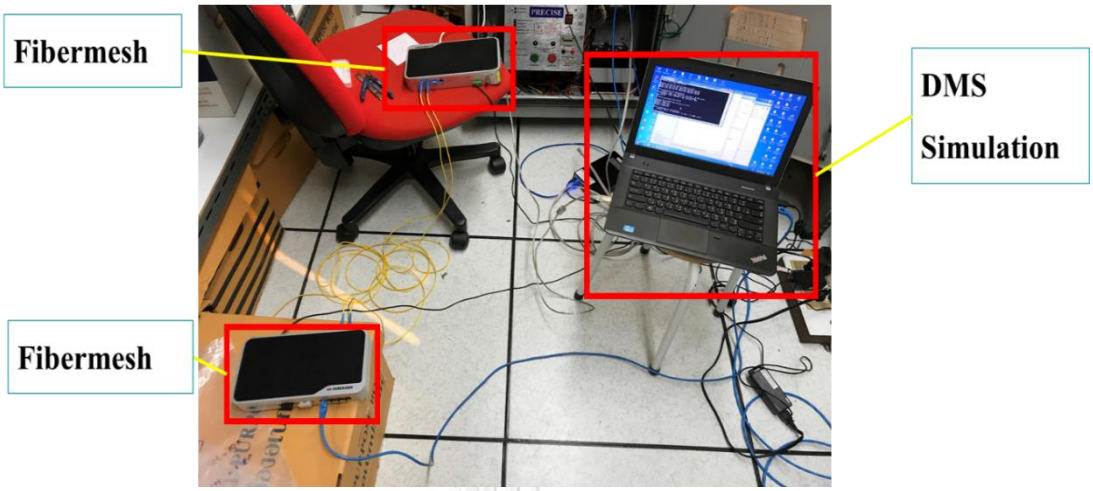
ผลการทดสอบ

จากการทดสอบเชื่อมต่ออุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับอุปกรณ์ FRTU กับ DMS Master Station จำลองดังแสดงในรูปที่ 3-1 และ 3-2 และได้ดำเนินการทดสอบ ping จากคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊คจำลองเป็นอุปกรณ์ DMS Master Station ไปยังอุปกรณ์ FRTU ผ่านอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง ซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3-3 พบว่าสามารถสื่อสารได้ปกติดังแสดงในรูปที่ 3–4

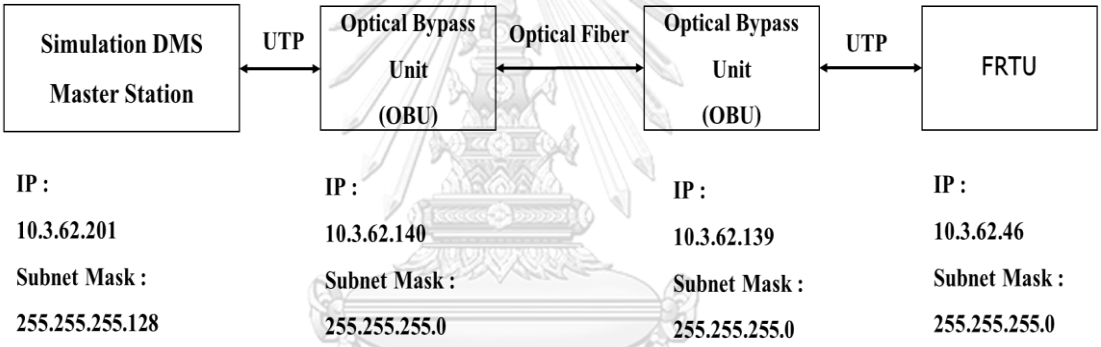


รูปที่ 3-1 การทดสอบเชื่อมต่ออุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับอุปกรณ์ FRTU กับ DMS Master Station

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

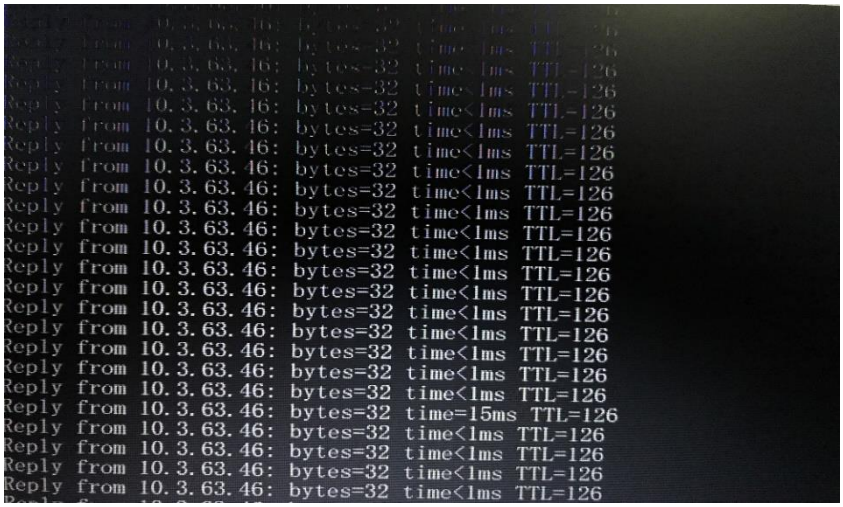


รูปที่ 3-2 การทดสอบเชื่อมต่ออุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับอุปกรณ์ FRTU กับ DMS Master Station (ต่อ)



รูปที่ 3-3 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบการเชื่อมต่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3-4 การทดสอบ Ping จาก DMS Simulation ไปยังอุปกรณ์ FRTU พบว่าสื่อสารได้ปกติ

3.2 การทดสอบจำลองโครงข่ายอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับอุปกรณ์ DMS Master Station จำลองและอุปกรณ์ FRTU จำลอง

การทดสอบจำลองโครงข่ายอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับอุปกรณ์ DMS Master Station จำลองและอุปกรณ์ FRTU จำลองเป็นการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงในรูปแบบโครงข่ายและทดสอบความสามารถลัดสัญญาณแสงกรณีเกิดเหตุแหล่งจ่ายไฟชำรุด ก่อนนำไปทดสอบติดตั้งทดสอบสถานที่จริง

วัตถุประสงค์การทดสอบ เพื่อทดสอบความสามารถลัดสัญญาณแสงของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงในรูปแบบโครงข่ายแบบวงแหวน

เครื่องมือในการทดสอบ 1) คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค 4 ชุด

2) อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง 4 ชุด

วิธีการทดสอบ

1) ปรับแต่งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงให้มี IP Network เดียวกับอุปกรณ์ DMS Master Station จำลองอุปกรณ์ FRTU จำลอง

2) ปรับแต่งคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊คทั้ง 4 ชุด จำลองเป็นอุปกรณ์ DMS Master Station 1 ชุด และอุปกรณ์ FRTU 3 ชุด

3) ทดสอบ ping จากอุปกรณ์ DMS Master Station จำลองไปยังอุปกรณ์ FRTU ทั้ง 3 ชุดเพื่อทดสอบการสื่อสาร

4) จำลองเส้นใยแก้วชำรุด 1 เส้นทางระหว่างอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3 กับอุปกรณ์ DMS Master Station จำลอง เพื่อทดสอบความสามารถลัดสัญญาณแสงของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงโดยเฉพาะ

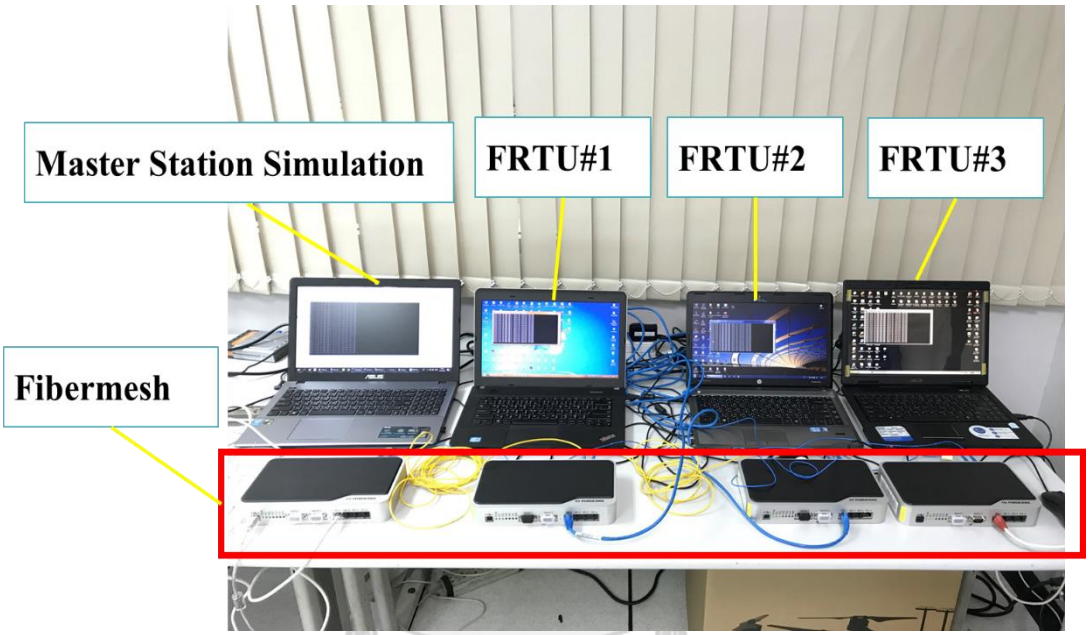
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) ทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 1 เพื่อจำลองเหตุการณ์แหล่งจ่ายไฟชำรุดและทดสอบความสามารถลัดสัญญาณแสง จากนั้นทดสอบ ping จากอุปกรณ์ DMS Master Station จำลองผ่านอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 1 ไปยังอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3 เพื่อทดสอบการสื่อสาร

ผลการทดสอบ

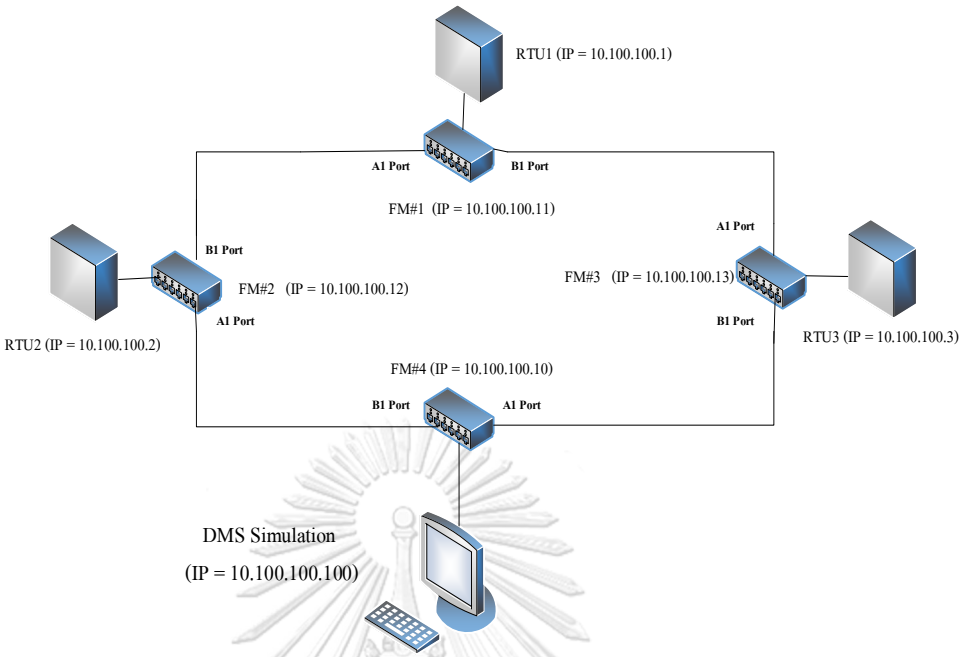
จากการทดสอบจำลองโครงข่ายอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU จำลองดังแสดงในรูปที่ 3-5 และได้ดำเนินการทดสอบ ping จากอุปกรณ์ DMS Master Station จำลองไปยังอุปกรณ์ FRTU จำลองแต่ละชุดผ่านอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงตามแผนภาพการเชื่อมต่อดังแสดงในรูปที่ 3-6 พบว่าสามารถสื่อสารได้ปกติดังแสดงในรูปที่ 3–7 จนถึง 3-10 และเมื่อทดสอบความสามารถลัดสัญญาณแสงของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงตามแผนภาพดังแสดงในรูปที่ 3-11

โดยจำลองลัดสัญญาณแสงที่อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3-12 และ 3-13 และทดสอบ ping จากอุปกรณ์ DMS Master Station จำลองไปยังอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3 และทดสอบ ping อุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3 กลับไปยังอุปกรณ์ DMS Master Station จำลอง พบว่าอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 1 สามารถลัดสัญญาณแสงได้จริงและระบบสื่อสารยังคงปกติเมื่ออุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงของอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 1 ได้ลัดสัญญาณแสงแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 3-14 และ 3-15

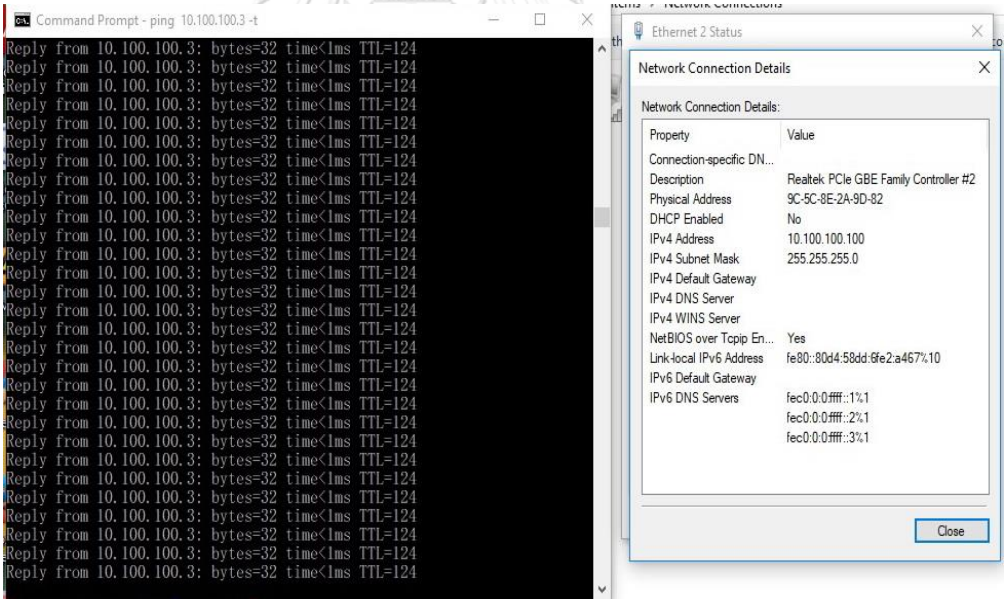


รูปที่ 3-5 การจำลองโครงข่ายอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับ DMS Master Station จำลองกับอุปกรณ์ FRTU จำลอง

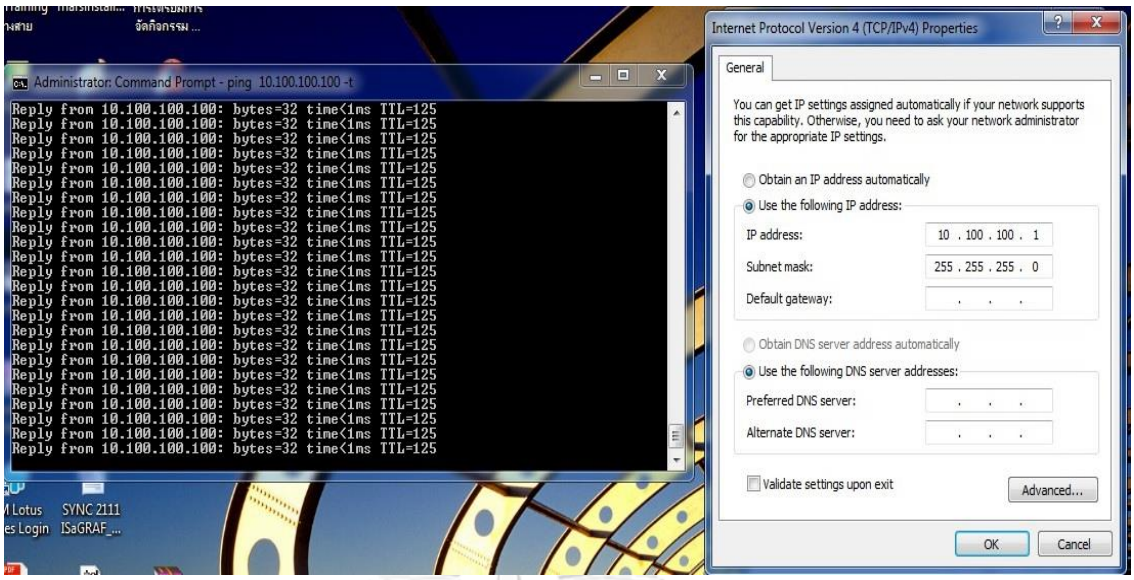
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



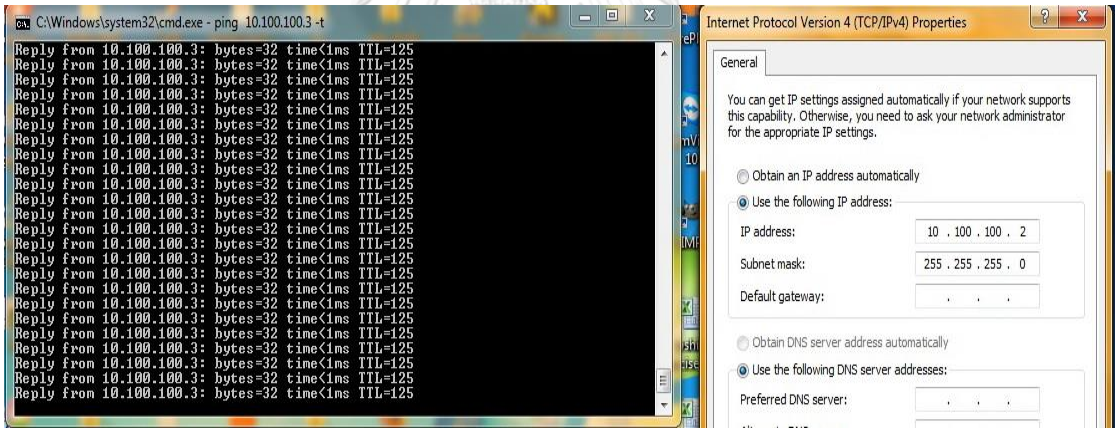
รูปที่ 3-6 แผนภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบการเชื่อมต่อ



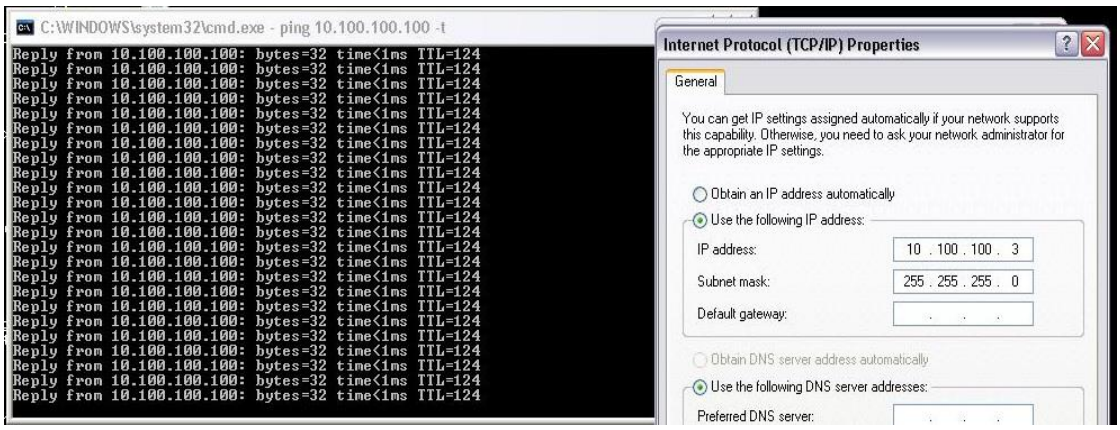
รูปที่ 3-7 ทดสอบ ping จากอุปกรณ์ DMS Master Station จำลอง ไปยังอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3 พบว่าสามารถสื่อสารได้ปกติ



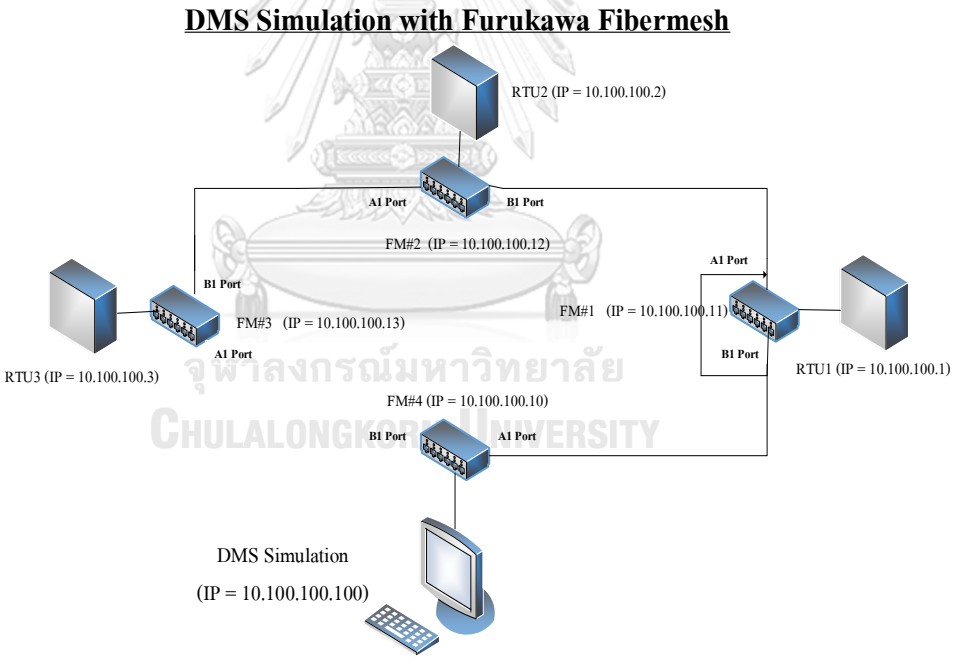
รูปที่ 3-8 ทดสอบ ping จากอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 1 ไปยังอุปกรณ์ DMS Master Station จำลอง พบว่าสามารถสื่อสารได้ปกติ



รูปที่ 3-9 ทดสอบ ping จากอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 2 ไปยังอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3 พบว่าสามารถสื่อสารได้ปกติ



รูปที่ 3-10 ทดสอบ ping จากอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3 ไปยังอุปกรณ์ DMS Master Station จำลอง พบว่าสามารถสื่อสารได้ปกติ

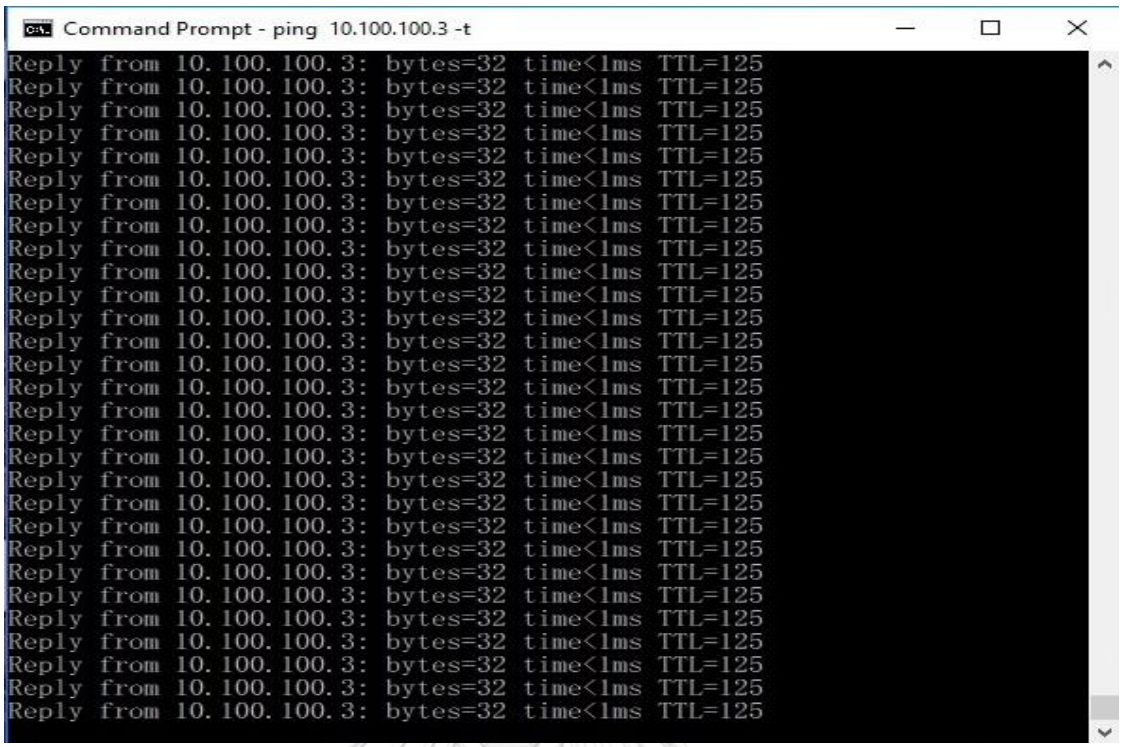


รูปที่ 3-11 แผนภาพจำลองการลัดสัญญาณแสงที่อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงของอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 1 โดยจำลองเส้นทางเส้นใยแก้วนำแสงชำรุดระหว่าง DMS Master Station จำลองกับอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3

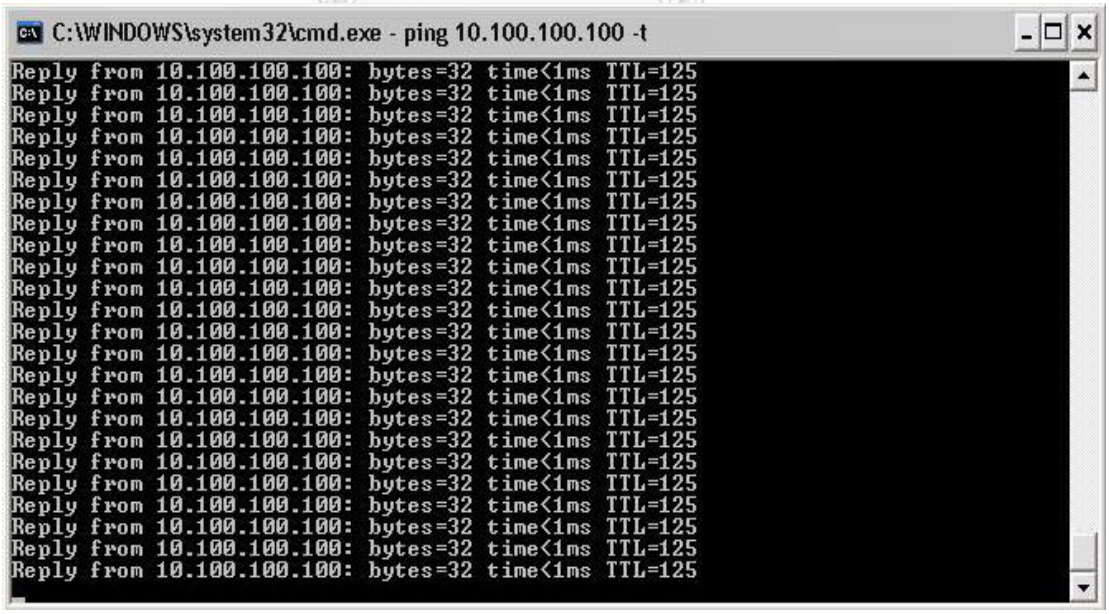
รูปที่ 3-12 ทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงของอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 1 พบว่าอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 1 ไม่สามารถติดต่อกับ DMS Master Station จำลอง

รูปที่ 3-13 ทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงของอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 1 (ไฟสถานะ Power ดับ) พบว่าอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 1 ไม่สามารถติดต่อกับ DMS Master Station จำลอง (ต่อ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3-14 ทดสอบ ping จากอุปกรณ์ DMS Master Station จำลอง ผ่านอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 1 ไปยังอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3 พบว่ายังสามารถสื่อสารได้ปกติ



รูปที่ 3-15 ทดสอบ ping จากอุปกรณ์ FRTU จำลองชุดที่ 3 ผ่านอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 1 ไปยังอุปกรณ์ DMS Master Station จำลอง พบว่ายังสามารถสื่อสารได้ปกติ

3.3 การทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ในส่วนการแจ้งเหตุขัดข้อง

การทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ เป็นการทดสอบตามขั้นตอนการทำงานของระบบที่ออกแบบไว้ในหัวข้อ 2.4 ดังแสดงในรูปที่ 2-11 ถึง 2-14 ในส่วนการแจ้งเหตุขัดข้องของแหล่งจ่ายไฟและการทำงานของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง ก่อนนำไปติดตั้งทดสอบการใช้งานต่อไป

<u>วัตถุประสงค์การทดสอบ</u> เพื่อทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนให้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้

<u>เครื่องมือในการทดสอบ</u> 1) อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ 3 ชุด

2) คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค 1 ชุด

3) Adaptor จำลองแหล่งจ่ายไฟ จำนวน 6 ชุด

4) Adaptor จำลองแหล่งจ่ายไฟให้อุปกรณ์ต้นแบบ 3 ชุด

5) รางปลั๊ก 3 ชุด

<u>วิธีการทดสอบ</u>

1) ดาวน์โหลดโปรแกรมที่พัฒนาลงอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ 3 ชุด ผ่านโปรแกรม Arduino 1.0.6

2) ปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 1 ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ แต่ละชุด เพื่อทดสอบการแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดผ่าน SMS ชุดที่ 1

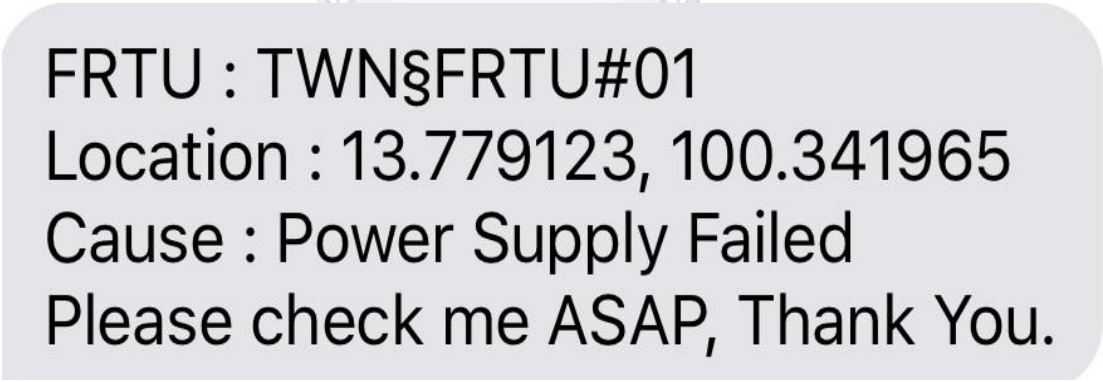
3) ปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 2 ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ แต่ละชุด เพื่อทดสอบจำลองการแจ้งเตือนการลัดสัญญาณแสงของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงผ่าน SMS ชุดที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

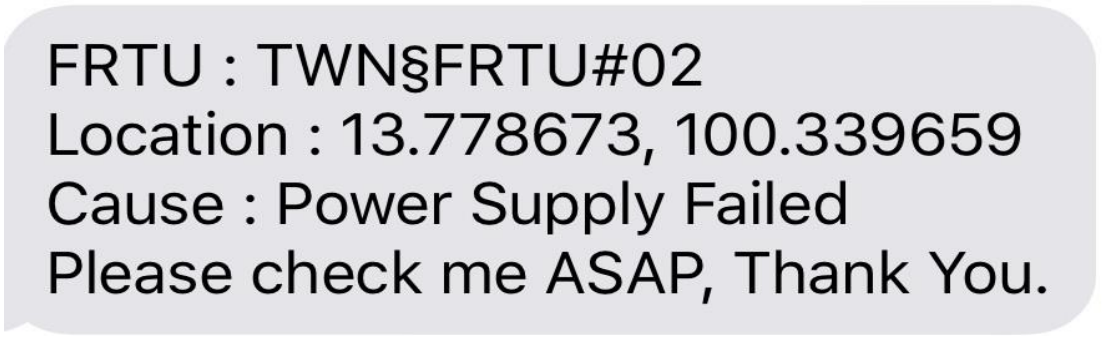
<u>ผลการทดสอบ</u>

การทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ มีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังแสดงในรูป 3-16 จากการทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 1 ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ เพื่อจำลองเหตุขัดข้องเนื่องจากแหล่งไฟชำรุดในแต่ละชุด พบว่าอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ทั้ง 3 ชุดสามารถแจ้งเตือนเหตุขัดข้องผ่าน SMS ชุดที่ 1 ได้โดยใช้เวลาประมาณ 1 นาที ดังแสดงในรูป 3-17 ถึง 3-19 และจากการทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 2 ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯเพื่อจำลองอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วในแต่ละชุด พบว่าอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ทั้ง 3 ชุดสามารถแจ้งเตือนเหตุขัดข้องผ่าน SMS ชุดที่ 2 ได้โดยใช้เวลาประมาณ 1 นาทีดังแสดงในรูป 3-20 ถึง 3-22

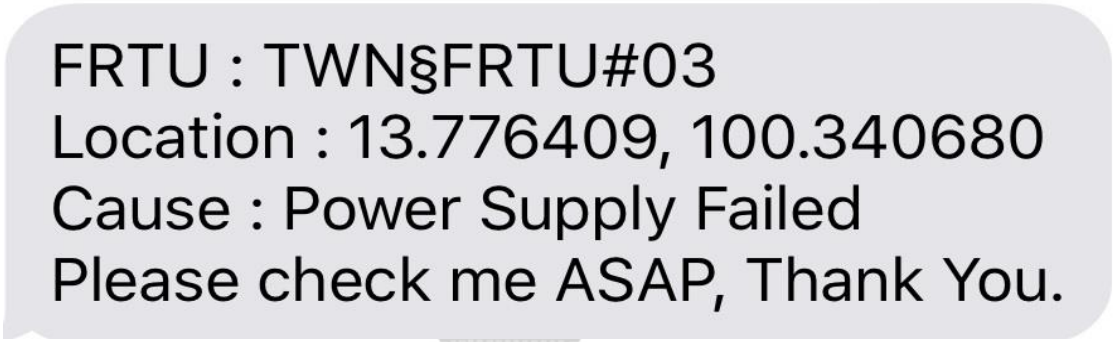
รูปที่ 3-16 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ร่วมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อทำการทดสอบการทำงานตามที่ออกแบบไว้



รูปที่ 3-17 SMS ชุดที่ 1 แจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1

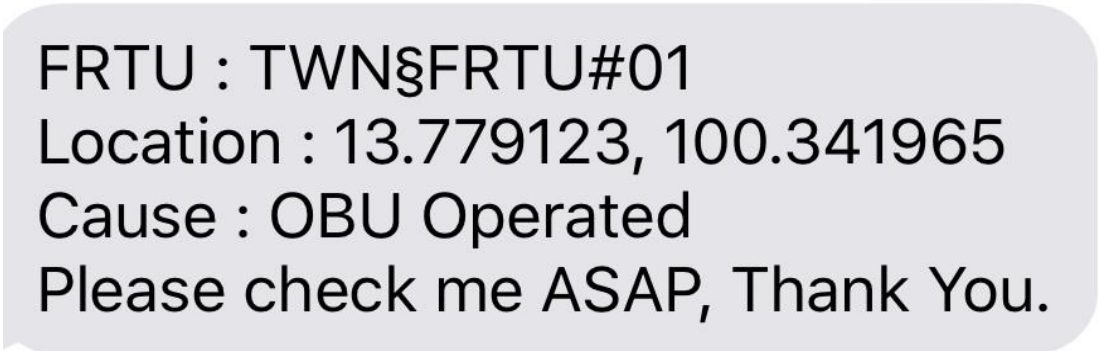


รูปที่ 3- 18 SMS ชุดที่ 1 แจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2

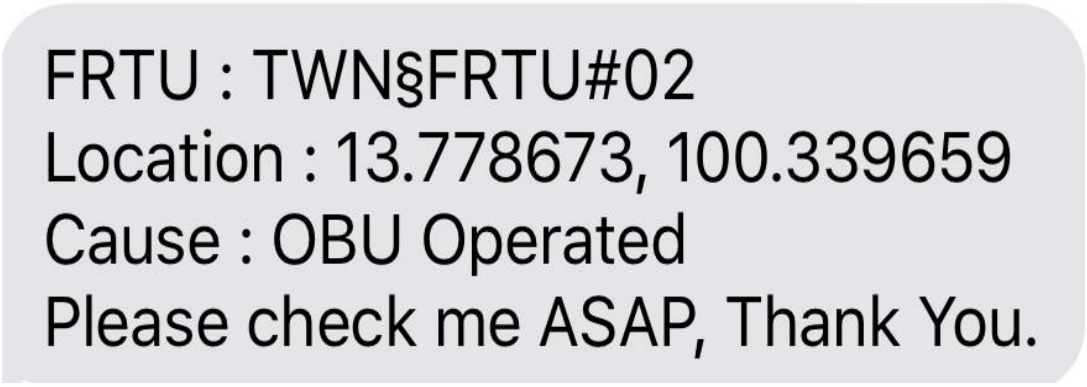


รูปที่ 3-19 SMS ชุดที่ 1 แจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3

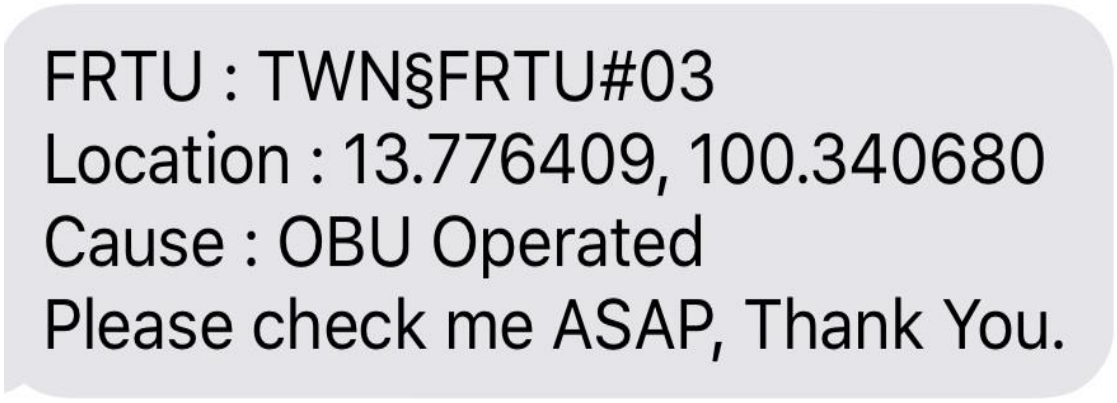
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-20 SMS ชุดที่ 2 แจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1



รูปที่ 3-21 SMS ชุดที่ 2 แจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2



รูปที่ 3-22 SMS ชุดที่ 2 แจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4 การทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯในส่วนการตรวจสอบสถานะ Cellular Module ถัดไป

การทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ เป็นการทดสอบตามขั้นตอนการทำงานของระบบที่ออกแบบไว้ในหัวข้อ 2.4 ดังแสดงในรูปที่ 2-11 ถึง 2-14 ในส่วนการตรวจสอบสถานะ Cellular Module ชุดถัดไป ก่อนนำไปติดตั้งทดสอบการใช้งานต่อไป

วัตถุประสงค์การทดสอบ เพื่อทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ให้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้

เครื่องมือในการทดสอบ 1) อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ 3 ชุด

2) คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค 1 ชุด

3) Adaptor จำลองแหล่งจ่ายไฟ จำนวน 6 ชุด

4) Adaptor จำลองแหล่งจ่ายไฟให้อุปกรณ์ต้นแบบ 3 ชุด

5) รางปลั๊ก 3 ชุด

<u>วิธีการทดสอบ</u>

1) ดาวน์โหลดโปรแกรมที่พัฒนาลงอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ 3 ชุด ผ่านโปรแกรม Arduino 1.0.6
(โปรแกรมเดียวกับหัวข้อการทดสอบที่ 3.3)

2) ปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนชุดที่ 1

3) ตรวจสอบการแจ้งเตือนผ่าน SMS ชุดที่ 3 จาก Cellular Module ชุดที่ 3 เนื่องจากติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 1 ไม่ได้

4) เปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนชุดที่ 1

5) ปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนชุดที่ 2

6) ตรวจสอบการแจ้งเตือนผ่าน SMS ชุดที่ 3 จาก Cellular Module ชุดที่ 1 เนื่องจากติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 2 ไม่ได้

7) เปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนชุดที่ 2

8) ปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนชุดที่ 3

9) ตรวจสอบการแจ้งเตือนผ่าน SMS ชุดที่ 3 จาก Cellular Module ชุดที่ 2 เนื่องจากติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 3 ไม่ได้

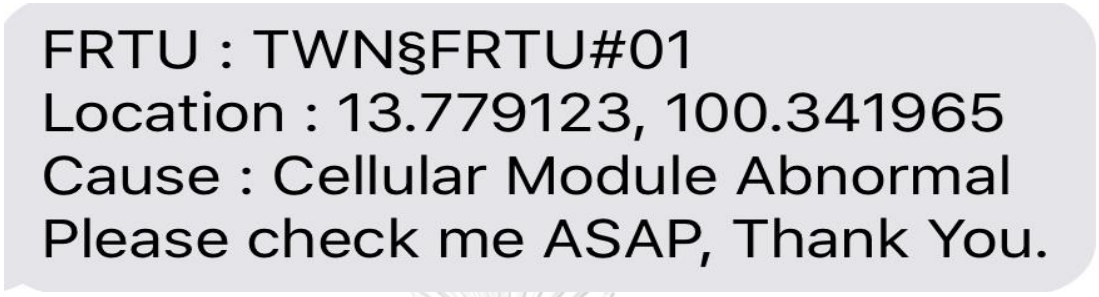
<u>ผลการทดสอบ</u>

จากการทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนชุดที่ 1 พบว่า Cellular Module ชุดที่ 3 สามารถแจ้งเตือนผ่าน SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 3 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 1 ได้ใช้เวลาในการแจ้งเตือนประมาณ 18-20 นาทีดังแสดงในรูป 3-23

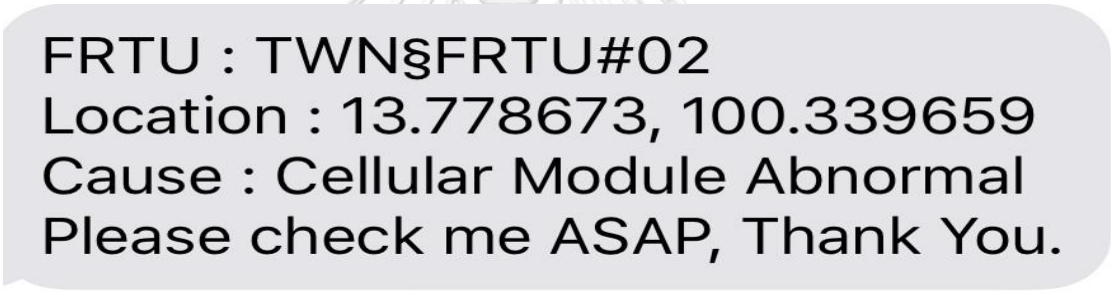
จากการทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนชุดที่ 2 พบว่า Cellular Module ชุดที่ 1 สามารถแจ้งเตือนผ่าน SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 1 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 2 ได้ใช้เวลาในการแจ้งเตือนประมาณ 10-12 นาทีดังแสดงในรูป 3-24

จากการทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนชุดที่ 3 พบว่า Cellular Module ชุดที่ 2 สามารถแจ้งเตือนผ่าน SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 2 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 3 ได้ใช้เวลาในการแจ้งเตือนประมาณ 14-17 นาทีดังแสดงในรูป 3-25

<u>หมายเหตุ :</u> อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนทั้ง 3 ชุด ใช้เวลาในการตรวจสอบสถานะ Cellular Module ชุดถัดไปไม่เท่ากัน เพื่อป้องกัน Cellular Module ดำเนินการตรวจสอบโดยการโทรหากันในเวลาเดียวกันส่งผลให้เกิดปัญหา Cellular Module ติดต่อกันไม่ได้

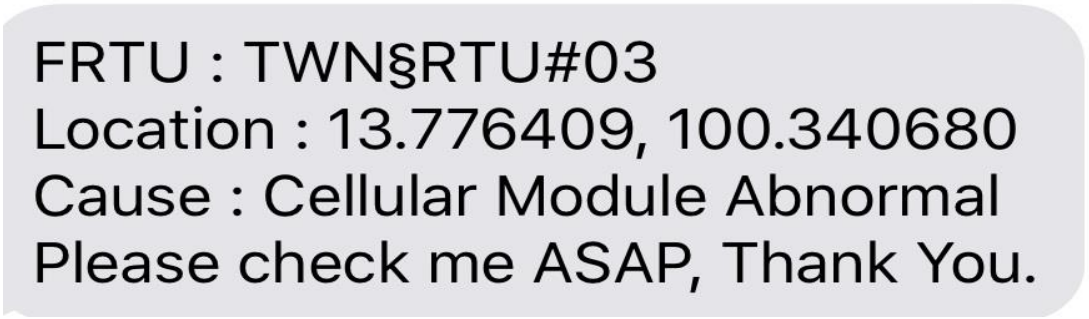


รูปที่ 3-23 SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 3 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 1 ได้



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3-24 SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 1 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 2 ได้



รูปที่ 3-25 SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 2 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 3 ได้

สรุปการทดสอบ

จากการทดสอบหัวข้อ 3.1 – 3.4 อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนสามารถนำมาใช้งานทดสอบในสถานที่จริงได้ และอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ในหัวข้อ 2.4

3.5 การติดตั้งและทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ในระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน.

จากการทดสอบในหัวข้อ 3.1 – 3.4 เป็นการทดสอบความเข้ากันได้ของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับอุปกรณ์ FRTU กับระบบ DMS จำลองก่อนนำไปติดตั้งทดสอบจริงและทดสอบความสามารถของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ซึ่งผลการทดสอบที่ได้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ในหัวข้อ 2.4 ดังแสดงในรูปที่ 2-11 ถึง 2-14 แล้ว ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการติดตั้งและทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ในระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. ที่ใช้งานจริงในปัจจุบัน เพื่อทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ สามารถใช้งานได้จริง

วัตถุประสงค์การทดสอบ เพื่อทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯสามารถใช้งานในระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. ที่ใช้งานจริง

เครื่องมือในการทดสอบ 1) อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ 3 ชุด
2) อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง 4 ชุด
3) Adaptor จำลองแหล่งจ่ายไฟ จำนวน 6 ชุด
4) Adaptor จำลองแหล่งจ่ายไฟให้อุปกรณ์ต้นแบบ 3 ชุด
5) รางปลั๊ก 3 ชุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการทดสอบ

1) ติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงแทนอุปกรณ์ Media Converter เดิม ภายในห้องเวรแก้ไฟฟ้าขัดข้อง

2) ติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงแทนอุปกรณ์ Media Converter เดิมที่ FRTU ชุดที่ 3 และติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3 จากนั้นตรวจสอบการสื่อสารระหว่าง DMS Master Station กับ FRTU ชุดที่ 3

3) ติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงแทนอุปกรณ์ Media Converter เดิมที่ FRTU ชุดที่ 2 และติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 จากนั้นตรวจสอบการสื่อสารระหว่าง DMS Master Station กับ FRTU ชุดที่ 2

4) ติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงแทนอุปกรณ์ Media Converter เดิมที่ FRTU ชุดที่ 1 และติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1 จากนั้นตรวจสอบการสื่อสารระหว่าง DMS Master Station กับ FRTU ชุดที่ 1

5) จำลองเส้นใยแก้วนำแสงชำรุด 1 เส้นทาง โดยปลดเส้นใยแก้วนำแสงที่เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่อุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2 และอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงภายในในห้องเวรฯ เพื่อจำลองระบบสื่อสารเส้นทางเดียวเพื่อรองรับการทดสอบความสามารถลัดสัญญาณแสงของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดต่าง ๆ ได้

6) โทรหาอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ทั้ง 3 ชุด เพื่อเปิดการทำงาน

7) ทดสอบแหล่งจ่ายไฟชำรุดที่ FRTU ชุดที่ 2 จำลองโดยการ off AC Breaker และปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 1 ตรวจสอบพบว่าแหล่งจ่ายไฟชำรุด จากนั้นตรวจสอบการแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 1 จากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุด

8) ตรวจสอบสถานะแหล่งจ่ายไฟของ FRTU ชุดที่ 2 กับระบบ DMS Master Station ต้องแสดงสถานะ AC Fail เนื่องจาก off AC Breaker แต่ระบบสื่อสารยังคงปกติเนื่องจาก FRTU และอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง ยังคงได้รับไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่สำรองภายในตู้ FRTU เพื่อสำรองไฟกรณีแหล่งจ่ายไฟชำรุด

9) ตรวจสอบการแจ้งเตือนผ่าน SMS ชุดที่ 3 จาก Cellular Module ชุดที่ 1 เนื่องจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนชุดที่ 2 เข้าสู่กระบวนการตรวจพบแหล่งจ่ายไฟชำรุดแล้วจึงไม่ติดต่อกลับ Cellular Module ชุดที่ 1 อีกต่อไป

10) ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่ติดตั้งกับ FRTU ชุดที่ 2 ทำงาน โดยการปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงโดยเฉพาะ และปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 2 ตรวจสอบพบว่าแบตเตอรี่สำรองจ่ายไฟไม่เพียงพอ จากนั้นตรวจสอบการแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 2 จากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 เนื่องจากอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้ว

11) On AC Breaker ของ FRTU ชุดที่ 2 เพื่อคืนสถานะแหล่งจ่ายไฟปกติ จากนั้นตรวจสอบกับระบบ DMS Master Station ต้องแสดงสถานะ AC normal

12) ทดสอบแหล่งจ่ายไฟชำรุดที่ FRTU ชุดที่ 3 จำลองโดยการ off AC Breaker และปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 1 ตรวจสอบพบว่าแหล่งจ่ายไฟชำรุด จากนั้นตรวจสอบการแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 1 จากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3 เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุด

13) ตรวจสอบสถานะแหล่งจ่ายไฟของ FRTU ชุดที่ 3 กับระบบ DMS Master Station ต้องแสดงสถานะ AC Fail เนื่องจาก off AC Breaker แต่ระบบสื่อสารยังคงปกติเนื่องจาก FRTU และอุปกรณ์

ลัดสัญญาณแสง ยังคงได้รับไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่สำรองภายในตู้ FRTU เพื่อสำรองไฟกรณีแหล่งจ่ายไฟชำรุด

14) ตรวจสอบการแจ้งเตือนผ่าน SMS ชุดที่ 3 จาก Cellular Module ชุดที่ 2 เนื่องจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนชุดที่ 3 เข้าสู่กระบวนการตรวจพบแหล่งจ่ายไฟชำรุดแล้วจึงไม่ติดต่อกลับ Cellular Module ชุดที่ 2 อีกต่อไป

15) ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่ติดตั้งกับ FRTU ชุดที่ 3 ทำงาน โดยการปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงโดยเฉพาะ และปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 2 ตรวจสอบพบว่าแบตเตอรี่สำรองจ่ายไฟไม่เพียงพอ จากนั้นตรวจสอบการแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 2 จากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3 เนื่องจากอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้ว

16) On AC Breaker ของ FRTU ชุดที่ 3 เพื่อคืนสถานะแหล่งจ่ายไฟปกติ จากนั้นตรวจสอบกับระบบ DMS Master Station ต้องแสดงสถานะ AC normal

17) ทดสอบแหล่งจ่ายไฟชำรุดที่ FRTU ชุดที่ 1 จำลองโดยการ off AC Breaker และปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 1 ตรวจสอบพบว่าแหล่งจ่ายไฟชำรุด จากนั้นตรวจสอบการแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 1 จากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1 เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุด

18) ตรวจสอบสถานะแหล่งจ่ายไฟของ FRTU ชุดที่ 1 กับระบบ DMS Master Station ต้องแสดงสถานะ AC Fail เนื่องจาก off AC Breaker แต่ระบบสื่อสารยังคงปกติเนื่องจาก FRTU และอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง ยังคงได้รับไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่สำรองภายในตู้ FRTU เพื่อสำรองไฟกรณีแหล่งจ่ายไฟชำรุด

19) ตรวจสอบการแจ้งเตือนผ่าน SMS ชุดที่ 3 จาก Cellular Module ชุดที่ 3 เนื่องจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนชุดที่ 1 เข้าสู่กระบวนการตรวจพบแหล่งจ่ายไฟชำรุดแล้วจึงไม่ติดต่อกลับ Cellular Module ชุดที่ 3 อีกต่อไป

20) ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่ติดตั้งกับ FRTU ชุดที่ 1 ทำงาน โดยการปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงโดยเฉพาะ และปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 2 ตรวจสอบพบว่าแบตเตอรี่สำรองจ่ายไฟไม่เพียงพอ จากนั้นตรวจสอบการแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 2 จากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1 เนื่องจากอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้ว

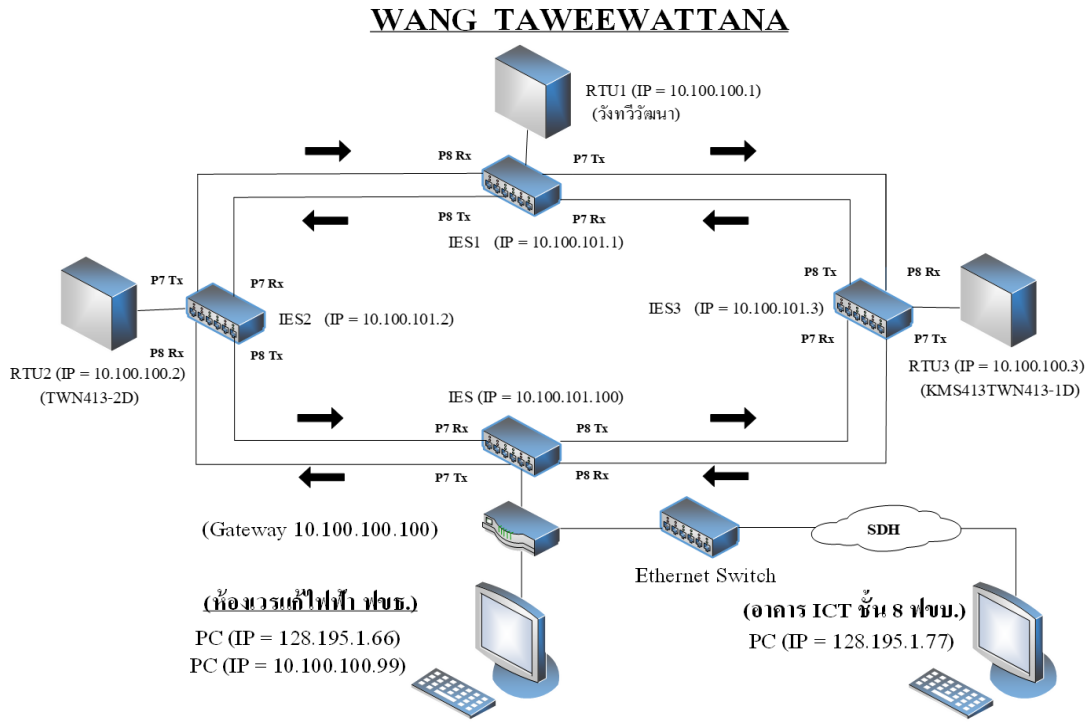
21) On AC Breaker ของ FRTU ชุดที่ 1 เพื่อคืนสถานะแหล่งจ่ายไฟปกติ จากนั้นตรวจสอบกับระบบ DMS Master Station ต้องแสดงสถานะ AC normal

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

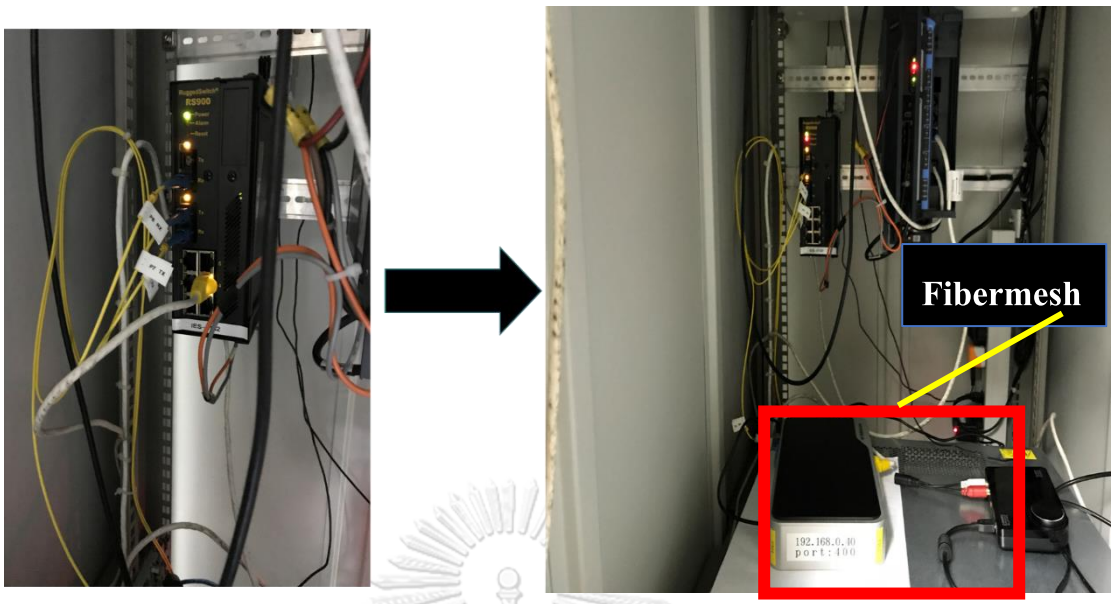
ผลการทดสอบ

จากการติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ในระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. ดังแสดงในรูป 3-26 ถึง 3-31 และทำการตรวจสอบสถานะของ FRTU กับระบบ DMS Master Station ภายในห้องเวรแก้ไฟฟ้าขัดข้องพบว่าสามารถใช้งานได้ปกติดังแสดงในรูป 3-32 จากนั้นจำลองเส้นใยแก้วนำแสงชำรุด 1 เส้นทาง โดยปลดเส้นใยแก้วนำแสงที่เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่อุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2 ดังแสดงในรูป 3-33 ถึง 3-34

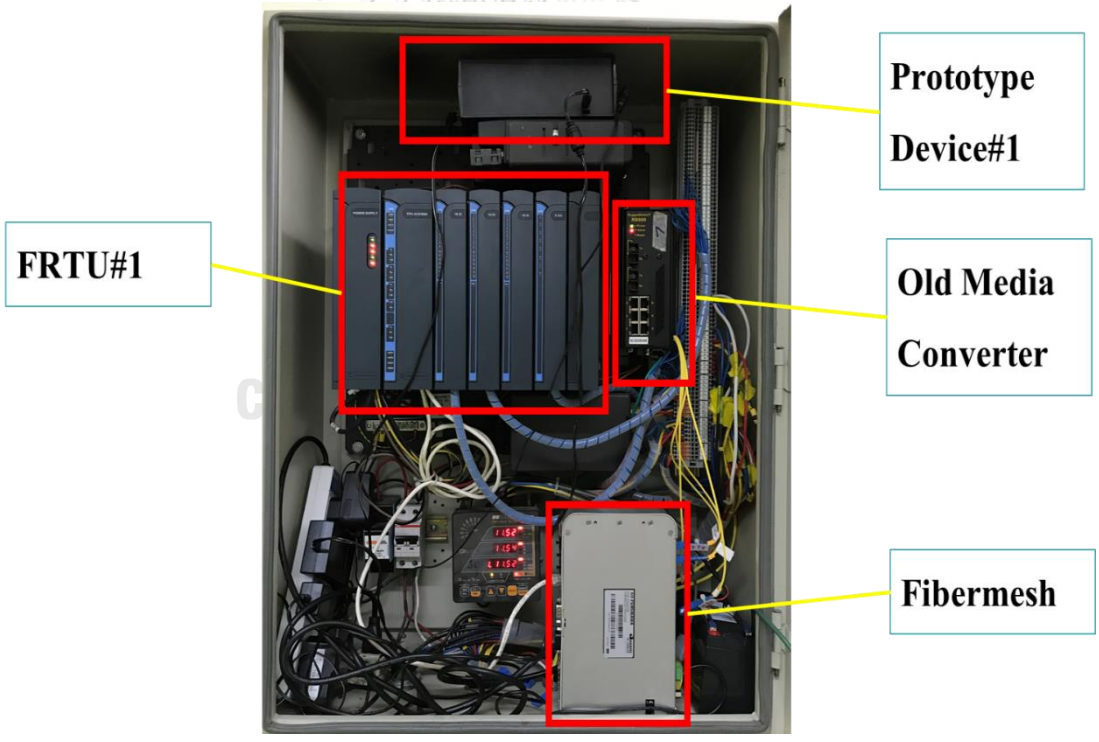
จากนั้นทดสอบที่จุดติดตั้ง FRTU ชุดที่ 2, ชุดที่ 3 และชุดที่ 1 ตามลำดับ โดยจำลองแหล่งจ่ายไฟชำรุดเพื่อให้อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ทำการแจ้งเตือนผ่าน SMS ชุดที่ 1 และอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนทั้ง 3 ชุดสามารถตรวจสอบสถานะของกันและได้โดยแจ้งเตือนผ่าน SMS ชุดที่ 3 จากนั้นทดสอบจำลองแบตเตอรี่สำรองจ่ายไฟไม่เพียงพอเพื่อให้อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำการลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ทำการแจ้งเตือนผ่าน SMS ชุดที่ 2 พบว่าอุปกรณ์อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ทั้ง 3 ชุดสามารถแจ้งเตือนได้ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3-35 ถึง 3-61



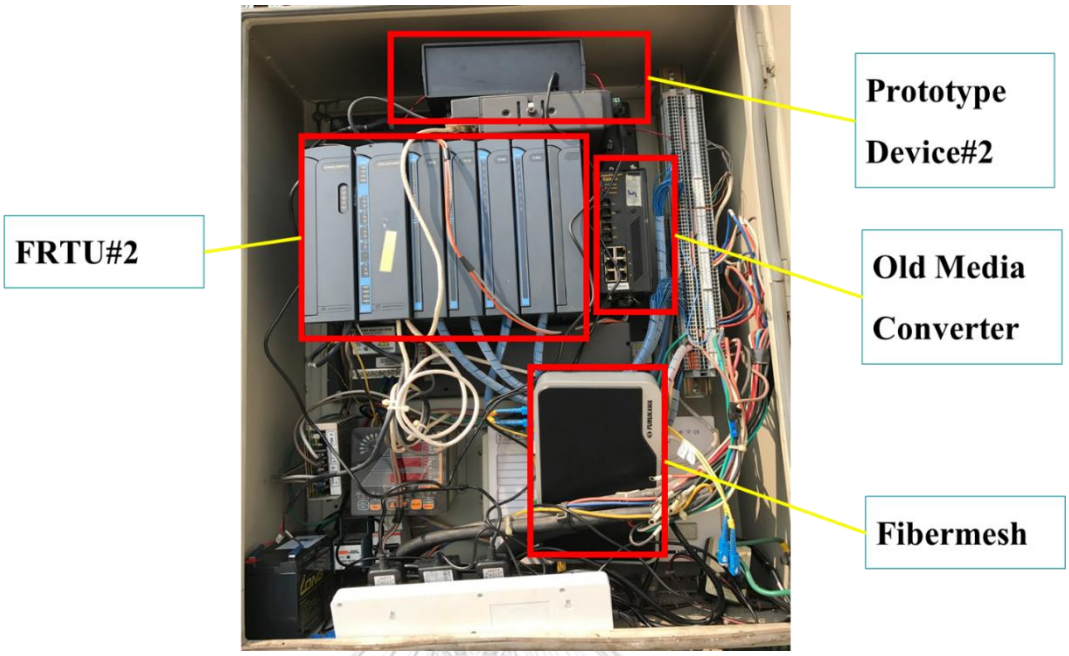
รูปที่ 3-26 แผนภาพระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. ที่ใช้งานในปัจจุบันเพื่อเฝ้าดูระบบไฟฟ้าสถานที่สำคัญโดยเฉพาะ



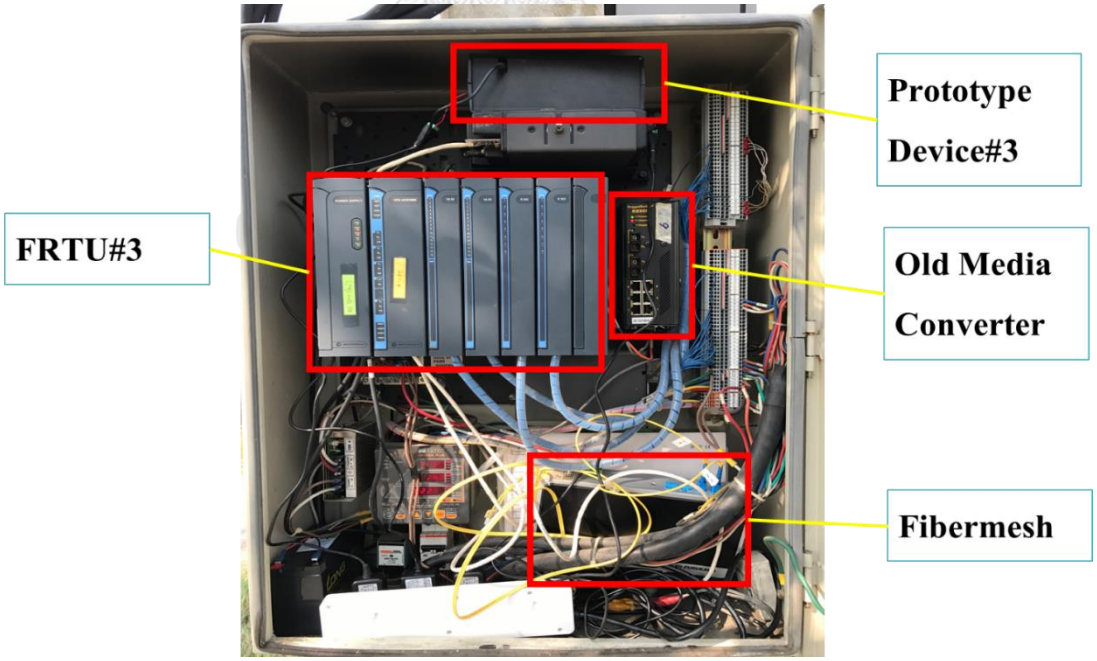
รูปที่ 3-27 การติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงแทนที่อุปกรณ์ Media Converter เดิม ภายให้ห้องเวรแก้ไฟฟ้าขัดข้อง



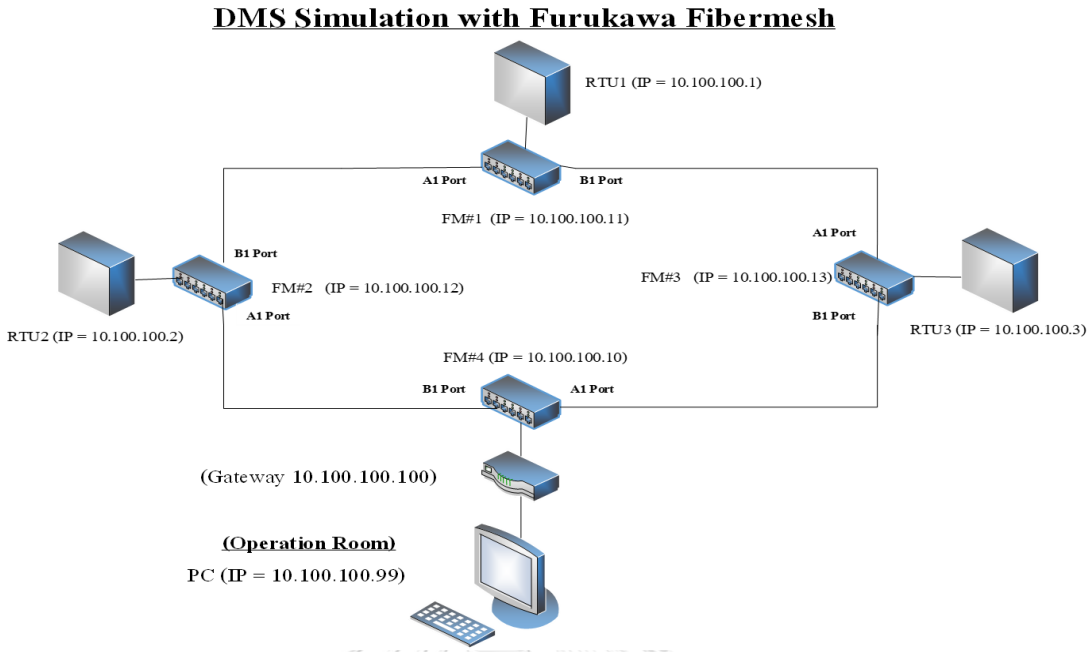
รูปที่ 3-28 การติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ที่ FRTU ชุดที่ 1



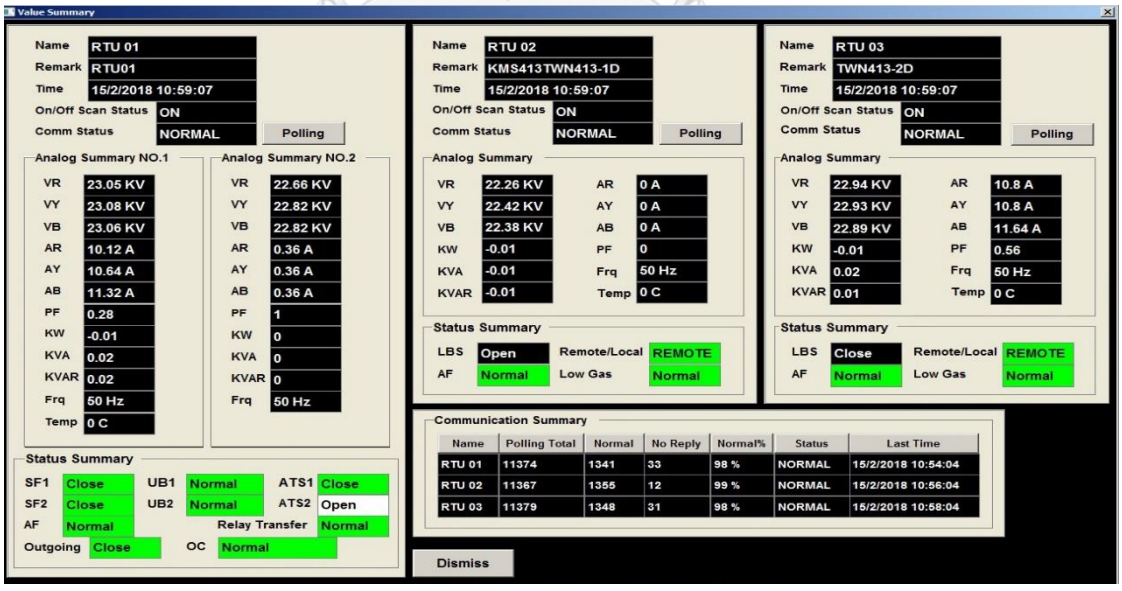
รูปที่ 3-29 การติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ที่ FRTU ชุดที่ 2



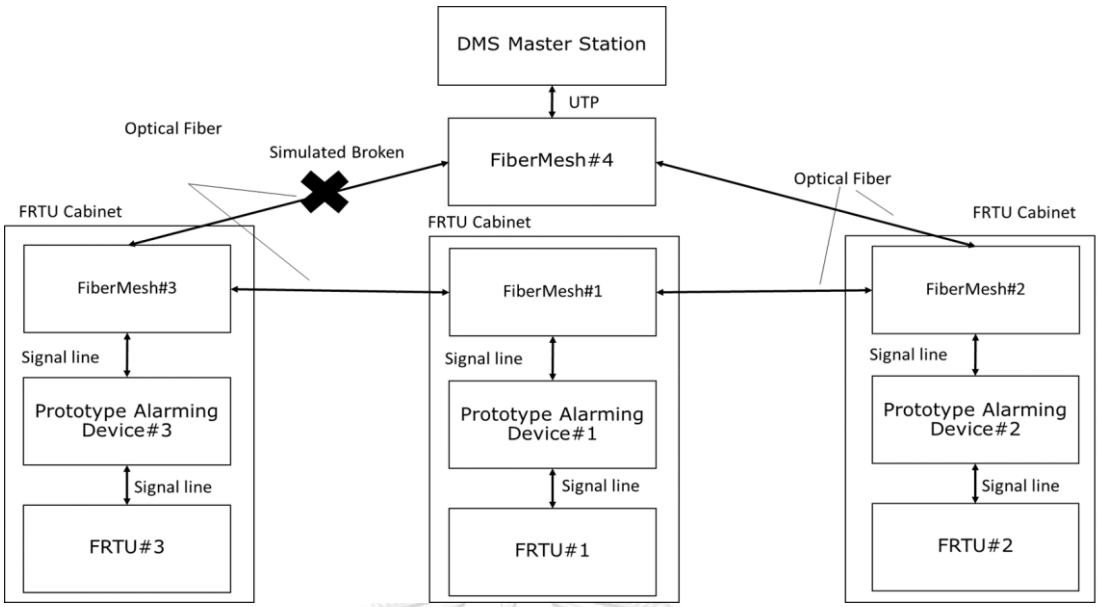
รูปที่ 3-30 การติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ที่ FRTU ชุดที่ 3



รูปที่ 3-31 แผนภาพระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. ภายหลังติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง



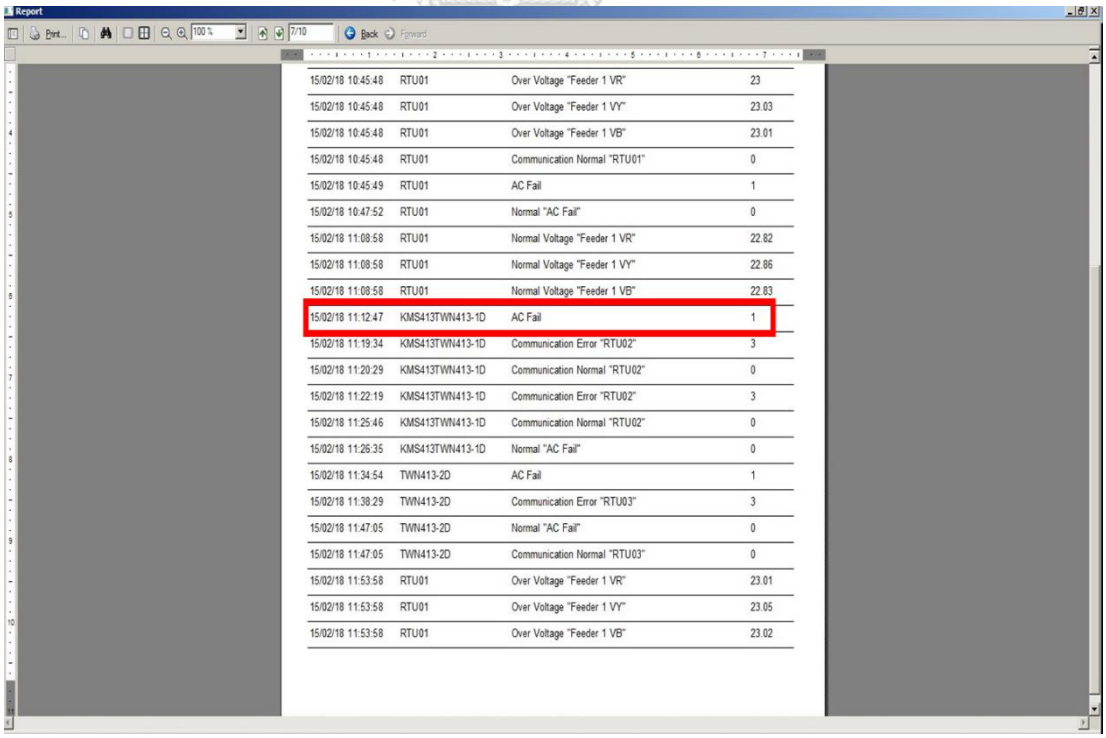
รูปที่ 3-32 หน้าจอแสดงสถานะของ FRTU ของระบบ DMS Master Station โดยที่ระบบ DMS Master Station กับอุปกรณ์ FRTU สามารถแสดงผลและติดต่อสื่อสารกันได้ปกติ ภายหลังจากติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนแล้ว



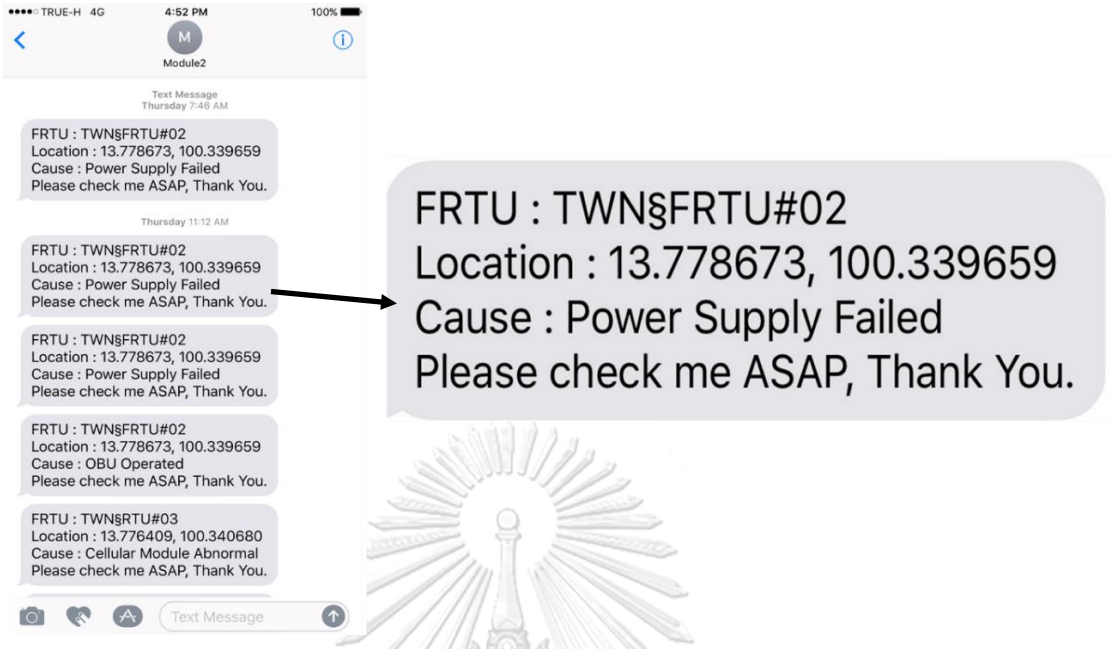
รูปที่ 3-33 แผนภาพจำลองเส้นใยแก้วนำแสงชำรุด 1 เส้นทาง ระหว่างอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่อุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2

รูปที่ 3-34 จำลองเส้นใยแก้วนำแสงชำรุด 1 เส้นทาง โดยปลดเส้นใยแก้วนำแสงที่เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่อุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2

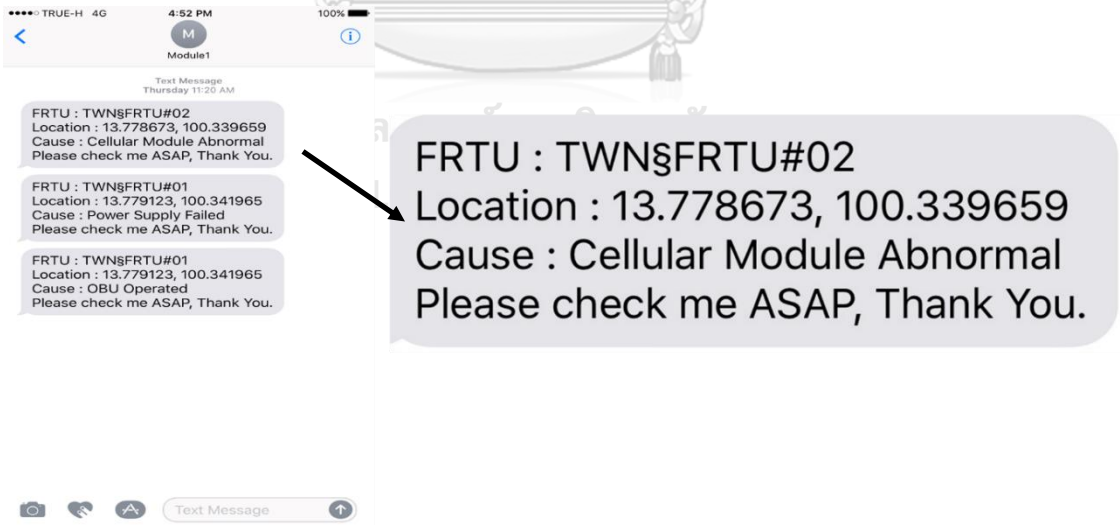
รูปที่ 3 35 ระบบ DMS Master Station แสดงสถานะแหล่งจ่ายไฟผิดปกติ (AC Fail) ของ FRTU ชุดที่ 2 เนื่องจาก off AC Breaker



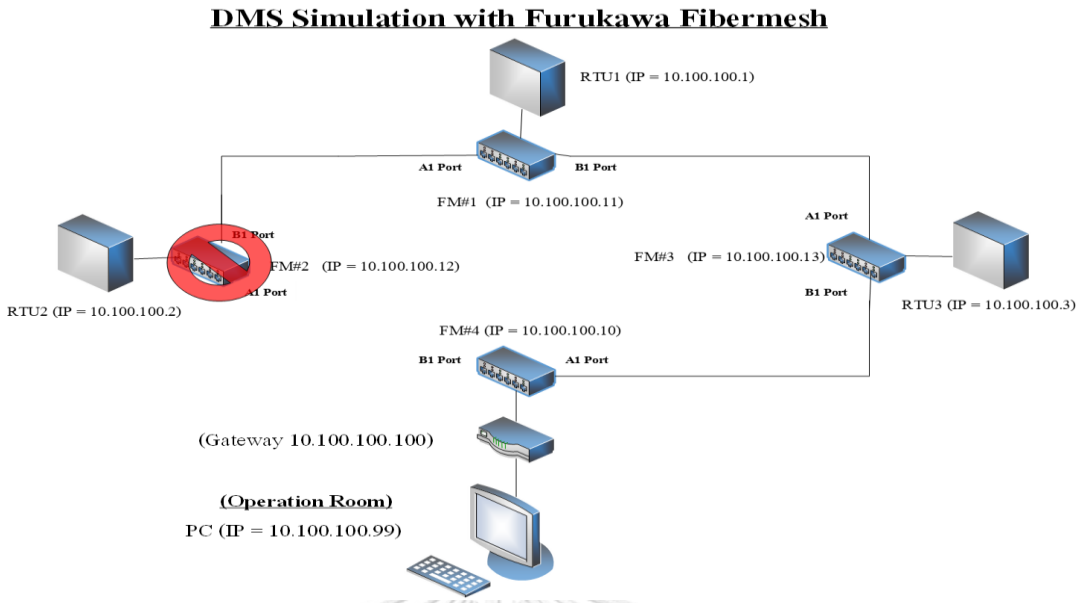
รูปที่ 3-36 Alarm Report ของระบบ DMS เนื่องจาก FRTU ชุดที่ 2 มีสถานะ AC Fail



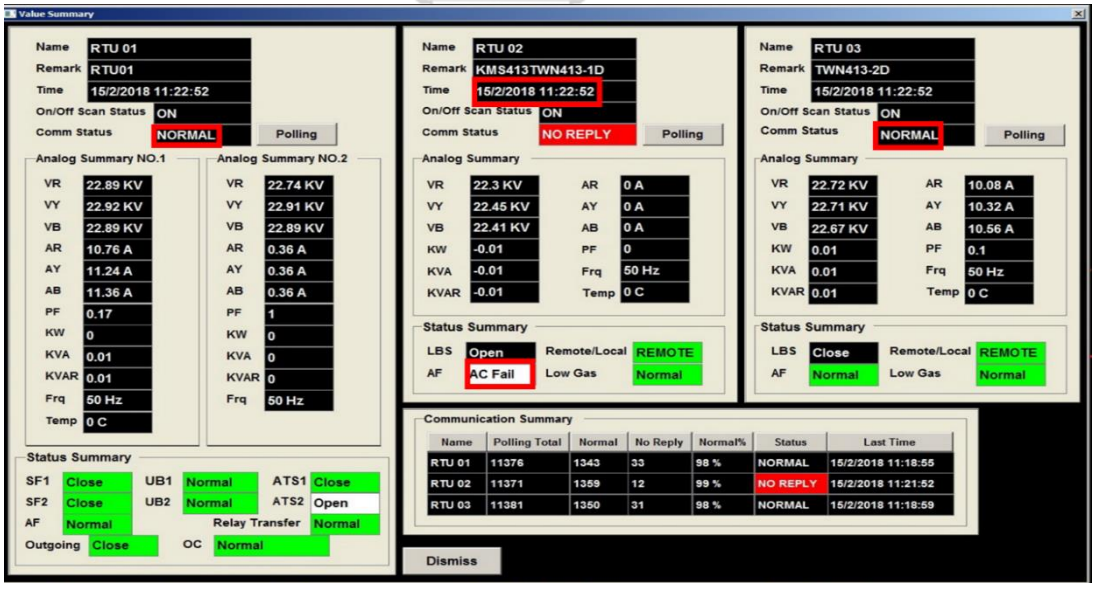
รูปที่ 3-37 การแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 ผ่าน SMS ชุดที่ 1 ภายหลัง off AC breaker และปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 1 ตรวจสอบพบว่าแหล่งจ่ายไฟชำรุด



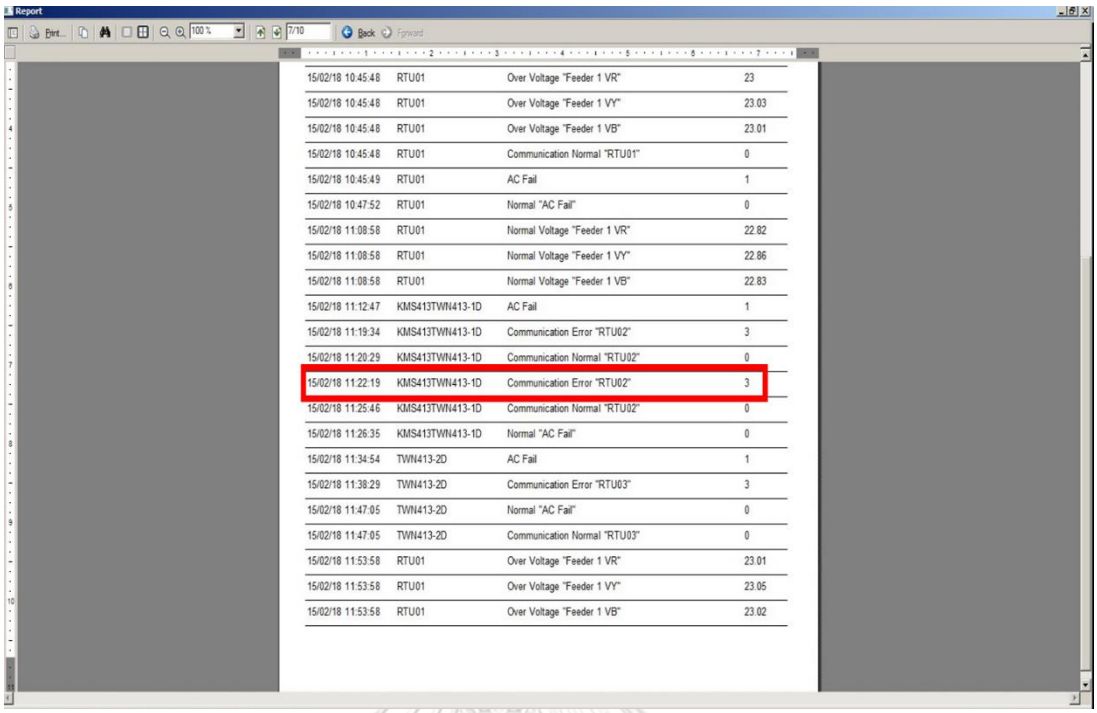
รูปที่ 3-38 การแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 1 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 2 ได้



รูปที่ 3-39 แผนภาพระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. ภายหลังทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่อุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2 และอุปกรณ์ DMS Master Station ยังคงสื่อสารการอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 1 และ 3 ได้ปกติ



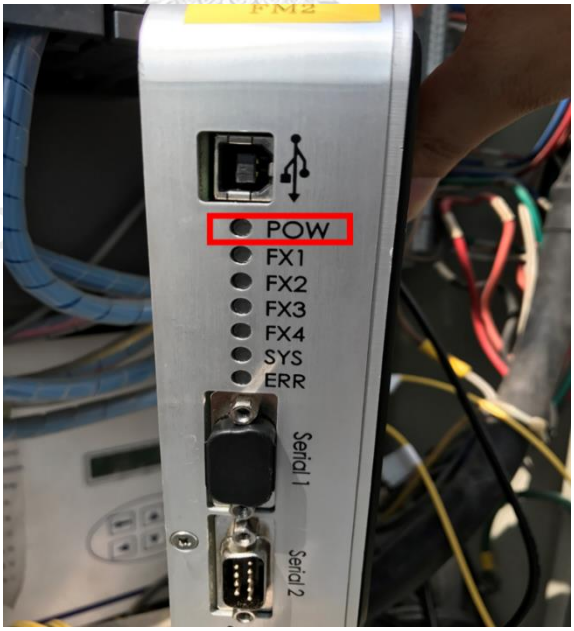
รูปที่ 3-40 ระบบ DMS Master Station แสดงสถานะไม่สามารถติดต่อกับ FRTU ชุดที่ 2 ได้ (No Reply) เนื่องจากปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง โดยที่ระบบ DMS Master Station ยังคงสื่อสารการอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 1 และ 3 ได้ปกติ



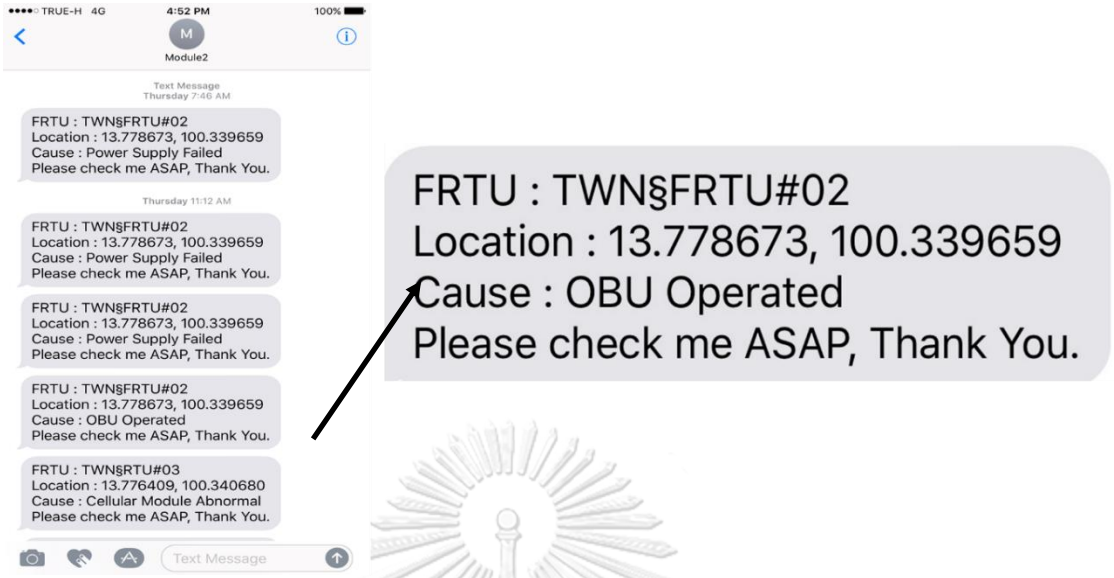
Report

15/02/18 10:45:48	RTU01	Over Voltage "Feeder 1 VR"	23
15/02/18 10:45:48	RTU01	Over Voltage "Feeder 1 VY"	23.03
15/02/18 10:45:48	RTU01	Over Voltage "Feeder 1 VB"	23.01
15/02/18 10:45:48	RTU01	Communication Normal "RTU01"	0
15/02/18 10:45:49	RTU01	AC Fail	1
15/02/18 10:47:52	RTU01	Normal "AC Fail"	0
15/02/18 11:08:58	RTU01	Normal Voltage "Feeder 1 VR"	22.82
15/02/18 11:08:58	RTU01	Normal Voltage "Feeder 1 VY"	22.86
15/02/18 11:08:58	RTU01	Normal Voltage "Feeder 1 VB"	22.83
15/02/18 11:12:47	KMS413TWN413-1D	AC Fail	1
15/02/18 11:19:34	KMS413TWN413-1D	Communication Error "RTU02"	3
15/02/18 11:20:29	KMS413TWN413-1D	Communication Normal "RTU02"	0
15/02/18 11:22:19	KMS413TWN413-1D	Communication Error "RTU02"	3
15/02/18 11:25:46	KMS413TWN413-1D	Communication Normal "RTU02"	0
15/02/18 11:26:35	KMS413TWN413-1D	Normal "AC Fail"	0
15/02/18 11:34:54	TWN413-2D	AC Fail	1
15/02/18 11:38:29	TWN413-2D	Communication Error "RTU03"	3
15/02/18 11:47:05	TWN413-2D	Normal "AC Fail"	0
15/02/18 11:47:05	TWN413-2D	Communication Normal "RTU03"	0
15/02/18 11:53:58	RTU01	Over Voltage "Feeder 1 VR"	23.01
15/02/18 11:53:58	RTU01	Over Voltage "Feeder 1 VY"	23.05
15/02/18 11:53:58	RTU01	Over Voltage "Feeder 1 VB"	23.02

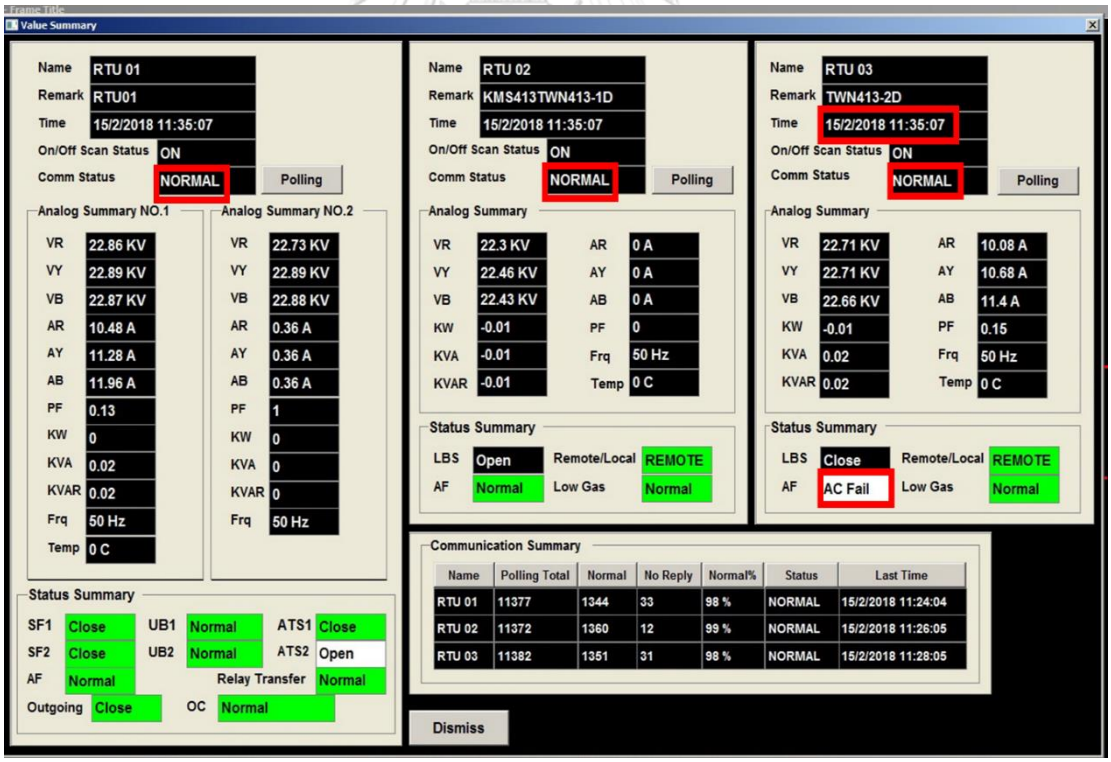
รูปที่ 3-41 Alarm Report ของระบบ DMS เนื่องจาก FRTU ชุดที่ 2 มีสถานะติดต่อไม่ได้ (Communication Error)



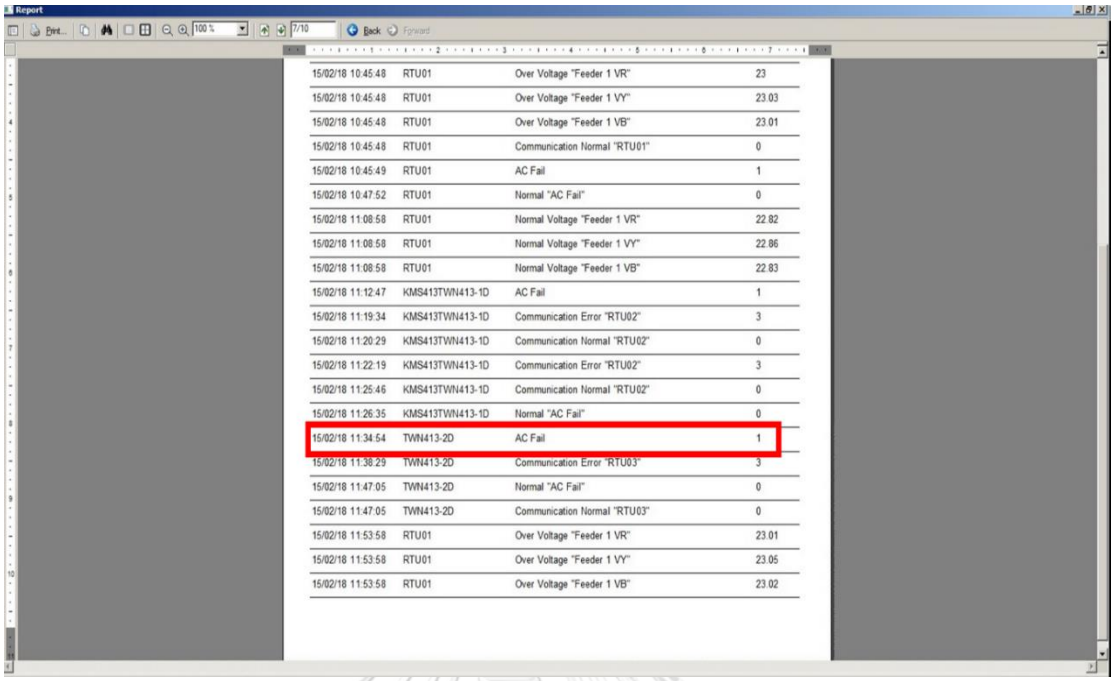
รูปที่ 3-42 ไฟสถานะ Power ของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 2 ดับ เนื่องจากปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 2 เพื่อทดสอบความสามารถการลัดสัญญาณแสง



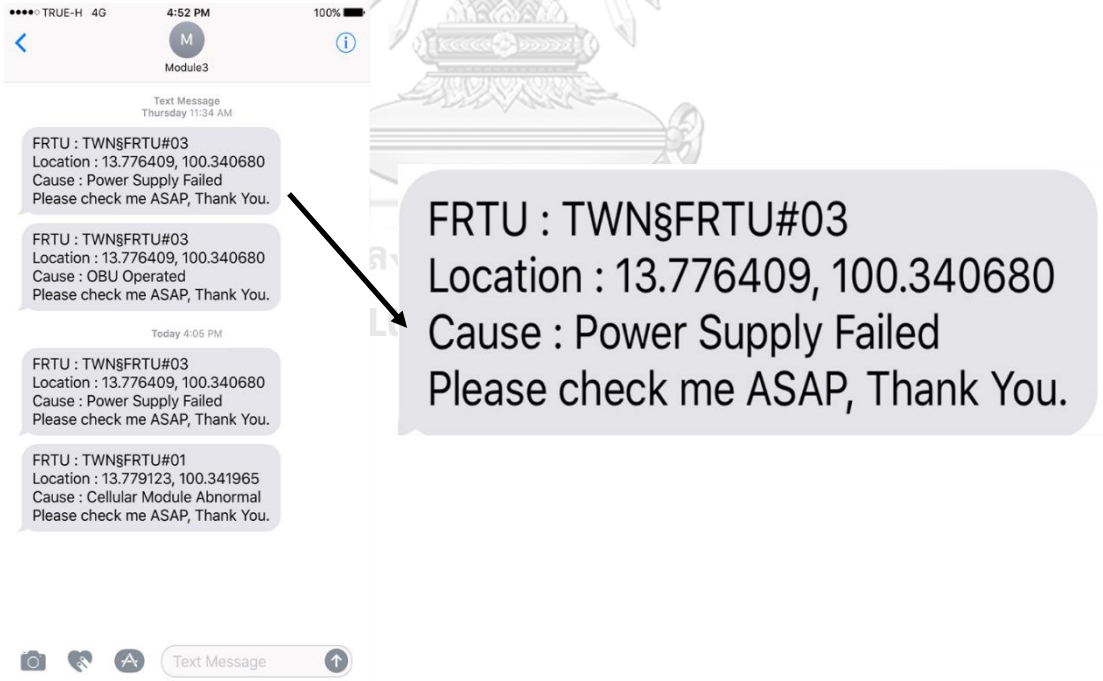
รูปที่ 3-43 SMS ชุดที่ 2 แจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2



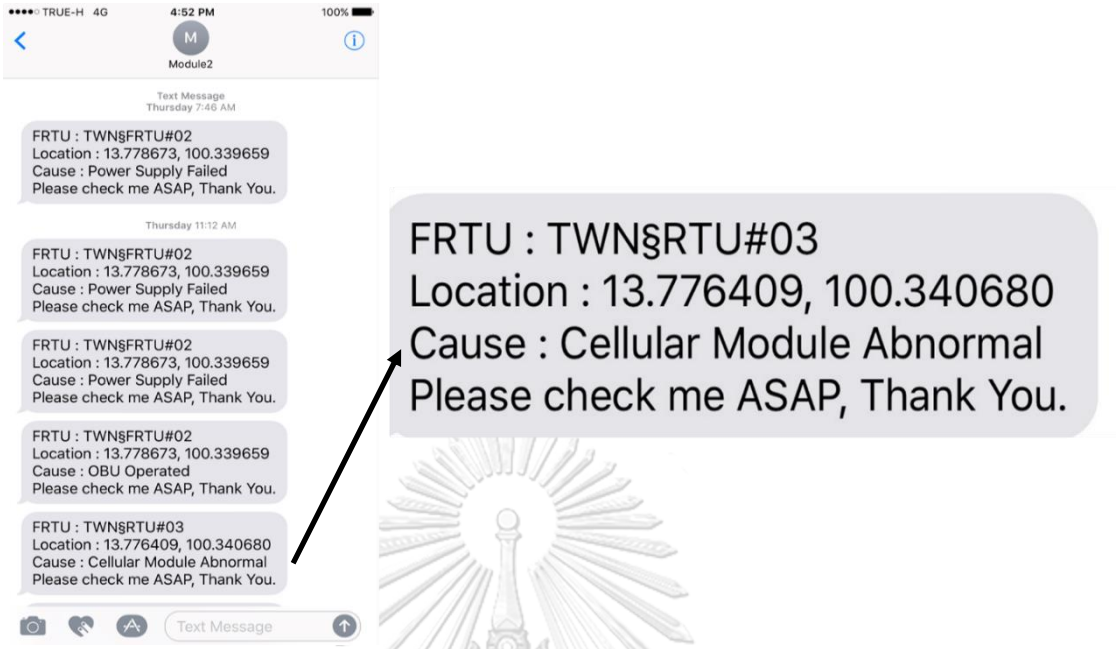
รูปที่ 3-44 ระบบ DMS Master Station แสดงสถานะแหล่งจ่ายไฟผิดปกติ (AC Fail) ของ FRTU ชุดที่ 3 เนื่องจาก off AC Breaker



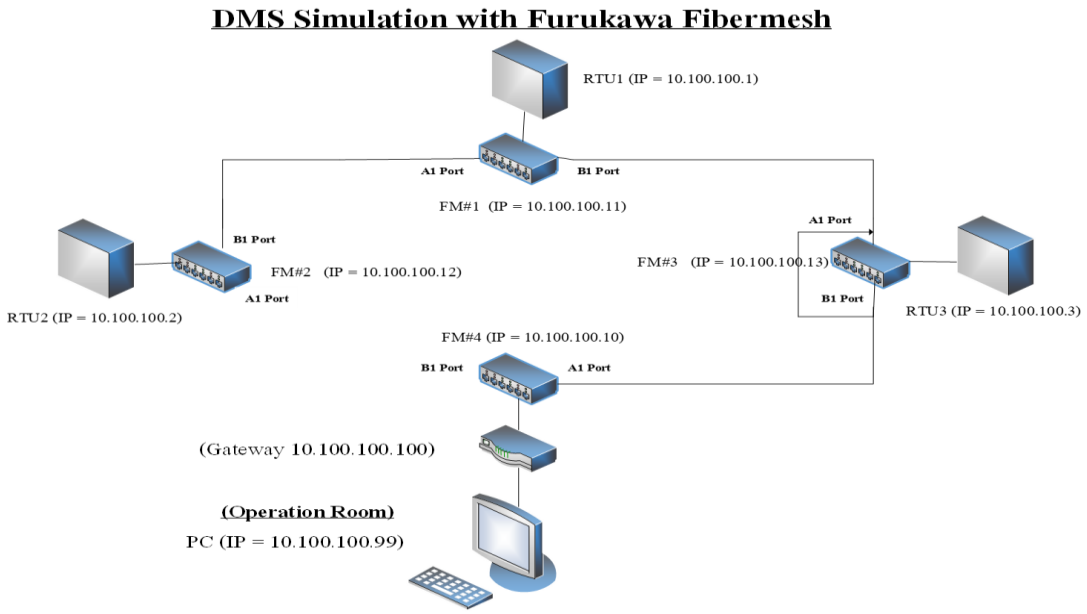
รูปที่ 3-45 Alarm Report ของระบบ DMS เนื่องจาก FRTU ชุดที่ 3 มีสถานะ AC Fail



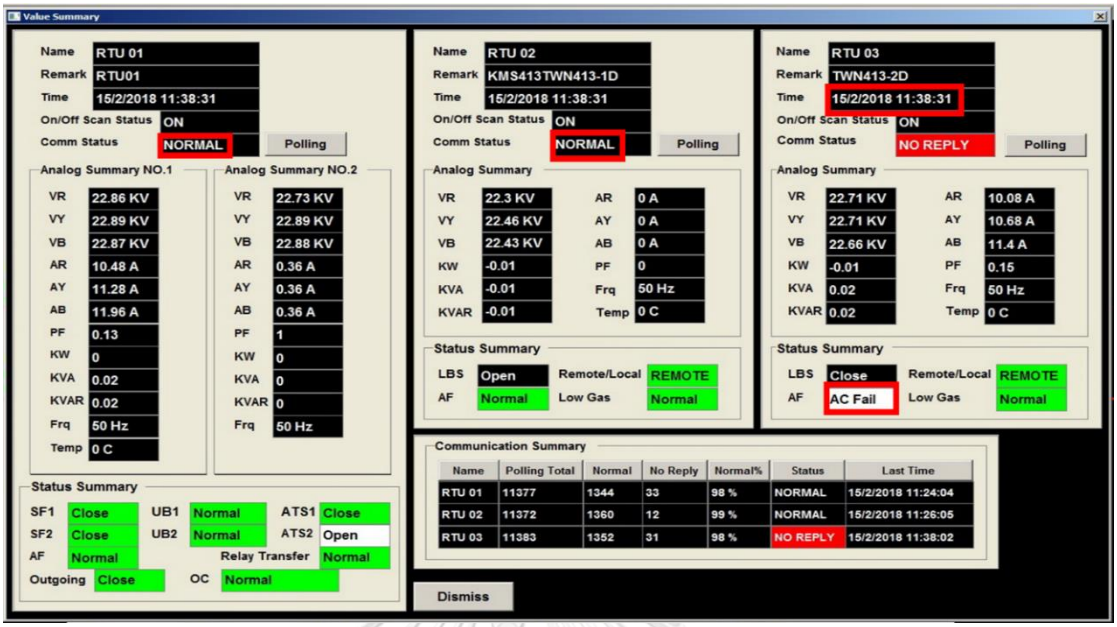
รูปที่ 3-46 การแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3 ผ่าน SMS ชุดที่ 1 ภายหลัง off AC breaker และปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 1 ตรวจสอบพบว่าแหล่งจ่ายไฟชำรุด



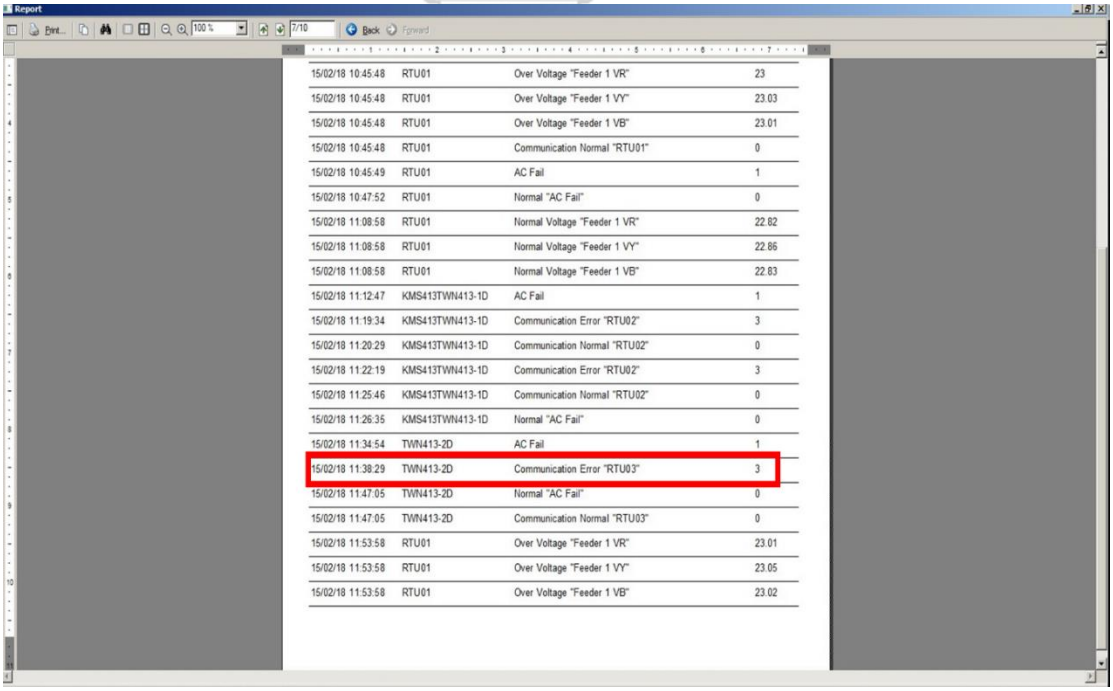
รูปที่ 3-47 การแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 2 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 3 ได้



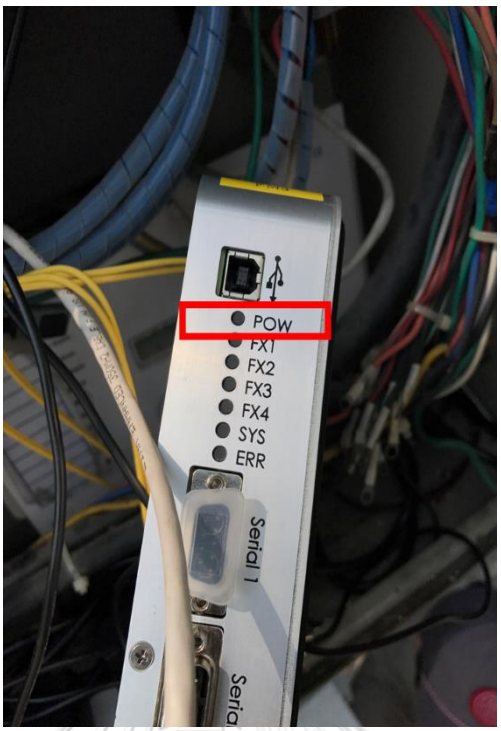
รูปที่ 3-48 แผนภาพระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. ภายหลังทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่อุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 3 และอุปกรณ์ DMS Master Station ยังคงสื่อสารการอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 1 และ 2 ได้ปกติ



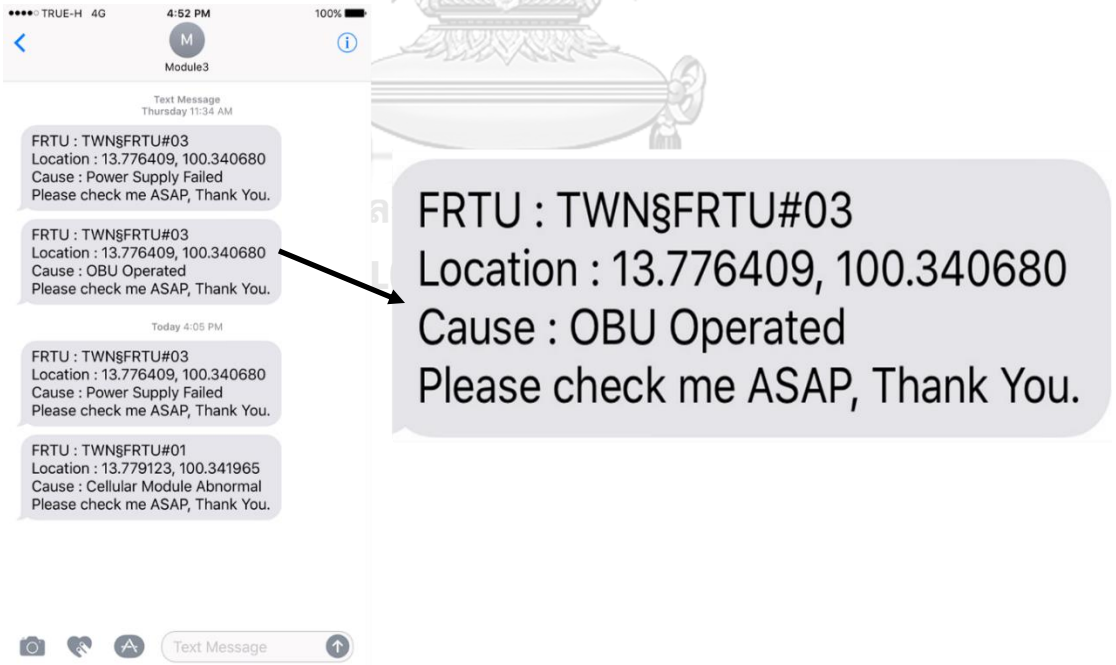
รูปที่ 3-49 ระบบ DMS Master Station แสดงสถานะไม่สามารถติดต่อกับ FRTU ชุดที่ 3 ได้ (No Reply) เนื่องจากปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง โดยที่ระบบ DMS Master Station ยังคงสื่อสารการอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 1 และ 2 ได้ปกติ



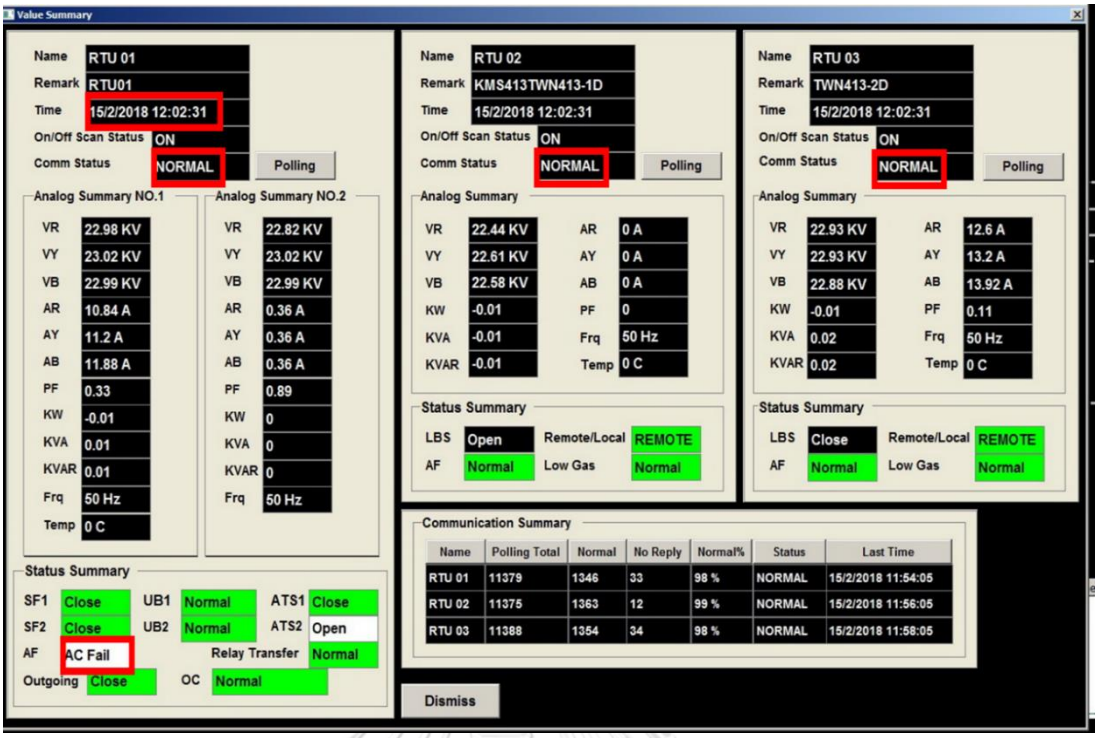
รูปที่ 3-50 Alarm Report ของระบบ DMS เนื่องจาก FRTU ชุดที่ 3 มีสถานะติดต่อไม่ได้ (Communication Error)



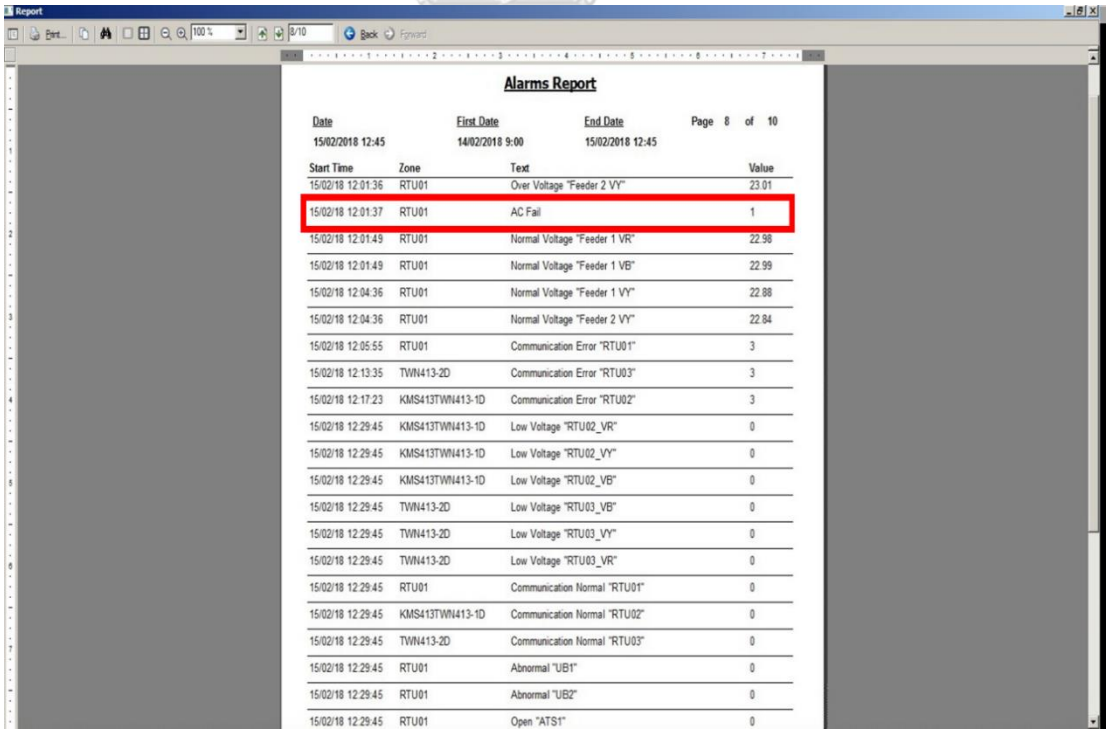
รูปที่ 3-51 ไฟสถานะ Power ของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 3 ดับ เนื่องจากปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 3 เพื่อทดสอบความสามารถการลัดสัญญาณแสง



รูปที่ 3-52 SMS ชุดที่ 2 แจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3



รูปที่ 3-53 ระบบ DMS Master Station แสดงสถานะแหล่งจ่ายไฟผิดปกติ (AC Fail) ของ FRTU ชุดที่ 1 เนื่องจาก off AC Breaker



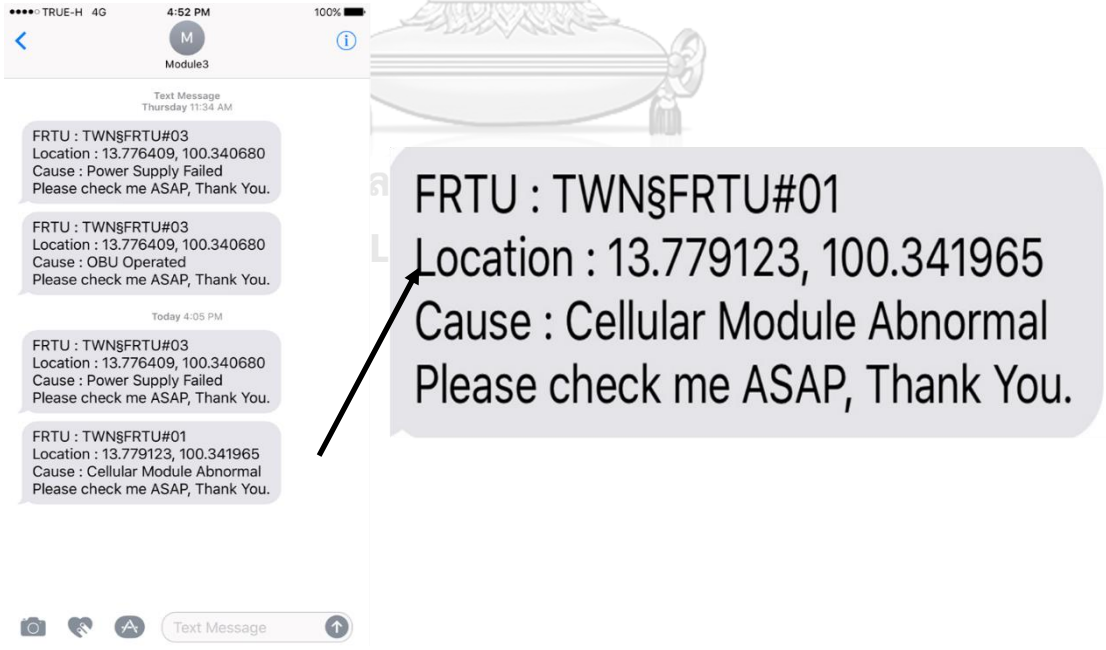
Alarms Report

Date 15/02/2018 12:45 | First Date 14/02/2018 9:00 | End Date 15/02/2018 12:45 | Page 8 of 10

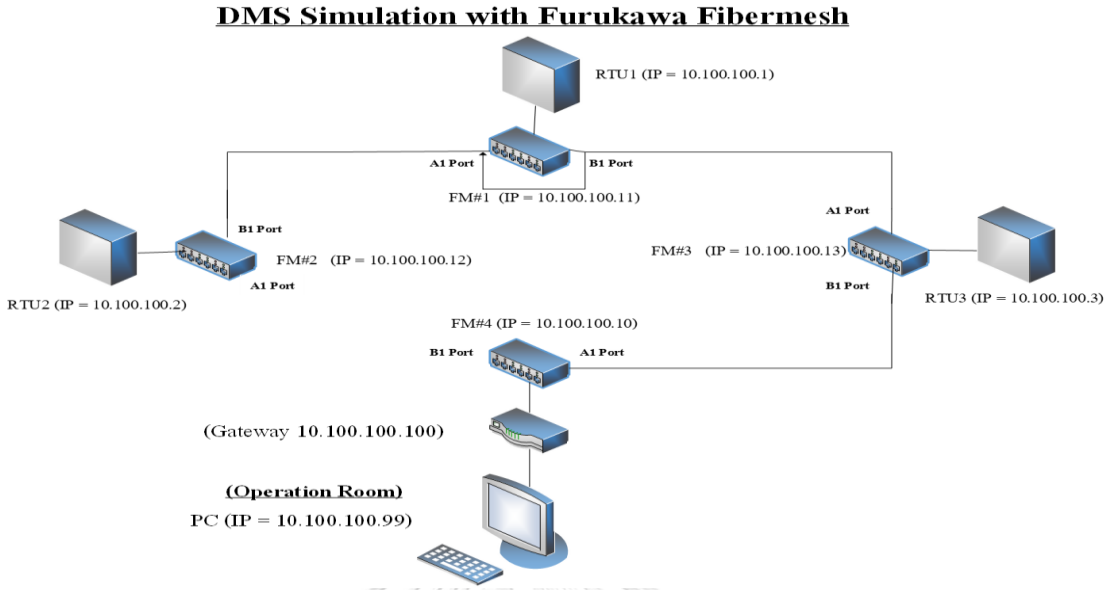
Start Time	Zone	Text	Value
15/02/18 12:01:36	RTU01	Over Voltage "Feeder 2 VY"	23.01
15/02/18 12:01:37	RTU01	AC Fail	1
15/02/18 12:01:49	RTU01	Normal Voltage "Feeder 1 VR"	22.98
15/02/18 12:01:49	RTU01	Normal Voltage "Feeder 1 VB"	22.99
15/02/18 12:04:36	RTU01	Normal Voltage "Feeder 1 VY"	22.88
15/02/18 12:04:36	RTU01	Normal Voltage "Feeder 2 VY"	22.84
15/02/18 12:05:55	RTU01	Communication Error "RTU01"	3
15/02/18 12:13:35	TWN413-2D	Communication Error "RTU03"	3
15/02/18 12:17:23	KMS413TWN413-1D	Communication Error "RTU02"	3
15/02/18 12:29:45	KMS413TWN413-1D	Low Voltage "RTU02_VR"	0
15/02/18 12:29:45	KMS413TWN413-1D	Low Voltage "RTU02_VY"	0
15/02/18 12:29:45	KMS413TWN413-1D	Low Voltage "RTU02_VB"	0
15/02/18 12:29:45	TWN413-2D	Low Voltage "RTU03_VB"	0
15/02/18 12:29:45	TWN413-2D	Low Voltage "RTU03_VY"	0
15/02/18 12:29:45	TWN413-2D	Low Voltage "RTU03_VR"	0
15/02/18 12:29:45	RTU01	Communication Normal "RTU01"	0
15/02/18 12:29:45	KMS413TWN413-1D	Communication Normal "RTU02"	0
15/02/18 12:29:45	TWN413-2D	Communication Normal "RTU03"	0
15/02/18 12:29:45	RTU01	Abnormal "UB1"	0
15/02/18 12:29:45	RTU01	Abnormal "UB2"	0
15/02/18 12:29:45	RTU01	Open "ATS1"	0

รูปที่ 3-54 Alarm Report ของระบบ DMS เนื่องจาก FRTU ชุดที่ 1 มีสถานะ AC Fail

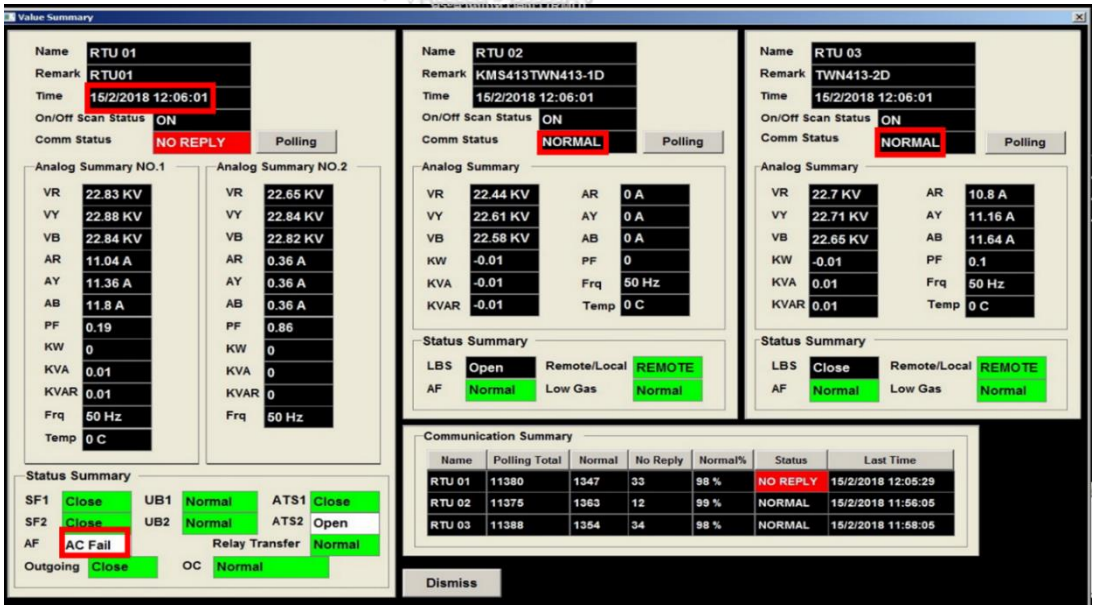
รูปที่ 3-55 การแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1 ผ่าน SMS ชุดที่ 1 ภายหลัง off AC breaker และปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 1 ตรวจสอบพบว่าแหล่งจ่ายไฟชำรุด



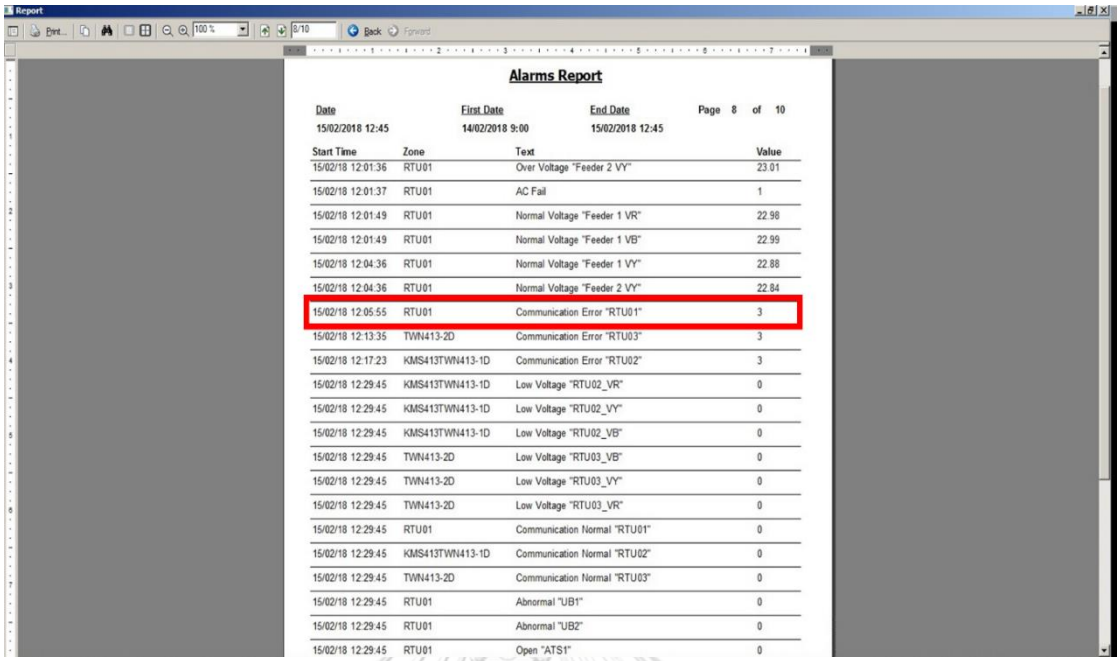
รูปที่ 3-56 การแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 3 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 1 ได้



รูปที่ 3-57 แผนภาพระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. ภายหลังทดสอบปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่อุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 1 และอุปกรณ์ DMS Master Station ยังคงสื่อสารการอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2 และ 3 ได้ปกติ



รูปที่ 3-58 ระบบ DMS Master Station แสดงสถานะไม่สามารถติดต่อกับ FRTU ชุดที่ 1 ได้ (No Reply) เนื่องจากปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง โดยที่ระบบ DMS Master Station ยังคงสื่อสารการอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2 และ 3 ได้ปกติ

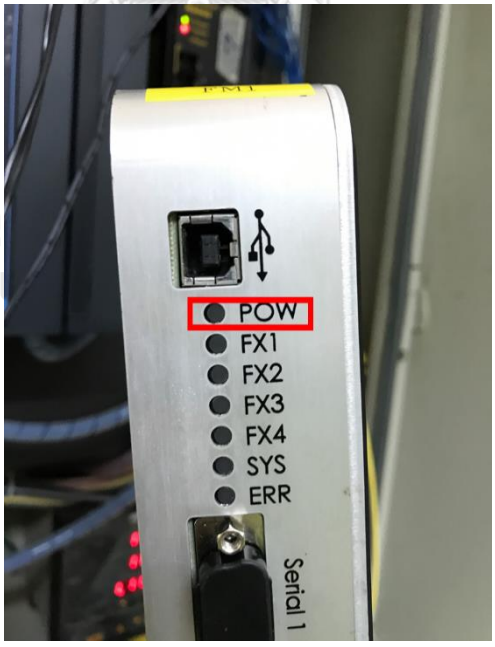


Alarms Report

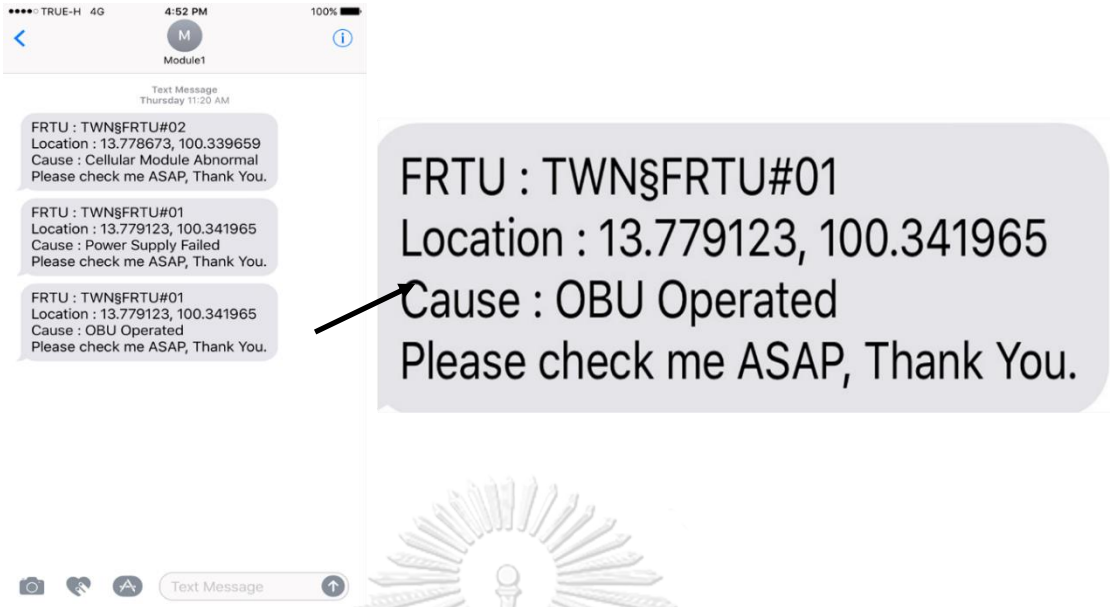
Date	First Date	End Date	Page 8 of 10
15/02/2018 12:45	14/02/2018 9:00	15/02/2018 12:45	

Start Time	Zone	Text	Value
15/02/18 12:01:36	RTU01	Over Voltage "Feeder 2 VY"	23.01
15/02/18 12:01:37	RTU01	AC Fail	1
15/02/18 12:01:49	RTU01	Normal Voltage "Feeder 1 VR"	22.98
15/02/18 12:01:49	RTU01	Normal Voltage "Feeder 1 VB"	22.99
15/02/18 12:04:36	RTU01	Normal Voltage "Feeder 1 VY"	22.88
15/02/18 12:04:36	RTU01	Normal Voltage "Feeder 2 VY"	22.84
15/02/18 12:05:55	RTU01	Communication Error "RTU01"	3
15/02/18 12:13:35	TWN413-2D	Communication Error "RTU03"	3
15/02/18 12:17:23	KMS413TWN413-1D	Communication Error "RTU02"	3
15/02/18 12:29:45	KMS413TWN413-1D	Low Voltage "RTU02_VR"	0
15/02/18 12:29:45	KMS413TWN413-1D	Low Voltage "RTU02_VY"	0
15/02/18 12:29:45	KMS413TWN413-1D	Low Voltage "RTU02_VB"	0
15/02/18 12:29:45	TWN413-2D	Low Voltage "RTU03_VB"	0
15/02/18 12:29:45	TWN413-2D	Low Voltage "RTU03_VY"	0
15/02/18 12:29:45	TWN413-2D	Low Voltage "RTU03_VR"	0
15/02/18 12:29:45	RTU01	Communication Normal "RTU01"	0
15/02/18 12:29:45	KMS413TWN413-1D	Communication Normal "RTU02"	0
15/02/18 12:29:45	TWN413-2D	Communication Normal "RTU03"	0
15/02/18 12:29:45	RTU01	Abnormal "UB1"	0
15/02/18 12:29:45	RTU01	Abnormal "UB2"	0
15/02/18 12:29:45	RTU01	Open "ATS1"	0

รูปที่ 3-59 Alarm Report ของระบบ DMS เนื่องจาก FRTU ชุดที่ 1 มีสถานะติดต่อไม่ได้ (Communication Error)



รูปที่ 3-60 ไฟสถานะ Power ของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 1 ดับ เนื่องจากปิดแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงชุดที่ 1 เพื่อทดสอบความสามารถการลัดสัญญาณแสง



รูปที่ 3-61 SMS ชุดที่ 2 แจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1

หมายเหตุ

1) อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงมีข้อจำกัดไม่สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ Media Converter เดิมของ กฟน. ได้ เนื่องจากอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงมีการรับ-ส่งสัญญาณแสงภายในเส้นใยแก้วนำแสงเดียวกันได้ (ใช้คนละความยาวคลื่นใน Single Mode) ในขณะที่อุปกรณ์ Media Converter เดิมของ กฟน. มีการใช้งานแยกเส้นใยแก้วนำแสง 2 ชุด เพื่อรองรับการรับ-ส่งสัญญาณแสงคนละเส้น (ใช้ความยาวคลื่นเดียวใน Single Mode) เมื่อเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงร่วมกับอุปกรณ์ Media Converter เดิมของ กฟน. พบว่าไม่สามารถใช้งานได้ ดังนั้นในการทดสอบจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงแทนที่อุปกรณ์ Media Converter เดิมของ กฟน.ทั้งหมด

2) การทดสอบอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ในระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU ของ กฟน. สามารถทดสอบได้เพียงครั้งเดียว ซึ่งจากการหาสถานที่ที่มีระบบ DMS และ FRTU ที่มีจำนวนอุปกรณ์ Media Converter เท่ากับอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง ตามข้อจำกัดที่จำเป็นต้องทดแทนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงแทนอุปกรณ์ Media Converter เดิมของ กฟน.ทั้งหมด จึงต้องเป็นสถานที่สำคัญที่มีระบบ DMS เฉพาะ และเพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดกับระบบควบคุมไฟฟ้าภายในสถานที่สำคัญ จึงจำเป็นต้องมีเจ้าหน้าที่ทดสอบหน้างานตลอดเวลา ประกอบกับการทดสอบดังกล่าวอยู่ในช่วงของการบำรุงรักษาระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU จึงขอความร่วมมือเจ้าหน้าที่

บำรุงรักษาในการทดสอบครั้งนี้ ภายหลังทดสอบเสร็จต้องคืนสถานะทุกอย่างให้เหมือนเดิมและแจ้งให้หัวหน้าห้องเวรฯ ทราบเพื่อให้การเฝ้าดูระบบ DMS สถานที่สำคัญ ไม่มีปัญหาข้อผิดพลาดเกิดขึ้น

3) AC Breaker ทำหน้าที่แยกไฟฟ้ากระแสสลับก่อนเข้าสู่อุปกรณ์แหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU ไฟฟ้ากระแสสลับนี้มาจากการลดแรงดันจาก 24 KV เป็น 220 V ด้วย Voltage Transformer ที่ติดตั้งบริเวณด้านบนเสาไฟฟ้า จากนั้นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V จะถูกแปลงแรงดันเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดันไฟฟ้า 24 V ด้วยแหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU เพื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับอุปกรณ์ FRTU และอุปกรณ์ Media Converter ต่อไป

4) การทดสอบนี้จำเป็นต้องทดสอบด้วยแหล่งจ่ายไฟจำลองกับ Voltage Detector ทั้ง 2 ชุด เพื่อลดปัญหาการแก้ไขเปลี่ยนแปลงวงจรภายในตู้ FRTU และภายหลังจากการทดสอบนี้ต้องคืนสภาพการติดตั้งให้เหมือนเดิมเพื่อลดผลกระทบจากการติดตั้งและทดสอบอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ในระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU ของ กฟน. ให้มากที่สุด

3.6 การทดสอบหาระยะเวลาแก้ไขเหตุขัดข้องเนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุดที่ลดลงและค่าใช้จ่ายในการแก้ไขที่ลดลงเมื่อใช้งานอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ในระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน.

จากการทดสอบในหัวข้อ 3.5 เป็นการติดตั้งและทดสอบความสามารถของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงและอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ในระบบ DMS กับ FRTU ของ กฟน. ซึ่งผลการทดสอบที่ได้พบว่าใช้งานได้จริงและเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ในหัวข้อ 2.4 ดังแสดงในรูปที่ 2-11 ถึง 2-14 แล้ว ดังนั้นขั้นตอนต่อไปเป็นการทดสอบหาระยะเวลาแก้ไขเหตุขัดข้องที่ลดลงเนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุดและมีอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ โดยเปรียบเทียบกับระยะเวลาเฉลี่ยในการแก้ไขเหตุขัดข้องแบบเดิมที่ไม่มีอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุด และประเมินผลการใช้งานอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงในเชิงการลดค่าแรงในการแก้ไขปัญหาแหล่งจ่ายไฟขัดข้องเปรียบเทียบกับระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU ที่ไม่มีอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงติดตั้งใช้งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>วัตถุประสงค์การทดสอบ</u> เพื่อหาระยะเวลาแก้ไขที่ลดลงเนื่องจากการใช้งานอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ และค่าใช้จ่ายในการแก้ไขปัญหาที่ลดลงเนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุด

<u>เครื่องมือในการทดสอบ</u> 1) อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ 3 ชุด

2) อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง 4 ชุด

3) Adaptor จำลองแหล่งจ่ายไฟ จำนวน 6 ชุด

4) Adaptor จำลองแหล่งจ่ายไฟให้อุปกรณ์ต้นแบบ 3 ชุด

5) รางปลั๊ก 3 ชุด

วิธีการทดสอบ

1) สืบค้นข้อมูลในสมุดจ่ายงานเกี่ยวกับเวลาในการแก้ปัญหาเหตุขัดข้องเนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุดของอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2 ที่ติดตั้งในพื้นที่ทดสอบ เริ่มจากได้รับแจ้งเหตุขัดข้องจากเจ้าหน้าที่ห้องเวรฯ หรือการตรวจสอบระบบ DMS พบเหตุขัดข้องในช่วงเช้าวันทำการจนถึงจุดติดตั้งอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2 เพื่อหาระยะเวลาแก้ไขเฉลี่ย

2) สืบค้นข้อมูลในสมุดจ่ายงานเกี่ยวกับเวลาในการแก้ปัญหาเหตุขัดข้องเนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุดเนื่องจาก Drop Fuse ชำรุดของอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2 ที่ติดตั้งในพื้นที่ทดสอบ

3) ทดสอบแหล่งจ่ายไฟชำรุดที่ FRTU ชุดที่ 2 จำลองโดยการ off AC Breaker และปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 1 ตรวจสอบพบว่าแหล่งจ่ายไฟชำรุด จากนั้นตรวจสอบการแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 1 จากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุด

4) จับเวลาตั้งแต่ได้รับ SMS ชุดที่ 1 จากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 รวมถึงเดินทางจากการไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะไปยังการไฟฟ้านครหลวงเขตธนบุรีและจากการไฟฟ้านครหลวงเขตธนบุรีถึงจุดติดตั้งอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2

5) On AC Breaker ของ FRTU ชุดที่ 2 เพื่อคืนสถานะแหล่งจ่ายไฟปกติ จับเวลาระบบ DMS Master Station แสดงสถานะ AC normal อีกครั้ง (จำลองการแก้ไข Drop Fuse โดยเจ้าหน้าที่ห้องเวรแก้ไฟฟ้าขัดข้องแล้วเสร็จ)

6) ศึกษาวิธีการปฏิบัติงานแก้ไขเหตุขัดข้องเนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุดเนื่องจาก Drop Fuse ชำรุดของเจ้าหน้าที่บำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน เพื่อคำนวณค่าแรงในการแก้ไขปัญหาก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง เปรียบเทียบค่าแรงในการแก้ไขปัญหาเหตุขัดข้องดังกล่าวเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการทดสอบ

จากการหาระยะเวลาแก้ไขแหล่งจ่ายไฟชำรุดเฉลี่ยที่ไม่มีอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ณ จุดติดตั้ง FRTU ชุดที่ 2 ในสมุดบันทึกจ่ายงาน ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ ปี 2559 ถึง กุมภาพันธ์ ปี 2561 พบว่ามีการแก้ไขแหล่งจ่ายไฟขัดข้อง 2 ครั้ง เจ้าหน้าที่บำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อนใช้เวลาแก้ไขเฉลี่ยประมาณ 131 นาที ในขณะการทดสอบหาระยะเวลาแก้ไขเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ณ จุดติดตั้ง FRTU ชุดที่ 2 เช่นเดียวกัน พบว่าระยะเวลาแก้ไขเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ใช้เวลาแก้ไขประมาณ 81 นาที เมื่อเปรียบเทียบกันพบว่ามีค่าลดลงถึง 38.17% เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาแก้ไขเฉลี่ยแบบเดิม ดังแสดงในตารางที่ 3-1

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระยะเวลาการแก้ไขเหตุขัดข้องเนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุดเนื่องจาก Drop Fuse ชำรุด เมื่อไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงกับระยะเวลาการแก้ไข

เหตุขัดข้องเหตุเดียวกันเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงแล้วพบว่า จากการจำลองเหตุการณ์ เจ้าหน้าที่ห้องเวรฯ แก้ไขขัดข้องเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงแล้ว พบว่าระบบ DMS Master Station สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ FRTU ชุดที่ 2 ได้ในระยะเวลาประมาณ 1 นาที เนื่องจากอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นการทำงานประมาณ 7 วินาทีภายหลังจากแหล่งจ่ายไฟกลับมาปกติอีกครั้ง ในขณะที่กรณีไม่มีอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง เจ้าหน้าที่งานบำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อนเดินทางไปใช้เวลาประมาณ 81 นาทีเพื่อเดินทางไปตรวจสอบ เมื่อพบว่า Drop Fuse ชำรุด จึงลัดสัญญาณแสงให้ผ่านอุปกรณ์ FRTU ชุดที่มีปัญหาและแจ้งให้หัวหน้าเวรฯ ทราบ ภายหลังเจ้าหน้าที่ห้องเวรฯ ดำเนินการแก้ไข Drop Fuse ชำรุดแล้วเสร็จและหัวหน้าห้องเวร ฯ แจ้งให้งานบำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อนทราบ หลังจากทราบผลการแก้ไขแล้ว เจ้าหน้าที่บำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อนต้องใช้เวลาเดินทางประมาณ 81 นาทีอีกครั้ง เพื่อเดินทางกลับไปปลดการลัดสัญญาณแสงให้ระบบ DMS Master Station ติดต่อกับอุปกรณ์ FRTU ได้อีกครั้ง หลังจากปลดการลัดสัญญาณแสงใช้ระยะเวลาประมาณ 1 นาทีเช่นกัน ดังนั้นการติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงสามารถลดระยะเวลาขัดข้องได้ถึง 81 นาที คิดเป็น 36.32% เมื่อเทียบกับกรณีไม่ติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง ดังแสดงในตาราง 3-2

จากการศึกษาวิธีการปฏิบัติงานแก้ไขเหตุขัดข้องเนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุดเนื่องจาก Drop Fuse ชำรุดของเจ้าหน้าที่บำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน (รายละเอียดในหมายเหตุเพิ่มเติม) และจากข้อมูลในตารางที่ 1-6 แสดงค่าแรงมาตรฐานปี 2560 ของ ฝ่ายระบบโครงสร้างพื้นฐานในวันทำการปกติ เวลา 07.30 น. - 15.30 น. กรณีติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง โดยทดสอบจำลองแหล่งจ่ายไฟชำรุดและ

เจ้าหน้าที่ห้องเวรฯ แก้ไข Drop Fuse ชำรุดแล้วเสร็จ จากการทดสอบพบว่าสามารถลดการทำงานเจ้าหน้าที่งานบำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อนได้ เนื่องจากอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงสามารถกลับมาทำงานได้ปกติภายใน 7 วินาที ส่งผลให้เจ้าหน้าที่งานบำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อนไม่จำเป็นต้องเดินทางไปปลดการลัดสัญญาณแสงอีกครั้ง ดังนั้นค่าแรงในการแก้ไขปัญหาจึงสามารถลดลงได้ถึง 50% ดังแสดงในตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-1 ตารางเปรียบเทียบระยะเวลาแก้ไขเฉลี่ยและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ เทียบกับระยะเวลาแก้ไขเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ณ จุดติดตั้ง FRTU ชุดที่ 2

ลำดับ	การทำงาน	ไม่มีอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ	มีอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ	หมายเหตุ
1	ช่างเทคนิคตรวจสอบระบบ DMS ช่วงเช้าที่แผนกงานบำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อน และแจ้งงานให้ช่างเทคนิคอาวุโสทราบ	15	5	กรณีอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ สามารถแจ้งปัญหาพร้อมสาเหตุได้ทันที ลดระยะเวลาการตรวจสอบระบบ DMS อีกครั้ง
2	ช่างเทคนิคอาวุโสรับแจ้งงาน-จ่ายงานลงสมุดจ่ายงานและประชุมวิเคราะห์สาเหตุ	10	5	ลดเวลาวิเคราะห์หาสาเหตุขัดข้องเนื่องจากรู้สาเหตุแล้ว
3	ช่างเทคนิคเตรียมอุปกรณ์แก้ไขงานขัดข้องพร้อมหาจุดติดตั้งอุปกรณ์ FRTU ขัดข้องก่อนเดินทาง	10	5	ลดเวลาหาจุดติดตั้ง FRTU เนื่องจากรู้สถานที่แล้ว
4	เดินทางไปยังห้องเวรฯ เพื่อส่งเจ้าหน้าที่ตรวจระบบ DMS ในห้องเวรฯ และคอยประสานกับช่างเทคนิคหน้างานเพื่อตรวจสอบภายหลังแก้ไขแล้วเสร็จ	60	40	ลดเวลาเข้าห้อเวรฯลง เนื่องจากเดินทางไปแก้ไขหน้างานได้โดยตรง
5	ช่างเทคนิคเดินทางไปหน้างาน	20	20	
6	ช่างเทคนิคดำเนินการตรวจสอบพบแหล่งจ่ายไฟชำรุด	10	0	อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ สามารถแจ้งปัญหาพร้อมสาเหตุได้ทันที ลดระยะเวลาการตรวจสอบหาสาเหตุขัดข้อง
7	ช่างเทคนิคดำเนินการแก้ไขเหตุขัดข้องโดยการลัดสัญญาณแสง	5	5	
8	ช่างเทคนิคตรวจสอบสถานะ FRTU ชุดอื่นๆ กับเจ้าหน้าที่ตรวจระบบ DMS ที่แผนกงานบำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อน ภายหลังแก้ไขแล้วเสร็จ	1	1	
ระยะเวลาที่ใช้แก้ปัญหา (นาที)		131	81	
ระยะเวลาที่ลดลงได้ (%)		38.17		

หมายเหตุ : ระยะเวลาที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยประมาณจากการปฏิบัติงานของงานบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3-2 ตารางเปรียบเทียบระยะเวลาแก้ไขเฉลี่ยเนื่องจาก Drop fuse ชำรุดและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง เทียบกับระยะเวลาแก้ไขเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง

ลำดับ	การทำงาน	ระยะเวลาก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง (นาที)	ระยะเวลาหลังการติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง (นาที)
1	การเดินทางไปตรวจสอบและลัดสัญญาณแสงโดยเจ้าหน้าที่บำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อน	81	81
2	เจ้าหน้าที่ห้องเวรฯ แก้ไข Drop Fuse ชำรุด	60	60
3	เจ้าหน้าที่บำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อนเดินทางไปปลดการลัดสัญญาณแสง	81	0
4	ระบบ DMS Master Station ติดต่อกับอุปกรณ์ FRTU ได้อีกครั้ง	1	1
รวมระยะเวลาที่ใช้		223	142
เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงลดระยะเวลาขัดข้องได้ (%)		36.32	

หมายเหตุ

1. ระยะเวลาที่เจ้าหน้าที่ห้องเวรฯ แก้ไข Drop Fuse ชำรุด เป็นค่าประมาณโดยเร็วที่สุดที่เป็นไปได้ขึ้นอยู่กับภาระและความจำเป็น ณ เวลานั้น เช่น เกิดเหตุเพลิงไหม้อาคาร รถแก้ไฟฟ้าขัดข้องต้องเดินไปทางไปปลดวงจรก่อน เพื่ออำนวยความสะดวกให้เจ้าหน้าที่ดับเพลิง เป็นต้น

2. ระยะเวลาที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยประมาณจากการปฏิบัติงานของงานบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3-3 ตารางเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการแก้ไขปัญหาของงานบำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อนเนื่องจาก Drop fuse ชำรุดและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง เทียบกับเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง

ลำดับ	การทำงาน	ค่าใช้จ่ายในส่วนค่าแรงของเจ้าหน้าที่บำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน	
		ติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง	ไม่ติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง
1	เจ้าหน้าที่บำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อนเดินทางไปตรวจสอบและลัดสัญญาณแสง	31940	31940
2	ประสานแจ้งให้เจ้าหน้าห้องเวรฯแก้ไข Drop fuse ชำรุด	0	0
3	เจ้าหน้าที่บำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อนเดินทางไปปลดการลัดสัญญาณแสง	31940	0
	รวมค่าใช้จ่าย	63880	31940
	เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงลดค่าใช้จ่ายได้ (%)	50	

หมายเหตุเพิ่มเติม

แหล่งจ่ายไฟชำรุดภายในตู้ FRTU มีหลายสาเหตุ เช่น วงจรแหล่งจ่ายไฟชำรุด, Voltage Transformer ชำรุด, Drop Fuse ชำรุด หากสาเหตุแหล่งจ่ายไฟชุดภายในตู้ FRTU เจ้าหน้าที่บำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อนสามารถดำเนินการแก้ไขได้ทันที เพื่อให้ผลการลดระยะเวลาการแก้ไขเนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯได้ชัดเจน ในงานวิจัยนี้สนใจเฉพาะสาเหตุขัดข้องเนื่องจาก Drop Fuse ชำรุดเท่านั้น เพราะเจ้าหน้าที่บำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อนไม่สามารถแก้ไขได้เอง ทำให้ใช้เวลาการแก้ไขมากกว่าสาเหตุเนื่องจากวงจรแหล่งจ่ายไฟชำรุด

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนการทำงานของเจ้าหน้าที่บำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อนในการแก้ไขปัญหาแหล่งจ่ายไฟชำรุดเนื่องจาก Drop Fuse ชำรุด

1. เจ้าหน้าที่บำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อนตรวจสอบความผิดปกติของสถานะ FRTU ในระบบ DMS หรือ ได้รับแจ้งจากเจ้าหน้าที่ดูแลระบบ DMS ประจำห้องเวรฯ ว่าติดต่ออุปกรณ์ FRTU ไม่ได้

2. ช่างเทคนิคอาวุโสรับแจ้ง-จ่ายงานให้ช่างเทคนิคออกปฏิบัติงาน พร้อมลงบันทึกในสมุดจ่ายงาน

3. เจ้าหน้าที่บำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อนเดินทางไปหน้างานเพื่อตรวจสอบ

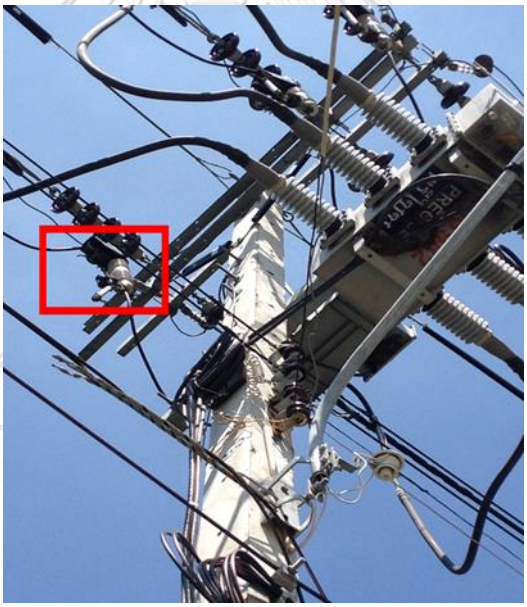
4. เจ้าหน้าที่บำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อนตรวจสอบพบ Drop Fuse ชำรุด ดังแสดงในรูปที่ 3-62 ส่งผลให้แหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU ไม่สามารถจ่ายไฟเลี้ยงอุปกรณ์ FRTU และอุปกรณ์ Media Converter ได้ จำเป็นต้องลัดสัญญาณแสงให้ข้ามผ่านอุปกรณ์ FRTU ชุดที่มีปัญหาไปก่อน

5. เจ้าหน้าที่บำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อนประสานแจ้งให้หัวหน้าเวรฯ ทราบ

6. หัวหน้าห้องเวรฯ จ่ายงานให้เจ้าหน้าที่ห้องเวรฯ ออกงานแก้ไขต่อไป เนื่องจากอุปกรณ์ Drop Fuse เป็นอุปกรณ์ติดตั้งใช้งานในแรงดันใช้งานสูง จำเป็นต้องให้เจ้าหน้าห้องเวรฯ ที่ผ่านการอบรมการทำงานสายอากาศแล้วเท่านั้นดำเนินการแก้ไขได้ การแก้ไขดังแสดงในรูปที่ 3-63

7. ภายหลังจากแก้ไขแล้วเสร็จ หัวหน้าห้องเวรฯจะแจ้งผลการแก้ไขให้ช่างเทคนิคอาวุโสทราบ

8. เจ้าหน้าที่บำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อนเดินทางไปหน้างานเพื่อตรวจสอบอีกครั้งและปลดการลัดสัญญาณแสงเพื่อให้อุปกรณ์ DMS Master Station กับอุปกรณ์ FRTU ติดต่อสื่อสารกันได้อีกครั้ง



รูปที่ 3-62 อุปกรณ์ Drop Fuse บนเสาไฟฟ้าชำรุด ส่งผลให้แหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU ขาดไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 220 V เพื่อแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 24 V แหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU จึงไม่สามารถจ่ายไฟเลี้ยงอุปกรณ์ FRTU และอุปกรณ์ Media Convertor ได้

รูปที่ 3-63 เจ้าหน้าที่ห้องเวรฯ ดำเนินการแก้ไข Drop Fuse ด้วยการใช้ไม้ชัก Fuse ปลดกระบอก Fuse ลงมาเพื่อเปลี่ยน Fuse และใช้ไม้ชัก Fuse สับกลับเข้าไปอีกครั้ง

<u>วงจรการทำงานของแหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU</u>

วงจรการทำงานแหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU ดังแสดงในรูปที่ 3-64 ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักดังนี้

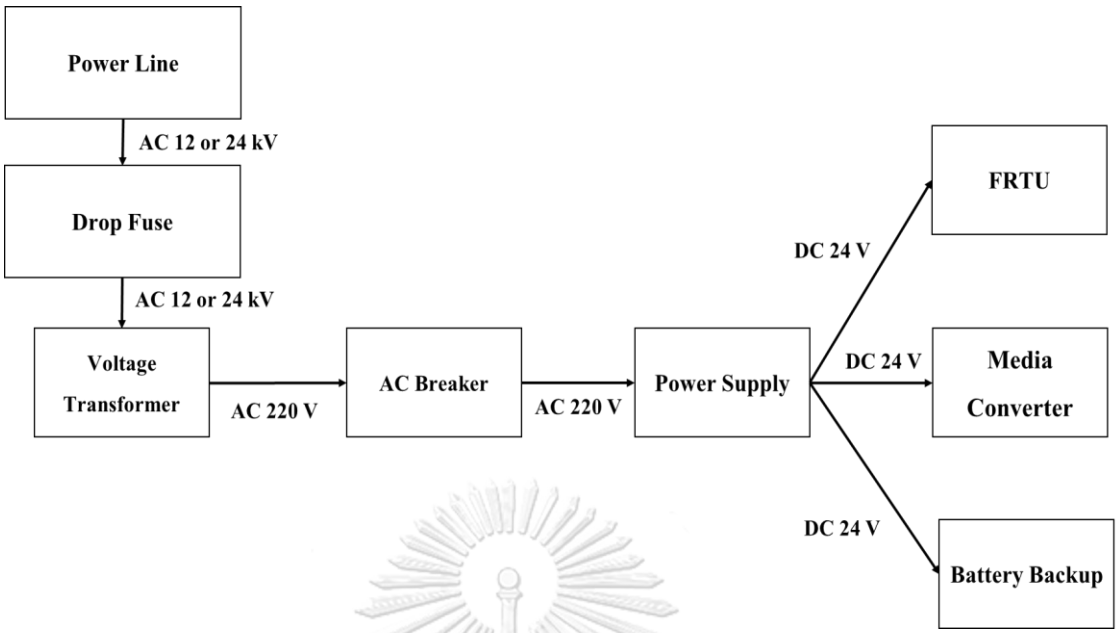
1. Drop Fuse ติดตั้งอยู่ด้านบนเสาไฟฟ้า ดังแสดงในรูป 3-65 ทำหน้าที่ป้องกันกระแสเกินจากสายป้อนก่อนเข้าอุปกรณ์ Voltage Transformer

2. Voltage Transformer ติดตั้งอยู่ด้านบนเสาไฟฟ้า ดังแสดงในรูป 3-65 ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจาก 24 kV เป็น 220 V เพื่อให้แหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 24 V ต่อไป

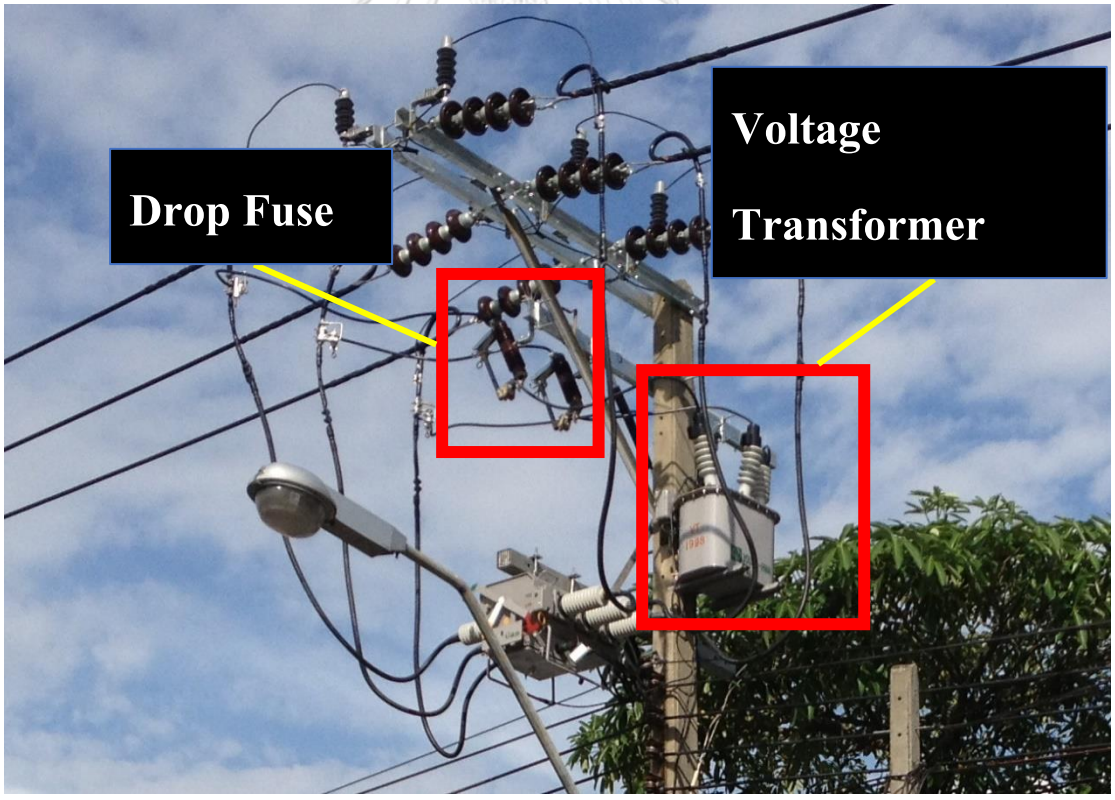
3. AC Breaker ติดตั้งภายในตู้ FRTU ดังแสดงในรูป 3-66 ทำหน้าที่แยกวงจรระหว่าง Voltage Transformer และแหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU ออกจากกัน รวมถึงป้องกันกระแสเกินก่อนเข้าแหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU

4. แหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU ดังแสดงในรูป 3-67 จ่ายไฟเลี้ยงอุปกรณ์ FRTU และอุปกรณ์ Media Convertor รวมถึงประจุพลังงานให้แบตเตอรี่สำรองด้วย

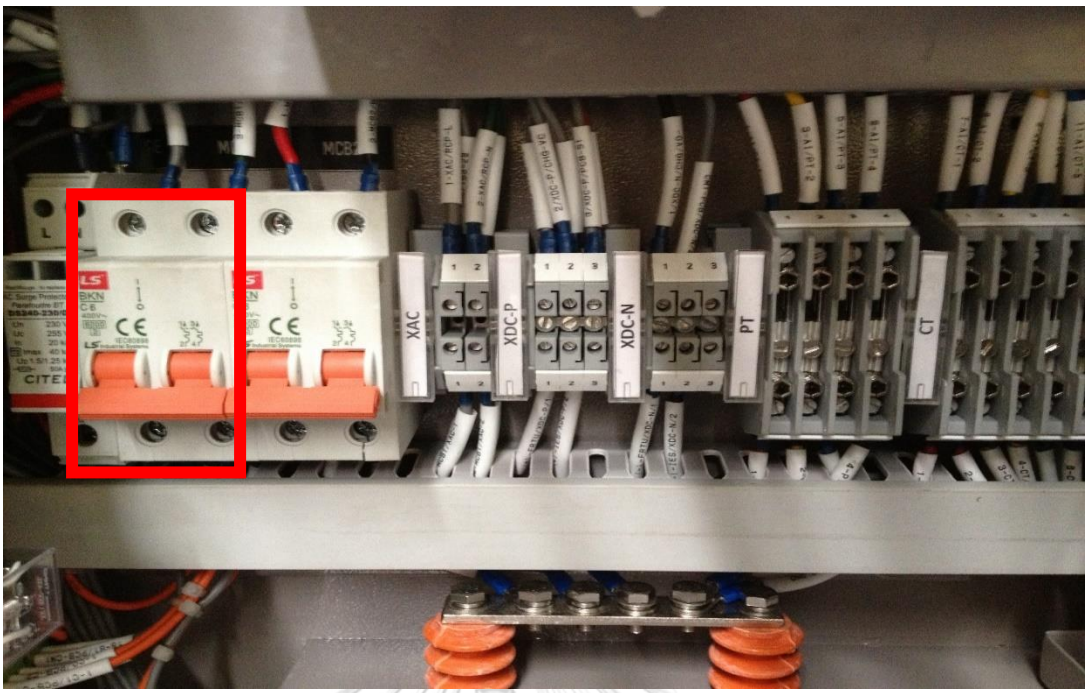
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



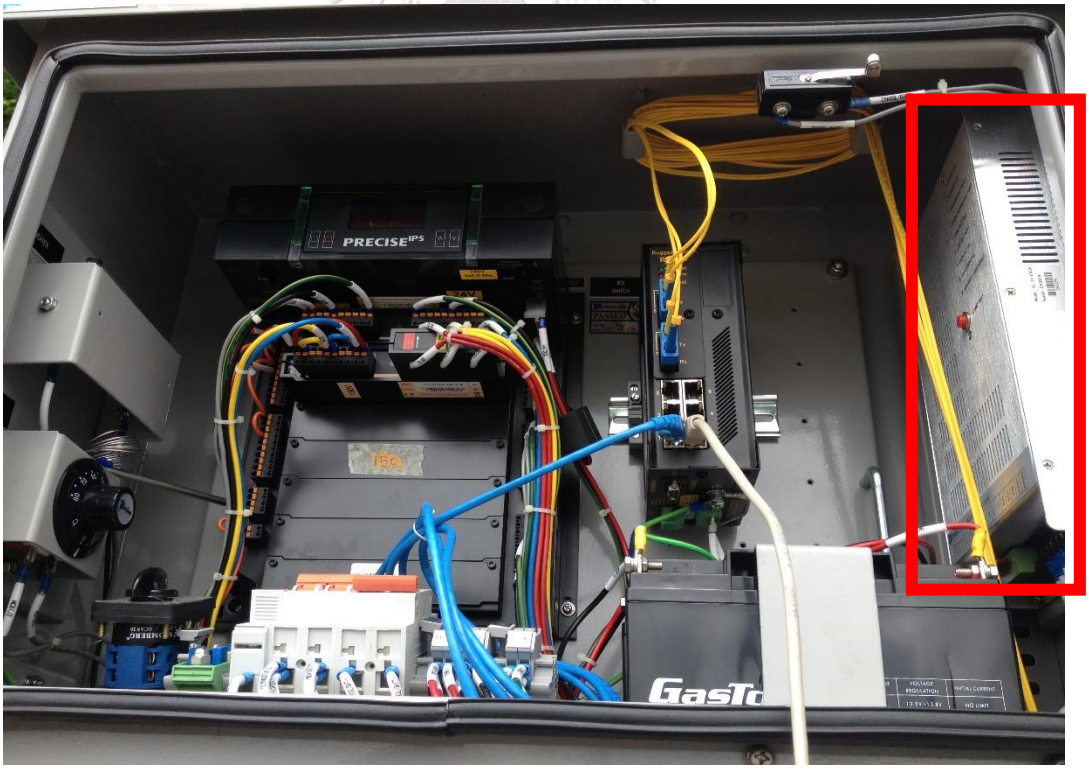
รูปที่ 3-64 วงจรการทำงานแหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU



รูปที่ 3-65 Drop Fuse และอุปกรณ์ Voltage Transformer ที่ติดตั้งใช้งานใน กฟน.



รูปที่ 3-66 อุปกรณ์ AC Breaker



รูปที่ 3-67 อุปกรณ์แหล่งจ่ายไฟภายในตู้ FRTU

3.7 การทดสอบความเชื่อถือได้ในการแจ้งเตือนเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ

การทดสอบการแจ้งเตือนเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนภายใต้เงื่อนไขการใช้งานอย่างต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 480 ชม. และทดสอบจำลองการแจ้งเตือนต่าง ๆ รวมทั้งสิ้นไม่ต่ำกว่า 2160 ครั้ง เพื่อทดสอบความเชื่อได้ของการแจ้งเตือนเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ

วัตถุประสงค์การทดสอบ เพื่อทดสอบความเชื่อถือได้ของการแจ้งเตือนเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ

เครื่องมือในการทดสอบ 1) อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ 3 ชุด

2) Adaptor จำลองแหล่งจ่ายไฟ จำนวน 6 ชุด

3) Adaptor จำลองแหล่งจ่ายไฟให้อุปกรณ์ต้นแบบ 3 ชุด

4) รางปลั๊ก 3 ชุด

วิธีการทดสอบ

1) ปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 1 ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่1 เพื่อทดสอบการแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุด

2) ปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 2 ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1 เพื่อทดสอบจำลองการแจ้งเตือนการลัดสัญญาณแสงของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง

3) ตรวจสอบการแจ้งเตือนผ่าน SMS ชุดที่ 3 จาก Cellular Module ชุดที่ 3 เนื่องจากติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 1 ไม่ได้

4) ทำการทดสอบ 1) – 3) จำนวน 12 ครั้งพร้อมบันทึกผลการทดสอบประจำวัน

5) ปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 1 ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 เพื่อทดสอบการแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุด

6) ปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 2 ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 เพื่อทดสอบจำลองการแจ้งเตือนการลัดสัญญาณแสงของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง

7) ตรวจสอบการแจ้งเตือนผ่าน SMS ชุดที่ 3 จาก Cellular Module ชุดที่ 1 เนื่องจากติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 2 ไม่ได้

8) ทำการทดสอบ 5) – 8) จำนวน 12 ครั้งพร้อมบันทึกผลการทดสอบประจำวัน

9) ปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 1 ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3 เพื่อทดสอบการแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุด

10) ปิดแหล่งจ่ายไฟจำลองเพื่อให้ Voltage Detector ชุดที่ 2 ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3 เพื่อทดสอบจำลองการแจ้งเตือนการลัดสัญญาณแสงของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

11) ตรวจสอบการแจ้งเตือนผ่าน SMS ชุดที่ 3 จาก Cellular Module ชุดที่ 2 เนื่องจากติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 3 ไม่ได้

12) ทำการทดสอบ 9) – 12) จำนวน 12 ครั้งพร้อมบันทึกผลการทดสอบประจำวัน

13) ทำการทดสอบ 1) – 12) ไปจนครบ 20 วัน โดยเปิดการใช้งานอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ อย่างต่อเนื่อง

<u>หมายเหตุ</u>

1. การทดสอบแจ้งเตือนผ่าน SMS ทั้ง 3 ชุด เฉพาะการทดสอบครั้งแรกเท่านั้น เพื่อยืนยันว่าอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนยังคงตรวจสอบเหตุขัดข้องและสามารถตรวจสถานะซึ่งกันและกันได้ปกติ

2. เนื่องจากการทดสอบการแจ้งเตือนผ่าน SMS แต่ละชุด มีค่าบริการเกิดขึ้น เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการทดสอบครั้งต่อ ๆ ไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับโปรแกรมใหม่ เปลี่ยนเฉพาะชุดคำสั่งในส่วนการแจ้งเตือนผ่าน SMS เป็นโทรเข้าหาโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ดูแลระบบแทน โดยหลักการทำงานของโปรแกรมยังคงเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ในหัวข้อ 2.4 ดังแสดงในรูปที่ 2-11 ถึง 2-14

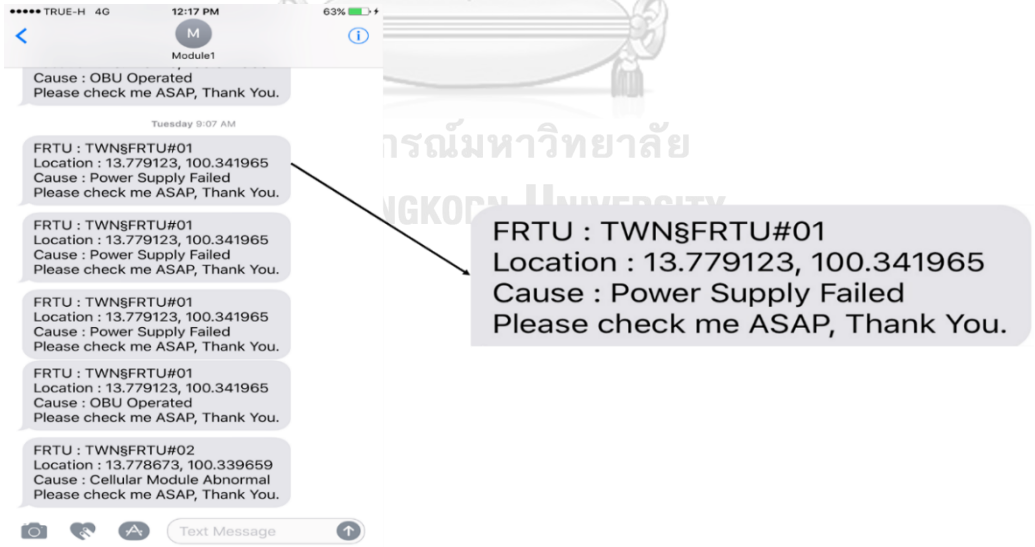
<u>ผลการทดสอบ</u>

การจัดเตรียมเพื่อทดสอบความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ดังแสดงในรูป 3-68 จากการทดสอบแจ้งเตือนผ่าน SMS ทั้ง 3 ชุด เฉพาะการทดสอบครั้งแรกเท่านั้น พบว่าอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1 ยังคงตรวจสอบเหตุขัดข้องและส่ง SMS แจ้งเตือนทั้ง 2 ชุดได้และอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3 สามารถแจ้งสถานะการทำงานอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1 ผิดปกติผ่าน SMS ชุดที่ 3 ได้ ดังแสดงในรูปที่ 3-69 ถึง 3-71 ส่วนอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 ยังคงตรวจสอบเหตุขัดข้องและส่ง SMS แจ้งเตือนทั้ง 2 ชุดได้และอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1 สามารถแจ้งสถานะการทำงานอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 ผิดปกติผ่าน SMS ชุดที่ 3 ได้ ดังแสดงในรูปที่ 3-72 ถึง 3-74 และส่วนอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3 ยังคงตรวจสอบเหตุขัดข้องและส่ง SMS แจ้งเตือนทั้ง 2 ชุดได้และอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 สามารถแจ้งสถานะการทำงานอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1 ผิดปกติผ่าน SMS ชุดที่ 3 ได้ ดังแสดงในรูปที่ 3-75 ถึง 3-77

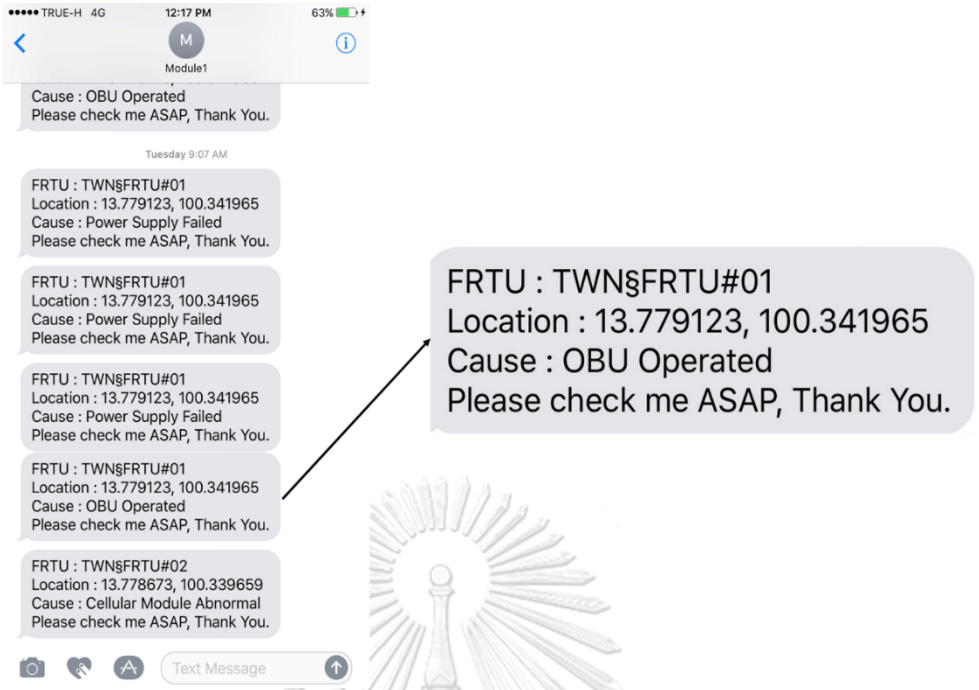
ภายหลังจากการทดสอบครั้งแรกและมีการปรับโปรแกรมใหม่ เปลี่ยนเฉพาะชุดคำสั่งในส่วนการแจ้งเตือนผ่าน SMS เป็นโทรเข้าหาโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ดูแลระบบแทน โดยหลักการทำงานของโปรแกรมยังคงเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ในหัวข้อ 2.4 ดังแสดงในรูปที่ 2-11 ถึง 2-14 จากการทดสอบการแจ้งเตือนของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ทั้ง 3 ชุด ทดสอบทั้งหมด 2160 ครั้ง ภายในเวลา 20 วัน จากวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2561 เวลา 7.00 น. ถึง 12 มีนาคม 2561 เวลา 7.00 น. ตามตารางบันทึกผลการทดสอบประจำวันดังแสดงในตารางที่ 3-4 ถึง 3-23 พบว่าอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ทั้ง 3 ชุด สามารถแจ้งเตือนในรูปแบบการโทรเข้าหาผู้ดูแลระบบได้ถูกต้องทั้งหมด

โดยมีตัวอย่างการแจ้งเตือนด้วยการโทรเข้าจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนชุดที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 3-78 ดังนั้นการทดสอบความเชื่อถือได้ในการแจ้งเตือนเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ที่ได้พัฒนาขึ้น ตามเงื่อนไขการทดสอบโดยใช้งานต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 480 ชั่วโมง พบว่าอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ทั้ง 3 ชุดสามารถทำงานได้ปกติ และอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ทั้ง 3 ชุด สามารถแจ้งเตือนได้ถูกต้องทั้งหมด มีความเชื่อถือได้ในการแจ้งเตือน 100%

รูปที่ 3-68 การจัดเตรียมอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ทั้ง 3 ชุด เพื่อทำการทดสอบความเชื่อถือได้ในการแจ้งเตือนเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ

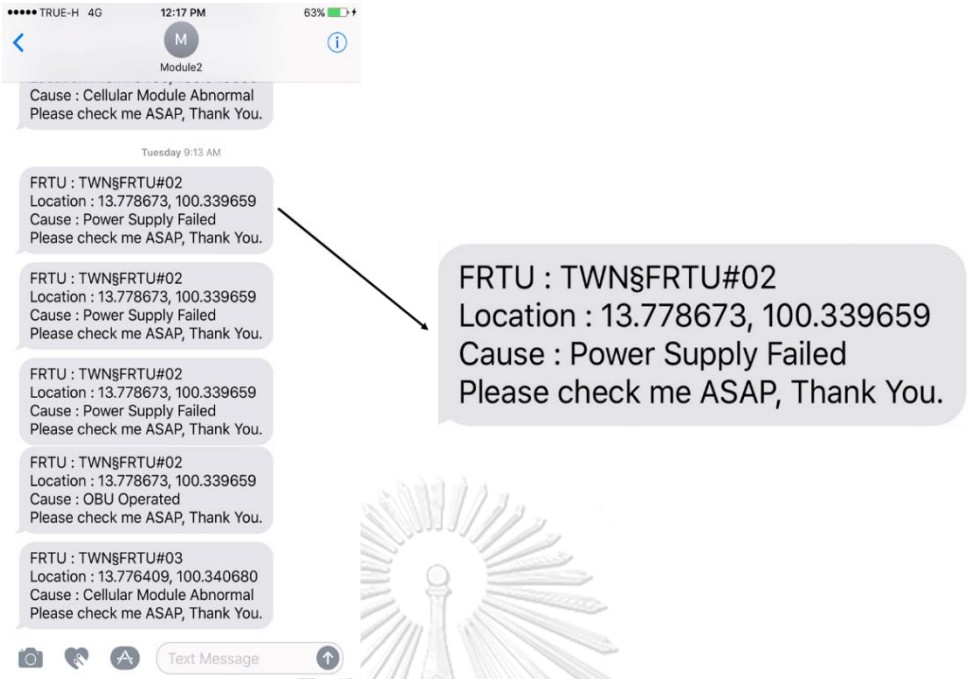


รูปที่ 3-69 การแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1 ผ่าน SMS ชุดที่ 1

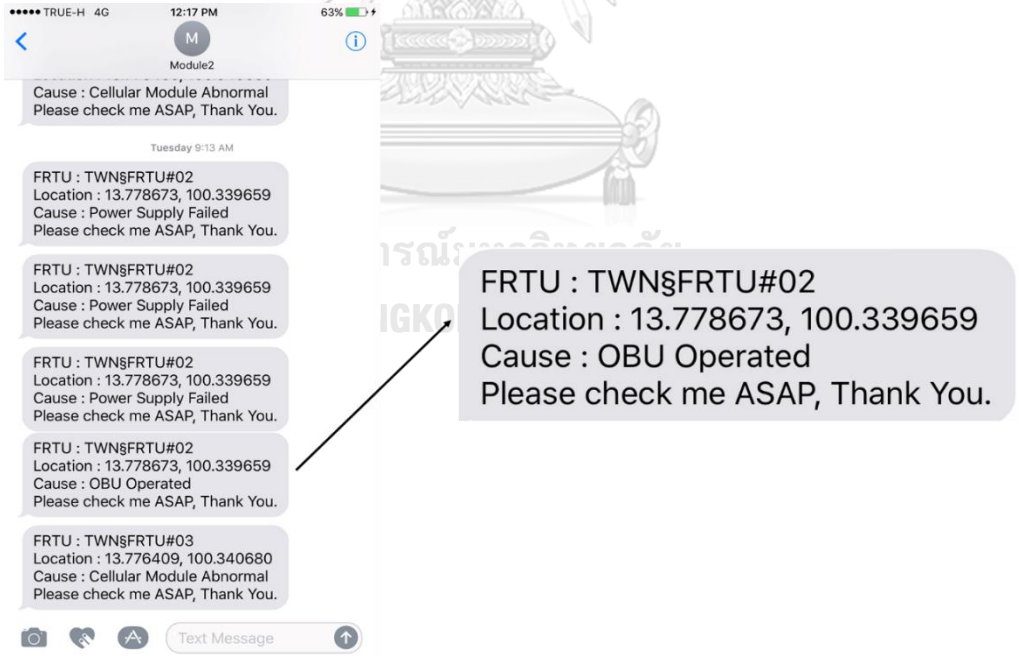


รูปที่ 3-70 การแจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 1 ผ่าน SMS ชุดที่ 2

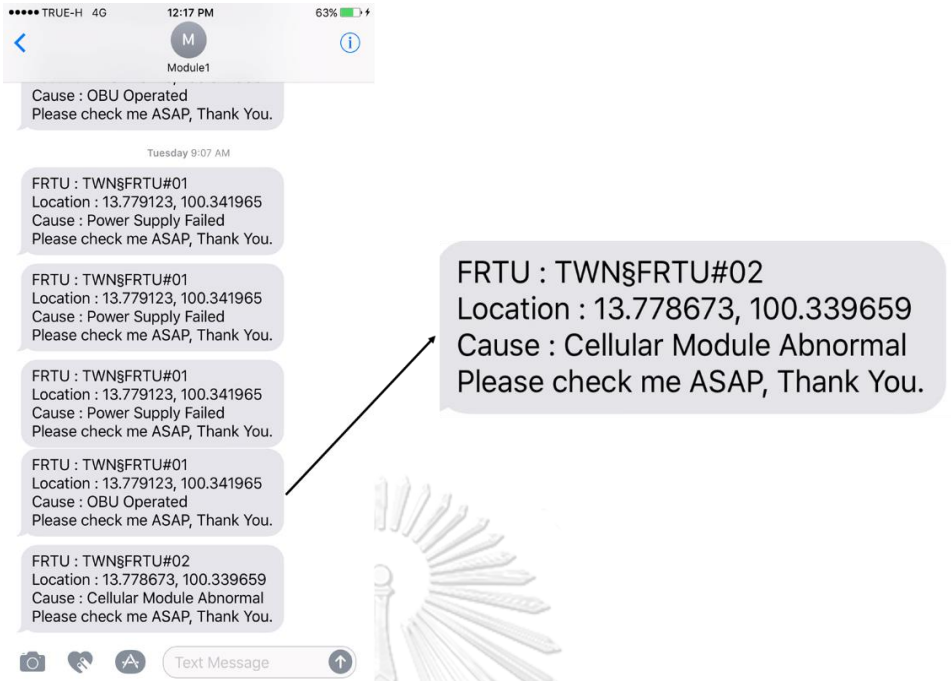
รูปที่ 3-71 การแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 3 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 1 ได้



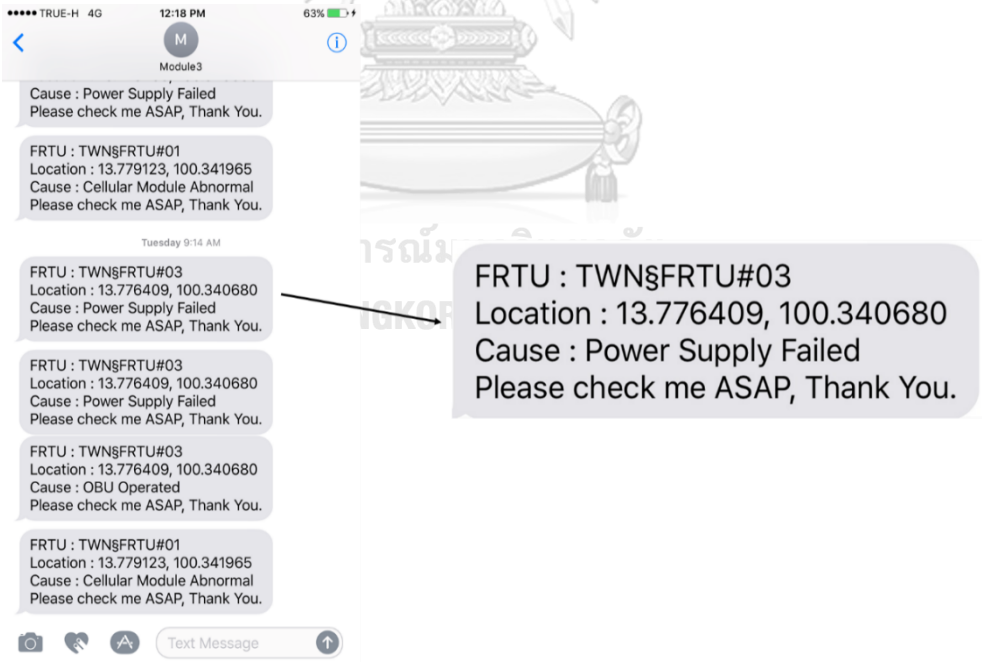
รูปที่ 3-72 การแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 ผ่าน SMS ชุดที่ 1



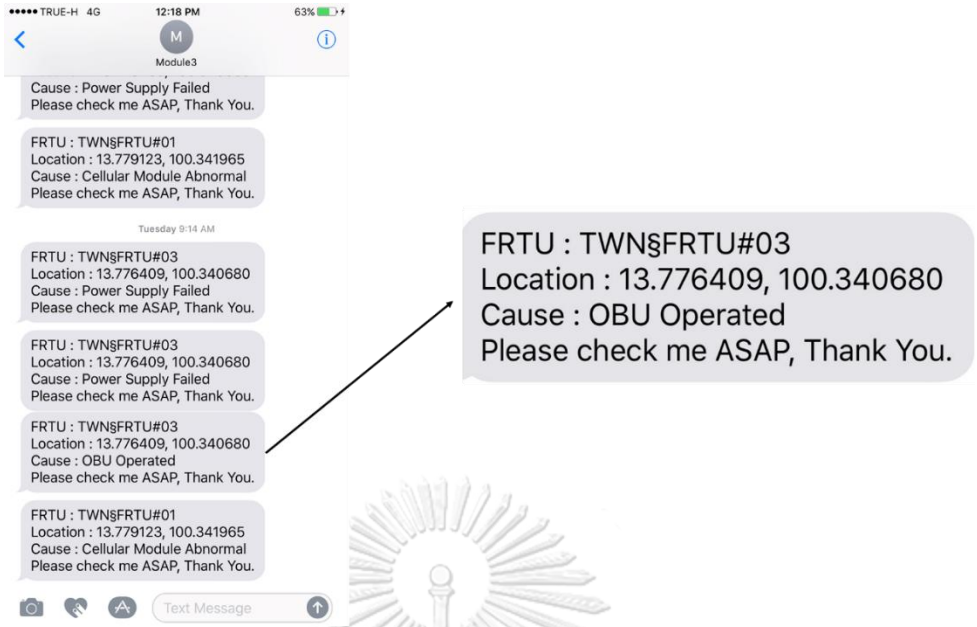
รูปที่ 3-73 การแจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 2 ผ่าน SMS ชุดที่ 2



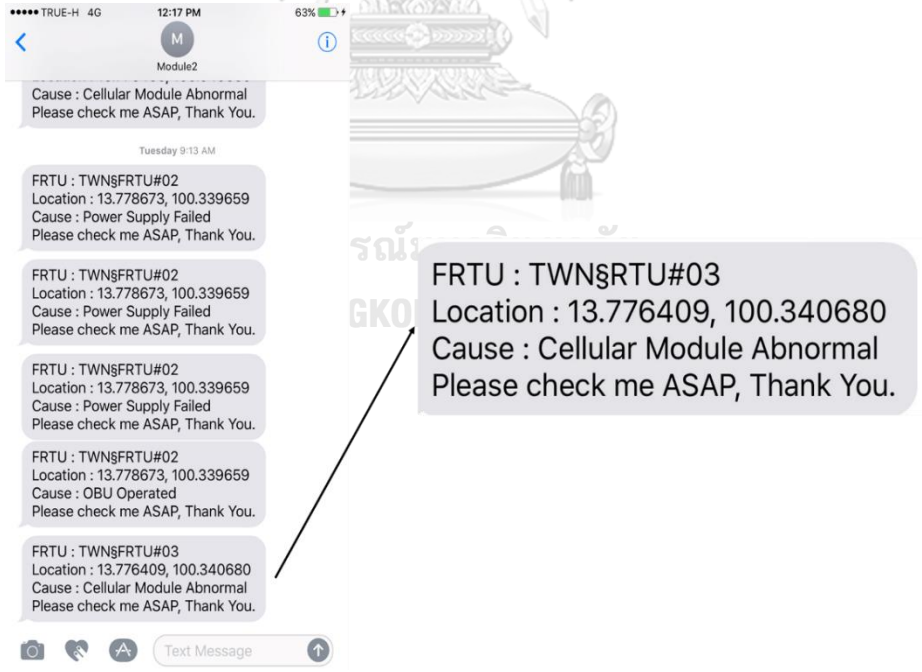
รูปที่ 3-74 การแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 1 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 2 ได้



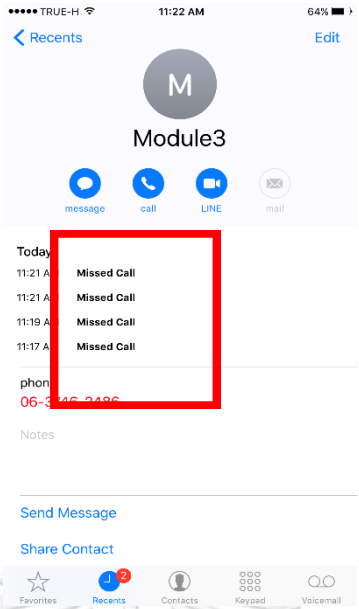
รูปที่ 3-75 การแจ้งเตือนแหล่งจ่ายไฟชำรุดจากอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3 ผ่าน SMS ชุดที่ 1



รูปที่ 3-76 การแจ้งเตือนอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้วที่อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3 ผ่าน SMS ชุดที่ 2



รูปที่ 3-77 การแจ้งเตือน SMS ชุดที่ 3 เนื่องจาก Cellular Module ชุดที่ 2 ไม่สามารถติดต่อ Cellular Module ชุดที่ 3 ได้



รูปที่ 3-78 ตัวอย่างการการแจ้งเตือนโดยอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ชุดที่ 3 โดยการโทรเข้าหาโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ดูแลระบบทั้งหมด 4 ครั้ง โดยการโทรหาผู้ดูแลระบบ 3 ครั้งแรก เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุดแล้วผู้ดูแลระบบไม่ได้ทำการตอบรับ ส่วนการโทรหาผู้ดูแลระบบครั้งสุดท้ายเนื่องจากจำลองอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำงานแล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3-4 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													**108**	**0**
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													**100.00**	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด	Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ชุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว			

ตารางที่ 3-5 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด		Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ชุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว				

ตารางที่ 3-6 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด	Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ชุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว			

ตารางที่ 3-7 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด		Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ชุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว				

ตารางที่ 3-8 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													**108**	**0**
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													**100.00**	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด		Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ชุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว				

ตารางที่ 3-9 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด		Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ขุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว				

ตารางที่ 3-10 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด		Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ขุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว				

ตารางที่ 3-11 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด	Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ชุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว			

ตารางที่ 3-12 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน	Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด	Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ชุดถัดไปไม่ได้	
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน	Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว				

ตารางที่ 3-13 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 1 มีนาคม 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด	Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ขุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว			

ตารางที่ 3-14 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 2 มีนาคม 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน	Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด	Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ชุดถัดไปไม่ได้	
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน	Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว				

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3-15 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 3 มีนาคม 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด	Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ชุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว			

ตารางที่ 3-16 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 4 มีนาคม 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด	Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ชุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว			

ตารางที่ 3-17 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 5 มีนาคม 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด		Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ขุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว				

ตารางที่ 3-18 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 6 มีนาคม 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													**108**	**0**
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													**100.00**	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด	Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ชุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว			

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-19 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 7 มีนาคม 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน	Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด	Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ชุดถัดไปไม่ได้	
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน	Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3-20 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 8 มีนาคม 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด		Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ขุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว				

ตารางที่ 3-21 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 9 มีนาคม 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด		Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ชุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว				

ตารางที่ 3-22 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 10 มีนาคม 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน	Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด	Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ชุดถัดไปไม่ได้	
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน	Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3-23 ตารางบันทึกผลการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ประจำวันที่ วันที่ 11 มีนาคม 2561

รูปแบบ/ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	แจ้งสำเร็จรวม (ครั้ง)	ไม่แจ้งรวม (ครั้ง)
Module#1														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#2														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Module#3														
Alarm#1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
Alarm#3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	0
รวมทั้งหมด													108	0
ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน (%)													100.00	

หมายเหตุ :	/	หมายถึง	แจ้งเตือน		Alarm#1	หมายถึง	Power supply ชำรุด	Alarm#3	หมายถึง	ติดต่อ Cellular Module ขุดถัดไปไม่ได้
	X	หมายถึง	ไม่แจ้งเตือน		Alarm#2	หมายถึง	OBU ลัดสัญญาณแสงแล้ว			

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
สรุปผล

4.1 บทสรุป

งานวิจัยฉบับนี้ได้พัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ เพื่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง (Fibermesh) จากบริษัท Furukawa Electric ประเทศญี่ปุ่น จำนวน 4 ชุดมาใช้ในการทดสอบ โดยก่อนการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงในระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU ของ กฟน. ที่ใช้งานจริงในปัจจุบัน จำเป็นต้องทดสอบในระบบจำลองก่อน การทดสอบในระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU จำลอง พบว่าอุปกรณ์อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงสามารถใช้งานในระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU จำลองได้ปกติรวมถึงสามารถลัดสัญญาณแสงได้จริงเมื่อจำลองแหล่งจ่ายไฟอุปกรณ์ลัดสัญญาณชำรุด ในส่วนการพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือน พบว่าอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ทั้ง 3 ชุด สามารถทำงานแจ้งเตือนเหตุขัดข้องและตรวจสอบสถานะ Cellular Module ซึ่งกันและกันได้ตามที่ออกแบบไว้ทั้งหมด

ภายหลังจากการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ และอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงในระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU จำลอง เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ จึงนำไปติดตั้งและทดสอบการใช้งานในระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU ของ กฟน. ที่ใช้งานจริงในปัจจุบัน จากการทดสอบพบว่าอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ และอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงสามารถใช้งานร่วมกับระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU ของ กฟน. ได้ปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อพิจารณาความสามารถของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ในการลดระยะเวลาขัดข้องของระบบสื่อสารระหว่างระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟชำรุด พบว่าระยะเวลาขัดข้องภายหลังจากติดตั้งอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ระยะเวลาขัดข้องลดลงได้ถึง 38.17% และเมื่อพิจารณาการใช้อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงในการลดระยะเวลาขัดข้องในระบบสื่อสารระหว่างระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU พบว่าระยะเวลาการแก้ไขเหตุขัดข้องลดลง 36.32% เมื่อเทียบกับกรณีไม่ติดตั้งอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง เมื่อพิจารณาความสามารถของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสง ในการลดค่าแรงในการแก้ไขปัญหาของเจ้าหน้าที่บำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน พบว่าสามารถลดการทำงานเจ้าหน้าที่งานบำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อนได้ เนื่องจากอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงสามารถกลับมาทำงานได้ปกติภายใน 7 วินาที ส่งผลให้เจ้าหน้าที่งานบำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อนไม่จำเป็นต้องเดินทางไปปลดการลัดสัญญาณแสงอีกครั้ง ดังนั้นค่าแรงในการแก้ไขปัญหาจึงสามารถลดลงได้ถึง 50%

การทดสอบความเชื่อถือได้ในการแจ้งเตือนเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ที่ได้พัฒนาขึ้น ตามเงื่อนไขการทดสอบโดยใช้งานต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 480 ชั่วโมง พบว่าอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ทั้ง 3 ชุดสามารถทำงานได้ปกติ และอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ทั้ง 3 ชุด สามารถแจ้งเตือนได้ถูกต้องทั้งหมด มีความเชื่อถือได้ในการแจ้งเตือน 100%

4.2 ข้อเสนอแนะ

1) พัฒนาในส่วนการแจ้งเหตุขัดข้องและบันทึกเหตุขัดข้องลงในฐานข้อมูล เช่น SQL เพื่อแสดงผลในเชิงสถิติเหตุขัดข้องประจำปี และสะดวกต่อการค้นหาประวัติการชำรุดขัดข้องและต่อยอดในการบันทึกแนวทางการแก้ไขปัญหาแต่ละสาเหตุขัดข้อง เพื่อเป็นประโยชน์ในเชิงการบริหารจัดการองค์ความรู้ในการลดระยะเวลาแก้ไขปัญหาของช่างเทคนิค รวมถึงการประมาณการเหตุขัดข้องในปีต่อไปเพื่อจัดสรรงบประมาณและอุปกรณ์อะไหล่และพื้นที่จัดเก็บอุปกรณ์อะไหล่ได้อย่างเหมาะสม
2) เนื่องจากระบบ SMS ในบางขณะระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ไม่สามารถดำเนินการส่ง SMS ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็ว บางครั้งมี Delay time เกิดขึ้น เพื่อให้ได้เวลาที่เกิดเหตุขัดข้องที่แน่นอน ควรมีการเพิ่มข้อมูลเวลาเกิดเหตุขัดข้อง (Time Stamp) ของแหล่งจ่ายไฟ และ เวลาที่อุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงทำการลัดสัญญาณแสงในข้อความสั้นด้วย โดยข้อมูลเวลาดังกล่าวสามารถเก็บค่าได้จาก Buffer Alarm ของอุปกรณ์ FRTU แต่ทั้งนี้ต้องศึกษาวิธีการเรียกข้อมูล Buffer จาก FRTU และรูปแบบโปรโตคอลในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต้นแบบฯ กับอุปกรณ์ FRTU ด้วย
3) กรณีมีการเปลี่ยนแปลงเชิงนโยบายจากรัฐบาล ในส่วนการพัฒนาระบบโครงข่ายพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะโดยกำหนดความร่วมมือระหว่างการไฟฟ้านครหลวงและผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ การพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนในรูปแบบ IoT จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจอย่างมาก เนื่องจากสามารถต่อยอดเทคโนโลยีได้หลากหลายมากขึ้น
4) พัฒนาอัลกอริทึมอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ในส่วนการตรวจสอบสถานะของกันและกัน เพื่อรองรับการใช้งานอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ในจำนวนเพิ่มมากขึ้น
5) การพัฒนาอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงในอนาคต ควรเป็นอุปกรณ์ Media Converter ที่มีความสามารถลัดสัญญาณแสงได้ในชุดเดียวกัน และมีระบบสื่อสารสำรองที่ใช้งานพลังงานน้อยโดยใช้พลังงานแบตเตอรี่สำรองของอุปกรณ์เองเพื่อรองรับการแจ้งเตือนการลัดสัญญาณแสงให้ผู้ดูแลระบบทราบได้ทันที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6) พัฒนาระบบแจ้งเตือนฯ ร่วมกับพัฒนาอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงให้เป็นอุปกรณ์เดียวกันเพื่อรองรับการใช้งานในระบบโครงข่ายพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะได้ในอนาคต

4.3 ข้อดี

1) อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ที่พัฒนาขึ้นโดยอาศัยหลักการตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งหลักการทำงานของอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงจะเปลี่ยนสถานะการทำงานตามสถานะของแหล่งจ่ายไฟ ดังนั้นอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ จึงสามารถรองรับการใช้งานกับอุปกรณ์ลัดสัญญาณแสงที่จำหน่ายในตลาดปัจจุบันรวมถึงในอนาคตได้โดยไม่จำเป็นต้องปรับแต่งเพิ่มเติม

2) กรณีผู้ปฏิบัติงานมีความต้องการทราบสถานะเพิ่มเติมจากที่ออกแบบไว้ อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ มีความยืดหยุ่นในการพัฒนาและรองรับการตรวจสอบค่าสถานะต่าง ๆ เพิ่มเติมได้ในอนาคต ทำให้ลดระยะเวลาในการวิเคราะห์สาเหตุรวมถึงการตรวจสอบในระบบ DMS อีกครั้ง

3) การใช้งานอุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ ช่วยให้การทำงานของงานบำรุงรักษาอัตโนมัติสายป้อนมีความเชื่อถือได้มากขึ้น กรณีผู้บังคับบัญชาต้องการทราบเหตุขัดข้องทำให้สามารถรายงานเหตุขัดข้องให้ข้อมูลสาเหตุและแจ้งประสานงานแก้ไขเหตุขัดข้องได้ทันท่วงที

4.4 ข้อเสีย

1) อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ จำลองการใช้งานเพียง 3 ชุด ยังไม่ครอบคลุมการใช้งานอุปกรณ์ FRTU ทั้งหมด

2) อุปกรณ์ต้นแบบระบบแจ้งเตือนฯ มีการใช้งานซิมแบบเติมเงิน จำเป็นต้องมีการเติมเงินทุกเดือน ยังไม่เหมาะสมกับการใช้งานจริงในระบบ DMS กับอุปกรณ์ FRTU จำนวนมาก ควรมีการเปลี่ยนรูปแบบการใช้งานใหม่ จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือการใช้งานระบบโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ระหว่างหน่วยงานของรัฐและผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

[1] การไฟฟ้านครหลวง, ฝ่ายระบบโครงสร้างพื้นฐาน, กองระบบควบคุมอัตโนมัติ, งานบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสายป้อน. เอกสารข้อมูลสถิติเหตุขัดข้องระบบ *DMS* กับ *FRTU* ประจำปี *2560*.

[2] การไฟฟ้านครหลวง, ฝ่ายระบบโครงสร้างพื้นฐาน. เอกสารค่าแรงมาตรฐานในวันทำการปกติ ประจำปี *2560*.

[3] Lee, S.-S., *Realization of FDDI optical bypass switches using surface micromachining technology*. Microelectronic Structures and Microelectromechanical Devices for Optical Processing and Multimedia Applications, 1995. **Proc. SPIE 2641**.

[4] Zhang, Q., *Restoration Design with Selective Optical Bypass in IP-over-Optical Networks*, in *Optical Fiber Communication Conference and Expositon and the National Fiber Optic Engineers Conference (OFC/NFOEC)*. 2012.

[5] Ware, C.d., *Cross-layer reconfigurable optical network: fast failure recovery in testbed for routing algorithms*, in *International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON)*. 2011. p. p 1-4.

[6] Chamania, M., *Achieving IP Routing Stability with Optical Bypass, Advanced Networks and Telecommunication Systems (ANTS)*, in *IEEE 3rd International Symposium*. 2009.

[7] Karol, M., *A Distributed Algorithm for Optimal (Optical) Bypass of IP Routers to Improve Network Performance and Efficiency*, in *Information Sciences and Systems (CISS) 45th Annual Conference*. 2011.

[8] Chang, C.-H., *All-Passive Optical Fiber Sensor Network with Self-Healing Functionality*, in *Progress in Electromagnetic Research Symposium (PIERS)*. 2016.

[9] Zang, D., *OpticV: An energy-efficient datacenter network architecture by MEMS-based all-optical bypassing*, in *IEEE Optical Interconnects Conference (OI)*. 2016. p. p.70-71.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[10] Alba, M. *Wastewater Treatment with the Internet of Things* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.engineering.com/IOT/ArticleID/14925/Wastewater-Treatment-with-the-Internet-of-Things.aspx. สืบค้นวันที่ 25 สิงหาคม พ.ศ. 2560.

[11] AIS. เอไอเอส เปิดเครือข่ายอัจฉริยะ *Narrow Band Internet of Thing : NB-IoT LIVE* ครั้งแรก ในไทยและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://community.ais.co.th/thread/19278. สืบค้นวันที่ 25 สิงหาคม พ.ศ. 2560.

[12] Matichon. ทรู จับมือ หัวเว่ย สร้างศูนย์ *IoT* แห่งแรกในไทย [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.matichon.co.th/news/453851. สืบค้นวันที่ 4 กันยายน พ.ศ 2560.

[13] ETT. *ET-BUSIO-DCIN* [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก: http://www.ett.co.th/product/12A23.html. สืบค้นวันที่ 11 กันยายน 2560.

[14] ETT. *ET-MINI PWR-ADJ* [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก: http://www.etteam.com/prod2013/et-mini-pwr-adj/et-mini-pwr-adj.html. สืบค้นวันที่ 29 กันยายน 2560.

[15] ETT. *ET-BASE-AVR-EASY32U4* [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก: http://www.ett.co.th/prod2012/AVR-EASY32U4/ET-BASE-AVR-EASY32U4.html. สืบค้นวันที่ 11 กันยายน 2560.

[16] ETT. *ET-3G UC15* [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก: http://www.etteam.com/prod2015/ET-3G%20UC15/ET-3G%20UC15.html. สืบค้นวันที่ 11 กันยายน 2560.

[17] AIS. รายละเอียดแพ็กเกจ *AIS 4G Max Speed* [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก: http://www.ais.co.th/4gmaxspeed/index.html?intcid=postpaid:th:mainPackage:fullSpeedInternet:4gmaxspeedPackage. สืบค้นวันที่ 2 ตุลาคม 2560.

[18] TruemoveH. รายละเอียดแพ็กเกจ *TruemoveH 4G+* ฟัน อันลิมิเต็ด [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก: http://truemoveh.truecorp.co.th/package/most_advanced_services/186/postpaid/แพ็กเกจ_4G_ฟัน_อันลิมิเต็ด. สืบค้นวันที่ 2 ตุลาคม 2560.

[19] DTAC. รายละเอียดแพ็กเกจ *DTAC Super Non-stop 299* [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก: https://www.dtac.co.th/postpaid/products/super-non-stop.html. สืบค้นวันที่ 2 ตุลาคม 2560.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

[20] AIS. โปรโมชั่น *AIS* ซิมสุดคุ้ม [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก: http://www.ais.co.th/one-2-call/simcard/soodkoom.html. สืบค้นวันที่ 2 ตุลาคม 2560.

[21] TruemoveH. โปรโมชั่น *Truemove H* ซิมยกก๊วน [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก: http://truemoveh.truecorp.co.th/package/prepaid. สืบค้นวันที่ 2 ตุลาคม 2560.

[22] DTAC. โปรโมชั่น *DTAC* ซิมโซเชียลฮีโร่ [ออนไลน์]. สืบค้นได้จาก: https://www.dtac.co.th/prepaid/products/sim-social-hero.html. สืบค้นวันที่ 2 ตุลาคม 2560.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพรเทพ ศรีสัมพันธุ์ เกิดเมื่อวันที่ 11 เมษายน พ.ศ. 2530 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในปีการศึกษา 2551 ต่อมาได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ในกลุ่มวิจัยโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะและพลังงานหมุนเวียน คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University