



## รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การหาคุณสมบัติของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณในระบบมอนิเตอร์ DVB-T2

Characterization of Probe in the DVB-T2 Monitoring system

นางสาวภาวิณี เดชโยธิน

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2560



## รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การหาคุณสมบัติของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณในระบบมอนิเตอร์ DVB-T2

Characterization of Probe in the DVB-T2 Monitoring system

นางสาวภาวิณี เดชโยธิน

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การหาคุณสมบัติของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณในระบบมอนิเตอร์ DVB-T2

ชื่อ-สกุล นักศึกษา ภาวิณี เดชโยธิน

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ดร. สถาพร พรหมวงศ์ และ ผศ. มนต์ชัย แซ่มซ้อย

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน สุธี สุวรรณประภา

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน)

## บทคัดย่อ

ปัจจุบันการออกอากาศสัญญาณโทรทัศน์ของประเทศไทยในปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนผ่านจากระบบแอนะล็อกสู่การแพร่ภาพโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินยุคที่สอง จะต้องมีการตรวจวัด และวิเคราะห์ช่องสัญญาณอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากในการออกอากาศสัญญาณโทรทัศน์จะต้องมีการออกอากาศอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อเกิดปัญหาเกี่ยวกับการออกอากาศ จึงต้องมีวิธีการตรวจจับปัญหาที่เกิดขึ้น และทำการแจ้งเตือนให้เร็วที่สุดเพื่อที่จะได้ดำเนินการแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณถือเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งในการตรวจเช็คสัญญาณในระบบมอนิเตอร์การถ่ายทอดสัญญาณ โดยโครงการนี้จะเป็นการศึกษาหน้าที่ การทำงาน และรายละเอียดของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญต่อระบบการตรวจสอบสัญญาณ รวมทั้งภาพรวมระบบที่ใช้ในการวัดและวิธีการใช้งานอุปกรณ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการแก้ไข และพัฒนาคุณภาพการกระจายสัญญาณต่อไป

คำสำคัญ : การแพร่ภาพโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินยุคที่สอง, ระบบการมอนิเตอร์, การแจ้งเตือน, อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ, ระบบมอนิเตอร์การถ่ายทอดสัญญาณ

**Co-operative Title:** Characterization of Probe in the DVB-T2 Monitoring system  
**Student Intern Name:** Pavinee Dechyothin  
**Faculty:** Engineering    **Department:** Telecommunication  
**Advisor Name:** Dr. Sathaporn Promwong and Asst. Prof. Monchai Chamchoy  
**Mentor Name:** Suthee Suwannaprapa  
**Company:** Mcot Public Company Limited

## ABSTRACT

Today, Thai broadcasting system had changed from analog to DVB-T2. The system must be Broadcast monitor on a regular basis. So when the problem occur in the broadcast. There must be a way to detect the problem, notify and alarm it as soon as possible for resolved problem. The Probe is a very important device to detect the signal in Broadcast monitor. This project had study the functions and details of the detector, which is essential for the detection system, include an overview of the system used to measure and how to use the device. This is a benefit to fix and improve the quality of distribution.

**Keywords:** DVB-T2, Monitoring system, Alarm system, Probe, Broadcast monitor

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากการสนับสนุนจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ได้สร้างขึ้นโครงการสหกิจขึ้นมา และโครงการนี้ไม่อาจสำเร็จได้หากไม่ได้รับความกรุณาของ ดร. สถาพร พรหมวงศ์ และผศ. มนต์ชัย แซ่มซ้อย อาจารย์ที่ปรึกษา และเป็นอาจารย์นิเทศ เพื่อชี้แนะแนวทางในการทำงาน คอยให้การสนับสนุน และช่วยเหลือเมื่อมีปัญหาตลอดการทำโครงการ ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมที่เป็นกรรมการสอบสหกิจศึกษาทุกท่านที่ได้ชี้แนะให้รายงานฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณความช่วยเหลืออนุเคราะห์จากบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) ที่ได้มอบโอกาสให้เข้าไปทำสหกิจศึกษา มอบประสบการณ์และความรู้ต่าง ๆ ในการทำงาน รวมถึงการให้ความช่วยเหลือจากคุณธานีธร์ ธารวศานวงศ์ ผู้จัดการฝ่ายแผนงานวิศวกรรม ผู้ซึ่งได้ให้โอกาสเข้ามาทำโครงการสหกิจศึกษาในแผนกวิศวกรรมของบริษัท อสมท ขอขอบคุณคุณสุธี สุวรรณประภา ผู้ให้ความช่วยเหลือด้านการจัดการอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการดำเนินงาน และให้ความช่วยเหลือในด้านของการติดต่อประสานงานในส่วนต่าง ๆ ขอขอบคุณคุณบัณฑิต รักวีระธรรม วิศวกรอาวุโส ที่เป็นพี่เลี้ยงคอยให้คำปรึกษาในด้านของเนื้อหาข้อมูล และการวิเคราะห์ในด้านต่าง ๆ อีกทั้งเป็นผู้นิเทศโครงการ และขอขอบคุณคุณสมชาย พรเจริญสุข ที่คอยให้ข้อมูลคำปรึกษา และช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ต่าง ๆ ของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ หรือ Probe รวมถึงพี่ ๆ ที่คอยช่วยเหลือในห้อง ศูนย์ปฏิบัติการโครงข่าย หรือ network operation center (NOC) และพี่ ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ที่ให้คำปรึกษาและคอยให้คำแนะนำในการทำงานมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการทำงาน วิจัยนี้ ช่วยตอบปัญหา หรือข้อสงสัยบางประการที่ไม่เข้าใจ ให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยส่งเสริมและสนับสนุน คอยให้กำลังใจในการทำงานวิจัยนี้

ภาวิณี เดชโยธิน

ผู้จัดทำ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ .....	I
ABSTRACT .....	II
กิตติกรรมประกาศ .....	III
สารบัญ .....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1. ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3. ขอบเขตของการวิจัย .....	2
1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	4
2.1. PROBE (MEDIA MONITORING PROBE) .....	4
2.2. การมอนิเตอร์ (MONITORING).....	4
2.3. เทคโนโลยีการส่งสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ภาคพื้นดิน .....	6
2.4. ASI (ASYNCHRONOUS SERIAL INTERFACE) .....	10
2.5. สถานีส่งสัญญาณ.....	12
2.6. ระบบเครือข่ายสำรอง (REDUNDANT SYSTEM) .....	16
2.7. SNMP (SIMPLE NETWORK MANAGEMENT PROTOCOL).....	17
2.8. POWER .....	19
2.9. SLA (SERVICE-LEVEL AGREEMENT) .....	21
บทที่ 3 การวิเคราะห์อุปกรณ์ และวิธีดำเนินงาน .....	23
3.1. ตำแหน่ง และการวัดสัญญาณของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (สถานีหลัก).....	23

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2. อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ MEDIA MONITORING PROBE รุ่น TNS4200 .....	25
3.3. การใช้งานอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ MEDIA MONITORING PROBE รุ่น TNS4200 .....	29
3.4. อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณซึ่งสร้างขึ้นโดยบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) .....	50
3.5. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ ซึ่งสร้างขึ้นโดย อสมท. ....	52
3.6. ขั้นตอนการวัดค่าการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณซึ่งสร้างขึ้นโดย อสมท.....	55
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง .....</b>	<b>57</b>
4.1. การคำนวณค่าแรงดัน( $\text{dB}\mu\text{V}$ ) ไปเป็นค่ากำลัง( $\text{dBm}$ ) .....	57
4.2. ผลการวัดค่าแรงดันด้วยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ ซึ่งสร้างขึ้นโดย อสมท.....	60
4.3. ผลการเก็บค่าคุณภาพสัญญาณในการออกอากาศด้วยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ รุ่น TNS4200 .....	64
<b>บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>67</b>
5.1. สรุปการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ.....	67
5.2. สรุปผลการเก็บค่า .....	67
5.2. ข้อเสนอแนะ .....	68
<b>เอกสารอ้างอิง .....</b>	<b>69</b>
<b>ภาคผนวก .....</b>	<b>71</b>
ภาคผนวก ก .....	72
ภาคผนวก ข.....	73

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อัตราส่งข้อมูลสูงสุด เมื่อกำหนดค่าสัญญาณรบกวนเท่ากัน.....	8
3.1 หน้าที่การทำงานของขาใน PORT ALARM/RESET .....	28
3.2 สเปคของไฟฟ้ากระแสตรงที่เครื่องสามารถรับได้ .....	28
4.1 ค่ากำลังที่ผ่านการคำนวณเพื่อแปลงหน่วยของช่อง 26 .....	58
4.2 ค่ากำลังที่ผ่านการคำนวณเพื่อแปลงหน่วยของช่อง 33 .....	58
4.3 ค่ากำลังที่ผ่านการคำนวณเพื่อแปลงหน่วยของช่อง 42 .....	59
4.4 ค่ากำลังที่ผ่านการคำนวณเพื่อแปลงหน่วยของช่อง 51 .....	59
4.5 ค่ากำลังที่ผ่านการคำนวณเพื่อแปลงหน่วยของช่อง 60 .....	60
5.1 ค่าแรงดันเฉลี่ยที่วัดได้ในช่องความถี่ต่าง ๆ สัญญาณที่ 26 ความถี่กลาง 514 MHz .....	67
5.2 สรุปล่วงเวลาที่เกิดค่าสถานะต่าง ๆ ตั้งแต่วันที่ 1 เดือนสิงหาคม ถึงวันที่ 31 เดือนตุลาคม ..	68

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	บล็อกไดอะแกรมของงานวิจัย .....2
2.1	ส่วนประกอบของ HEADER ในกระแสข้อมูลขนส่ง..... 10
2.2	บล็อกไดอะแกรมแสดงการเชื่อมต่อแบบ ASI ที่มีการส่งผ่านข้อมูลผ่านสายโคแอกซ์เซี่ยล ..... 10
2.3	ตำแหน่งการทำงานของสวิตช์ในระบบของสถานีส่งสัญญาณ ..... 12
2.4	โครงสร้างการทำงานและส่วนประกอบภายในสวิตช์..... 13
2.5	HEADER ในขั้นตอนของกระบวนการ FORWARDING PROCESS..... 14
2.6	ตำแหน่งการทำงานของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในระบบสถานีส่งสัญญาณ ..... 14
2.7	การทำงานของระบบเครือข่ายสำรอง ..... 17
2.8	หลักการการทำงานของ SNMP ..... 19
2.9	แสดงเปอร์เซ็นต์การแจ้งเตือนของคุณภาพสัญญาณในการออกอากาศด้วยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ รุ่น TNS4200..... 22
3.1	บล็อกแผนภาพของระบบการมอนิเตอร์สัญญาณโดยผ่านอุปกรณ์ตรวจจับในสถานีส่ง..... 23
3.2	อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ รุ่น TNS4200 ..... 25
3.3	พอร์ตของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ รุ่น TNS4200 ..... 27
3.4	หน้าจอ LOGIN ..... 29
3.5	แถบหัวข้อหลักการใช้งาน..... 29
3.6	หน้าต่างแสดงสถานะอุปกรณ์..... 30
3.7	หน้าต่างแสดงสถานะอินพุต ..... 30
3.8	หน้าต่างแสดงสถานะการบริการ ..... 31
3.9	หน้าต่างการแจ้งเตือน ณ เวลาปัจจุบัน ..... 31
3.10	หน้าต่าง ALARM LOG..... 32
3.11	หน้าต่างแสดง SLA จากการใช้ GENERATE SLA ในหัวข้อ ALARM LOG..... 32
3.12	หน้าต่างสถานะใน24ชั่วโมง..... 33
3.13	หน้าต่างข้อมูลผลิตภัณฑ์ ..... 34
3.14	หน้าต่างการตั้งค่า SYSTEM ALARM ..... 34
3.15	หน้าต่าง ก่อน และหลังการกดยอมรับการกำหนดค่าในส่วนของการตั้งค่า CHASSIS CONFIG.... 35

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.16 หน้าต่างการตั้งค่าเวลา .....	36
3.17 หน้าต่างการตั้งค่า TXP .....	36
3.18 หน้าต่างการตั้งค่า SNMP .....	37
3.19 หน้าต่างการตั้งค่า SAVE/LOAD .....	38
3.20 หน้าต่างการบำรุงรักษา.....	38
3.21 หน้าต่างการตั้งค่าผู้ใช้งาน .....	39
3.22 การตั้งค่าหน้าต่างใช้งาน.....	40
3.23 หน้าต่างภาพรวมโครงข่าย.....	40
3.24 หน้าต่างการกำหนดเส้นทาง IP.....	41
3.25 หน้าต่างแสดงภาพรวมของ IP .....	42
3.26 หน้าต่างแสดงสถานะโดยรวมของอินพุต .....	43
3.27 หน้าต่างแสดงรายละเอียดอินพุต ASI .....	43
3.28 หน้าต่าง MAIN ของ INPUT .....	44
3.29 CONSTELLATION ของสัญญาณจากอินพุต DVB-T/T2.....	44
3.30 หน้าต่าง DVB-T/T2 ALARMS.....	45
3.31 แผนภูมิแท่งแสดงค่า PID.....	46
3.32 หน้ารวมการออกอากาศของทุกช่องรายการ.....	47
3.33 หน้าต่างรายละเอียดของ T2-MI.....	48
3.34 หน้าต่างภาพรวมของเอาร์ทพุต .....	49
3.35 หน้าต่าง ASI เอาร์ทพุต .....	49
3.36 หน้าต่าง IP OUTPUTS .....	50
3.37 ภาพถ่ายอุปกรณ์อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณที่สร้างขึ้นโดย อสมท .....	50
3.38 แผงวงจรภายในอุปกรณ์อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณที่สร้างขึ้นโดย อสมท.....	51
3.39 วงจรสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ .....	51
3.40 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ .....	52
3.41 เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมของบริษัท ROVER .....	52

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.42 เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ (EXCITER) ยี่ห้อ SYES.....	52
3.43 สาย COAXIAL CABLE .....	53
3.44 สาย POWER XLR.....	53
3.45 สาย LAN.....	53
3.46 ATTENUATOR ขนาด 10 dB .....	54
3.47 FLUKE 289 TRUE RMS MULTIMETER.....	54
3.48 POWER ADAPTOR USB .....	54
3.49 ภาพรวมระบบการวัดค่า .....	55
3.50 การวัดกำลังสัญญาณที่จ่ายออกมาจาก EXCITER ด้วย ROVER .....	55
3.51 การวัดแรงดันไฟฟ้าที่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณวัดได้ด้วย MULTIMETER.....	56
4.1 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เทียบกับกำลังไฟที่จ่ายเข้ามา ที่ความถี่กลาง 514 MHz.....	61
4.2 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เทียบกับกำลังไฟที่จ่ายเข้ามา ที่ความถี่กลาง 570 MHz.....	61
4.3 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เทียบกับกำลังไฟที่จ่ายเข้ามา ที่ความถี่กลาง 642 MHz.....	62
4.4 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เทียบกับกำลังไฟที่จ่ายเข้ามา ที่ความถี่กลาง 714 MHz.....	63
4.5 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เทียบกับกำลังไฟที่จ่ายเข้ามา ที่ความถี่กลาง 786 MHz.....	63
4.6 แรงดันไฟฟ้าที่ 0 dBm ในทุกช่องสัญญาณ .....	64
4.7 คุณภาพของสัญญาณในการออกอากาศ ประจำเดือน สิงหาคม .....	65
4.8 คุณภาพของสัญญาณในการออกอากาศ ประจำเดือน กันยายน.....	65
4.9 คุณภาพของสัญญาณในการออกอากาศ ประจำเดือน ตุลาคม .....	66

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1. ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากปัจจุบัน ประเทศไทยได้มีการส่งสัญญาณโทรทัศน์ภาคพื้นดินในรูปแบบดิจิทัล ซึ่งได้ทำการทดลองการส่งสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินครั้งแรกอย่างเป็นทางการ เมื่อวันที่ 5 ธันวาคม 2543 จากเดิมระบบการรับสัญญาณโทรทัศน์ของประเทศไทยเป็นระบบแอนะล็อก โดยระบบดิจิทัลมีจุดเด่นกว่าระบบแอนะล็อกในด้านความคมชัดของภาพและเสียง และการส่งข้อมูลแบบดิจิทัลสามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าแบบเดิม เนื่องจากมีจำนวนช่องรายการที่มากขึ้นสามารถส่งข้อมูลได้มากขึ้น (Multicasting) โดยในการถ่ายทอดสัญญาณแบบดิจิทัลนั้น การรับภาพจะเป็นไปในรูปแบบที่หากสามารถรับสัญญาณได้ก็จะสามารถแสดงภาพได้ แต่หากสัญญาณอ่อนจนถึงจุด ๆ หนึ่ง จะไม่สามารถแสดงผลได้เลย ส่งผลให้การตรวจสอบสถานะปัจจุบันของสัญญาณ และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ มีความสำคัญยิ่ง โดยการตรวจสอบสถานะปัจจุบันของสัญญาณ และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ นั้น จะช่วยให้สามารถทราบปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต จากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าต่าง ๆ รวมถึงทราบปัญหาที่เกิดขึ้นโดยทันทีทันใด

ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ หรือ Probe (Media Monitoring Probe) เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ในการตรวจจับสัญญาณที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบ เพื่อทำการตรวจสอบสัญญาณตามต้องการ จึงถือเป็นอุปกรณ์ที่มีความจำเป็น และมีสำคัญต่อระบบเป็นอย่างมาก

### 1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ

1.2.2 เพื่อศึกษาอุปกรณ์ และวิธีการวัดค่าสัญญาณในระบบ โดยมีอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณรุ่น TNS4200 เป็นส่วนประกอบ

1.2.3 เพื่อศึกษาอุปกรณ์ และวิธีการวัดค่าสัญญาณในระบบ โดยมีอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณซึ่งสร้างขึ้นโดยบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) เป็นส่วนประกอบ

1.2.4 สามารถทำการวัดสัญญาณ และเก็บค่าที่วัดได้อย่างถูกต้อง

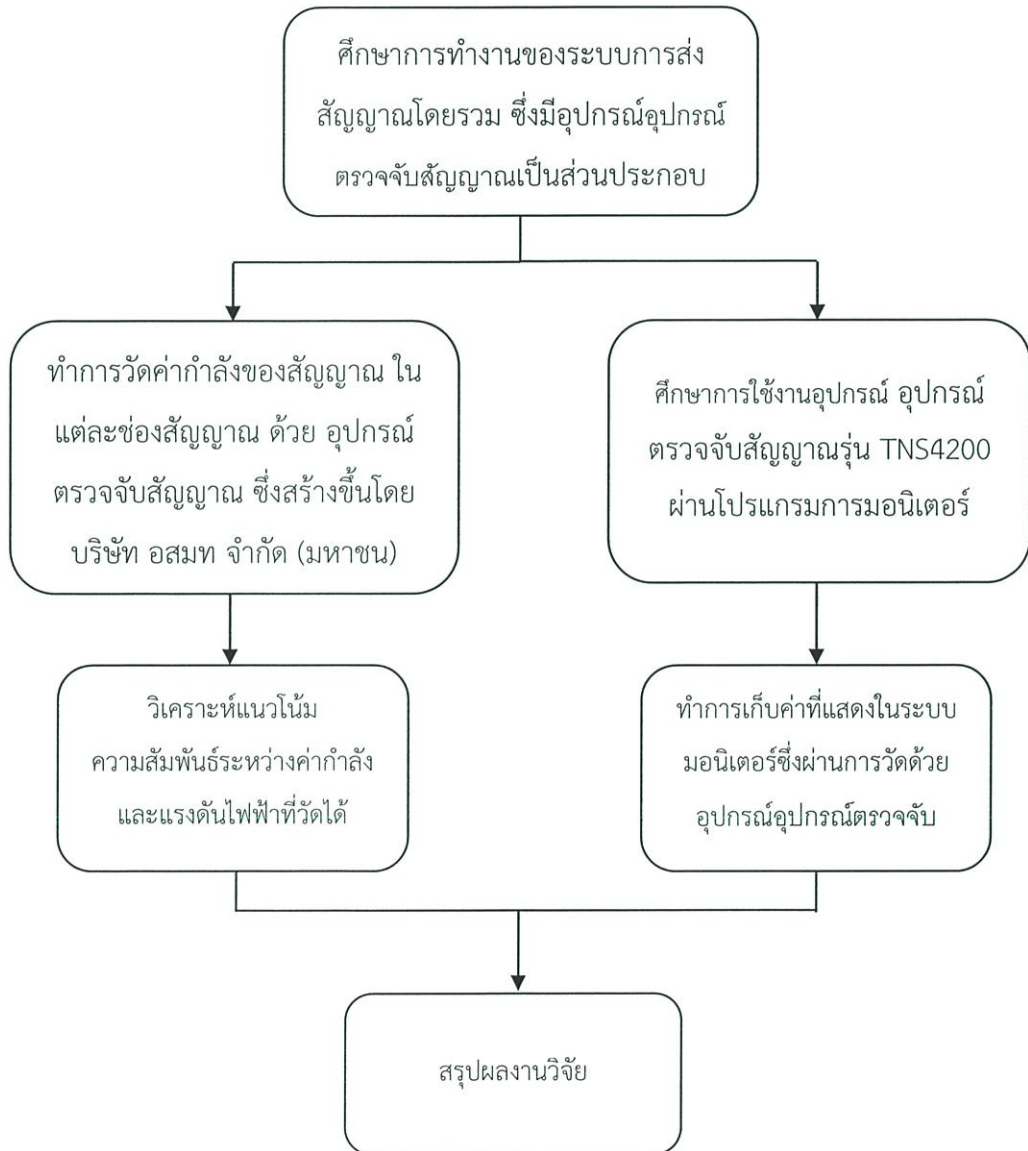
1.2.5 สามารถวิเคราะห์แนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลัง และแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ ซึ่งสร้างขึ้นโดยบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน)

### 1.3. ขอบเขตของการวิจัย

ได้แสดงรูปบล็อกไดอะแกรมของโครงการดังรูปที่ 1.1 โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.3.1 ศึกษาการทำงาน และทำการเก็บค่าวัดได้จากอุปกรณ์ตรวจสอบสัญญาณรุ่น TNS4200

1.3.2 ศึกษาการทำงาน และทำการเก็บค่าวัดได้จากอุปกรณ์อุปกรณ์ตรวจสอบสัญญาณ ซึ่งสร้างขึ้นโดยบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน)



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของงานวิจัย

#### 1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยเล่มนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาการใช้งานอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ Media Monitoring Probe รุ่น TNS4200 ผ่านซอฟต์แวร์ของอุปกรณ์ ในการแสดงค่า การแจ้งเตือน เมื่อเกิดความผิดปกติในสัญญาณ หรือสถานการณ์ใช้งานอุปกรณ์ เป็นต้น รวมถึงยังสามารถใช้ค่าที่ทำการวัดด้วยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณซึ่งสร้างขึ้นโดยบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) ในการอ้างอิง แนวโน้มของค่าที่อุปกรณ์วัดได้ ไปใช้ในสถานีเสริมอื่น ๆ โดยสามารถทราบค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 0dBm ในทุก ๆ ช่วงความถี่

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1. อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (Media Monitoring Probe)

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ หรือ Probe เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในระบบการมอดิเตอร์ เช่น สามารถตรวจจับสัญญาณอินพุตเพื่อบอกค่าสถานะของสัญญาณก่อนจะส่งข้อมูลสถานะนั้นไปยังส่วนของการมอดิเตอร์ต่อไป ทั้งยังสามารถตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบมอดิเตอร์ รวมถึงสามารถตรวจสอบสถานะสุดท้ายก่อนการส่งสัญญาณ เพื่อตรวจสอบค่าของสัญญาณเอาต์พุตก่อนออกอากาศได้อีกด้วย

โดยหากสามารถตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ในระบบได้มาก จะส่งผลให้การมอดิเตอร์มีประสิทธิภาพสูง และสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ เพื่อทราบตำแหน่งของปัญหาในระบบได้

#### 2.2. การมอดิเตอร์ (Monitoring)

เป็นระบบตรวจและติดตามการกระจายสัญญาณ (broadcast) สื่อเพลงและสื่อโฆษณา [1] ซึ่งทำหน้าที่เฝ้ามองการทำงานของเครือข่าย คอยเก็บบันทึกสถานะการทำงาน และแจ้งเตือนให้ผู้ดูแลทราบหากพบว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของระบบมีการทำงานที่ผิดพลาด โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลการกระจายสัญญาณดังกล่าวให้อยู่ในรูปแบบของฐานข้อมูล โดยอาศัยเทคโนโลยี และการทำงานด้วยระบบอัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งผลที่ได้จากการมอดิเตอร์นอกจากจะใช้ในการเก็บข้อมูลให้ผู้ควบคุมดูแลระบบทำการปรับปรุงระบบ หรือแก้ไขข้อผิดพลาด ทั้งยังสามารถนำไปเป็นข้อมูลให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องได้ โดยระบบการมอดิเตอร์จำเป็นจะต้องทำการติดตามข้อมูลในเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณได้ ซึ่งมีความสำคัญในการแปลงข้อมูลนี้ให้สามารถนำไปใช้ในการบริหารจัดการระบบได้

ในระบบการมอดิเตอร์นั้นจะมีส่วนสำคัญที่ต้องทำการมอดิเตอร์คืออุปกรณ์ เพื่อดูสถานะของอุปกรณ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องส่งหรือเครื่องสำรองไฟ เครื่องปั่นไฟ อีกส่วนคือสัญญาณในแต่ละจุดในระบบว่ามีข้อมูลและรูปแบบถูกต้องหรือมีการขาดหายไปหรือไม่ นอกจากนี้ในส่วนที่กล่าวมาซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการออกอากาศสัญญาณโทรทัศน์แล้วยังอาจจะมีการตรวจสอบและแจ้งเตือนในด้านของระบบด้วย เช่นแจ้งเตือนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการตั้งค่าในอุปกรณ์ต่าง ๆ หรือเมื่อมีผู้ใช้งานทำการ

Login เข้ามาในหน้าต่างของระบบพร้อมกันหลายคน โดยที่อุปกรณ์แต่ละตัวจะถูกรวมการแจ้งเตือนไว้ในที่เดียวเพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมและดูแล โดยใช้ software ในการจัดการ ซึ่งที่บริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) ได้ใช้ software ชื่อ VideolPath ในการจัดการการแจ้งเตือน

#### 2.2.1. ความสามารถโดยรวมของการมอนิเตอร์

1. ช่วยให้สามารถดูแลอุปกรณ์จำนวนมาก ที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน หรืออยู่ห่างไกล ออกไป ได้อย่างทั่วถึง
2. ผู้ดูแลไม่จำเป็นต้องนั่งเฝ้าดูการทำงานตลอดเวลา ก็ยังสามารถรับรู้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที
3. ช่วยให้เห็นภาพรวมของสถานะการทำงานของระบบ ทำให้สามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. สามารถเรียกดูสถานะการทำงานย้อนหลังเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ปัญหา รวมทั้งสามารถสรุปภาพรวมประสิทธิภาพของระบบได้

#### 2.2.2. คุณลักษณะของระบบการมอนิเตอร์

1. เรียบง่ายและได้ประสิทธิภาพ ระบบควรจะมีควมเรียบง่ายเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้และควรจะมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงพอที่จะให้ไม่เสียเวลาในการใช้งานระบบหรือมีเงื่อนไขขั้นตอนในการรายงานผลที่ยุ่งยาก
2. ระบบจะต้องให้ข้อมูลที่มีคุณภาพและเชื่อถือได้
3. ระบบจะต้องทำมากกว่าเพียงการเก็บข้อมูล โดยจะต้องมีการนำข้อมูลไว้วิเคราะห์คัดกรองเพื่อนำไปใช้งานในการศึกษาและตัดสินใจในการพัฒนาต่อไป

2.2.3. ข้อมูลการมอนิเตอร์จะสามารถนำไปใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพจะต้องผ่านกระบวนการดังนี้

1. ข้อมูลจะต้องทำการเก็บบันทึกด้วยวิธีและอุปกรณ์ที่เชื่อถือได้
2. ข้อมูลจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพตามเงื่อนไขที่กำหนด
3. ข้อมูลจะต้องผ่านการวิเคราะห์แล้วจึงนำไปใช้งาน
4. ข้อมูลจะต้องผ่านการวิเคราะห์แล้วจึงนำไปใช้งาน

หมายความว่าข้อมูลจากระบบการมอนิเตอร์จะต้องผ่านการเก็บ ตรวจสอบ รวบรวม และนำไปใช้งานอย่างเป็นระบบ

#### 2.2.4. สัญญาณในระบบมอนิเตอร์

ในด้านการมอนิเตอร์สัญญาณในจุดต่าง ๆ นั้นจะมีสิ่งต่าง ๆ ที่สามารถตรวจสอบได้แตกต่างกัน เช่น กระแสข้อมูลขนส่งจะมีมาตรฐานในการวิเคราะห์ ETR290 สัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ (RF) จะมีค่าพารามิเตอร์เกี่ยวกับกำลังงานและการมอดูเลชัน สัญญาณจาก Ethernet จะมีข้อมูลด้าน IP และ Packet อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดและวิเคราะห์จะเรียกว่า Probe ซึ่งมักจะมีอินพุตให้ใช้งานได้หลายอินพุตเพื่อทำการวิเคราะห์สัญญาณในหลาย ๆ จุดพร้อมกัน ทั้งนี้จำนวนอินพุตและสิ่งที่วัดได้อาจจะแตกต่างกันไปตามรุ่นและยี่ห้อของอุปกรณ์ รวมถึงการใช้งานเองก็แตกต่างกัน

### 2.3. เทคโนโลยีการส่งสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน

สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กทช.) ได้กล่าวไว้ว่ามาตรฐานสากลของเทคโนโลยีการส่งสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดินทั่วโลกในปัจจุบันมีเทคโนโลยีในการส่งโทรทัศน์อยู่หลาย มาตรฐาน [13] ได้แก่

1. มาตรฐาน ATSC (Advance Television System Committee, North American Standard) ได้รับการพัฒนาขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1998

2. มาตรฐาน DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial) ได้รับการพัฒนาขึ้นในทวีปยุโรปในปี ค.ศ. 1998

3. มาตรฐาน ISDB-T (Integrate Service Digital Broadcasting - Terrestrial) ได้ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น ในปี ค.ศ. 1999

4. มาตรฐาน DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast) เป็นระบบที่ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้งานเองในปี ค.ศ. 2006

5. DVB-T2 (Digital Video Broadcasting – Second Generation Terrestrial) พัฒนาจากระบบ DVB-T เดิม เป็น DVB-T2 รุ่นที่ 2 ที่พัฒนาโดยกลุ่มประเทศยุโรป เป็นระบบการส่งโทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัลที่ทันสมัยที่สุดในขณะนี้

### 2.3.1. DVB-T2 (Digital Video Broadcasting–Second Generation Terrestrial)

DVB-T2 เป็นมาตรฐานการส่งโทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัลที่ก้าวหน้าและทันสมัยที่สุด ที่มีประสิทธิภาพการใช้งานสูงสุดในขณะนี้ [2] สัญญาณมีความคงทน และมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน ได้นำเสนอการผสมสัญญาณ (modulation) ระบบใหม่สุด และเทคนิคการเข้ารหัสสัญญาณที่มีประสิทธิภาพสูงเท่าที่มีใช้งานในการส่งโทรทัศน์ในคลื่นความถี่ที่ส่งสัญญาณภาพ และเสียง และการบริการส่งข้อมูลที่ใช้สำหรับ เครื่องรับโทรทัศน์แบบเคลื่อนที่ (portable) และเครื่องรับโทรทัศน์แบบมือถือ (mobile) การใช้เทคนิคใหม่นี้ทำให้ DVB-T2 มีประสิทธิภาพอย่างน้อยสูงกว่า 50% ของประสิทธิภาพการส่งโทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัลอื่น ๆ ที่ใช้งานในโลก

### 2.3.2 หลักการทำงานของเทคโนโลยี DVB-T2

เช่นเดียวกับ DVB-T คุณสมบัติทางเทคนิคของ DVB-T2 ใช้หลักการผสมสัญญาณ OFDM (orthogonal frequency division multiplex) โดยการแบ่งคลื่นความถี่วิทยุเป็นความถี่ย่อยจำนวนมาก เพื่อให้ส่งสัญญาณที่มีความคงทน สิ่งที่เหมาะสมของ DVB-T และ DVB-T2 นั้นคือมีการปรับโหมดการทำงานได้หลายแบบ เป็นมาตรฐานการส่งโทรทัศน์ที่มีความยืดหยุ่นอ่อนตัว DVB-T2 ใช้เทคนิคระบบป้องกันแก้ไขความผิดพลาดของสัญญาณเหมือนกับมาตรฐานการส่งโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม (DVB-S2) และมาตรฐานการส่งโทรทัศน์ผ่านสายนำส่งสัญญาณ (DVB-C2) เทคนิคการเข้ารหัสสัญญาณ LDPC (Low Density Parity Check) รวมกันกับการ เข้ารหัสสัญญาณ BCN (Bose-Chaudhuri-Hocquengham) เพื่อให้สัญญาณมีความคงทน หลาย ๆ ทางเลือกมีให้ใช้ในการกำหนดจำนวนคลื่นความถี่ที่ใช้ออกอากาศ และกำหนดขนาดช่วงคาบเวลา (guard interval size) ในการกำหนดสัญญาณนำร่อง (pilot signal) ดังนั้นสิ่งที่กล่าวมาข้างต้น จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพเป้าหมายในระบบส่งสัญญาณโทรทัศน์ในช่องคลื่นความถี่ที่กำหนด ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของเทคโนโลยีใหม่ DVB-T คือ

1. Multiple Physical Layer Pipe ทำให้มีการแยกปรับโหมดเกี่ยวกับการกำหนดค่าความคงทนของสัญญาณ โทรทัศน์ ในการที่จะรองรับการให้บริการส่งโทรทัศน์ในรูปแบบต่างสภาพการใช้งาน ตัวอย่าง เช่น การรับ สัญญาณโทรทัศน์ภายในอาคาร หรือการรับสัญญาณโทรทัศน์จากสายอากาศที่ติดตั้งบนหลังคาของ อาคารที่พักอาศัย อีกทั้งช่วยให้การส่งสัญญาณโทรทัศน์ โดยเฉพาะ เครื่องรับโทรทัศน์ช่วยประหยัดพลังงานในการถอดรหัสสัญญาณเฉพาะการส่งสัญญาณโทรทัศน์รายการเดียวเมื่อเทียบกับการถอดรหัส การให้บริการส่งสัญญาณหลายรายการรวมกัน (Multiplex)

2. Alamouti coding เป็นวิธีการส่งที่หลากหลายในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ จะช่วยปรับปรุงเขตบริการรับ สัญญาณโทรทัศน์ ในเครือข่ายการส่งโทรทัศน์ความถี่เดียวกัน ในขนาดพื้นที่บริการขนาดเล็ก

3. Rotated Constellations ให้การเพิ่มความคงทนของสัญญาณโทรทัศน์ ในการส่งการระดับต่ำ

4. Extended interval ขยายช่องสัญญาณในการส่งข้อมูลสัญญาณในการเพิ่มข้อมูล (bit) เพิ่มขนาดกลุ่มข้อมูล (cell) เพิ่มช่องคาบเวลา และเพิ่มช่วงการใช้คลื่นความถี่

5. Future Extension Frame (FEF) ให้มาตรฐานการส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่สอดคล้องการปรับคุณภาพสูงขึ้นในอนาคต

จากผลสรุปดังกล่าว DVB-T2 สามารถเสนออัตราการส่งข้อมูลสูงกว่า DVB-T หรือสัญญาณโทรทัศน์มีความ คงทนมากกว่า ดังที่แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงอัตราส่งข้อมูลสูงสุด เมื่อกำหนดค่าสัญญาณรบกวนเท่ากัน [3]

Data	DVB-T	DVB-T2
FEC	Convolution Coding+Reed Solomon 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 ,7/8	LDPC + BCH 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
Modes	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
Guard Interval	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128
FFT Size	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Scattered Pilots	8% of total	1%, 2%, 4%, 8% of total
Continual Pilots	2.6% of total	0.35% of total
Typical data rate(UK)	24 Mbit/s	40 Mbit/s
Max data rate (@20dB C/N)	29 Mbit/s	47.8 Mbit/s
Required C/N ratio (@22 Mbit/s)	16.7 dB	8.9 dB

### 2.3.3. กระแสข้อมูลขนส่ง (Transport Stream)

กระแสข้อมูลขนส่ง หรือบางครั้งเรียกว่า แลวข้อมูลที่ผ่านการลดขนาด [4] มีความสำคัญต่อการกระจายเสียงโทรทัศน์ในระบบดิจิทัล เพราะเป็นพื้นฐานในการส่งภาพและเสียง สำหรับมาตรฐาน DVB-T2 นั้นใช้มาตรฐาน MPEG-2 ในการส่ง TS ซึ่งประกอบไปด้วย TS ย่อย ๆ คือ Program Stream หลายสาย แต่ละสายประกอบไปด้วย Elementary Stream ที่ยังมีส่วนประกอบย่อยไปอีกคือ การถอดรหัสภาพ, การถอดรหัสเสียง และ การถอดรหัสข้อมูล ซึ่ง TS นี้สามารถเปรียบเทียบได้กับท่อส่งข้อมูลที่ภายในประกอบด้วยสายข้อมูลหลายสาย โดยนับได้ว่าเป็นเทคนิคการส่งสัญญาณในที่ทำให้บริการส่งสัญญาณโทรทัศน์หลาย ๆ รูปแบบเช่นส่งโทรทัศน์มาตรฐาน SD (MPEG-2) ส่งโทรทัศน์ความชัดสูง SDTV และส่งสัญญาณโทรทัศน์ในลักษณะข้อมูล IP (MPE) พร้อมกันโดยใช้เทคนิครวมสัญญาณ (Multiplex) ของมาตรฐาน DVB-T2 สามารถส่งสัญญาณได้พร้อมกันในหนึ่งช่องสัญญาณโทรทัศน์ที่เดิมใช้ส่งโทรทัศน์ระบบแอนะล็อกได้เพียงหนึ่งช่องรายการโทรทัศน์

ในอีกมุมหนึ่งกระแสข้อมูลขนส่งที่จะถูกส่งต่อไปออกอากาศนั้นสามารถมองได้ว่าประกอบไปด้วยสองส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่

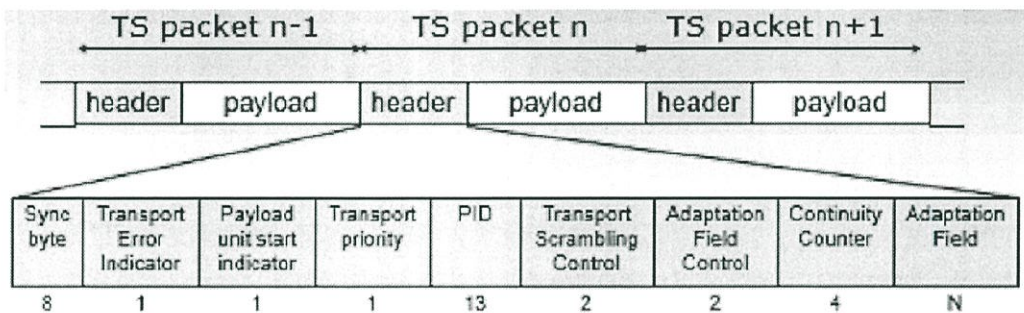
1. MPEG Table Section ซึ่งประกอบไปด้วยตารางอ้างอิงต่าง ๆ ที่สำคัญต่อการรับและส่งสัญญาณภาพ โดยข้อมูลอ้างอิงที่สำคัญนี้ได้แก่

- Program Map Table (PMT) โดยแต่ละโปรแกรมในกระแสข้อมูลขนส่งมีตารางนี้เป็นของตัวเอง ซึ่งตารางนี้อธิบายส่วนประกอบของโปรแกรมรายการและกระแสข้อมูลพื้นฐานของแต่ละโปรแกรมด้วย ตารางนี้ยังสามารถจัดเก็บข้อมูลอื่นที่ต้องการ เช่น Audio and Video encoding parameters, ข้อมูล pan & scan และข้อมูลเกี่ยวกับลิขสิทธิ์ของรายการ
- Network Information Table (NIT): NIT ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการจูนคลื่นสำหรับแต่ละบริการ เช่น ชื่อโครงข่าย เป็นต้น ข้อมูลโครงข่ายในตารางนี้ใช้โดยกล่อง Set-top-box ในการสแกนหาช่องใหม่โดยอัตโนมัติ
- Program Association Table (PAT): PAT มีค่า PID ที่ 0 ซึ่งค่านี้ถูกนำไปใช้ในการชี้ไปยัง PMT สำหรับแต่ละโปรแกรมหรือบริการ

2. PES Packets ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลหลักคือภาพและเสียง ในแต่ละ Packet จะประกอบไปด้วย Header และ Payload โดย Header จะมีส่วนต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Sync byte จะประกอบไปด้วย 8 บิตที่มีค่า 0x47 (0100 0111)

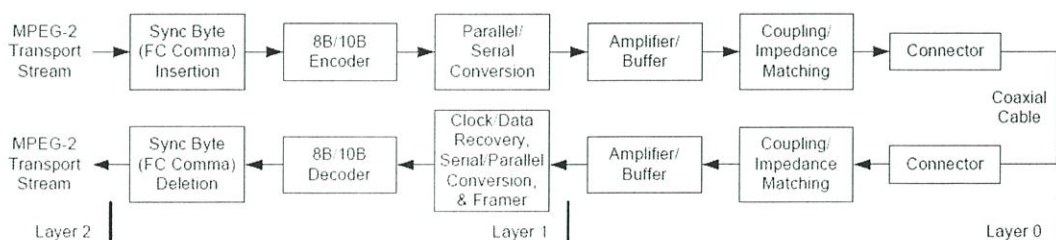
- Transport Error Indicator จำนวน 1 บิต จะถูกตั้งค่าเมื่อการถอดรหัสไม่สามารถแก้ไขความผิดพลาดของ TS ได้ ทำให้ Packet นี้ใช้งานไม่ได้
- Payload Unit Start Indicator ความยาว 1 บิต จะถูกตั้งค่าเมื่อ Payload เริ่มต้นทันทีหลังจาก Header
- Transport Priority ความยาว 1 บิต จะถูกตั้งค่าเมื่อ Packet นี้มีความสำคัญมากกว่า Packet อื่นที่มี PID เหมือนกัน
- PID ความยาว 13 บิตบอกว่า Packet นี้อยู่ในสตรีมไหน สร้างโดย Multiplexer ซึ่ง PID นี้จะทำให้เครื่องรับสามารถเลือกเฉพาะ Packet ที่ต้องการใช้งานได้
- Transport Scrambling Control ความยาว 2 บิต บอกรูปแบบการ Scramble ของ TS
- Adaptation field control ความยาว 2 บิต บอกว่ามี Adaptation field หรือไม่
- Continuity counter ความยาว 4 บิต บอกถึงลำดับของ Packet ในสตรีม



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของ Header ในกระแสข้อมูลขนส่ง [4]

#### 2.4. ASI (Asynchronous Serial Interface)

ASI คือการเชื่อมต่อแบบอนุกรมที่อัตราสัญญาณนาฬิกา (clock rate) คงที่ โดยยึดตามข้อกำหนดทางกายภาพสำหรับสายโคแอกซ์เชียล (coaxial) โดยมีลักษณะการส่งผ่านข้อมูล ดังรูป



รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการเชื่อมต่อแบบ ASI ที่มีการส่งผ่านข้อมูลผ่านสายโคแอกซ์เชียล [5]

#### 2.4.1. Layer-0 ข้อกำหนดทางกายภาพ

ข้อกำหนดทางกายภาพ ของการกระจายสัญญาณแบบ ASI เป็นส่วนหนึ่งของ FC-0 และ FC-1 ของ ANSI (สถาบันมาตรฐานแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา) Fibre Channel (FC) มาตรฐาน X3.230-1994 แต่มีอัตราการส่งสัญญาณแตกต่างกันเล็กน้อย โดยที่ ASI ต้องใช้อัตราการเข้ารหัสที่เข้ารหัสไว้ที่  $270 \text{ MBaud} \pm 100 \text{ ppm}$

เครื่องกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในเครื่องส่งสัญญาณ HOTLink ใช้ อัตราไบต์ (byte-rate) อ้างอิง (27 MHz) และทำการคูณเพื่อสร้างอัตราบิตของสัญญาณนาฬิกา (bit-rate clock) สำหรับการส่งผ่านการ shift แบบอนุกรม โดยที่ในเครื่องรับนั้น เฟสล็อกกลูป (phase-locked loop) ที่ฝังอยู่จะกู้สัญญาณนาฬิกาแบบอนุกรมโดยการติดตามความถี่ของการไหลของข้อมูลขาเข้า และจัดตำแหน่งเฟสของอัตราบิตภายในให้มีการเปลี่ยนข้อมูลเป็นอนุกรม

#### 2.4.2. Layer-1 การเข้ารหัส และถอดรหัสข้อมูล

ASI ใช้เทคนิคการเข้ารหัสแบบ DC-balanced 8B / 10B ซึ่งจะทำการกำหนดให้ไบต์ข้อมูล 8 บิตเป็นรหัสอักขระ 10 บิต โดยที่ รหัส 8B / 10B เป็นรหัสที่มีการจำกัดความยาว ซึ่งหมายความว่า รหัส 8B / 10B มีการจำกัดความยาวสูงสุดและต่ำสุดของลำดับที่ต่อเนื่องในเวลา 1 วินาทีหรือ 0 วินาทีในสตรีมของข้อมูล โดยช่วงต่ำสุดของ 1 วินาทีหรือ 0 วินาทีนั้นคือหนึ่งบิต ในขณะที่ช่วงสูงสุดของ 1 วินาทีหรือ 0 วินาทีคือ 5

รหัส 8B / 10B นี้ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับการเชื่อมต่อแบบใยแก้วนำแสง แต่ยังมีประโยชน์ในการรับส่งสัญญาณจำนวนมากสำหรับการส่งผ่านผ่านสื่อทองแดงด้วย โดยที่อักขระ 10 บิตบางตัวที่ไม่ได้ใช้หลังจากเข้ารหัสตัวอักษรข้อมูลทั้งหมด ยังคงเป็นอักขระพิเศษ ยกตัวอย่างเช่น อักขระพิเศษ K28.5 ซึ่งอักขระตัวนี้ถูกใช้เป็นตัวซิงโครไนซ์สำหรับสายนำสัญญาณ

#### 2.4.3. Layer-2 ทรานสปอร์ตโปรโตคอล (Transport Protocol)

ASI Layer-2 ทรานสปอร์ตโปรโตคอล มีความคล้ายคลึงกับข้อกำหนดของแพ็คเกจการขนส่ง MPEG-2 ใน ISO / IEC 13818-1 โดยมีข้อกำหนดเพิ่มเติมว่าต้องมี อักขระ K28.5 อย่างน้อยสองชุดก่อนที่จะมีการส่งข้อมูลของเลเยอร์ 2 ทั้งหมด โดยส่วนมากแล้ว ข้อกำหนดนี้มักจะถูกมองข้ามเมื่อมีการออกแบบอินเทอร์เฟซ

การมีสอง K28.5s ก่อนทุกแพ็คเกจนั้น มีจุดประสงค์เพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องรับจะทำการซิงโครไนซ์ (synchronize) อีกครั้ง ก่อนที่จะเริ่มแพ็คเกจถัดไปเมื่อมีการสูญเสียการซิงโครไนซ์เกิดขึ้น

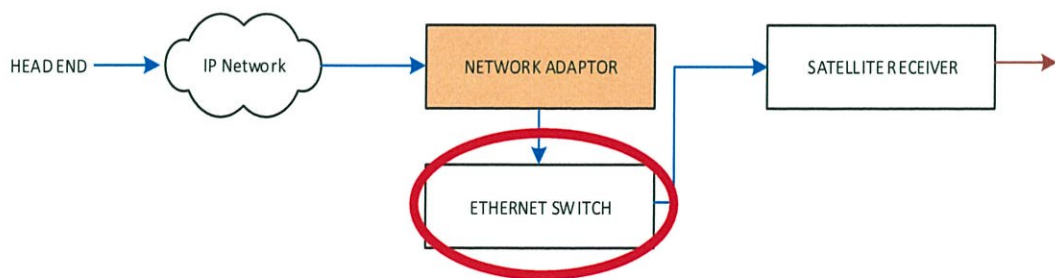
โดยที่เครื่องสถานะ (state-machine) อย่างง่ายสามารถออกแบบได้ด้วยการใส่สอง อักขระ K28.5 ก่อนแต่ละแพ็คเกจ

## 2.5. สถานีส่งสัญญาณ

จะทำหน้าที่หลักในการกระจายสัญญาณไปยังผู้ใช้บริการ หรือสถานีกระจายสัญญาณในพื้นที่ต่าง โดยจะทำการรับสัญญาณจากผู้ให้บริการ หรือนำสัญญาณที่ต้องการออกอากาศ มาผ่านกระบวนการต่าง ๆ ทั้งการเข้ารหัสสัญญาณ การควบคุมดูแลสถานะ และรายละเอียดของสัญญาณให้ถูกต้องตามหลักที่คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) ได้กำหนดไว้ โดยมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีหน้าที่สำคัญดังนี้

### 2.5.1. สวิตช์ (Switch)

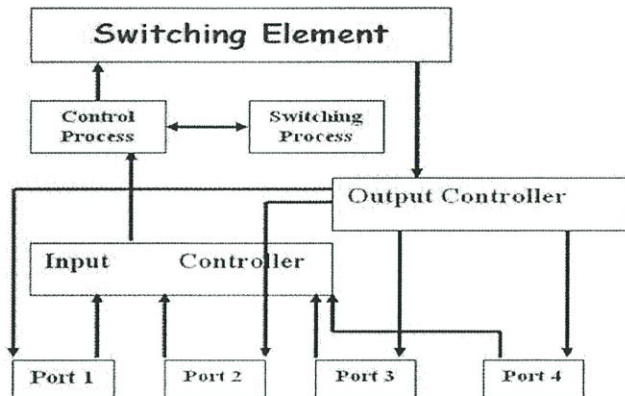
สวิตช์เป็นอุปกรณ์ที่พัฒนาการต่อมาจาก ฮับ (Hub) และมีตำแหน่งหน้าที่ในระบบเตรียมจ่ายสัญญาณ [6] โดยการทำงานของสวิตช์นั้น จะเป็นการส่งข้อมูลออกไปเฉพาะพอร์ตที่ใช้ในการติดต่ออุปกรณ์ปลายทางเท่านั้น ไม่ส่งกระจายข้อมูลไปยังทุกพอร์ตเหมือนอย่างฮับ ทำให้ในสวิตช์ไม่มีปัญหาการชนกันของข้อมูล โดยสวิตช์นั้นจะทำงานอยู่ในชั้น Data Link Layer กล่าวคือ จะรับผิดชอบในการเชื่อมโยงของข้อมูล ตรวจสอบความถูกต้องของการติดต่อจากโหนดหนึ่งไปยังโหนดหนึ่ง และตรวจสอบความสมบูรณ์ของการรับส่งข้อมูล สำหรับในชั้นเชื่อมโยงข้อมูลนั้นจะทำการแบ่งข้อมูลระดับบิตที่ได้รับจากชั้น Physical Layer เป็นข้อมูลชนิดที่เรียกว่า เฟรม ก่อนจะส่งไปยังชั้นถัดไป ก็คือ Network Layer



รูปที่ 2.3 ตำแหน่งการทำงานของสวิตช์ในระบบของสถานีส่งสัญญาณ

โดยหลักการทำงานของสวิตช์นั้นจะแบ่งออกเป็นส่วนหลัก ๆ 4 ส่วน คือ 1. ส่วนควบคุมการทำงานของข้อมูลเข้า (Input Controller) 2. ส่วนควบคุมกระบวนการทำงาน (Control

Process) 3. Switching Element และ 4. ส่วนควบคุมการทำงาน of ข้อมูลขาออก (Output Controller) ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.4 โครงสร้างการทำงานและส่วนประกอบภายในสวิตช์ [6]

1. ส่วนควบคุมการทำงาน of ข้อมูลเข้า (Input Controller) เป็นส่วนควบคุมการทำงาน of ข้อมูลเข้า จะควบคุมดูแลให้ข้อมูลข่าวสารที่ถูกส่งเข้ามาถึงสวิตช์ สามารถดำเนินต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยหน้าที่หลักของ ส่วนควบคุมกระบวนการทำงาน of ข้อมูลเข้า ได้แก่ การรับข้อมูลในรูปของแพ็กเก็ตเข้ามา จากนั้นจึงนำส่งไปยัง ส่วนควบคุมกระบวนการทำงาน สำหรับการใส่สวิตช์แบบ Cut – Through ซึ่ง ส่วนควบคุมการทำงาน of ข้อมูลเข้า จะทำหน้าที่ส่งผ่านข้อมูลไปยังส่วนควบคุมกระบวนการทำงาน โดยเร็วที่สุดหลังจากที่สามารถตรวจสอบพบ MAC Address ปลายทางที่มีขนาด 6 ไบต์

2. ส่วนควบคุมกระบวนการทำงาน (Control Process) เป็นกระบวนการควบคุมการรับและส่งแพ็กเก็ต รวมทั้งการจัดการของสวิตช์ ประกอบด้วย กระบวนการต่าง ๆ โดยกระบวนการที่เป็นส่วนสำคัญมีดังนี้

- กระบวนการส่งข้อมูล

หลังจากที่สวิตช์ได้รับแพ็กเก็ตเข้ามา และได้เห็น MAC Address ปลายทางที่มีขนาด 6 ไบต์แล้วอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ส่งกระจายข้อมูลของสวิตช์ จะทำการตรวจสอบตาราง Address เพื่อให้ทราบที่มาของแพ็กเก็ต และปลายทางการส่ง โดยสวิตช์จะใช้ตารางนี้เพื่อตรวจสอบว่าแพ็กเก็ตนี้จำเป็นต้องส่งออกไปที่พอร์ตปลายทางใด หากสวิตช์ตรวจสอบไม่พบ Address ปลายทาง สวิตช์จะส่งแพ็กเก็ตนี้ไปยังทุก ๆ พอร์ตที่มีอยู่ทั้งหมดของสวิตช์ ซึ่งเราเรียกว่า Flooding

– กระบวนการเรียนรู้

สวิตช์จะคอยตรวจสอบกิจกรรมการทำงาน รวมทั้งแพ็กเก็ตที่วิ่งเข้าออกระหว่างพอร์ตต่าง ๆ ของสวิตช์ ซึ่งทำให้สวิตช์สามารถล่วงรู้ความมีตัวตนของคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งบนเครือข่าย

– กระบวนการส่งต่อ

หลังจาก กระบวนการส่งข้อมูล จัดตั้งพอร์ตที่จะทำการส่งแพ็กเก็ตไปยังปลายทางเรียบร้อยแล้ว กระบวนการส่งต่อ จะทำการส่งข้อมูลออกไปทาง ส่วนหลัง (Back Plane) ของสวิตช์ ซึ่งลักษณะการส่งข้อมูลจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีของ Back Plane ซึ่งใช้เพื่อเป็นกลไกการส่งข้อมูลออกไป โดยข้อมูลข่าวสารที่ได้รับจะถูกส่งไปที่ กระบวนการส่งออก และเป็นข้อมูลที่สมบูรณ์

กระบวนการส่งต่อ นี้จะใช้เลขหมายของพอร์ตจากตาราง Address ในสวิตช์เพื่อกำหนดเส้นทางในการส่งแพ็กเก็ต โดยการใส่หมายเลขพอร์ตที่ Header ของแพ็กเก็ตดังรูป

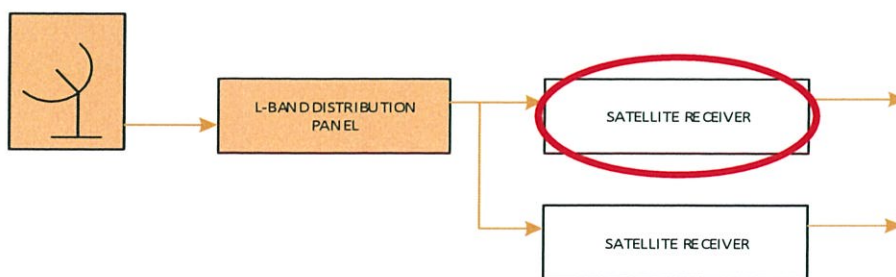
Ethernet Packet	พอร์ตต้นทาง หมายเลข 1	พอร์ตต้นทาง หมายเลข 2	ชนิดของแพ็กเก็ต
-----------------	--------------------------	--------------------------	-----------------

รูปที่ 2.5 Header ในขั้นตอนของกระบวนการ Forwarding Process[6]

– กระบวนการควบคุมการไหลของข้อมูล

กระบวนการควบคุมการไหลของข้อมูล คือ กระบวนการจัดการอัตราการรับส่งข้อมูลระหว่างสองโหนด เพื่อป้องกันการล้นซ้ำของฝั่งรับสัญญาณ ซึ่งกระบวนการนี้ จะใช้สำหรับควบคุมการไหลของข้อมูลเมื่อเกิดความแออัด หรือความหนาแน่นขึ้น โดยกลไกการควบคุมการไหลนี้สามารถระบุจำแนกข้อมูลได้โดยไม่สนใจว่า โหนดรับจะส่งการตอบกลับไปยังโหนดการส่งหรือไม่

2.5.2. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Receiver)



รูปที่ 2.6 ตำแหน่งการทำงานของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมในระบบสถานีส่งสัญญาณ

เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (Satellite Receiver) ในบางครั้งอาจจะถูกเรียกว่า เซ็ตท็อปบ็อกซ์ (Srt Top Box) หรืออาจจะถูกเรียกว่า IRD (Integreated Receiver&Decoder) แต่โดยรวมแล้วก็คือเครื่องรับสัญญาณเหมือนกัน เพียงแต่อาจจะมีฟังก์ชัน การทำงาน หรือคุณสมบัติบางอย่างที่แตกต่างกันออกไปบ้างเท่านั้น หน้าที่ของเครื่องรับสัญญาณ ดาวเทียม คือ จะแปลงสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ ที่ส่งมาจากสายนำสัญญาณให้ออกมาเป็นภาพและเสียง

เครื่องรับดาวเทียมระบบดิจิทัล เป็นเครื่องรับดาวเทียม ที่รับสัญญาณจากดาวเทียมที่ส่งสัญญาณแบบดิจิทัล แล้วทำการแปลงสัญญาณข้อมูลด้วยระบบถอดรหัสแบบดิจิทัล ให้เป็นภาพและเสียงที่สมบูรณ์แบบ ระบบการบีบอัดข้อมูลสัญญาณที่ใช้ในระบบดาวเทียมที่เป็นดิจิทัล คือการบีบอัดข้อมูลระบบ MPEG-II โดยในส่วนการรับส่งสัญญาณใน 1 ช่องทรานสปอนเดอร์ สำหรับระบบดิจิทัล สามารถบีบอัดสัญญาณช่องรายการโทรทัศน์ได้มากถึง 4 – 8 ช่องรายการ ต่อ 1 ช่องทรานสปอนเดอร์ ปัจจุบันช่องรายการผ่านดาวเทียมมีมากถึง 400 กว่าช่องรายการ และในอนาคตคาดว่าจะมีมากขึ้น

เครื่องรับสัญญาณจานดาวเทียมระบบดิจิทัล แบบมูฟ หรือ เครื่องรับดาวเทียมแบบมีระบบขับเคลื่อนจานอยู่ในตัวเครื่อง จะมีวงจรมหุนจานดาวเทียมแบบอัตโนมัติโดยจะออกแบบให้มีระบบจดจำตำแหน่งของดาวเทียมได้ และจะทำงานสัมพันธ์กันกับระบบช่องรายการที่เลือกรับชม เมื่อเวลาที่ผู้ใช้เครื่องกดปุ่มช่องรายการ ตัวจานจะหมุนไปหาตำแหน่งดาวเทียมเองอย่างอัตโนมัติ ทำให้ระบบนี้รับช่องรายการได้มากเพราะสามารถใช้จานใบเดียวรับช่องดาวเทียมมากกว่า 15 ดวง ทั้งยังสามารถค้นหาช่องรายการดาวเทียมหรือดาวเทียมดวงใหม่ ๆ เพิ่มเติมได้ด้วยตัวผู้ใช้เอง อีกทั้งยังใช้ระบบ อินเทอร์เน็ต ช่วยในการค้นหาช่องรายการใหม่ ๆ ได้อีกด้วย

### 2.5.3. จานดาวเทียม

จานดาวเทียมจะใช้ในการรับสัญญาณที่จะนำมาออกอากาศซึ่งมีการส่งผ่านระบบดาวเทียม โดยหน้าที่หลักของจานรับสัญญาณดาวเทียม คือทำหน้าที่สะท้อนสัญญาณที่รับได้จากดาวเทียม เพื่อรวมสัญญาณไปที่จุดโฟกัสของจาน (Center focus) ซึ่งจุดโฟกัสนี้จะอยู่บริเวณหน้าจาน จานในรูปแบบลักษณะนี้เรียกว่า จานแบบ พาราโบลิก (Parabolic)

สวนตัว LNB จะติดตั้งไว้ที่จุดโฟกัสนี้ เพื่อรับสัญญาณให้โดแรงที่สุดโดยจะคอยขยายกำลังสัญญาณที่ได้รับจากดาวเทียมซึ่งมีกำลังมาก และแปลงความถี่สัญญาณให้มีความถี่ต่ำลง (L-band)

#### 2.5.4. Seamless switch

ทำหน้าที่ในการสับเปลี่ยนอินพุตที่ใช้หากเกิดปัญหากับอินพุตตัวที่ใช้งานอยู่ ซึ่งอินพุตนั้นได้ผ่านการถอดรหัสสัญญาณให้ได้ข้อมูลออกมาเป็นกระแสข้อมูลขนส่งแล้ว โดยอินพุตทั้งสองจะต้องเหมือนกัน หากแต่มีแหล่งกำเนิดของสัญญาณที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงส่งผลให้สัญญาณที่ป้อนเข้ามายัง Seamless switch อาจเกิดความล่าช้าจากปัจจัยต่าง ๆ ทำให้ระยะเวลาที่มาถึงอุปกรณ์ไม่พร้อมกัน ซึ่ง Seamless switch จะทำการหน่วงเวลาให้อินพุตทั้งสองมีเวลาที่เท่ากันก่อน เพื่อให้สามารถเปลี่ยนการใช้งานจากอินพุตหนึ่งไปอีกรูปอินพุตได้โดยที่ไม่มีการขาดหายของสัญญาณ

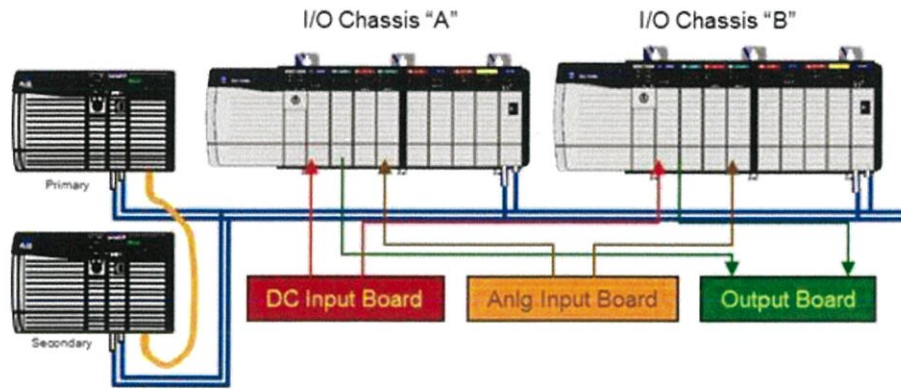
#### 2.5.5. เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ (Exciter)

เป็นอุปกรณ์สำคัญในระบบการส่งสัญญาณ โดยเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุนี้ จะทำหน้าที่ กำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุโดยแปลงมาจากสัญญาณกระแสข้อมูลขนส่ง และรวมไปถึงผสมสัญญาณอินพุตกับสัญญาณความถี่วิทยุ ก่อนที่จะส่งต่อไปยังภาคขยายต่อไป โดยที่เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ จะมีกำลังส่งที่ต่ำ แต่ก็ต้องมากพอที่จะเข้าไปขับเคลื่อน ให้ภาคขยายกำลังสามารถทำงานได้ ซึ่งโดยส่วนใหญ่ จะมีกำลังส่ง ประมาณ 1-30 W ซึ่งหากว่าต้องการพื้นที่กระจายเสียงที่ครอบคลุมมาก ก็จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ขยายกำลังอีกทอดหนึ่ง

### 2.6. ระบบเครือข่ายสำรอง (Redundant System)

ระบบเครือข่ายสำรองคือระบบควบคุมที่ต้องทำงานอย่างต่อเนื่องและไม่สามารถหยุดทำงานได้แม้ว่ามีปัญหาเกิดขึ้น เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือของระบบ [7]

โดยระบบนี้ถือเป็นระบบที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล และสัญญาณต่าง ๆ ใน อสมท และสถานีการออกอากาศช่องต่าง ๆ ซึ่งหลักการทำงานของ ระบบเครือข่ายสำรอง คือการใช้อุปกรณ์ควบคุมที่เหมือนกันสองชุด ให้มาทำงานร่วมกัน อุปกรณ์ชุดหลักเรียกว่า ไพรมารี (Primary) และอุปกรณ์ชุดสำรองเรียกว่า เซคคันดารี (Secondary) เมื่ออุปกรณ์ชุดหลักเกิดการขัดข้อง อุปกรณ์ชุดสำรองจะถูกเรียกขึ้นมาทำงานแทน เราเรียกการสลับการทำงานนี้ว่า Switch-Over



รูปที่ 2.7 การทำงานของระบบเครือข่ายสำรอง [7]

อุปกรณ์ชุดสำรองจะทำงานสอดคล้องกับอุปกรณ์ชุดหลักได้นั้น อุปกรณ์ทั้งสองชุดจะต้องใช้ระบบปฏิบัติการรุ่นเดียวกัน ใช้โปรแกรมเหมือนกันและมีข้อมูลภายในส่วนควบคุม เหมือนกัน ซึ่งจะทำให้แบบนี้ได้จำเป็นต้องสื่อสารระหว่าง Primary controller และ Secondary controller กันตลอดเวลา

## 2.7. SNMP (Simple Network Management Protocol)

คือมาตรฐานโปรโตคอลหลักที่ใช้ในอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (Probe) โดยทำหน้าที่สำหรับรวบรวมและจัดเรียงข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ในระบบโครงข่ายไอพี เมื่ออุปกรณ์เหล่านั้นมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลไปจากเดิม อุปกรณ์ที่รองรับ SNMP ตัวอย่างเช่น โมเด็ม, เราเตอร์, สวิตช์, เซิร์ฟเวอร์, เวิร์คสเตชัน, พรินเตอร์ และอุปกรณ์ด้านไอที อื่น ๆ โดย SNMP ถือเป็นโปรโตคอล ในการบริหารจัดการอุปกรณ์ต่าง ๆ บนโครงข่ายอินเทอร์เน็ต หรือ อินทราเน็ต ที่ได้รับความนิยมสูง SNMP จะถูกใช้ในเก็บข้อมูลจากและตั้งค่าไปยังอุปกรณ์บนโครงข่าย

### 2.7.1. ส่วนประกอบพื้นฐานของ SNMP

ทำหน้าที่ในการสืบเปลี่ยนอินพุตที่ใช้หากเกิดปัญหาเกี่ยวกับอินพุตตัวที่ใช้งานอยู่ ซึ่งอินพุตนั้นได้ผ่านการถอดรหัสสัญญาณให้ได้ข้อมูลออกมา

1. Network Management Station (NMS) ซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบและสอบถามการทำงานของ Agent และนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล ซึ่ง NMS อาจจะมีมากกว่า 1 ตัวในการดูแลและจัดการกับ Agent จำนวนมากก็ได้

2. อุปกรณ์ควบคุม (Managed Device) คืออุปกรณ์เครือข่ายที่ประกอบด้วย SNMP Agent ที่อยู่ในระบบจัดการเครือข่าย ซึ่งทำหน้าที่ เก็บรวบรวมข้อมูล แล้วนำข้อมูลส่งไปยัง NMS (Network Management Station) โดยผ่านโปรโตคอล SNMP Manage device ซึ่งบางครั้งเรียกว่า Network elements ตัวอย่างของ Network elements เช่น เราเตอร์, สวิตช์ หรือคอมพิวเตอร์โฮส เป็นต้น

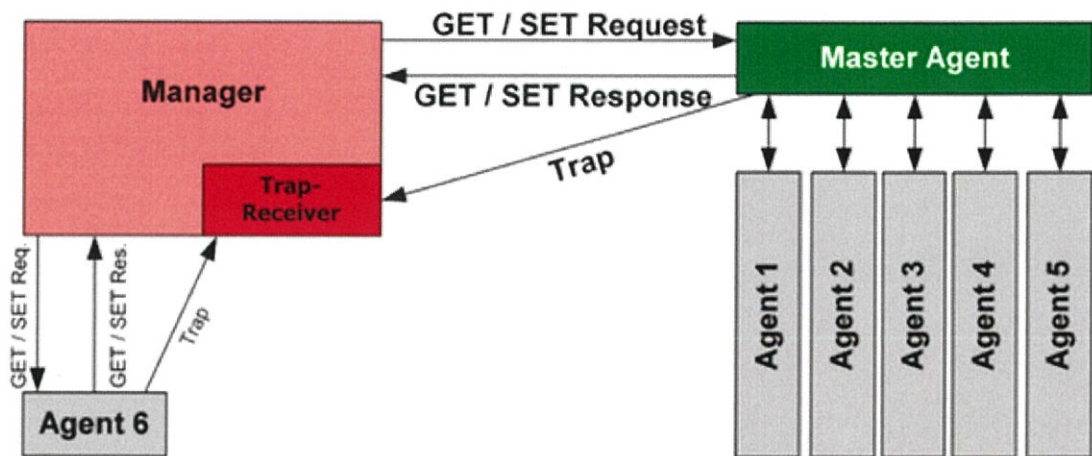
3. Agent เป็นส่วนที่รับการร้องขอที่มาจาก NMS และทำการประมวลผลตามคำร้องขอ และทำการส่งข้อมูลกลับไปยัง NMS โดย Agent จะประกอบไปด้วยสองส่วนสำคัญคือ

3.1 Protocol Engine ทำหน้าที่ประมวลผลคำสั่งที่มาจาก NMS ซึ่งได้แก่ รับคำสั่ง, ถอดรหัสคำสั่ง, ทำงานตามคำสั่ง และส่งผลตอบกลับไปยัง NMS

3.2 Management Information Base หรือ MIB เป็นส่วนที่ค่าของชุดข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์หนึ่ง ๆ

#### 2.7.2. หลักการทำงานของ SNMP

การบริหารจัดการอุปกรณ์ต่าง ๆ บนโครงข่าย SNMP นั้นประกอบไปด้วยหลาย ๆ ส่วนทำงานร่วมกัน [9] ประกอบไปด้วย NMS ซึ่งเป็นแกนหลัก ในการบริหารจัดการระบบเครือข่าย หาก NMS มีการร้องขอข้อมูลจากอุปกรณ์ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware) หรือซอฟต์แวร์ (Software) อุปกรณ์จะทำการส่งข้อมูลกลับไปให้ ในอุปกรณ์เครือข่ายชนิดต่าง ๆ จะข้อมูลของ Management Information Base (MIB) โดย MIB จะมีหน้าที่ในการเก็บข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ และค่าการกำหนดการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด เอาไว้โดยจะเก็บข้อมูลไว้ในรูปแบบของ Object Identifier (OID) หากเรามีการใช้งานโปรโตคอล SNMP ร้องขอข้อมูลต่าง ๆ จากอุปกรณ์แล้ว ต้องมีการระบุในส่วนของ MIB หรือ OID เข้าไป เพราะ NMS จะทำการติดต่อร้องขอข้อมูล โดยการใช้ MIB หรือ OID เพื่อระบุว่า ต้องการข้อมูลจากส่วนใดของอุปกรณ์ MIB จะมีการระบุโดยใช้ชื่อส่วนข้อมูลต่าง ๆ ของอุปกรณ์เอาไว้ จะทำให้สามารถเข้าใจได้ว่า ชื่อใดคือข้อมูลส่วนใดของอุปกรณ์ OID จะมีการระบุเป็นแบบตัวเลขเอาไว้ ทำให้หากมีการร้องขอข้อมูลแล้ว ต้องระบุข้อมูลที่ต้องการเป็นตัวเลขเท่านั้น การร้องขอข้อมูลแต่ละครั้งจะเป็นเพียงการแสดงข้อมูลให้เห็นผ่านจอแสดงผลเท่านั้น หากต้องการนำข้อมูลที่ร้องขอไปนำมาใช้ จึงต้องมีการใช้งานร่วมกับฐานข้อมูลในการจัดเก็บข้อมูลที่ร้องขอแล้วจึงนำข้อมูลส่วนนั้นไปใช้งาน



รูปที่ 2.8 หลักการทำงานของ SNMP [9]

### 2.7.3. ส่วนประกอบของโครงข่ายที่ทำการบริหารโดย SNMP

1. อุปกรณ์ที่อยู่ในโครงข่าย
2. SNMP agent software ซึ่งทำหน้าที่แปลงข้อมูลต่าง ๆ จากอุปกรณ์ให้อยู่ในรูปแบบ SNMP หรือแปลงข้อมูลจากแบบ SNMP ให้อยู่ในรูปแบบที่อุปกรณ์นำไปใช้งานได้
3. ศูนย์ควบคุมโครงข่าย หรือ Network management station (NMS) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่มอนิเตอร์และควบคุมอุปกรณ์ในโครงข่าย โดยเป็น software ของฝั่ง SNMP server หรือที่เรียกว่า manager คอยรับและเก็บรวบรวมข้อมูลจาก agent และนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล ซึ่ง NMS อาจจะมีมากกว่า 1 ตัวในการดูแลและจัดการกับ Agent จำนวนมากก็ได้

## 2.8. Power

นิยามของกำลัง (Power) คือ อัตราการทำงานหรืองานที่เกิดขึ้น (มีหน่วยเป็นจูล (J)) ในหนึ่งหน่วยเวลา (มีหน่วยเป็นวินาที (s)) ซึ่งหน่วยของกำลังนั้นนอกจากวัตต์ (W) แล้ว ยังสามารถใช้แสดงในรูปของหน่วยเดซิเบล (dB) ได้อีกด้วย ซึ่งหน่วยเดซิเบลนั้น มีความสำคัญในฐานะของหน่วยที่ใช้แสดงค่าทางลอการิทึม ซึ่งคำว่า "เบล" นั้น ตั้งชื่อตาม Alexander Graham Bell โดยหน่วย เบล (Bel) ถูกกำหนดให้เป็น อัตราส่วนกำลังไฟฟ้า (power ratio) ของสปี หรือสปีเท่าของกำลังไฟ เดิมทีใช้วัดค่ากำลังเสียงในโทรศัพท์ โดยเบลเป็นหน่วยที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ดังนั้นเดซิเบล ซึ่งเป็น 1/10 ของเบลจึงถูกนำมาใช้แทน

แม้ว่าหน่วยเดซิเบล จะถูกกำหนดขึ้นด้วยพื้นฐานของค่ากำลัง แต่ก็ยังสามารถใช้เป็นหน่วยทางลอการิทึมที่ใช้แสดงอัตราส่วนค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) หรือค่ากระแสไฟฟ้า (Current) ซึ่งในกรณีดังกล่าวจะมีหลักการในการแปลงค่าเป็นดังสมการ

$$V[\text{dB}] = 20 \cdot \log_{10}(V[\text{V}]/1\text{V}) \quad (2.1)$$

$$I[\text{dB}] = 20 \cdot \log_{10}(I[\text{A}]/1\text{A}) \quad (2.2)$$

เมื่อ  $V[\text{V}]$  คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าในหน่วยโวลต์ (V)

$V[\text{dB}]$  คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าในหน่วยเดซิเบล (dB)

$I[\text{A}]$  คือ ค่ากระแสไฟฟ้าในหน่วยแอมแปร์ (A)

$I[\text{dB}]$  คือ ค่ากระแสไฟฟ้าในหน่วยเดซิเบล (dB)

#### 2.8.1. การแปลงหน่วยของค่ากำลัง ระหว่างหน่วยวัตต์ และหน่วยเดซิเบล

การหาค่ากำลังในหน่วยวัตต์นั้น มีค่าเท่ากับ 10 ยกกำลัง ค่ากำลังในหน่วยเดซิเบลหารด้วย 10 ในทางกลับกัน การหาค่ากำลังในหน่วยเดซิเบลนั้น มีค่าเท่ากับ 10 คูณลอการิทึมฐาน 10 ของค่ากำลังในหน่วยวัตต์ ดังแสดงในสมการที่ 2.3 และ 2.4 โดยในอีกรณีหนึ่ง dBm หมายถึงค่า dB เทียบกับมาตรฐานหน่วยวัตต์มิลลิวัตต์ เช่น กำลังส่ง 20 mW เท่ากับ 13 dBm และจากการคำนวณ ตามหน่วยมิลลิ คือ 10 ยกกำลัง -3 จะทำให้การแปลงหน่วย dB เป็นหน่วย dBm ได้ดังสมการที่ 2.5

$$P[\text{W}] = 1\text{W} \cdot 10^{(P[\text{dB}]/10)} \quad (2.3)$$

$$P[\text{dB}] = 10 \cdot \log_{10}(P[\text{W}]/1\text{W}) \quad (2.4)$$

$$P[\text{dBm}] = P[\text{dB}] + 30 \quad (2.5)$$

เมื่อ  $P[\text{W}]$  คือ ค่ากำลังในหน่วยวัตต์ (W)

$P[\text{dB}]$  คือ ค่ากำลังในหน่วยเดซิเบล (dB)

$P[\text{dBm}]$  คือ ค่ากำลังในหน่วย dBm

## 2.9.2. ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลัง (Power) และค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage)

การวัดค่ากำลังงานของสัญญาณ โดยการวัดสัญญาณนั้นจะต้องเข้าใจการอ่านจากเครื่องมือวัดนั้น ๆ และยังต้องทราบค่าอิมพีแดนซ์ของสายที่ใช้กับเครื่องมือวัดว่ามีค่า 50 หรือ 75 โอห์ม โดยหน่วยการวัดของกำลังส่งใช้เป็นวัตต์ (Watt) ซึ่งปกติแล้วระดับการส่งสัญญาณที่ส่งออกมา นั้นจะมีค่าน้อยมาก ดังนั้นจึงใช้หน่วยวัดเป็น dBm และ dB $\mu$ V ซึ่ง dB $\mu$ V หมายถึงค่า dB เทียบกับมาตรฐานหน่วยวัด Voltage (dB $\mu$ V แรงดันไฟฟ้าเทียบกับหนึ่งไมโครโวลต์ นิยมใช้กับระบบโทรทัศน โดย 60dB $\mu$ V = 0dBmV)

จากกฎของโอห์ม (Ohm's Law) ได้กล่าวว่า “ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ กระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้าและผกผันกับความต้านทาน” ซึ่งสามารถนำมาอ้างอิง โดยพิจารณากำลังไฟฟ้าเมื่อถูกนำมาใช้งานร่วมกับกฎของโอห์ม สรุปผลได้ดังนี้

กำลังไฟฟ้า คือ อัตราของงานที่ถูกกระทำในวงจรซึ่งเกิดกระแส 1 แอมแปร์ เมื่อแรงดันไฟฟ้า จ่ายให้วงจร 1 โวลต์ กำลังไฟฟ้าจะสามารถหาได้จากผลคูณของแรงดัน มีหน่วยเป็นวัตต์ คูณด้วยกระแส มีหน่วยเป็นแอมแปร์ เขียนเป็นสมการออกมาได้ดังสมการ

$$P[W] = V[V] \cdot I[A] \quad (2.6)$$

ซึ่งจากสมการข้างต้น ทำให้สามารถคำนวณค่ากำลัง และค่าแรงดันไฟฟ้าในหน่วยต่าง ๆ เป็นไปได้ด้วยความถูกต้อง

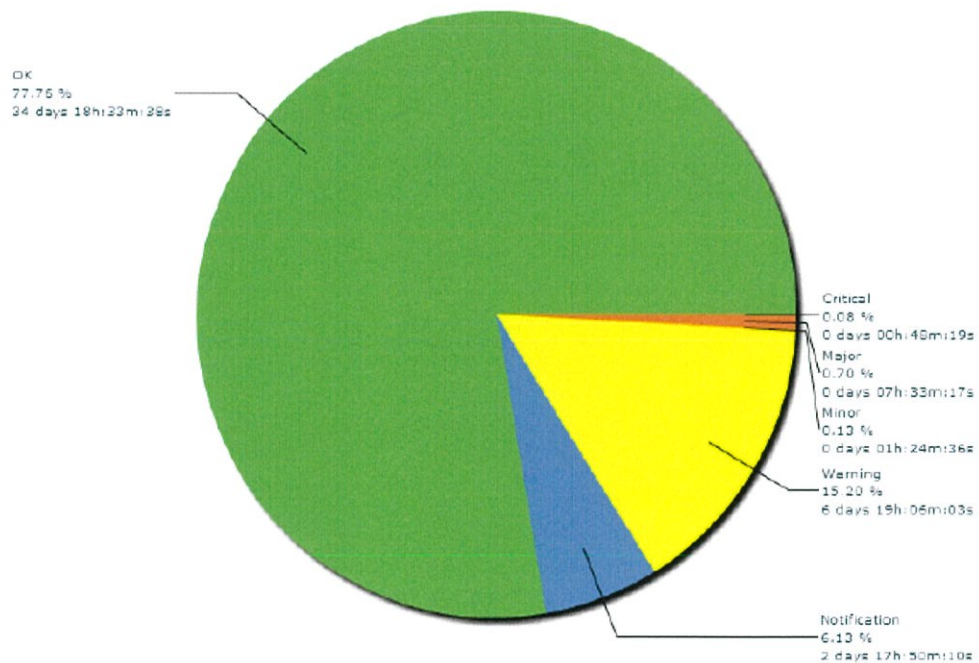
## 2.9. SLA (Service-Level Agreement)

เป็นข้อตกลงเกี่ยวกับคุณภาพของการให้บริการของผู้ให้บริการกับผู้ใช้งานหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในกรณีของผู้ให้บริการโครงข่ายโทรทัศนภาคพื้นดินระบบดิจิทัล ข้อตกลงนี้จะถูกกำหนดขึ้นโดยคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศนและกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) โดยจะกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเวลาที่สามารถให้บริการได้ (ดูโทรทัศนได้) ว่าต้องมีอย่างน้อยกี่เปอร์เซ็นต์ ในเวลาเท่าใด

โดยการพิจารณาการดำเนินการต่อกรณีเกิดข้อขัดข้องในการให้บริการโครงข่าย ฯ (ครั้งที่ 25/2558 เมื่อวันที่ 3 ส.ค. 2558) มีความเห็นว่าผู้ให้บริการโครงข่ายมีหน้าที่ต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขแนบท้ายใบอนุญาตให้บริการโครงข่ายโทรทัศนภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล ระดับชาติ ซึ่งกำหนดให้ต้องมีระยะเวลาที่สามารถให้บริการโครงข่ายโทรทัศนแก่ผู้ใช้หรือเชื่อมต่อโครงข่ายโทรทัศนแต่ละรายไม่

น้อยกว่า ร้อยละ 99.98 ของเวลาออกอากาศทั้งหมดต่อปีต่อสถานีหลัก โดยเมื่อคำนวณระยะเวลาการให้บริการโครงข่ายโทรทัศน์ตลอด 24 ชั่วโมง แล้วจะสามารถยอมรับการเกิดเหตุขัดข้องที่ไม่สามารถให้บริการโครงข่ายได้ในแต่ละสถานีหลักไม่เกิน 1 ชั่วโมง 45 นาที ต่อปี

ซึ่งการที่จะตรวจสอบว่าผู้ให้บริการนั้นสามารถทำตามข้อตกลงนี้ได้หรือไม่จึงต้องอาศัยอุปกรณ์ในการมอนิเตอร์สัญญาณโทรทัศน์ที่แต่ละสถานีส่งออกอากาศไป ซึ่งอุปกรณ์ที่สามารถตรวจจับได้นั้น เป็นอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ หรือ Probe ซึ่งทำหน้าที่วิเคราะห์สัญญาณ และทุก ๆ สถานีโทรทัศน์จำเป็นต้องติดตั้งไว้ที่สถานีส่ง และอุปกรณ์ตัวนี้ก็จะเก็บข้อมูลไว้ว่าสัญญาณที่ออกอากาศนั้นมีปัญหาเกิดขึ้นเมื่อไร เป็นเวลานานเท่าใด และนำข้อมูลมาเรียบเรียงแสดงเป็นสถิติเทียบกับเวลาการออกอากาศทั้งหมด โดยตัวอย่างการแสดงค่า SLA แสดงได้ดังรูปที่ 2.10



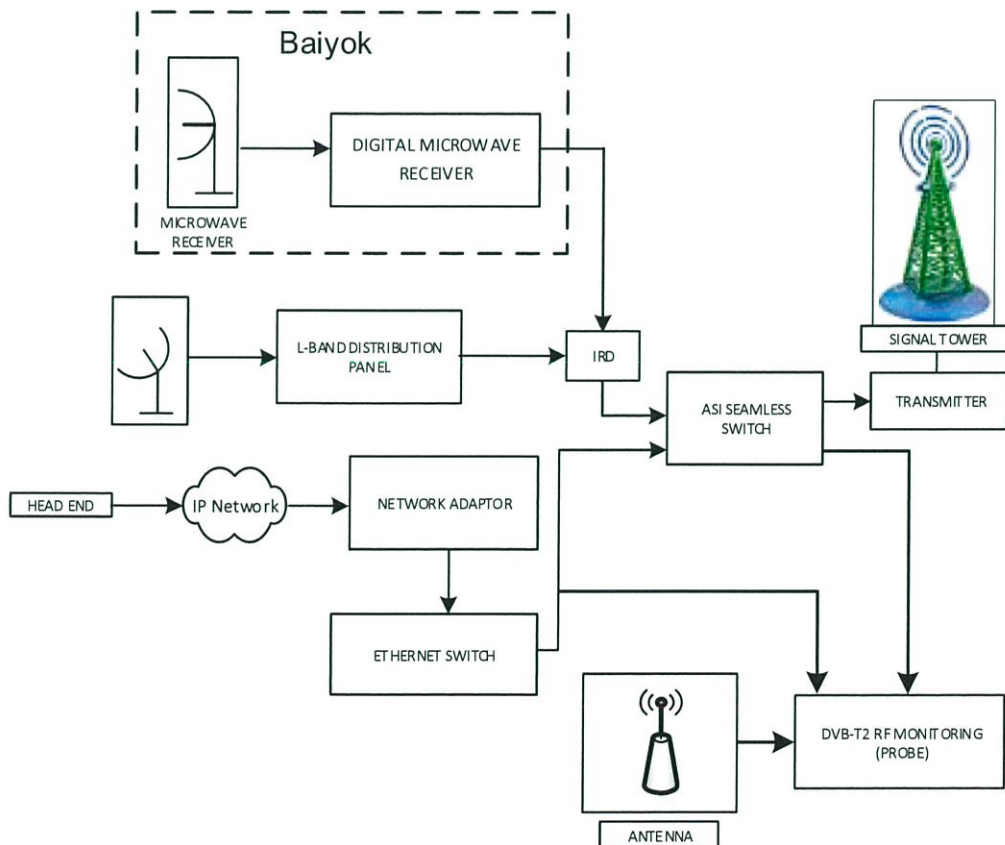
รูปที่ 2.9 แสดงเปอร์เซ็นต์การแจ้งเตือนของคุณภาพสัญญาณในการออกอากาศด้วยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ รุ่น TNS4200

### บทที่ 3

## การวิเคราะห์อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการทดลอง

### 3.1. ตำแหน่ง และการวัดสัญญาณของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (สถานีหลัก)

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ Media Monitoring Probe รุ่น TNS4200 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดและวิเคราะห์สัญญาณจากจุดต่าง ๆ ในโครงข่ายของสถานีหลัก ไม่ว่าจะเป็นกระแสข้อมูลขนส่งที่อินพุตและเอาต์พุตของอุปกรณ์แต่ละตัว หรือสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุจากสายอากาศ Off-air หรือสัญญาณกระแสข้อมูลขนส่งบน IP อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณตัวนี้จะทำการตรวจสอบว่าสัญญาณที่ถูกนำมาเป็นอินพุตนั้นมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตรงตามที่ต้องการหรือไม่ และถ้าไม่ตรงก็จะมีการแจ้งเตือนให้ผู้ดูแลได้ทราบ นอกจากนี้ยังสามารถเก็บบันทึกประวัติของ Alarm ที่เคยเกิดขึ้นแล้วสรุปผลออกมาในรูปแบบกราฟเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ สำหรับที่สถานีหลักของ บมจ. อสมท นั้นจะมีการดูสัญญาณจากทั้งหมด 3 ตำแหน่งดังรูปที่ 3.1 และมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.1 บล็อกแผนภาพของระบบการมอนิเตอร์สัญญาณโดยผ่านอุปกรณ์ตรวจจับในสถานีส่ง

### 3.1.1. คู่มือสัญญาณจาก Seamless Switch (มีอินพุตเป็น ASI)

อินพุตจาก Seamless Switch นั้นจะเป็นกระแสข้อมูลขนส่งในรูปแบบของ ASI (Asynchronous Serial Interface) ซึ่งจะถูกนำมาวิเคราะห์ในด้านต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ตามมาตรฐาน ETR290 (Measurement guidelines for DVB systems) ซึ่งให้ความสำคัญกับพารามิเตอร์ที่ควรทำการมอนิเตอร์ตลอดเวลา เนื่องจากส่งผลต่อการออกอากาศ เช่น การ Sync (Synchronize), PAT (Program Association Table), PMT (Program Map Table) และ PID (Packet Identifier)

- T2-MI เช่น Packet, Frame และ Time stamp

- QoE (Quality of Experience) คือสิ่งที่ผู้ชมจะรับรู้ได้ เช่น ภาพ/เสียงหายขาดหาย หรือ ภาพค้าง

### 3.1.2. คู่มือสัญญาณจาก Ethernet Adapter (Ethernet Input)

อินพุตจาก Ethernet Adapter จะมารูปแบบของ TSolP (Transport Stream over IP) ซึ่งจะมีการวิเคราะห์ในส่วนองกระแสข้อมูลขนส่งเหมือนกับอินพุต ASI โดยจะมีการเพิ่มการวิเคราะห์ในด้าน IP เพิ่มขึ้นมาดังนี้

- การ Lock สัญญาณ

- การสูญเสียข้อมูล

- Buffer ของเครื่องรับ ว่ามีขนาดเล็กเกินไปหรือไม่

### 3.1.3. คู่มือสัญญาณจาก สายอากาศ Off-air (มีอินพุตเป็นสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ)

อินพุตจากสายอากาศจะมาในรูปแบบของสัญญาณที่ทำการออกอากาศ ซึ่งต้องทำการติดตั้งสายอากาศในจุดที่สามารถรับสัญญาณจากแต่ละสถานีส่งได้ จากนั้นจึงนำสัญญาณที่ได้มาต่อเข้ากับ Probe โดย Probe จะทำการวิเคราะห์สัญญาณเป็น 2 ส่วนคือ

1. กระแสข้อมูลขนส่ง

ในส่วนของการวิเคราะห์นั้น จะทำการวิเคราะห์คล้ายกับอินพุต ASI ในด้านของ ETR290 และ QoE โดยมีการวิเคราะห์เพิ่มเติมในส่วนองมาตรฐาน ETR คือ ETR 290 SFN โดยจะ

ตรวจสอบความถูกต้องของ MIP (Mega-frame Initialization Packet) ซึ่งเป็นข้อมูลพิเศษที่จะถูกใส่ลงไปในสตรีม โดยข้อมูลนี้จะมีความจำเป็นในการสร้างระบบSFNเช่นข้อมูล Time stamp

## 2. DVB-T/T2

เป็นการวิเคราะห์ในส่วนของพารามิเตอร์สัญญาณความถี่วิทยุตามมาตรฐานแบบDVB-T/T2 โดยมีค่าที่สามารถวัดได้ดังนี้

- การ Lock สัญญาณ
- ระดับกำลังสัญญาณ สามารถทำการวัดได้หลายค่า เช่น Spectrum power, Channel power, Shoulder Level
- ค่า SNR และ MER ซึ่งจะบ่งบอกคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับได้ หากค่าต่ำเกินไปจะทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับการถอดรหัสของเครื่องรับ
- Frequency offset จะบอกถึงความผิดพลาดของความถี่ที่ใช้ในการออกอากาศ ซึ่งหากมีความผิดพลาดมาก จะทำให้สัญญาณเกิดการรบกวนช่องสัญญาณข้างเคียงได้ หรืออาจทำให้เครื่องรับสัญญาณไม่สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ได้
- ดู Template DVB-T/T2 ว่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตรงกับที่กำหนดไว้หรือไม่

### 3.2. อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ Media Monitoring Probe รุ่น TNS4200

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ Media Monitoring Probe รุ่น TNS4200 เป็นอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณที่ใช้ในสถานีหลักของบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการมอนิเตอร์การออกอากาศ การสตรีมข้อมูล และการมอนิเตอร์สัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังมีความรวดเร็วในการตรวจจับ และวินิจฉัยข้อผิดพลาดของสัญญาณ



รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ รุ่น TNS4200 [12]

#### 3.2.1. ความสามารถของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ

1. สามารถรับอินพุตได้สูงมาก กล่าวคือ
  - รับอินพุต 300 TSolP ได้ในเวลาเดียวกัน

- รับอินพุต 20 ASI ได้ในเวลาเดียวกัน
- รับอินพุต 8 DVB-S/S2 /T/T2 ได้ในเวลาเดียวกัน

## 2. การตรวจวัดคุณภาพของโครงข่าย QoS (Quality of service)

- มอนิเตอร์ IP/UDP/RTP
- มอนิเตอร์ SLA
- สามารถตรวจสอบได้ถึงองค์ประกอบของระบบ
- สามารถตรวจสอบ แพคเกจข้อมูลได้ (PID) เช่น bit rates, ชื่อ, องค์ประกอบ

## 3. การตรวจวัดความสามารถในการรับชมสัญญาณ QoE (Quality of Experience)

- หน้าจอแสดงการรับชมสัญญาณ
- สามารถตรวจสอบ และใช้งานการแสดงผลในแต่ละเฟรมได้
- ตรวจสอบการขาดหายของสัญญาณเสียงได้

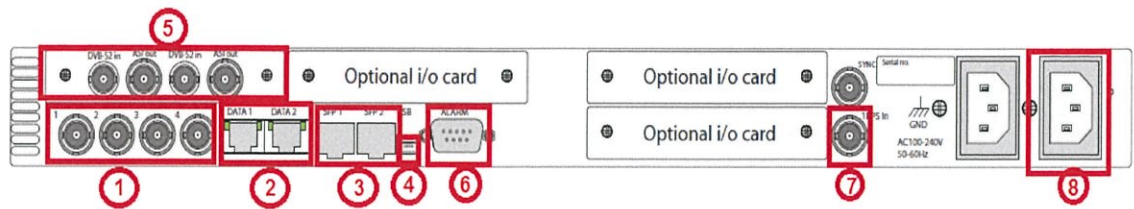
## 4. การตรวจวัดสัญญาณ T2-MI และ SFN

- สามารถดำเนินการตรวจสอบการชิงโครโนซ์ และระบุข้อมูล สำหรับการมอดูเลต และพิจารณาแหล่งที่มาของข้อผิดพลาดในการส่ง ในระบบสัญญาณ T2-MI

- สามารถตรวจสอบความล่าช้าของการสตรีมในเครือข่าย และเปรียบเทียบความล่าช้านี้กับ time stamp ของสัญญาณใน MIP แพคเกจ หรือ time stamps ของสัญญาณ DVB-T2 ทั้งยังสามารถแจ้งเตือนให้ทราบได้ หากมีแนวโน้มที่จะเกิดความล้มเหลวในการสื่อสารกับระบบสัญญาณ SFN

### 3.2.2. รายละเอียดของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ

ในส่วนนี้จะอธิบายรายละเอียดของพอร์ตในอุปกรณ์อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ รุ่น TNS4200 ซึ่งในแต่ละพอร์ตจะมีหน้าที่ในการจัดการกับข้อมูลแตกต่างกันออกไป โดยมีรายละเอียดซึ่งอ้างอิงจากรูปที่ 3.3 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.3 พอร์ตของอุปกรณ์ Probe รุ่น TNS4200 [12]

1. หมายเลข 1 คือ ASI Port โดยมีจุดประสงค์ในการดูข้อมูลจาก กระแสข้อมูลขนส่ง โดยสัญญาณที่เข้ามาในพอร์ตนี้ จะมีอินพุตซึ่งส่งผ่านมาจาก Seamless Switch และเข้ามายังพอร์ตนี้ คือ ASI อินพุต ซึ่งมีต้นทางการรับสัญญาณคือดาวเทียม และ RF อินพุต ซึ่งมีต้นทางการรับสัญญาณจาก เครื่องรับสัญญาณไมโครเวฟ หรือ Microwave Receiver (ใช้เฉพาะการรับสัญญาณในกรุงเทพฯ)

2. หมายเลข 2 คือ Ethernet Port โดยมีจุดประสงค์ในการดูข้อมูลจากกระแสข้อมูลขนส่งที่ส่งผ่าน IP (IP encapsulated) ด้วยสาย LAN (Local Area Network Cable) หรือเพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ ผ่านทาง SNMP และการใช้งาน รีโมทแอคเซส ทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ เพื่อทำการดูข้อมูลในแต่ละส่วนที่ทำการมอนิเตอร์รวมถึงตั้งค่าการใช้งาน เช่นการแจ้งเตือนในระดับต่าง ๆ โดยส่วนมากแล้วข้อมูลที่วิเคราะห์ผ่าน IP อินพุต จะมีรายละเอียดมากกว่าข้อมูลที่รับมาจาก ASI อินพุต แต่เนื่องจากว่า การส่งผ่านข้อมูลจากแต่ละสถานีนั้น จะส่งผ่านสายไฟเบอร์ออฟติก ซึ่งมีโอกาสเกิดความเสียหายมากกว่า จึงมักใช้ข้อมูลนี้ ในด้านของข้อมูลสำรอง

3. หมายเลข 3 คือ SFP Port หรือก็คือ Ethernet Port ในรูปแบบการส่งผ่านข้อมูลด้วยสายไฟเบอร์ออฟติก

4. หมายเลข 4 คือ USB Port ซึ่งสำหรับอุปกรณ์บางตัวอาจจะมีการใช้งาน Port USB เพื่อเข้าไปตั้งค่าในอุปกรณ์แทนการใช้ Ethernet Port

5. หมายเลข 5 คือ DVB-S/S2 Port โดยมีจุดประสงค์ในการดูความสามารถในการรับส่งสัญญาณว่าสามารถรับชมแต่ละช่องรายการได้หรือไม่ ซึ่งในส่วนนี้ จะเป็นการรับสัญญาณผ่านสายอากาศ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณ

6. หมายเลข 6 คือ Alarm/Reset Port ในพอร์ตนี้จะประกอบไปด้วย ตัวเชื่อมต่อแบบ D-sub 9 ขา โดยมีจุดประสงค์ในการแจ้งเตือนที่แตกต่างกันไปในแต่ละขา ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งใน

พอร์ตนี้จะมีรีเลย์ที่ตั้งโปรแกรมไว้สองแบบ รีเลย์แบบแรกจะเปิดใช้งานไว้ตลอดเวลา เพื่อรองรับการแจ้งเตือนที่สำคัญ หรือเมื่อมีอุปกรณ์หยุดการทำงาน

ตารางที่ 3.1 หน้าที่การทำงานของขาใน Alarm/Reset Port [12]

Number of Pin	Function
1	Relay 2 - Closed on alarm (NC)
2	Relay 2 Common
3	Relay 2 - Open on alarm (NO)
4	Prepared for +5V Output
5	Ground
6	Alarm Relay - Closed on alarm (NC)
7	Alarm Relay Common
8	Alarm Relay - Open on alarm (NO)
9	Optional Reset Input / GPI

7. หมายเลข 7 คือ 1PPS Port ซึ่งก็คือพอร์ตมีอินพุตเป็นข้อมูลผ่านสายโคแอกเซียล (coaxial connector) รองรับความถี่ 1PPS/10MHz โดยตัวเชื่อมต่อนี้ มีเพื่อให้สามารถควบคุมสัญญาณนาฬิกาของระบบภายในให้เป็นข้อมูลอ้างอิงสากลได้ โดยที่สัญญาณมาตรฐาน 1 pulse ต่อวินาที ควรถูกนำมาอ้างอิงจากส่วนต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น จากเครื่องรับ GPS ซึ่ง 1PPS ใช้สำหรับการวัดค่า PCR (Program Clock Reference) ที่มีความแม่นยำสูง และจำเป็นสำหรับการตรวจสอบความล่าช้าของสัญญาณ SFN

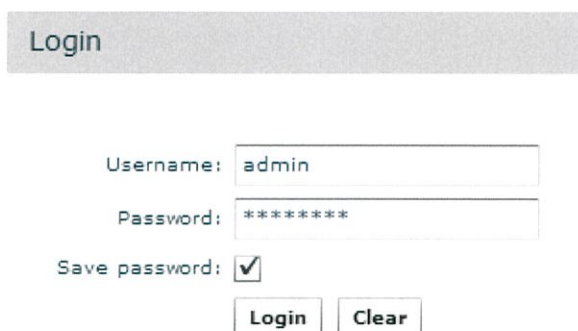
8. หมายเลข 8 คือ Mains power connector ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ รุ่น TNS4200 มีแหล่งรับไฟที่ช่วงแรงดันไฟฟ้า 100-240 VAC และที่ความถี่ 50/60 Hz ดังตาราง

ตารางที่ 3.2 สเปคของไฟฟ้ากระแสตรงที่เครื่องสามารถรับได้ [12]

แรงดันไฟฟ้า	100-240 VAC
ขีดจำกัดแรงดันไฟฟ้าที่สามารถรับได้	85-264 VAC
ความถี่ที่กำหนดไว้	50/60 Hz
ขอบเขตความถี่ที่สามารถรับได้	47-63 Hz
กระแสไฟฟ้า	1.8 A
กำลังไฟฟ้าที่ใช้สูงสุด	180 W

### 3.3. การใช้งานอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ Media Monitoring Probe รุ่น TNS4200

ในส่วนนี้ จะเป็นการแสดงการใช้งานหน้าจอ Interface ซึ่งจะมีประโยชน์ในการตรวจสอบข้อผิดพลาดต่าง ๆ หรือใช้ในการเช็คคุณภาพการรับส่งข้อมูลในส่วนต่าง ๆ ได้ โดยขั้นเริ่มต้นก่อนการใช้ Interface จะต้องทำการ Login เพื่อเข้าสู่ระบบก่อน ดังรูปที่ 3.4 แล้วจึงจะเข้าสู่หน้า Interface การใช้งานภายใน



Username: admin

Password: \*\*\*\*\*

Save password:

Login Clear

รูปที่ 3.4 หน้าจอ Login

หลังจากทำการเข้าสู่ระบบสำเร็จแล้วหน้าเริ่มต้นจะปรากฏขึ้น โดยส่วนบนสุดของหน้า ดังแสดงในรูปที่ 3.5 จะเป็นแถบแสดงหัวข้อหลักในการใช้งาน โดยมีทั้งหมด 5 หัวข้อหลัก เรียงจากซ้ายไปขวา คือ Status, Device Info, Network, Inputs และ Outputs โดยรายละเอียดการใช้งานของแต่ละหัวข้อ จะมีดังต่อไปนี้



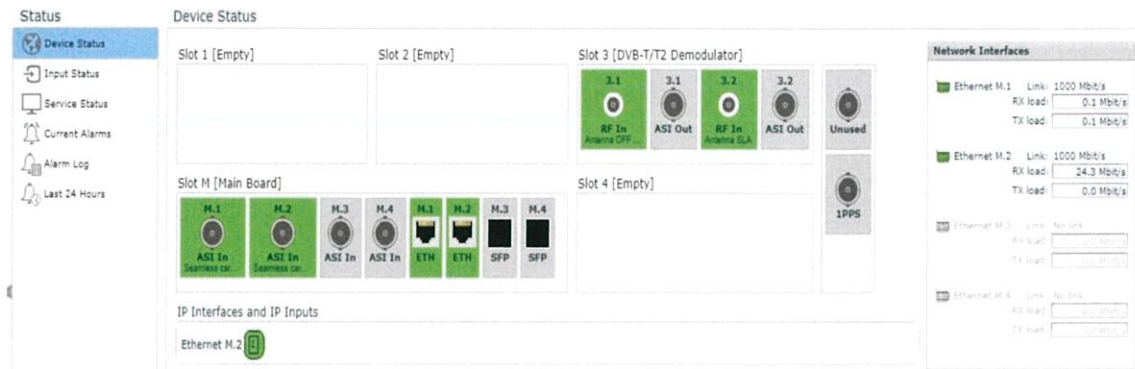
รูปที่ 3.5 แถบหัวข้อหลักการใช้งาน

#### 3.3.1. หัวข้อ Status

##### 3.3.1.1 การใช้คำสั่ง Device Status

โดยหน้านี้เป็นหน้าหลักซึ่งสรุปสถานะปัจจุบันของอุปกรณ์ทั้งหมด และแสดงสถานะการป้อนข้อมูลแต่ละรายการ อินพุททั้งหมดบนตัวเครื่องจะแสดงในมุมมองนี้ และสีของอินพุทจะเป็นสถานะสัญญาณเตือนปัจจุบัน เช่น สีเขียวเพื่อแสดงสถานะปกติ และสีแดงเพื่อแสดง

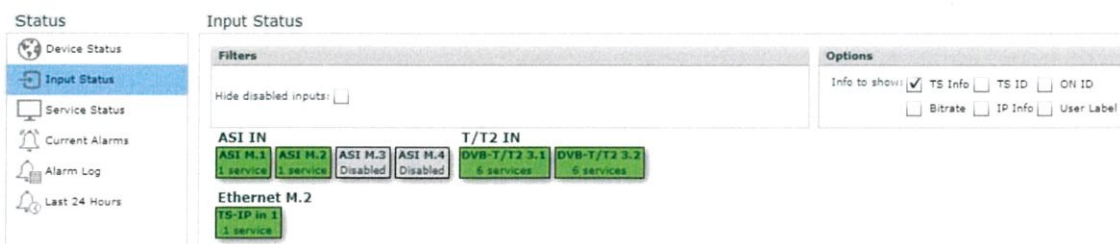
สถานะที่ผิดปกติ นอกจากนี้การวางแผนรหัสเหนืออินพุตใด ๆ จะทำให้ผู้ใช้มีข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสถานะปัจจุบันและการกำหนดค่าของอินพุต



รูปที่ 3.6 หน้าต่างแสดงสถานะอุปกรณ์

### 3.3.1.2 การใช้คำสั่ง Input Status

ซึ่งในหน้านี้จะแสดงอินพุตทั้งหมดในปัจจุบันของ Probe โดยหน้านี้จะอนุญาตให้ผู้ใช้สามารถเลือกข้อมูลที่จะแสดงสำหรับแต่ละอินพุต และกำหนดว่าจะแสดงอินพุตที่ปิดใช้งานหรือไม่ ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดค่าต่าง ๆ ที่ควรแสดงในหน้านี้ได้ ในส่วนของตัวกรองด้านบน ผู้ใช้สามารถเลือกว่าจะแสดงอินพุตใด ๆ ได้โดยการติ๊กกล่องเพื่อเลือกว่าจะแสดงข้อมูลใด ๆ นั้น ยกตัวอย่างเช่น bit rate หรือ กระแสข้อมูลขนส่ง เป็นต้น



รูปที่ 3.7 หน้าต่างแสดงสถานะอินพุต

### 3.3.1.3 การใช้คำสั่ง Service Status

โดยหน้าต่างนี้จะแสดงมุมมองของบริการในปัจจุบันทั้งหมดในเครื่อง ซึ่งผู้ใช้

สามารถเลือกประเภทของบริการที่จะดูในหน้านี้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ช่องค้นหาในการค้นหาบริการที่ต้องการได้ รวมทั้งยังสามารถดู Thumbnails ที่ถูกถอดออกจากแต่ละ services ได้อีกด้วย



รูปที่ 3.8 หน้าต่างแสดงสถานะการบริการ

### 3.3.1.4 การใช้คำสั่ง Current Alarms

ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงถึง Alarm ที่มีอยู่ใน ณ ขณะนั้น โดยที่คำอธิบายข้อมูลในแต่ละคอลัมน์สำหรับแต่ละรายการจะอธิบายไว้ในส่วนของ Alarm log

Severity	On Time	Source	Description	Alarm ID	Details
Minor	2014-09-03 13:56:33:000	IP 4 > TS	TS rate too high	1812	Measured max 9106.6, limit 5 [kbit/s]
Critical	2014-09-03 13:46:51:000	ASI 1.1	No sync	1110	
Notification	2014-09-03 13:46:46:000	System	Simultaneous users	524	

รูปที่ 3.9 หน้าต่างการแจ้งเตือน ณ เวลาปัจจุบัน

### 3.3.1.5 Alarm log

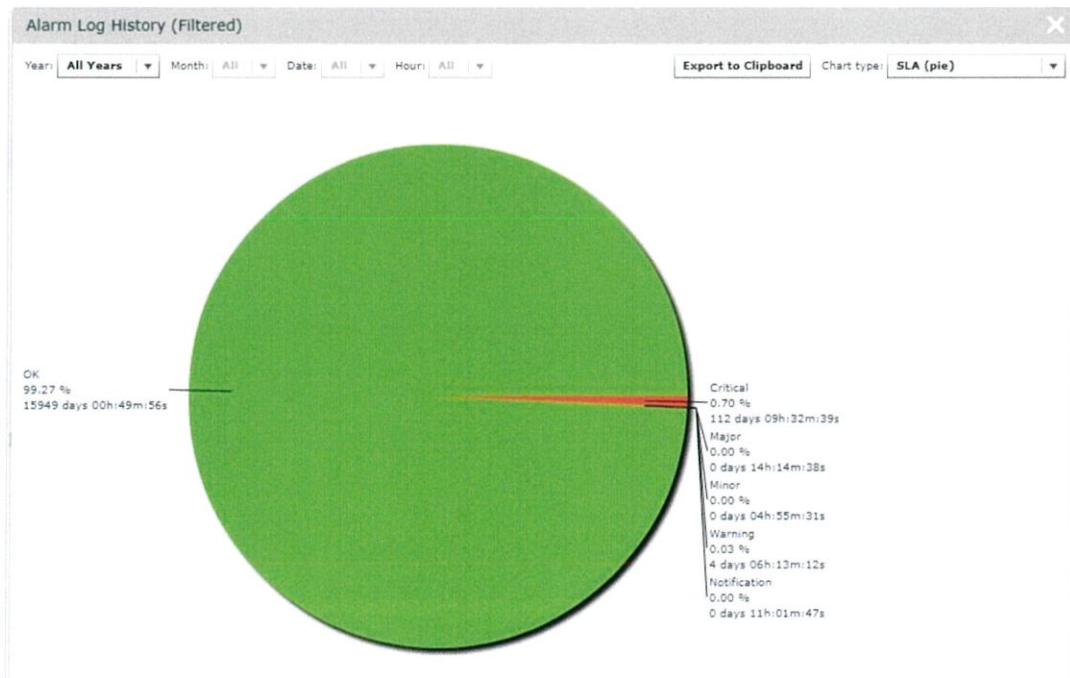
แสดงถึง Alarm ที่เคยเกิดขึ้นตั้งแต่ครั้งสุดท้ายที่ Log ถูกทำการลบ รวมถึงบอกเวลาที่ Alarm นั้น ๆ เกิดขึ้นและถูกแก้ไขในกรณีที่ได้รับการแก้ไขแล้ว แต่หากยังไม่ได้รับการแก้ไข จะบอกเพียงแค่ว่าเวลาที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 3.10 สามารถเลือกรายละเอียดต่าง ๆ เพิ่มเติมได้ เช่น คำอธิบาย

ว่าแต่ละ Alarm หมายถึงอะไร และ Alarm นั้น ๆ เกิดขึ้นที่ไหน นอกจากนี้ยังสามารถนำ Log ออกมาเป็นไฟล์ได้ในรูปแบบ comma-separated value (.CSV) และสามารถสร้างแผนภูมิแสดง SLA ซึ่งในส่วนของหน้า Live Log จะเป็นหน้าหลักในการแสดง Alarm เรียงลำดับตามเวลา ส่วนหน้า Searchable Log จะเป็นหน้าที่สามารถกรองข้อมูลตามที่ต้องการได้ เช่น ช่วงเวลาในการเกิด Alarm, ความรุนแรงในการเกิด Alarm หรือ Alarm ID เป็นต้น

Severity	On Time	Off Time	Source	Description	Alarm ID	Details
Notification	2017-10-20 14:22:57	2017-10-20 14:22:57	System	User logged in	501	User: admin logged in from 10.94.4.93
Notification	2017-10-20 09:22:39	2017-10-20 09:22:39	System	User logged out	502	User: admin logged out from 10.94.4.93
Notification	2017-10-20 09:17:49	2017-10-20 09:17:49	System	User logged in	501	User: admin logged in from 10.94.4.93
Warning	2017-10-19 19:48:51	2017-10-19 19:49:08	OVB-772 3.1 [...]	PCR accuracy error [...]	1241	Measured 1185ms, limit 500ms
Warning	2017-10-19 19:48:51	2017-10-19 19:49:06	ASB M.1 PLP 0 [...]	PCR accuracy error [...]	1241	Measured 6592ms, limit 500ms
Warning	2017-10-19 19:48:50	2017-10-19 19:49:05	TS IP in 1 PLP [...]	PCR accuracy error [...]	1241	Measured 6592ms, limit 500ms
Warning	2017-10-19 18:20:40	2017-10-19 18:20:55	OVB-772 3.1 [...]	PCR accuracy error [...]	1241	Measured 5888ms, limit 500ms
Warning	2017-10-19 18:20:40	2017-10-19 18:20:54	ASB M.1 PLP 0 [...]	PCR accuracy error [...]	1241	Measured 5925ms, limit 500ms

รูปที่ 3.10 หน้าต่าง Alarm Log

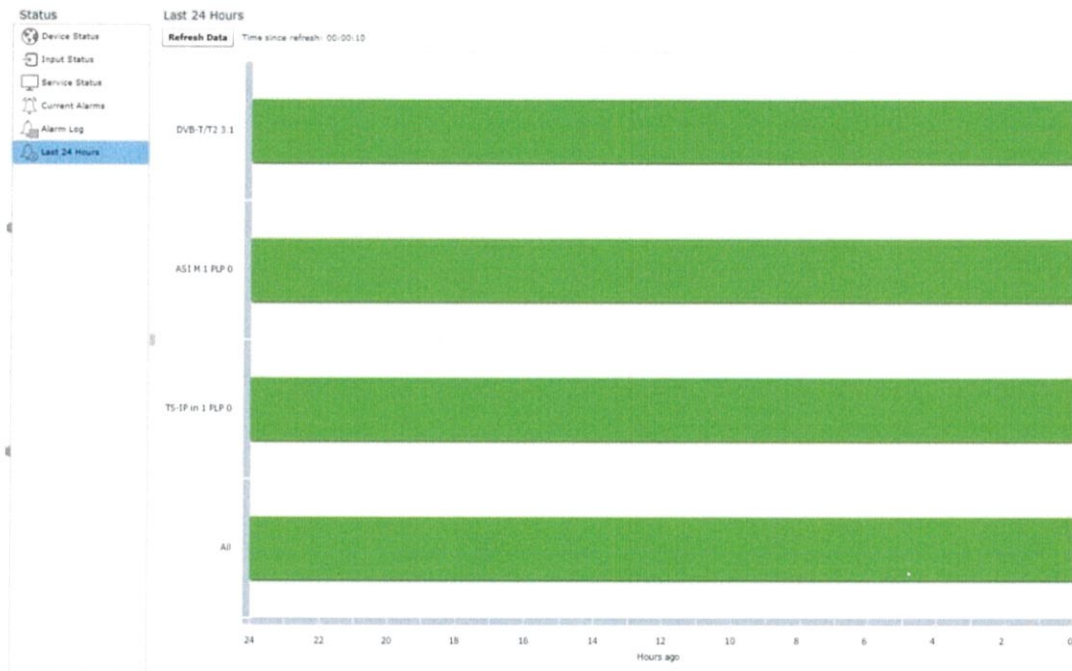
ซึ่งในส่วนการแสดงค่าคุณภาพของการให้บริการ หรือ SLA สามารถแสดงค่าได้โดยการใช้ปุ่ม Generate SLA โดยปุ่มนี้จะสร้างกราฟ ซึ่งเป็นการแสดงผลของทุกอินพุต



รูปที่ 3.11 หน้าต่างแสดง SLA จากการใช้ Generate SLA ในหัวข้อ alarm log

### 3.3.1.6 Last 24 Hours

หน้านี้จะแสดงคุณภาพของสัญญาณในรูปแบบของกราฟแท่ง โดยในแนวตั้งจะแยกแยะตามประเภทของอินพุต ส่วนแนวนอนจะแสดงค่ารายชั่วโมง (24 ชั่วโมง) ซึ่งหากปกติ กราฟจะแสดงสีเขียว และหากเกิดคริติคอล กราฟจะเป็นสีแดง แสดงตามรายชั่วโมงในช่วงเวลาที่เกิดคริติคอลนั้น แต่ในส่วนของหน้านี้ ค่าสถานะที่แสดงจะไม่ใช่ค่าปัจจุบันหากเปิดค้างไว้เป็นเวลานานสามารถตรวจสอบสถานะปัจจุบันได้โดยการกดปุ่ม Refresh Data

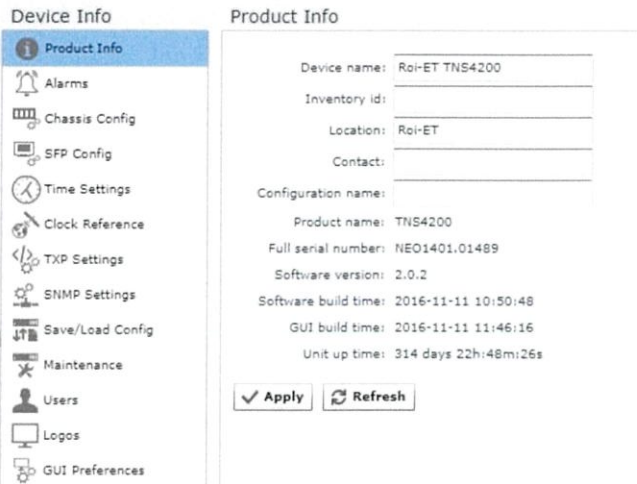


รูปที่ 3.12 หน้าต่างสถานะใน24ชั่วโมง

### 3.3.2. หัวข้อ Device Info

#### 3.3.2.1 การใช้คำสั่ง Device Status

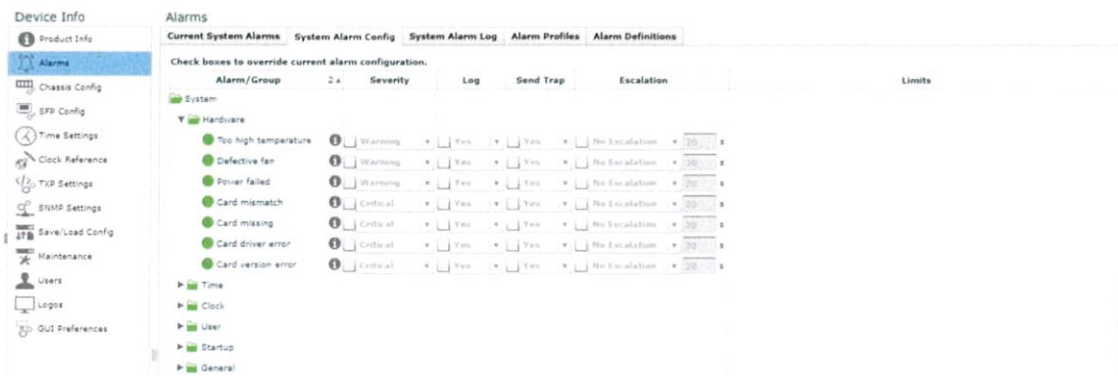
โดยหน้านี้จะแสดงข้อมูลต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออยู่ เช่น ชื่ออุปกรณ์, รุ่นของอุปกรณ์, serial no., Software version ฯลฯ



รูปที่ 3.13 หน้าต่างข้อมูลผลิตภัณฑ์

### 3.3.2.2 การใช้คำสั่ง Alarms

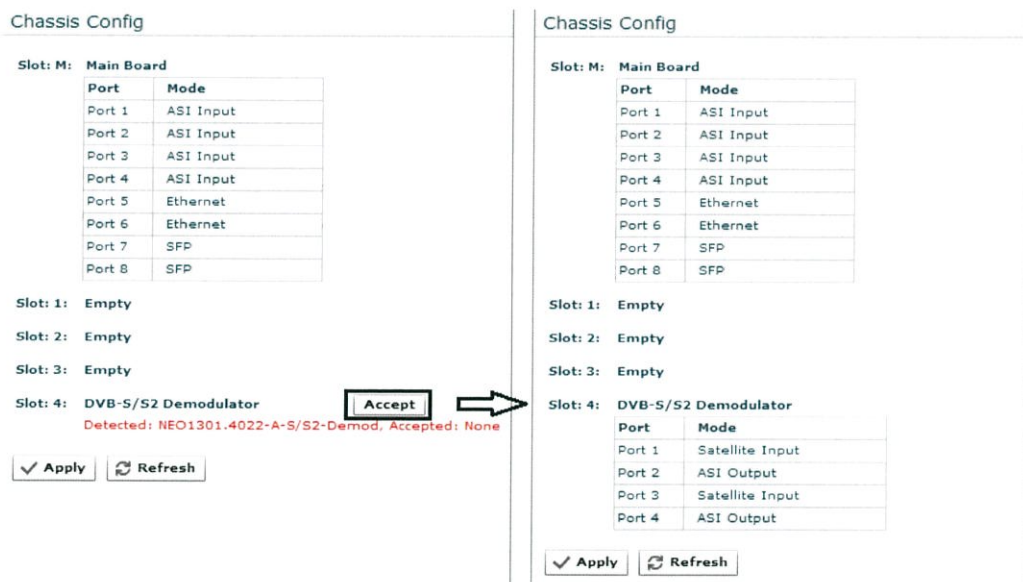
ในส่วนนี้จะแสดงถึง Alarm ของระบบที่เกิดขึ้น ณ ขณะนั้น ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับหน้าต่าง Alarm ในหมวด Status แต่จะแสดง Alarm ที่เกี่ยวข้องกับระบบและอุปกรณ์ แทน Alarm ที่เกี่ยวข้องกับอินพุตหรือเอาต์พุตต่าง ๆ นอกจากนี้ยังสามารถตั้งค่าในด้านต่าง ๆ เช่น ความรุนแรงของ Alarm และรูปแบบการแจ้งเตือน ดังรูปที่ 3.14 สามารถทำได้โดยยกตัวอย่างเช่น การกำหนดสัญญาณเตือน "Config changed" ให้อยู่ในระดับวิกฤตคอลได้โดยการเลือกช่องที่ต้องการเปลี่ยน แล้วจึงสามารถเปลี่ยนแปลงระดับความรุนแรงในช่องได้รวมถึงมีการแสดงรายละเอียด และคำอธิบายของแต่ละ Alarm



รูปที่ 3.14 หน้าต่างการตั้งค่า System alarm

### 3.3.2.3 การใช้คำสั่ง Chassis Config

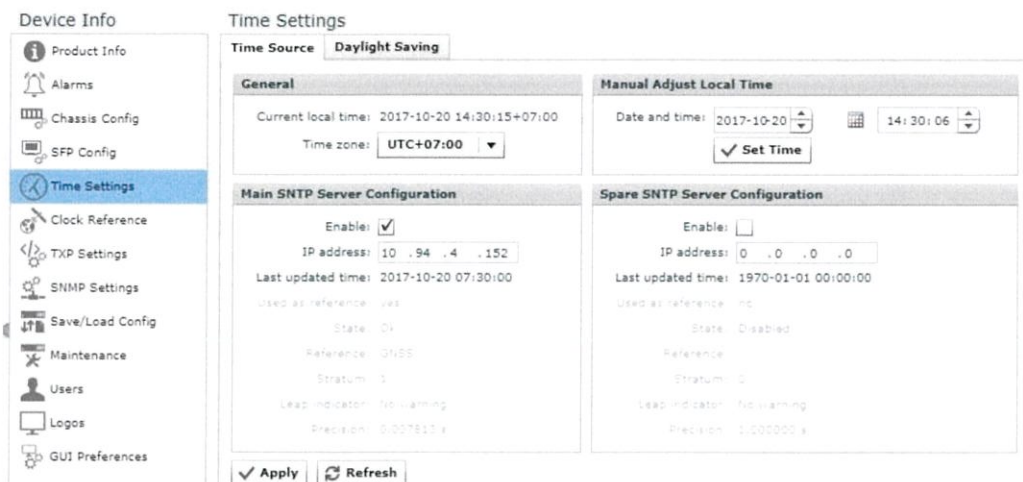
ในหน้าต่างนี้จะแสดงรายการจำนวนของบอร์ดเสริม (daughter board) ทั้งหมดที่มีอยู่บนอุปกรณ์รวมถึง พอร์ตอินพุต และพอร์ตเอาต์พุต ของแต่ละบอร์ดในปัจจุบัน ซึ่งการเพิ่มบอร์ดใหม่ลงในเครื่องนั้น จะส่งผลให้ในหน้าต่างนี้ รายชื่อบอร์ดที่เพิ่มเข้ามาจะปรากฏขึ้นมาเป็นสีแดง และมีปุ่มยอมรับข้าง ๆ ซึ่งสำหรับบอร์ดเสริมที่มีการทำงานแบบพิเศษ จะปรากฏเมนูแบบเลื่อนลงเพื่อเลือกตัวเลือกที่พร้อมใช้งานจากที่นี่ โดยการติดตั้งบอร์ดใหม่เข้าระบบ จะเสร็จสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อเมื่อกดยอมรับ โดยการปฏิบัติตามนี้จะทำให้การกำหนดอินพุต และเอาต์พุตของแต่ละอุปกรณ์ เป็นไปได้อย่างถูกต้อง แสดงดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 หน้าต่าง ก่อน และหลังการกดยอมรับการกำหนดค่าในส่วน of คำสั่ง Chassis Config

### 3.3.2.4 การใช้คำสั่ง Time Settings

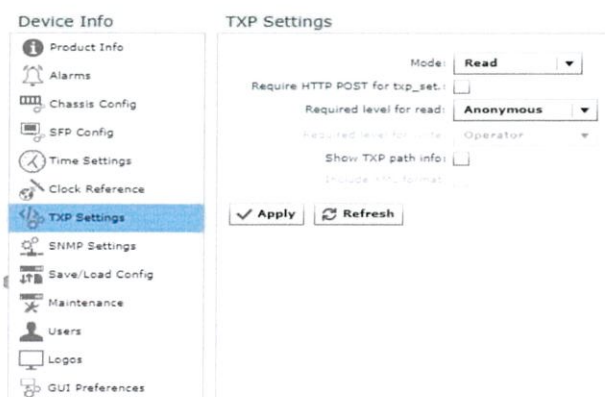
ในหน้านี้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดค่าโซนเวลา ซึ่งเป็นค่าสำคัญในการซิงโครไนซ์เวลาภายในอุปกรณ์ รวมทั้งสามารถตั้งเวลาของระบบภายในเพื่อรองรับการเกิดความล้มเหลวของแหล่งข้อมูลภายนอกซึ่งอาจส่งผลในการซิงโครไนซ์ ทำให้ช่วงเวลาที่จะบูทในอุปกรณ์อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ (กระทบการแจ้งช่วงเวลาการเกิดปัญหาในอุปกรณ์) การใช้งานข้อมูลเวลาที่ถูกต้อง จะส่งผลต่อการ stamping เวลาของรายการบันทึก alarm log



รูปที่ 3.16 หน้าต่างการตั้งค่าเวลา

### 3.3.2.5 การใช้คำสั่ง TXP Settings

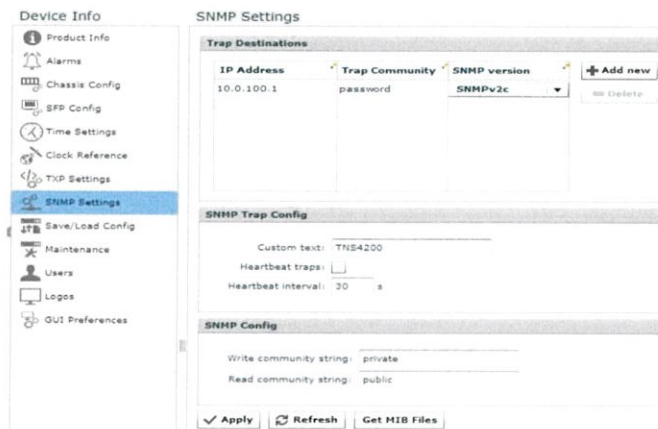
เป็นหน้าต่างตั้งค่าเกี่ยวกับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ผ่านทาง TXP Protocol โดยในส่วนหัวข้อ Mode จะสามารถเลือกรูปแบบการเข้าถึงได้ คือการ อ่านอย่างเดียว, อ่าน/แก้ไขได้ และปิดใช้งาน ซึ่งหัวข้อถัดมา Require HTTP POST for txp\_set หากมีการเลือกไว้ จะทำให้ต้องใช้ HTTP POST สำหรับการดำเนินการแก้ไข หรือตั้งค่า txp แต่หากไม่ได้เลือกไว้การดำเนินการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ จะได้รับการยอมรับทันที (ไม่แนะนำให้ใช้เนื่องจากความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลงการตั้งค่าที่ไม่ต้องการ) และในหัวข้อ Required level for read/write จะเป็นการตั้งค่าระดับผู้ใช้ที่สามารถใช้งานการอ่าน และการแก้ไข txp ได้



รูปที่ 3.17 หน้าต่างการตั้งค่า TXP

### 3.3.2.6 การใช้คำสั่ง SNMP Settings

ในหน้าต่างนี้จะสามารถตั้งค่าเกี่ยวกับการทำงานของ SNMP ได้ โดยตรงส่วนของ IP address จะแสดงตำแหน่ง IP ของ SNMP traps ที่จะส่งข้อมูลเกี่ยวกับ Alarm ที่เกิดขึ้นไปแจ้งให้ผู้ที่ทำการมอนิเตอร์รับทราบ ในส่วนหัวข้อถัดมา SNMP version จะเป็นการตั้งค่าเวอร์ชันของ SNMP ซึ่งในหัวข้อ Write/Read community string จำเป็นจะต้องใช้รหัสผ่านเพื่ออนุญาตให้มีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ หรือใช้งานพารามิเตอร์นั้น ๆ



รูปที่ 3.18 หน้าต่างการตั้งค่า SNMP

### 3.3.2.7 การใช้คำสั่ง Save/Load Configs

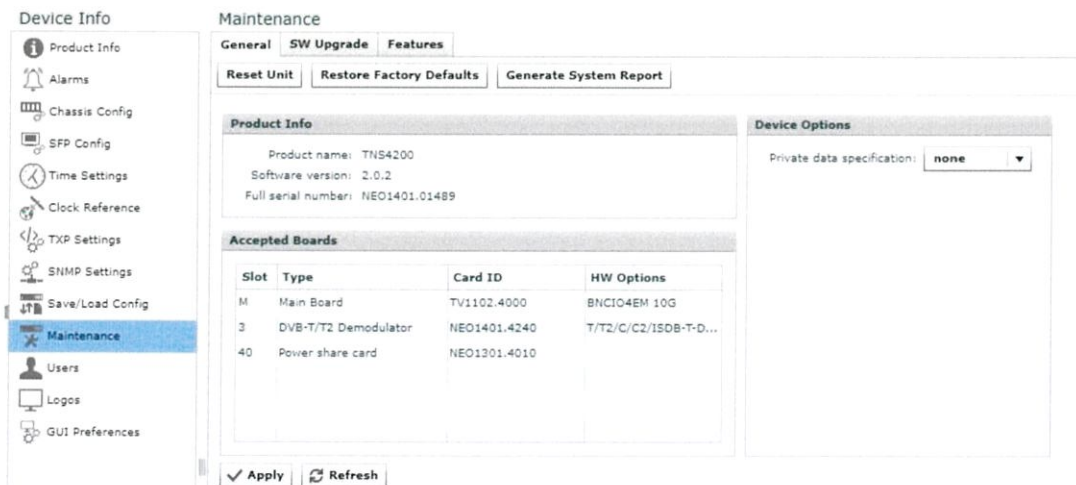
ในหน้าต่างนี้จะสามารถใช้บันทึกการตั้งค่าของอุปกรณ์เอาไว้ได้หลายรูปแบบเพื่อการใช้งานในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน โดยสามารถแปลงการกำหนดค่าที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันเป็นไฟล์ XML โดยการคลิกปุ่ม Save Config ซึ่งหน้าต่างนี้ ผู้ใช้จำเป็นต้องมีสิทธิ์ในการเข้าถึงเพื่อเขียนไฟล์ โดยในระหว่างการถ่ายโอนไฟล์จากอุปกรณ์ไปยังระบบของผู้ใช้ผู้ใช้ จะสามารถคลิกปุ่มยกเลิกการยกเลิกการโอนย้ายได้ แต่อาจส่งผลให้ไฟล์ที่ไม่สมบูรณ์จะถูกทิ้งไว้ในระบบของผู้ใช้หลังจากยกเลิก เมื่อเสร็จสิ้นการถ่ายโอนแถบความคืบหน้าการถ่ายโอนจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว หากเกิดข้อผิดพลาดระหว่างการโอนแถบความคืบหน้าจะเปลี่ยนเป็นสีแดงและแสดงข้อความแสดงข้อผิดพลาด ซึ่งไฟล์ที่ส่งออกจากอุปกรณ์โดยใช้ตัวเลือกนี้ จะมีการกำหนดค่าอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ และสามารถเรียกคืนไปยังอุปกรณ์ได้ในภายหลัง ทั้งยังสามารถติดตั้งบนอุปกรณ์อื่นโดยใช้ตัวเลือก Load Configuration ได้ โดยที่การตั้งค่าในส่วนที่แตกต่างกันตามชนิดและรุ่นของอุปกรณ์จะไม่ถูกพิจารณา



รูปที่ 3.19 หน้าต่างการตั้งค่า Save/Load

### 3.3.2.8 การใช้คำสั่ง Maintenance

จะบอกข้อมูลด้าน Hardware และ Software ของอุปกรณ์ ซึ่งในด้าน Hardware สามารถทำการ Restart อุปกรณ์ และเปลี่ยนเป็นการตั้งค่าดั้งเดิมจากโรงงาน รวมถึงการสร้างรายงานระบบเพื่อส่งให้กับบริษัท Nevia ในกรณีที่เกิดปัญหา ดังรูปที่ 3.20 ซึ่งในส่วนของ Software นั้นสามารถทำการ upgrade software ได้ รวมถึงการใส่ฟังก์ชันเพิ่มเติมของอุปกรณ์โดยการใส่ License ลงไป

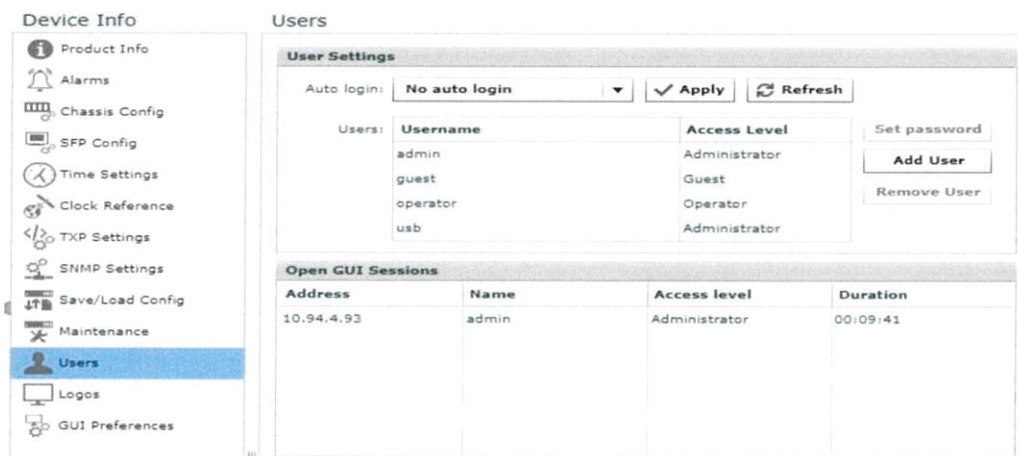


รูปที่ 3.20 หน้าต่างการบำรุงรักษา

### 3.3.2.9 การใช้คำสั่ง Users

เป็นหน้าต่างสำหรับการตั้งค่า และจัดการผู้ใช้งาน โดยมีการตั้งค่าการกำหนดสิทธิ์ผ่านสำหรับแต่ละระดับ และสิทธิ์ของผู้ใช้ รวมถึงสำหรับการกำหนดค่าการเข้าสู่ระบบอัตโนมัติ โดยในหน้าต่างผู้ใช้งานนี้ จำเป็นจะต้องใช้สิทธิ์การเข้าถึงระดับ administrator โดยบัญชีผู้ใช้งานจะมี 3 ระดับที่มีความสามารถในการเข้าถึงส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์ต่างกัน ดังนี้

- Guest สามารถดู Alarm Log และการตั้งค่าของอุปกรณ์ได้ แต่ไม่สามารถเปลี่ยนการตั้งค่าได้
- Operator สามารถตั้งค่าในอุปกรณ์ได้ แต่ไม่สามารถเปลี่ยน Password ได้
- Admin เข้าถึงได้ทุกส่วน



รูปที่ 3.21 หน้าต่างการตั้งค่าผู้ใช้งาน

### 3.3.2.10 การใช้คำสั่ง Logos

ในหน้าต่างนี้จะสามารถใส่ Logo ให้กับกระแสมูลขนส่ง หรือ service ที่ต้องการเพื่อให้สามารถทำการแยกแยะแต่ละกระแสมูลขนส่งได้ง่ายขึ้น

### 3.3.2.11 การใช้คำสั่ง GUI Preferences

เป็นหน้าต่างที่สามารถปรับการตั้งค่าพื้นฐานสำหรับใช้งานหน้า Interface

โดยสามารถกำหนดให้ต้องทำการยืนยันทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงการตั้งค่า รวมทั้งสามารถปรับขนาดของ GUI ให้เหมาะสมกับการใช้งานได้ โดยส่วนสำคัญของการใช้งานหน้าตาต่างนี้ คือสามารถตั้งค่าให้ทำการส่งเสียงแจ้งเตือนต่อเนื่องได้ หากเกิดการ critical alarm



รูปที่ 3.22 การตั้งค่าหน้าตาต่างใช้งาน

### 3.3.3. หัวข้อ Network

#### 3.3.3.1 การใช้คำสั่ง Network overview

ในหน้าตาต่างนี้จะแสดงภาพรวมเครือข่าย โดยมีรายชื่อของ ethernet ports บนตัวเครื่อง ดังแสดงในรูปที่ 3.22 ซึ่งจะแสดงสถานะของ ethernet ports บางอย่าง เช่น ที่อยู่ IP, host name, ความเร็วในการเชื่อมต่อของ ports หรือ bitrates ของ TX และ RX ในปัจจุบัน



รูปที่ 3.23 หน้าตาต่างภาพรวมโครงข่าย

#### 3.3.3.2 การใช้คำสั่ง IP Routing

ในหน้าตาต่างนี้จะสามารถเพิ่มเส้นทางสำหรับอินเทอร์เน็ตที่ต่างกันได้ ทำได้โดยการใช้ปุ่ม Add Route แสดงใน 8.33 บรรทัดใหม่จะปรากฏใน routes list ที่ซึ่งผู้ใช้สามารถป้อนพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ โดยแยกได้ 5 ส่วนคือ

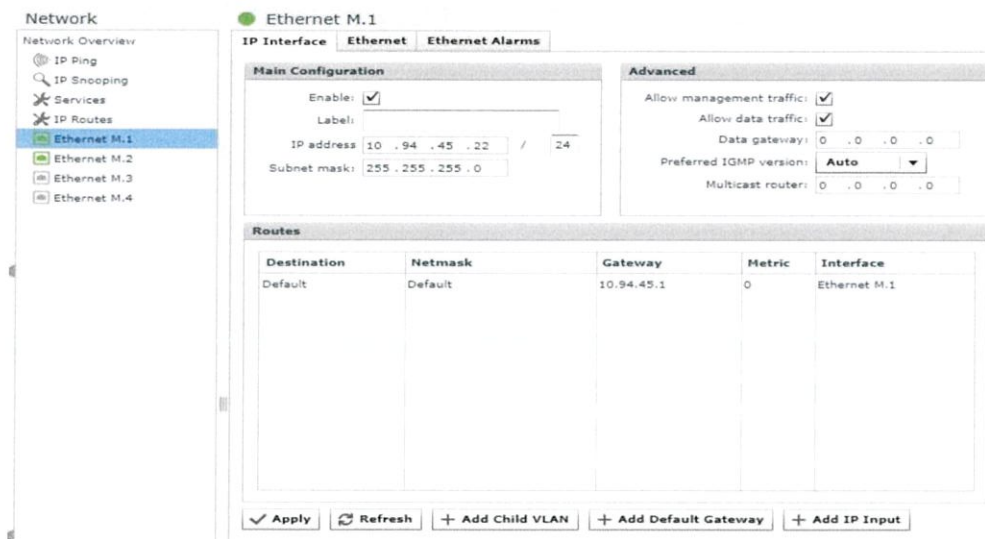
- ส่วนของ Destination จะเป็นการใส่ค่า IP address
- ส่วนของ Netmask จะเป็นส่วนของข้อมูลการจับคู่เส้นทาง
- ส่วนของ Gateway จะเป็นการใส่ตำแหน่ง IP ปลายทาง
- ส่วนของ Metric จะเป็นค่า metric ของการกำหนดเส้นทาง หากที่ปลายทางมี metric แตกต่างกัน จะใช้ metric ที่มีค่าต่ำสุด
- ส่วนของ Interface จะเป็นตำแหน่ง แสดงชื่อ Ethernet port ซึ่งหาก IP packets มีพารามิเตอร์ตรงตามที่กำหนด จะถูกส่งผ่าน Interface นี้



รูปที่ 3.24 หน้าต่างการกำหนดเส้นทาง IP

### 3.3.3.3 การใช้คำสั่ง Ethernet port

เมื่อทำการกดเลือก Ethernet port ที่ต้องการแล้ว จะเป็นการแสดงหน้าต่างในหัวข้อ IP Interface ขึ้นมาเป็นอันดับแรก โดยในหน้าต่างนี้จะแสดงรายละเอียดเส้นทางที่ทำการตั้งค่าเรียบร้อยแล้วของ Port ซึ่งในหน้านี้มีความสามารถในการเพิ่มเส้นทางใหม่เช่นเดียวกับในหน้า IP Routing โดยการคลิกเลือก Add Default Gateway ที่ด้านล่างของหน้าต่าง ส่วนการเพิ่ม VLAN ใน Interface ทำได้โดยการเลือก Add Child VLAN ซึ่งเมื่อทำการคลิกแล้ว จะเรียกหน้าต่างย่อยที่ผู้ใช้งานสามารถป้อนข้อมูล VLAN ID เพื่อระบุ VLAN ที่ต้องการได้



รูปที่ 3.25 หน้าต่างแสดงภาพรวมของ IP

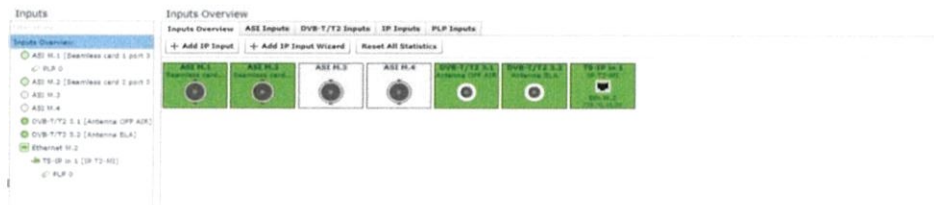
หัวข้อย่อยถัดมาของ Ethernet port คือ Ethernet โดยที่หน้านี้ผู้ใช้สามารถตั้งค่าความเร็ว หรือ duplex mode ได้ นอกจากนี้ยังมีส่วนที่แสดงสถานะของพารามิเตอร์ต่าง ๆ อยู่ 4 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ interface status, RX counters, TX counters และ error counters โดยที่ส่วนนี้จะให้ข้อมูลรายละเอียดของพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันไป

โดยหัวข้อย่อยสุดท้ายคือ Ethernet alarms โดยในแท็บนี้ จะนำผู้ใช้ไปยังหน้าการกำหนดค่า alarms สำหรับข้อมูลที่มาจก Ethernet อินพุต ซึ่งที่นี้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนระดับความรุนแรงของการแจ้งเตือนภัยได้ โดยมีรายละเอียดการแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ ทั้งในส่วนของการ Generate SLA หรือการแปลงข้อมูลเป็นไฟล์ .CSV ด้วยวิธีการเดียวกับในหน้าต่าง Alarm log ของหัวข้อ Status

### 3.3.4. หัวข้อ Inputs

#### 3.3.4.1 การใช้คำสั่ง Inputs Overview

ในหน้าต่างนี้จะแสดงภาพรวมสถานะของแต่ละอินพุต โดยมีสัญลักษณ์บอกว่าเป็นอินพุตประเภทใด IP, ASI หรือ DVB-S/S2 รวมถึงหมายเลขของแต่ละพอร์ต และสถานะของพอร์ต ซึ่งแสดงโดยใช้สีตามระดับความรุนแรงของ Alarm ที่เกิดขึ้นบนอินพุตนั้น ๆ ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.26 หน้าต่างแสดงสถานะโดยรวมของอินพุต

อินพุต ASI จะมีการแสดงชื่อของแต่ละอินพุตตามที่ตั้งชื่อไว้หรือใช้ชื่อตามกระแสมูลขนส่งบนอินพุตนั้น มีการตั้งค่า TS Mode ว่าเป็น DVB, ATSC หรือ MPEG ตั้งค่ารูปแบบการสตรีม (Single Program หรือ Multiprogram) และแสดงสถานะต่าง ๆ เช่น Sync, ID, Bitrate

อินพุต IP จะมีการแสดงค่าคล้ายกับ ASI โดยมี Ethernet rate มาแทน Bitrate มีการบอก Interface และ UDP Port ที่ได้รับ IP อินพุตนั้น ๆ มา

ในส่วนของอินพุต DVB-S/S2 นั้น จะมีการแสดงค่าคล้าย ASI โดยเพิ่มเติมการแสดงความถี่ Transponder ระดับ AGC (Automatic gain control) และการ lock สัญญาณ รวมถึงมีการแสดง Constellation ของสัญญาณ

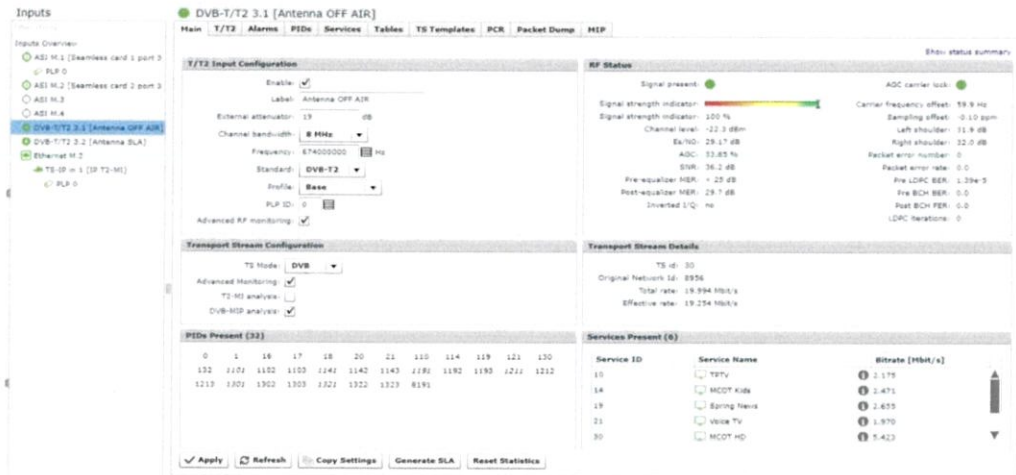


รูปที่ 3.27 หน้าต่างแสดงรายละเอียดอินพุต ASI

### 3.3.4.2 การใช้คำสั่ง Main

เมื่อทำการเลือกอินพุตใดอินพุตหนึ่ง จะแสดงรายละเอียดข้อมูลและของอินพุตนั้น ๆ รายละเอียดที่แสดงจะเปลี่ยนแปลงไปตามประเภทของอินพุต (ASI, IP) โดยหน้า Main จะแสดงรายละเอียดโดยรวมของ กระแสมูลขนส่งบนอินพุตรวมถึงค่า PID และ Service บนกระแสมูลขนส่ง รายละเอียดในหมวดนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามประเภทของอินพุตเช่น อินพุตแบบ ASI จะมีข้อมูลด้าน T2-MI (ถ้ามีการใช้งาน) และข้อมูลด้าน Total และ Effective Bitrateอินพุตแบบ

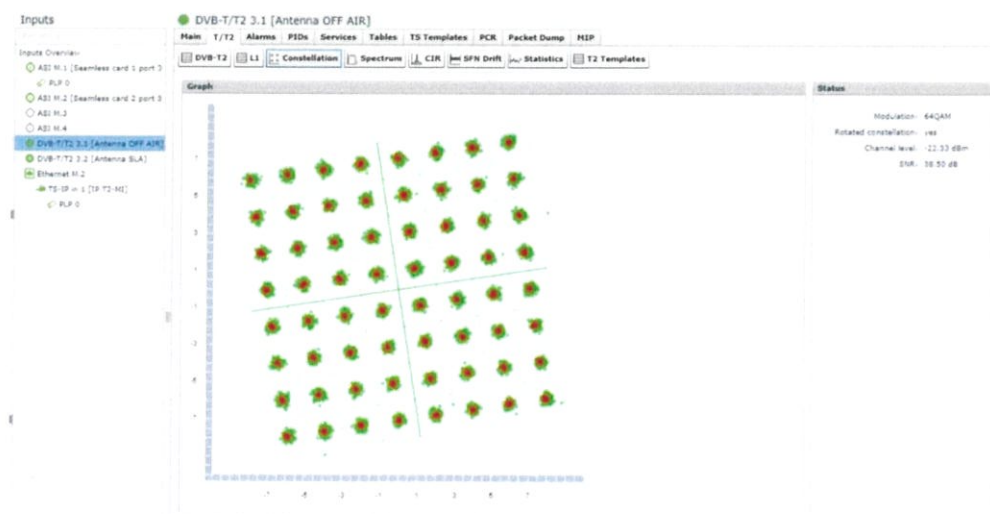
DVB-S/S2 จะมีข้อมูลด้าน Polarization, Symbol rate, ความถี่, C/N และ MER เพิ่มขึ้นมาอินพุตแบบ IP จะมีข้อมูลด้าน Packet และ IP Address เพิ่มขึ้นมา



รูปที่ 3.28 หน้าต่าง Main ของ Input

### 3.3.4.3 การใช้คำสั่ง T/T2

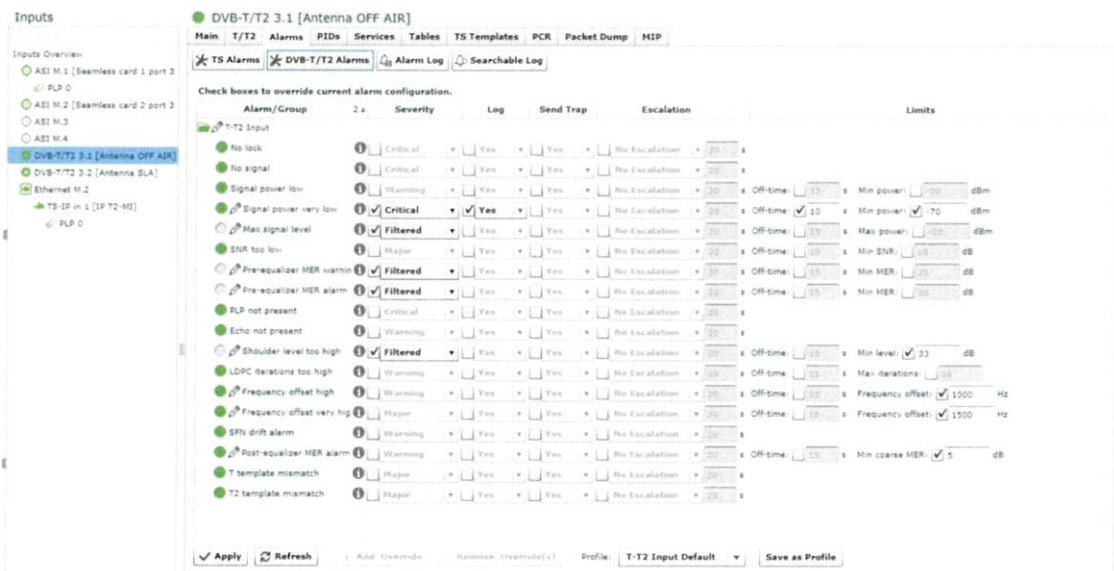
จะเป็นหัวข้อในส่วนของอินพุตที่เป็น DVB-T/T2 ซึ่งจะแสดงรายละเอียดรูปแบบ และคุณสมบัติของอินพุตในลักษณะต่าง ๆ เช่น Spectrum, Constellation, CIR, SFN Drift หรือ สถิติ เป็นต้น ซึ่งความถี่ในการสุ่มสัญญาณเพื่อนำมาแสดงในรูปแบบของ Constellation คือ 1000 ms โดยด้านข้างจะแสดงลักษณะของ Modulation, การ Rotated, Channal level และ SNR



รูปที่ 3.29 Constellation ของสัญญาณจากอินพุต DVB-T/T2

### 3.3.4.4 การใช้คำสั่ง Alarms

แสดงรายละเอียดของalarmที่เกี่ยวข้องกันอินพุตที่อยู่ จะมีหน้าต่างย่อย 2 หน้าต่างคือ TS Alarm แสดง Alarm ของกระแสข้อมูลขนส่งตามข้อตกลง ETR290 ซึ่งจะสามารถแยกแต่ละAlarm ออกตามลำดับความสำคัญได้ ซึ่ง Alarm Log จะแสดง Alarm ที่เคยเกิดขึ้นในอดีตรวมถึงแสดงสถิติ Alarm ที่เคยเกิดขึ้นในรูปแบบของกราฟแบบต่าง ๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งจะถูกรสร้างเป็น SLA (Service Level Agreement) แสดงเปอร์เซ็นต์ของระยะเวลาที่เกิดปัญหาเทียบกับเวลาที่ออกอากาศทั้งหมด โดยสามารถเลือกได้ว่าจะพิจารณา Alarm ตัวใดบ้าง ซึ่งในกรณีอินพุตที่เป็น DVB-T/T2 จะมีส่วนของ DVB-T/T2 Alarms เพิ่มขึ้นมาด้วย โดยจะเป็นส่วนของการตั้งค่าระดับความรุนแรง และตั้งค่าการแจ้งเตือน

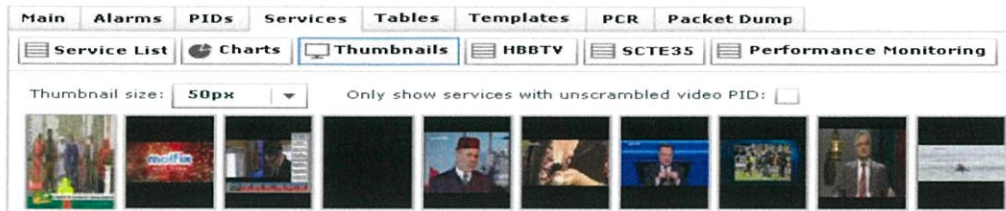


รูปที่ 3.30 หน้าต่าง DVB-T/T2 Alarms

### 3.3.4.5 การใช้คำสั่ง IP

จะแสดงเฉพาะเมื่อเลือกดูรายละเอียดของ IP อินพุตเท่านั้น แสดงสถานะทั่วไปเช่น Bitrate, Latency, Packet loss ไปจนถึงคุณลักษณะของอินพุตที่สามารถนำมาใช้ดูคุณภาพของการเชื่อมต่อIPได้





รูปที่ 3.32 หน้ารวมการออกอากาศของทุกช่องรายการ

#### 3.3.4.8 การใช้คำสั่ง Table

แสดงรายละเอียดของแต่ละตารางที่ถูกส่งมาใน กระแสข้อมูลขนส่ง เช่น PAT (Program Association Table), CAT (Conditional Access Table), NIT (Network Information Table), PMT (Program Map Table), ฯลฯ ซึ่ง EIT จะมีการวิเคราะห์เพิ่มเติมในเรื่องของตารางเวลา แต่ละรายการ ว่ามีช่องว่างหรือความผิดพลาดเกิดขึ้นหรือไม่

#### 3.3.4.9 การใช้คำสั่ง Template

สามารถเลือกรูปแบบของของสตรีม ที่ต้องการ โดยสามารถตั้งค่าเช่น TS id, Bit rate ซึ่งถ้าหากสตรีมที่รับได้มีค่าผิดไปจากค่าที่ตั้งไว้ก็จะมีแจ้งเตือน เมื่อเข้าไปดูรายละเอียด จะมีการเน้นสีแดงในส่วน of ค่าที่ไม่ตรงกับ Template เพื่อให้ง่ายต่อการค้นหา

#### 3.3.4.10 การใช้คำสั่ง T2-MI

สามารถทำการตั้งค่าว่าจะวิเคราะห์ T2-MI หรือไม่ และวิเคราะห์ละเอียดแค่ไหน ถ้าหากทำการวิเคราะห์แล้วจะแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของสตรีม เช่น Bandwidth, ความถี่, ID, Timestamp, T2 version ฯลฯ รวมถึงแสดงรายละเอียดด้าน PLP, Packet ต่าง ๆ และ SFN delay ซึ่งจะบอกว่าสัญญาณที่รับได้ ณ จุดนั้น ๆ มีค่าDelayไปเท่าไรหลังจากที่ออกจาก T2-Gateway และได้รับการส่งสัญญาณมาตามเส้นทางต่าง ๆ

Main	Alarms	IP	PIDs	Services	Tables	T2-MI	T2-MI
<span>✖ T2-MI Config</span> <span>🔍 T2-MI Details</span> <span>🔄 PLPs</span> <span>📦 Packets</span> <span>📊 SFN Stat</span>							
<b>T2 System</b> Bandwidth: 8 MHz Frequency: 602000000 Hz Cell Id: 0 Network Id: 0 T2 System Id: 0 T2 Version: 1.3.1 PLPs: 3				<b>T2 Timestamp</b> Timestamp present: yes Timestamp type: Relative Seconds since 2000: 0 Subseconds: - Leapseconds: 3			
<b>T2-Frame</b> L1 current present: yes L1 modulation: 64-QAM Preamble format: SISO FFT size: 32k Extended carriers: Yes Guard Interval: 1/32 PAPR: L1-ACE/P2-TR Pilot Pattern: PP4 Data symbols: 41 Number of P2 symbols: 1 SuperFrame duration: 310.912 ms T2-Frame duration: 155.456 ms T2-Frames per Superframe: 2 FEF present: no FEF duration: 0 us FEF interval: 0 ms Total OFDM symbol duration: 3.696 ms Active OFDM symbol duration: 3.584 ms P1 symbol duration: 0.224 ms							
<b>T2-MI packet count</b> L1 Current: 1016397 T2-Timestamp: 1016397 BBFrames: 92494644 Individual Addressing: 1016397 L1 Future: 1016397 P2 Bias Balancing: 0 Arbitrary Cell Insertion: 0 Auxiliary stream IQ data: 0 FEF Part Null: 0 FEF Part IQ: 0 FEF Part Composite: 0 FEF Subpart: 0				<b>T2-MI errors</b> T2-MI packet count index: 881 SuperFrame index: 0 T2-Frame index: 0 TS to T2-MI Unpacker: 1147 CRC32: 13			
<input type="button" value="Reset T2MI statistics"/>							

### รูปที่ 3.33 หน้าต่างรายละเอียดของ T2-MI

#### 3.3.4.11 การใช้คำสั่ง PCR

สามารถดูค่า PID ของ PCR (Program Clock Reference) ในอินพุต และดูค่า Jitter หรือก็คือค่าความคลาดเคลื่อน และความไม่ต่อเนื่อง โดยสามารถนำค่า Jitter มาวิเคราะห์แบบสถิติได้

#### 3.3.4.12 การใช้คำสั่ง Packet Dump

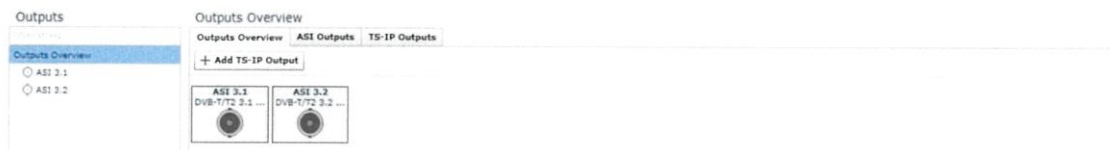
สามารถเลือกนำ Packet ที่ต้องการมาวิเคราะห์ได้ตาม PID ซึ่งเมื่อเลือก Packet ที่จะ Dump แล้ว จะมีหน้าจอแสดงรายละเอียดของ Packet เหล่านั้นปรากฏออกมา ซึ่งจะมีการแสดงความแปรปรวนของ Packet rate

### 3.3.5. หัวข้อ Outputs

#### 3.3.5.1 การใช้คำสั่ง Outputs Overview

ในหน้าต่านี้จะแสดงภาพรวมของเอาต์พุต โดยแต่ละเอาต์พุตจะมีสัญลักษณ์แสดงให้เห็นว่าเป็น ASI หรือ IP ซึ่งแต่ละสัญลักษณ์จะมีการแบ่งตามระดับสีเพื่อบอกสถานะความรุนแรงของ alarm ปัจจุบัน โดยที่ประเภทของเอาต์พุตจะมีการระบุลงในกล่องสัญลักษณ์พร้อมด้วยหมายเลขพอร์ต (ตามที่ระบุไว้ในส่วนของอินพุต) ซึ่งเมื่อทำการชี้เมาส์ไปบนไอคอนเอาต์พุตใด ๆ จะมี

การแสดงค่า status บางส่วนปรากฏออกมา เช่น รายละเอียดของ กระแสข้อมูลขนส่ง หรือคุณสมบัติ (specific) ของพอร์ต



รูปที่ 3.34 หน้าต่างภาพรวมของเอาต์พุต

### 3.3.5.2 การใช้คำสั่ง ASI Outputs

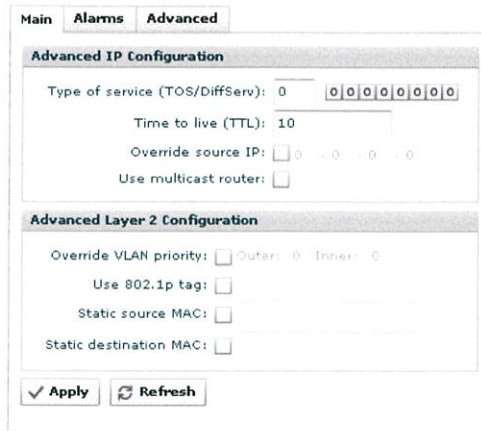
เป็นหน้าต่างแสดงรายละเอียดของ ASI outputs โดยที่ในส่วนแรกคือ Enable จะเป็นส่วนเปิด / ปิดการทำงาน ส่วนถัดมาคือ Output จะแสดงลิสรายชื่อของ Output โดยจะเป็นการแสดงชื่อตามที่ถูกใช้งานได้ระบุไว้ และชื่อของPortที่ใช้งาน ส่วนถัดมาคือ Source จะสรุปแหล่งที่มา รวมถึงประเภทสตรีม, transport stream ID และรหัสเครือข่าย โดยส่วนสุดท้ายคือ Source Bitrate จะแสดง bitrate ทั้งหมดของ กระแสข้อมูลขนส่งที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ในหน่วย Mbit/s



รูปที่ 3.35 หน้าต่าง ASI เอาต์พุต

### 3.3.5.3 การใช้คำสั่ง IP Outputs

หน้าต่างนี้จะเป็นหน้าต่างเกี่ยวกับ IP เอาต์พุต ซึ่งจะสามารถเลือกอินพุตที่ต้องการนำข้อมูลมาออกที่ Port นี้ และยังสามารตั้งค่าจำนวน และความยาวของ Packet, IP Address และ Port ของจุดหมายได้อีกด้วย ซึ่งในส่วนของหัวข้อ Alarm จะเป็นการแสดง Alarm ของเอาต์พุตซึ่งจะมีเฉพาะใน IP เอาต์พุต โดยในหน้านี้จะมีการทำงานเหมือนกับในหน้า Alarm ของอินพุต และหัวข้อสุดท้าย Advanced ซึ่งมีเฉพาะใน IP เอาต์พุต โดยจะเป็นการแสดงรายละเอียดเชิงลึกของ IP เช่น ประเภทของ Service, การ Override IP และ VLAN, การใช้ Multicast และ MAC Address



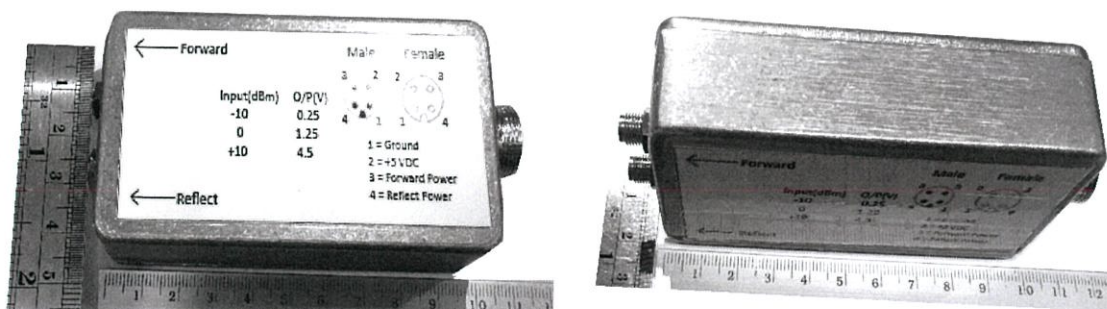
รูปที่ 3.36 หน้าต่าง IP เอ้าท์พุต

### 3.4. อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณซึ่งสร้างขึ้นโดยบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน)

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณซึ่งสร้างขึ้นโดย บมจ. อสมท เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในสถานีเสริม โดยสร้างขึ้นขึ้นเพื่อลดต้นทุนในการซื้ออุปกรณ์ Media Monitoring Probe รุ่น TNS4200 เนื่องจากในสถานีเสริมนั้น มีจำนวนหลายสถานี (129 สถานี) ทั้งยังมีความต้องการรายละเอียดของข้อมูลการทำงานไม่สูงนัก ทาง บมจ. อสมท จึงสร้างอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณนี้ขึ้นมา เพื่อใช้ทดแทนการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณรุ่น TNS4200 โดยออกแบบอุปกรณ์ ให้มีความสามารถในการวัดกำลังไฟของอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ ได้

#### 3.4.1. รายละเอียดของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณซึ่งสร้างขึ้นโดย บมจ. อสมท

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณซึ่งสร้างขึ้นโดย บมจ. อสมท นี้มีลักษณะโดยรวมคือ กล่องโลหะขนาดความยาว 10 เซนติเมตร, กว้าง 5 เซนติเมตร และสูง 2 เซนติเมตร ดังรูป

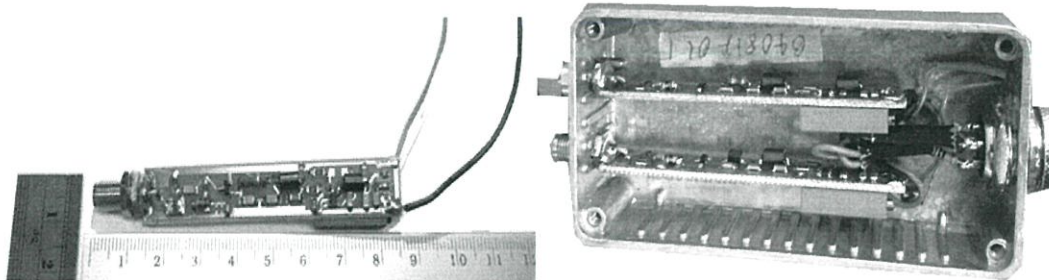


(ก)

(ข)

รูปที่ 3.37 ภาพถ่าย Probe ที่สร้างขึ้นโดย บมจ. อสมท ก) มุมมองด้านหน้า ข) มุมมองด้านบน

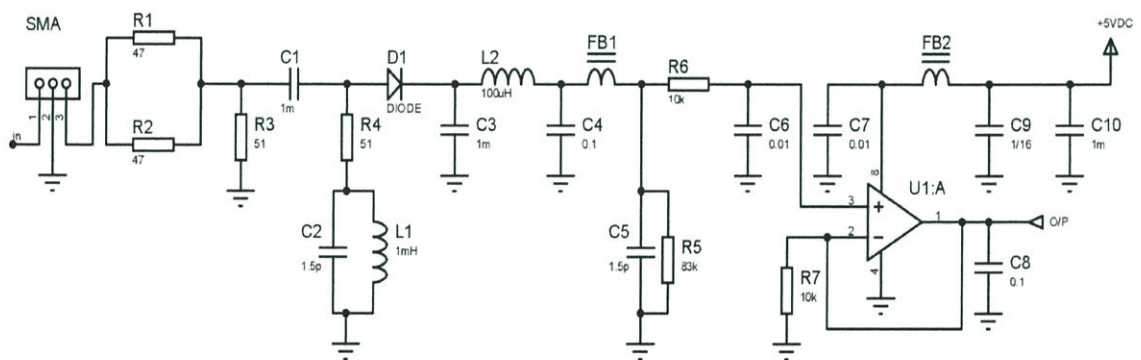
ซึ่งภายในนั้นมีลักษณะดังรูปที่ 3.37 โดยจะประกอบไปด้วยแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์สองชั้นที่มีลักษณะและองค์ประกอบเหมือนกัน คือชั้นบนทำงานเป็นส่วนรับกำลัง Forward และตัวล่างทำหน้าที่เป็นส่วนรับกำลัง Reflect มีขนาดความกว้าง 1 เซนติเมตร และยาว 7 เซนติเมตร รวมทั้งมีวงจรการทำงานดังรูปที่ 3.38



(ก)

(ข)

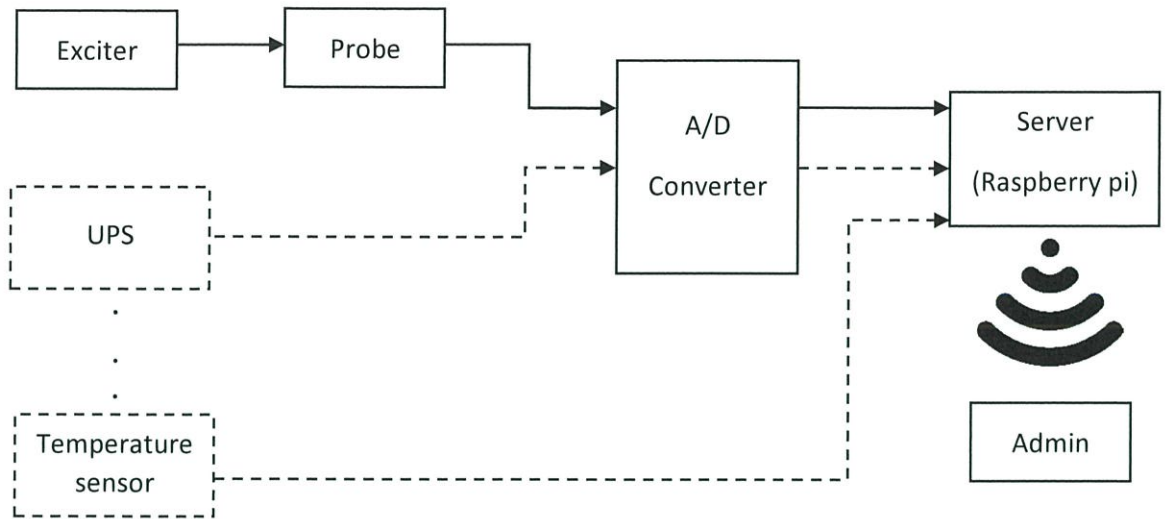
รูปที่ 3.38 แผงวงจรภายในอุปกรณ์ ก) แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ข) ตำแหน่งการจัดวางวงจร



รูปที่ 3.39 วงจรสำหรับอุปกรณ์ Probe

### 3.4.2. การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณซึ่งสร้างขึ้นโดยบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) ตัวนี้ จะมีระบบการทำงานโดยรวมดังรูปที่ 3.39 ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณจะทำการรับสัญญาณจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามที่ต้องการตรวจสอบการทำงาน โดยเมื่อรับสัญญาณเข้ามาแล้ว จะทำการวัดค่าและส่งสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณ Analog แล้วส่งต่อไปยังอุปกรณ์แปลงสัญญาณ A/D เพื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งสัญญาณดิจิทัลนี้ จะใช้ในการส่งข้อมูลไปยัง Server (ในที่นี้เป็นอุปกรณ์ Raspberry pi) เพื่อทำการรายงานสถานะของอุปกรณ์ต่าง ๆ ต่อผู้ดูแลระบบ



รูปที่ 3.40 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ

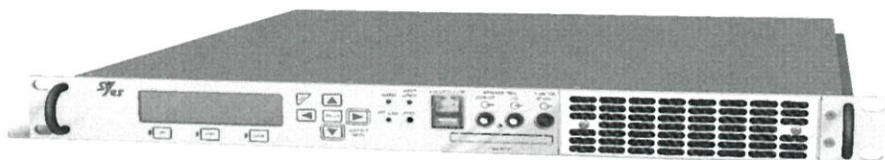
3.5. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ ซึ่งสร้างขึ้นโดย บมจ. อสมท

1. เครื่องวัดสัญญาณ BROADCAST ANALYZERS ยี่ห้อ ROVER รุ่น HD PROTAB



รูปที่ 3.41 เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมของบริษัท ROVER

2. เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ (Exciter) ยี่ห้อ Syes รุ่น PCM 1 Exciter UHF



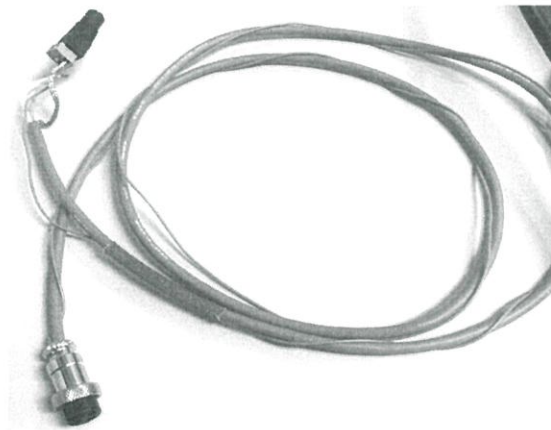
รูปที่ 3.42 เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ (Exciter) ยี่ห้อ Syes

3. สาย coaxial cable RG-214 (50 โอห์ม) ยาว 1 เมตร



รูปที่ 3.43 สาย Coaxial cable

4. สาย Power XLR หัวประเภท Female 4 Pins ยาว 1.5 เมตร



รูปที่ 3.44 สาย Power XLR

5. สาย LAN ความยาว 1 เมตร



รูปที่ 3.45 สาย LAN

5. Attenuator ขนาด 10 dB มีความต้านทาน 50 โอห์ม ทนกำลังไฟได้ 2 Watt



รูปที่ 3.46 Attenuator ขนาด 10 dB

6. Multimeter ยี่ห้อ Fluke รุ่น Fluke 289 True RMS



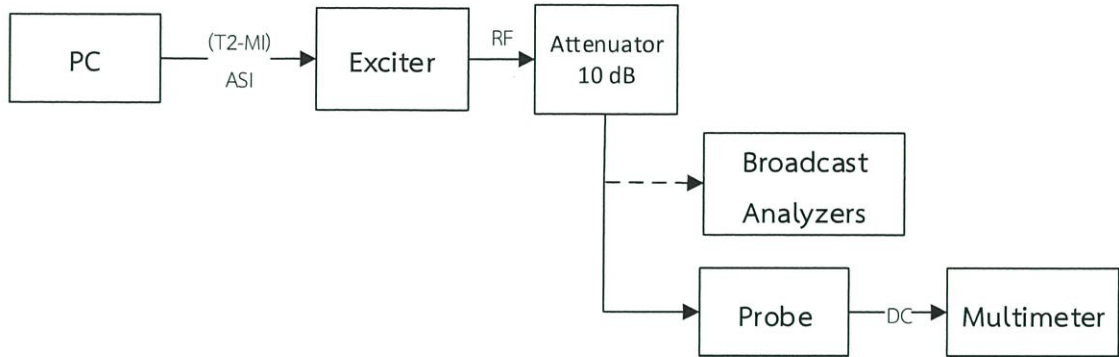
รูปที่ 3.47 Fluke 289 True RMS Multimeter

7. หัว power adaptor usb จ่ายกำลังไฟขนาด5V ทนกำลัง 100-240 VAC



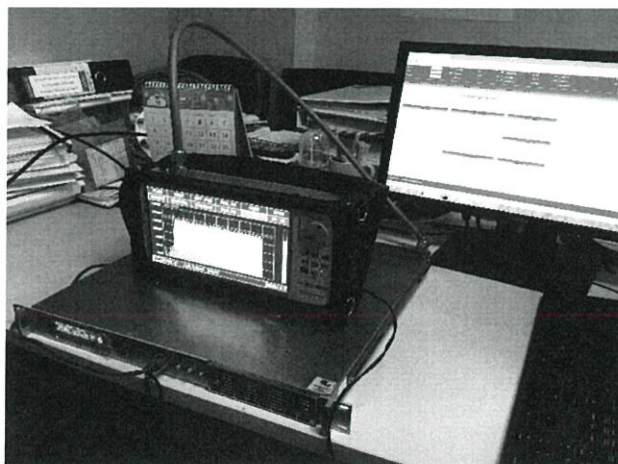
รูปที่ 3.48 power adaptor usb

### 3.6. ขั้นตอนการวัดค่าการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ ซึ่งสร้างขึ้นโดย อสมท



รูปที่ 3.49 ภาพรวมระบบการวัดค่า

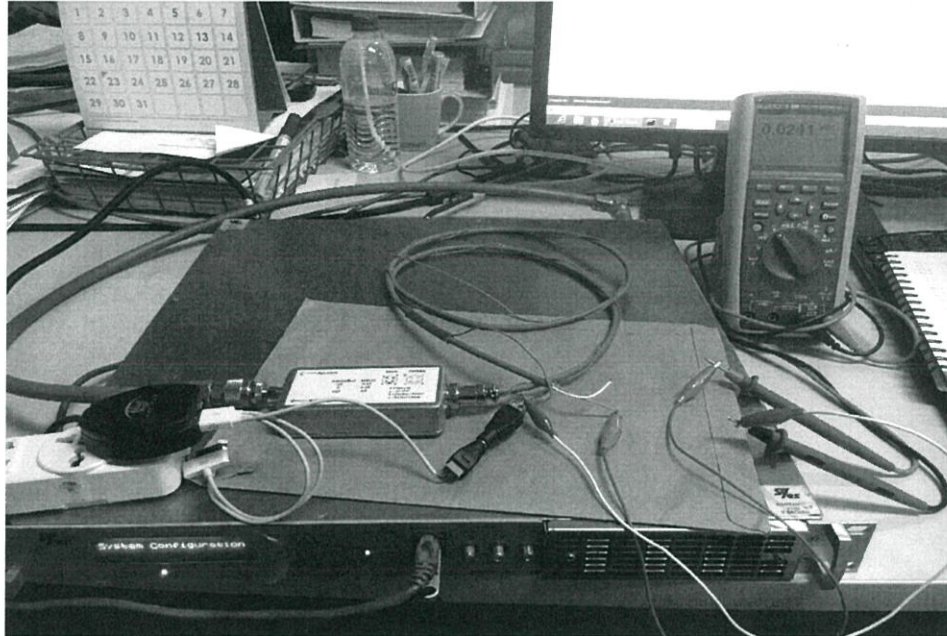
1. เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ เข้ากับอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ เพื่อควบคุมการจ่ายสัญญาณ โดยเลือกลักษณะสัญญาณเป็น T2-MI
2. เชื่อมต่ออุปกรณ์กำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุเข้ากับเครื่อง Rover (BROADCAST ANALYZERS) เพื่อทำการวัดสัญญาณด้วยสาย coaxial cable โดยผ่าน Attenuation ขนาด 10 dB เพื่อทำการปรับความแรงของสัญญาณ ป้องกันการเสียหายของอุปกรณ์
3. เริ่มการจ่ายสัญญาณ โดยควบคุมกำลังของสัญญาณผ่าน PC แล้วทำการบันทึกค่ากำลังที่ BROADCAST ANALYZERS วัดได้



รูปที่ 3.50 การวัดกำลังสัญญาณที่จ่ายออกมาจาก Exciter ด้วย Rover

4. หยุดการจ่ายสัญญาณ แล้วถอดสาย coaxial cable เพื่อนำมาต่อกับอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ ซึ่งสร้างขึ้นโดยบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) โดยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณนั้นมีการจ่ายไฟด้วย power adaptor ขนาด 5V และมีปลายอีกด้านต่อเข้ากับ Multimeter เพื่อวัดแรงดัน

5. ทำการจ่ายสัญญาณด้วยกำลังเท่ากับที่จ่ายให้แก่ Rover แล้วทำการเก็บค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้



รูปที่ 3.51 การวัดแรงดันไฟฟ้าที่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณวัดได้ด้วย Multimeter

6. ทำซ้ำข้อ 2-5 อีกครั้ง แต่ทำการเปลี่ยนกำลังสัญญาณจาก 16 dBm ไปจนถึง 30 dBm โดยเพิ่มทีละ 1 dBm และเก็บค่าแต่ละช่องสัญญาณ โดยเก็บค่าทั้งหมด 5 ช่องสัญญาณ (5ความถี่) คือ ช่อง 26, 33, 42, 51 และ 60

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1. การคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า (dB $\mu$ V) ไปเป็นค่ากำลัง (dBm)

เมื่อระบบเริ่มทำการจ่ายกำลังสัญญาณจาก PC ที่ค่า 16 dBm ไปจนถึง 30 dBm โดยเพิ่มทีละ 1 dBm ซึ่งจะได้ค่าสัญญาณที่วัดด้วยเครื่อง Rover (BROADCAST ANALYZERS) มาอ้างอิง

ซึ่งค่ากำลังที่แสดงด้วยเครื่อง Rover จะมีหน่วยเป็น dB $\mu$ V แต่ค่าที่นำมาใช้มีความต้องการให้อยู่ในหน่วยของ dBm จึงต้องทำการคำนวณจากสมการอ้างอิงดังนี้

$$V[\text{dB}] = 20 \cdot \log_{10}(V[\text{V}]/1\text{V}) \quad (4.1)$$

จากสมการข้างต้น ค่าที่ได้จาก Rover มีหน่วยเป็น dB $\mu$ V จะสามารถนำมาแปลงเป็น ค่ากำลังหน่วยโวลต์ ได้จากสมการที่ 4.2

$$V[\text{V}] = 10^{-6} \cdot 10^{(V[\text{dB}]/20)} \quad (4.2)$$

แล้วแปลงค่าแรงดันหน่วยโวลต์ ไปเป็นค่ากำลังหน่วยวัตต์ ด้วยสมการที่ 4.3 อ้างอิงจากกฎของโอห์ม เมื่อค่าแรงต้านทานคือ 50 โอห์ม

$$P[\text{W}] = V^2 [\text{V}]/R[\Omega] \quad (4.3)$$

เมื่อได้ค่ากำลังหน่วยโวลต์เรียบร้อยแล้ว จะสามารถนำมาคำนวณให้กลายเป็นหน่วย dBm ตามที่ต้องการ ได้จากสมการที่ 4.4

$$P[\text{dB}] = 10 \cdot \log_{10}(P[\text{W}]/1\text{W}) \quad (2.4)$$

โดยแสดงค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง Rover ตามช่องความถี่ต่าง ๆ ดังนี้

1. ช่อง 26 ที่ความถี่กลาง 514 MHz

ตารางที่ 4.1 แสดงค่ากำลังที่ผ่านการคำนวณเพื่อแปลงหน่วยของช่อง 26

PC-power(dBm )	Rover-power( dB $\mu$ V )	Rover-power( dBm )
30	111.00	4.01
29	110.00	3.01
28	109.50	2.51
27	108.00	1.01
26	107.00	0.01
25	106.20	-0.79
24	105.00	-1.99
23	104.00	-2.99
22	103.30	-3.69
21	102.00	-4.99
20	101.00	-5.99
19	100.00	-6.99
18	99.00	-7.99
17	98.00	-8.99
16	97.00	-9.99

2. ช่อง 33 ที่ความถี่กลาง 570 MHz

ตารางที่ 4.2 แสดงค่ากำลังที่ผ่านการคำนวณเพื่อแปลงหน่วยของช่อง 33

PC-power( dBm )	Rover-power( dB $\mu$ V )	Rover-power( dBm )
30	109.00	2.01
29	107.80	0.81
28	107.00	0.01
27	106.00	-0.99
26	104.90	-2.09
25	103.90	-3.09
24	102.60	-4.39
23	102.00	-4.99
22	100.80	-6.19
21	100.00	-6.99
20	98.80	-8.19
19	97.60	-9.39
18	96.80	-10.19
17	95.90	-11.09
16	94.50	-12.49

3. ช่อง 42 ที่ความถี่กลาง 642 MHz

ตารางที่ 4.3 แสดงค่ากำลังที่ผ่านการคำนวณเพื่อแปลงหน่วยของช่อง 42

PC-power(dBm)	Rover-power( $\text{dB}\mu\text{V}$ )	Rover-power(dBm)
30	106.00	-0.99
29	105.00	-1.99
28	104.00	-2.99
27	102.80	-4.19
26	102.00	-4.99
25	100.70	-6.29
24	99.90	-7.09
23	98.60	-8.39
22	98.00	-8.99
21	96.30	-10.69
20	95.10	-11.89
19	94.90	-12.09
18	93.60	-13.39
17	93.00	-13.99
16	92.30	-14.69

4. ช่อง 51 ที่ความถี่กลาง 714 MHz

ตารางที่ 4.4 แสดงค่ากำลังที่ผ่านการคำนวณเพื่อแปลงหน่วยของช่อง 51

PC-power(dBm)	Rover-power( $\text{dB}\mu\text{V}$ )	Rover-power(dBm)
30	104.30	-2.69
29	103.50	-3.49
28	102.60	-4.39
27	101.40	-5.59
26	100.50	-6.49
25	99.70	-7.29
24	98.10	-8.89
23	97.20	-9.79
22	96.40	-10.59
21	95.20	-11.79
20	94.30	-12.69
19	93.00	-13.99
18	92.00	-14.99
17	91.20	-15.79
16	90.00	-16.99

## 5. ช่อง 60 ที่ความถี่กลาง 786 MHz

ตารางที่ 4.5 แสดงค่ากำลังที่ผ่านการคำนวณเพื่อแปลงหน่วยของช่อง 60

PC-power(dBm)	Rover-power( dB $\mu$ V )	Rover-power( dBm )
30	106.70	-0.29
29	105.90	-1.09
28	104.70	-2.29
27	103.80	-3.19
26	103.20	-3.79
25	102.20	-4.79
24	101.50	-5.49
23	100.20	-6.79
22	99.00	-7.99
21	98.00	-8.99
20	97.10	-9.89
19	95.90	-11.09
18	94.90	-12.09
17	94.00	-12.99
16	92.90	-14.09

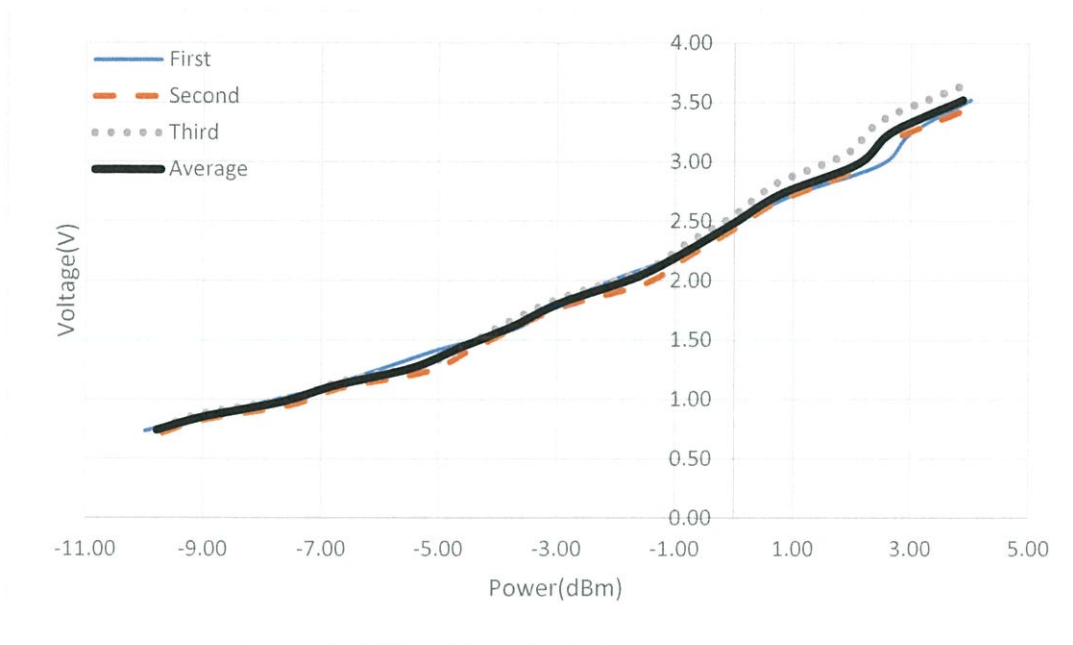
### 4.2. ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณซึ่งสร้างขึ้นโดย บมจ. อสมท

เมื่อได้ค่ากำลังที่ทำการคำนวณค่าจาก Rover แล้ว จะดำเนินการนำค่ากำลังนั้นมาเปรียบเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าซึ่งเก็บค่าที่จ่ายออกมาจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ ด้วยเครื่อง Multimeter โดยจะเก็บค่าทั้งหมด 3 ค่า คือ ค่าจาก Port Forward ครั้งที่ 1, ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 โดยมีผลการวัดที่ช่องสัญญาณต่าง ๆ แสดงด้วยกราฟ ซึ่งมีแกน y คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จาก Probe มีหน่วยเป็นโวลต์ และแกน x คือค่ากำลังของสัญญาณที่จ่ายเข้า Probe มีหน่วยเป็น dBm

และทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 0 dBm ในช่องสัญญาณทั้ง 35 ช่อง โดยแสดงด้วยกราฟ ซึ่งมีค่าแกน y คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จาก Probe มีหน่วยเป็นโวลต์ และแกน x คือเลขช่องสัญญาณที่ทำการวัด

#### 1. ค่าแรงดันไฟฟ้าในช่อง 26 ที่ความถี่กลาง 514 MHz

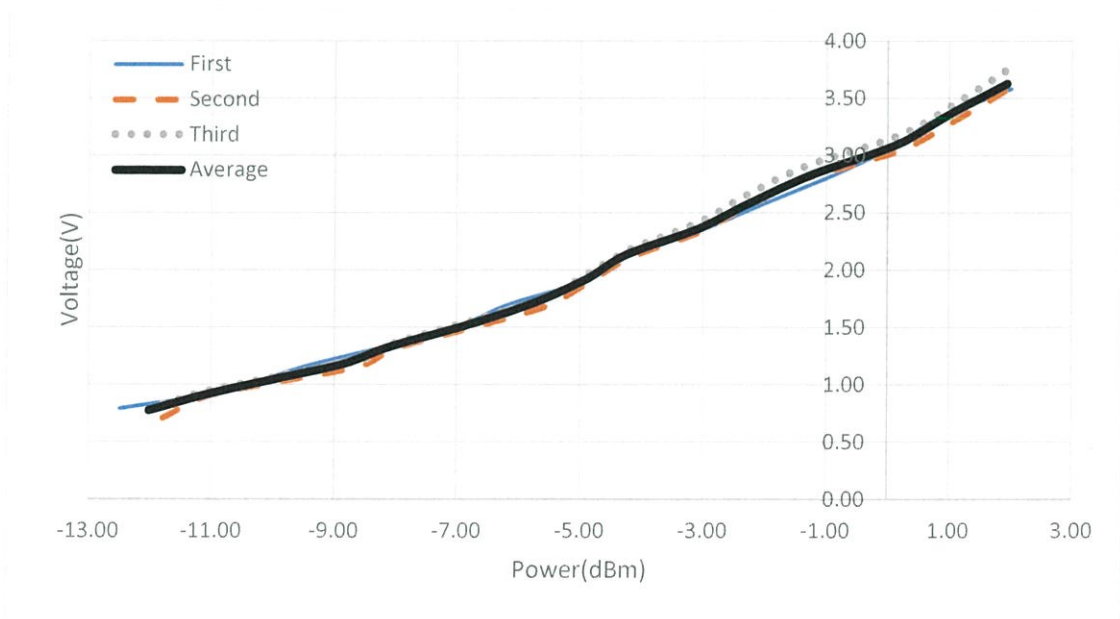
จากรูปที่ 4.1 ค่าแรงดันไฟฟ้าจากการวัด Port Forward ครั้งที่ 1 มีค่าแรงดันน้อยสุดที่ 0.73 V และมากที่สุดที่ 3.52 V, ครั้งที่ 2 มีค่าแรงดันน้อยสุดที่ 0.72 V และมากที่สุดที่ 3.41 V, ครั้งที่ 3 มีค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยสุดที่ 0.77 V และมากที่สุดที่ 3.63 V



รูปที่ 4.1 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เทียบกับกำลังไฟที่จ่ายเข้ามา ที่ความถี่กลาง 514 MHz

2. ค่าแรงดันไฟฟ้าในช่อง 33 ที่ความถี่กลาง 570 MHz

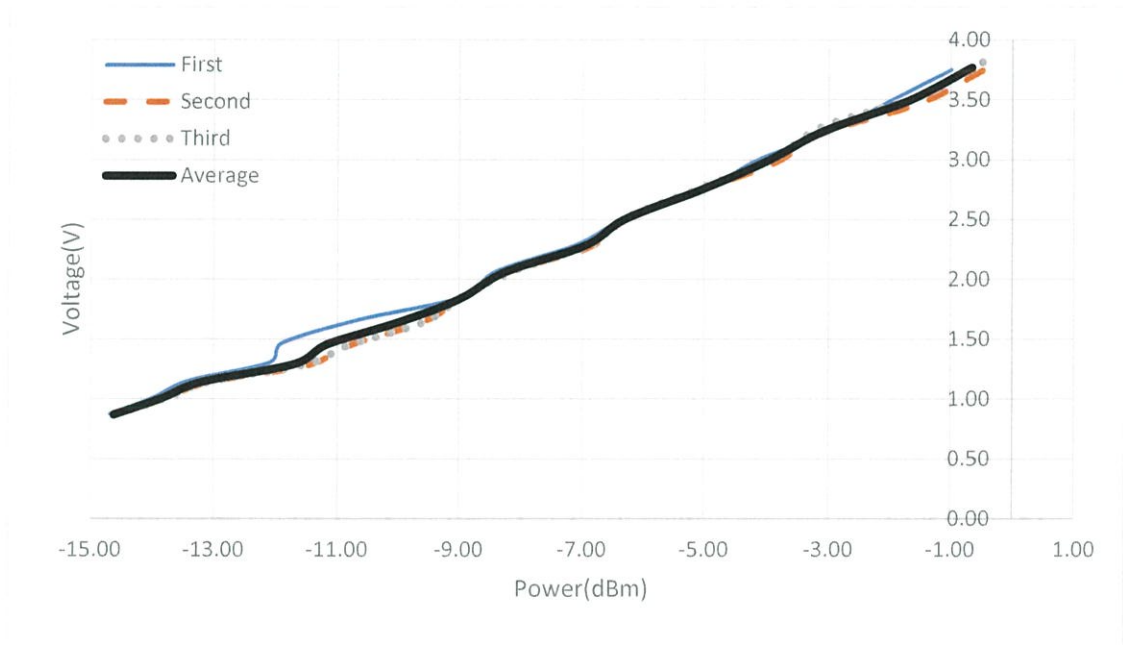
จากรูปที่ 4.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าจากการวัด Port Forward ครั้งที่ 1 มีค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยสุดที่ 0.79 V และมากที่สุดที่ 3.58 V, ครั้งที่ 2 มีค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยสุดที่ 0.71 V และมากที่สุดที่ 3.56 V, ครั้งที่ 3 มีค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยสุดที่ 0.82 V และมากที่สุดที่ 3.74 V



รูปที่ 4.2 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เทียบกับกำลังไฟที่จ่ายเข้ามา ที่ความถี่กลาง 570 MHz

### 3. ค่าแรงดันไฟฟ้าในช่อง 42 ที่ความถี่กลาง 642 MHz

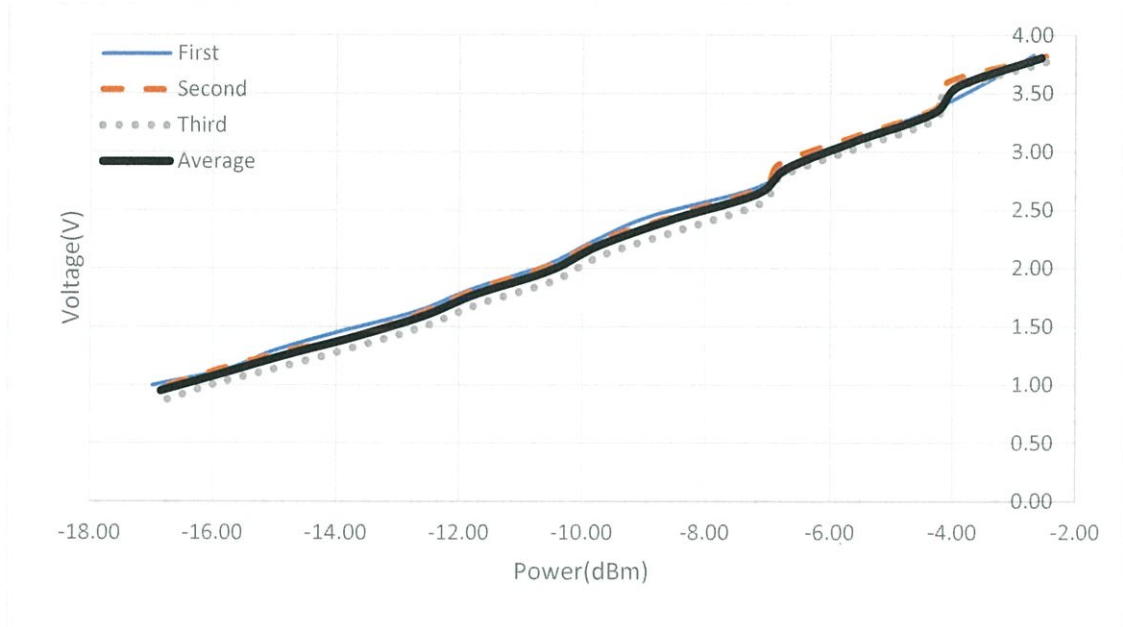
จากรูปที่ 4.3 ค่าแรงดันไฟฟ้าจากการวัด Port Forward ครั้งที่ 1 มีค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยสุดที่ 0.87 V และมากที่สุดที่ 3.75 V, ครั้งที่ 2 มีค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยสุดที่ 0.86 V และมากที่สุดที่ 3.74 V, ครั้งที่ 3 มีค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยสุดที่ 0.87 V และมากที่สุดที่ 3.81 V



รูปที่ 4.3 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เทียบกับกำลังไฟที่จ่ายเข้ามา ที่ความถี่กลาง 642 MHz

### 4. ค่าแรงดันไฟฟ้าในช่อง 51 ที่ความถี่กลาง 714 MHz

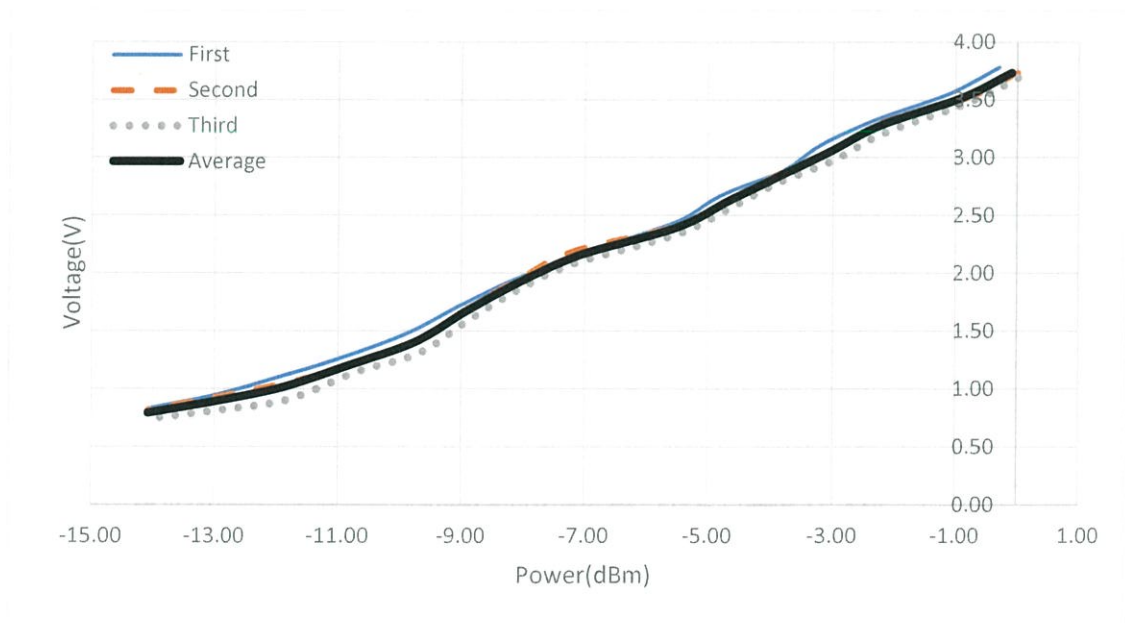
จากรูปที่ 4.4 ค่าแรงดันไฟฟ้าจากการวัด Port Forward ครั้งที่ 1 มีค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยสุดที่ 1 V และมากที่สุดที่ 3.83 V, ครั้งที่ 2 มีค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยสุดที่ 0.99 V และมากที่สุดที่ 3.82 V, ครั้งที่ 3 มีค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยสุดที่ 0.87 V และมากที่สุดที่ 3.77 V



รูปที่ 4.4 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เทียบกับกำลังไฟที่จ่ายเข้ามา ที่ความถี่กลาง 714 MHz

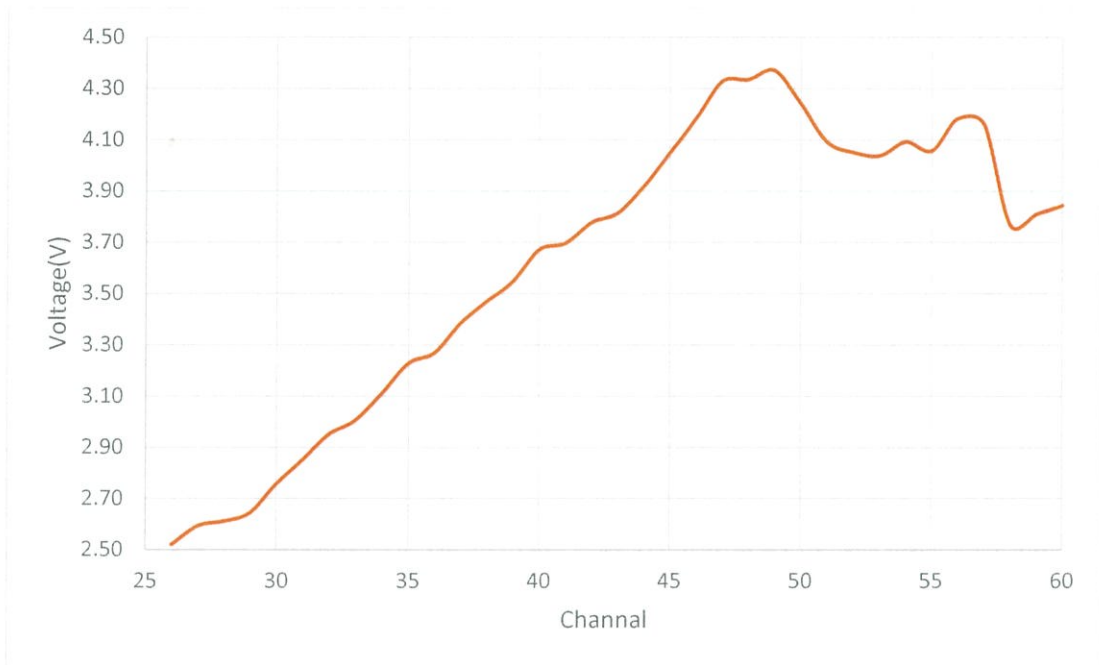
5. ค่าแรงดันไฟฟ้าในช่อง 60 ที่ความถี่กลาง 786 MHz

จากรูปที่ 4.5 ค่าแรงดันไฟฟ้าจากการวัด Port Forward ครั้งที่ 1 มีค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยสุดที่ 0.83 V และมากที่สุดที่ 3.78 V, ครั้งที่ 2 มีค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยสุดที่ 0.81 V และมากที่สุดที่ 3.74 V, ครั้งที่ 3 มีค่าแรงดันไฟฟ้าน้อยสุดที่ 0.74 V และมากที่สุดที่ 3.69 V



รูปที่ 4.5 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เทียบกับกำลังไฟที่จ่ายเข้ามา ที่ความถี่กลาง 786 MHz

## 6. ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 0dBm ในช่องสัญญาณทั้ง 35 ช่อง



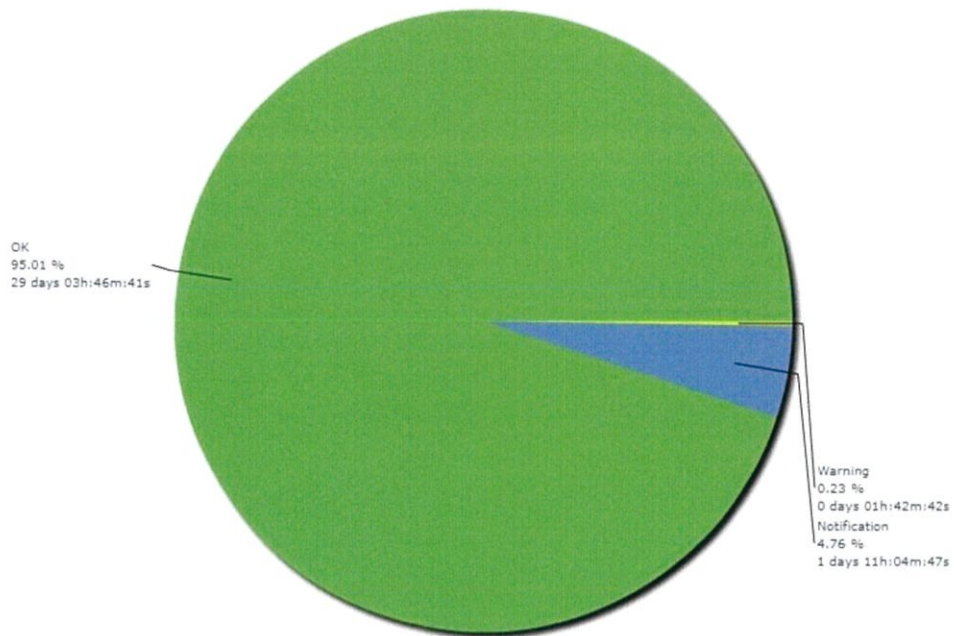
รูปที่ 4.6 แรงดันไฟฟ้าที่ 0dBm ในทุกช่องสัญญาณ

### 4.3. ผลการเก็บค่าคุณภาพสัญญาณในการออกอากาศด้วยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ รุ่น TNS4200

ผลการตรวจจับสัญญาณที่ระบุถึงความสามารถในการออกอากาศ ในสถานีหลักด้วยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ รุ่น TNS4200 แสดงในรูปแบบกราฟ SLA โดยเก็บค่าตามระยะเวลาที่ได้มาศึกษา กับ บมจ. อสมท ซึ่งจะเป็นกราฟประสิทธิภาพรายเดือน ทั้งหมดสามเดือน ดังนี้

#### 1. กราฟ SLA ระหว่างวันที่ 1-31 ประจำเดือน สิงหาคม ปี 2560

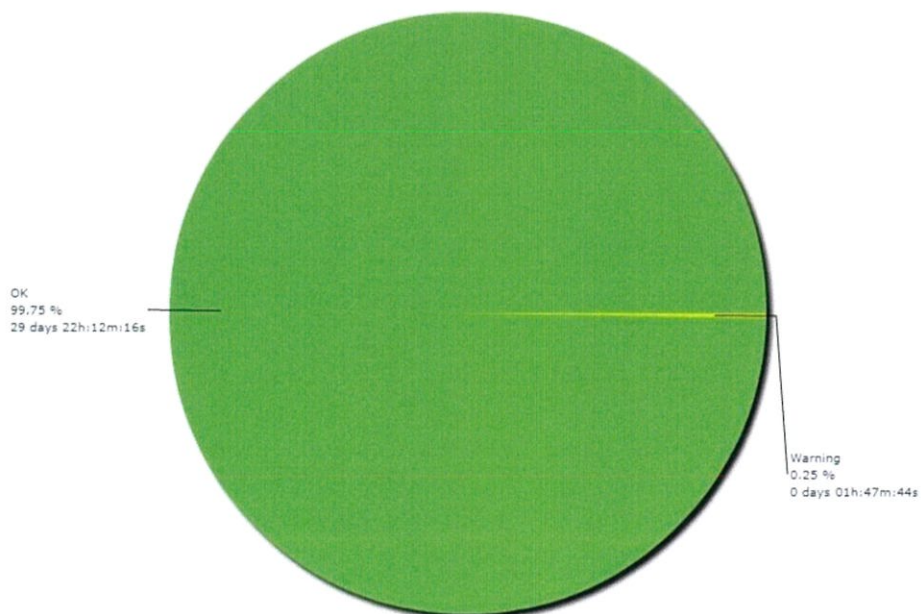
โดยจากกราฟ SLA ประจำเดือนสิงหาคม แสดงค่าการวัดได้ OK 95.01%, Notification 4.76% และ Warning 0.23%



รูปที่ 4.7 คุณภาพของสัญญาณในการออกอากาศ ประจำเดือน สิงหาคม

2. กราฟ SLA ระหว่างวันที่ 1-30 ประจำเดือน กันยายน ปี 2560

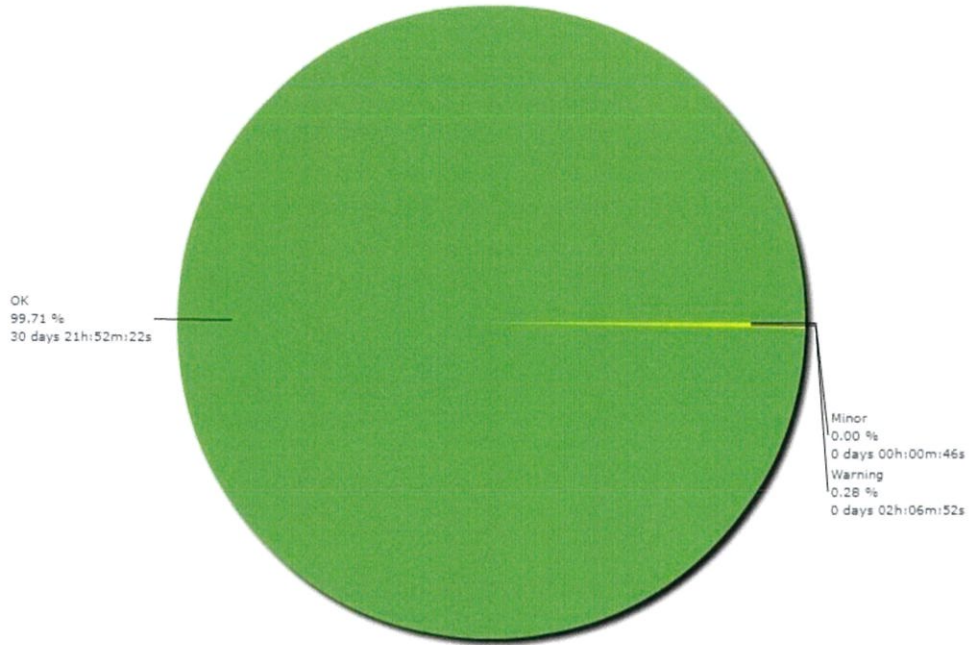
โดยจากกราฟ SLA ประจำเดือนสิงหาคม แสดงค่าการวัดได้ OK 99.75% และ Warning 0.25%



รูปที่ 4.8 คุณภาพของสัญญาณในการออกอากาศ ประจำเดือน กันยายน

3. กราฟ SLA ระหว่างวันที่ 1-31 ประจำเดือน ตุลาคม ปี 2560

โดยจากกราฟ SLA ประจำเดือนสิงหาคม แสดงค่าการวัดได้ OK 99.71%, Warning 0.28% และ Minor 0.00%



รูปที่ 4.9 คุณภาพของสัญญาณในการออกอากาศ ประจำเดือน ตุลาคม

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1. สรุปการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ

ในสถานีหลักนั้น อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ Media Monitoring Probe รุ่น TNS4200 จะทำการวัดสัญญาณจาก Seamless Switch, Ethernet Adapter และ สายอากาศ Off-air ซึ่งจะทำให้การเก็บบันทึกผล และตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสัญญาณอินพุต รวมทั้งยังสามารถแจ้งเตือนให้ผู้ดูแลได้ทราบหากเกิดข้อผิดพลาดใด ๆ

ส่วนในสถานีเสริมนั้น อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ ซึ่งสร้างขึ้นโดยบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) จะทำการรับสัญญาณจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามที่ต้องการตรวจสอบการทำงาน โดยเมื่อรับสัญญาณเข้ามาแล้ว จะทำการวัดค่าและส่งค่าที่วัดได้ไปยัง Server (ในที่นี้เป็นอุปกรณ์ Raspberry pi) เพื่อทำการรายงานสถานะของอุปกรณ์ต่าง ๆ ต่อผู้ดูแลระบบ

#### 5.2. สรุปผลการเก็บค่า

##### 5.2.1. เก็บค่าด้วยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณซึ่งสร้างขึ้นโดยบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน)

ในการวัดวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเทียบกับค่ากำลังของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณซึ่งสร้างขึ้นโดยบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) นั้น สามารถสรุปค่าเฉลี่ยการวัดแรงดันสัญญาณทั้งสามครั้ง ซึ่งมีค่าน้อยสุด และมากที่สุดที่เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุสามารถทำงานได้ โดยแบ่งตามช่องสัญญาณแต่ละความถี่ ดังตาราง

ตารางที่ 5.1 ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่วัดได้ในช่องความถี่ต่าง ๆ

ช่องสัญญาณ	ความถี่กลาง (MHz)	ค่าเฉลี่ยแรงดันต่ำสุด (V)	ค่าเฉลี่ยแรงดันสูงสุด (V)
26	514	0.74	3.52
33	570	0.77	3.63
42	642	0.87	3.77
51	714	0.95	3.81
60	786	0.79	3.74

และจากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 0 dBm ในช่องสัญญาณทั้ง 35 ช่องนั้น จะแสดงให้เห็นว่า อุปกรณ์ Probe ซึ่งสร้างขึ้นโดย อสมท สามารถทำงานได้ดีในช่วงความถี่ 670 MHz โดยเมื่อพิจารณาการชดเชยช่วงการสูญเสียประมาณ 20 MHz จะทำให้ช่วงการทำงานของอุปกรณ์อยู่ในช่วงความถี่ 650 MHz ซึ่งครอบคลุมช่วงความถี่กึ่งกลางของช่วงความถี่ทั้งหมด (514-786 MHz)

### 5.2.2. เก็บค่าด้วยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ Media Monitoring Probe รุ่น TNS4200

ในการเก็บค่าในลักษณะของ SLA ของคุณภาพการถ่ายทอดสัญญาณ ตลอด 3 เดือนนั้น สามารถสรุปแบ่งตามเปอร์เซ็นต์ และเวลาที่เกิดสถานะนั้น ดังตาราง

ตารางที่ 5.2 สรุปช่วงเวลาที่เกิดค่าสถานะต่าง ๆ ตั้งแต่วันที่ 1 เดือนสิงหาคม ถึงวันที่ 31 เดือนตุลาคม

สถานะ	ระยะเวลาที่เกิด	เปอร์เซ็นต์ที่เกิด
OK	89วัน 10ชม. 39นาที 39วินาที	98.14%
Notification	01วัน 11ชม. 04นาที 47วินาที	1.60%
Warning	00วัน 05ชม. 36นาที 58วินาที	0.26%
Minor	00วัน 00ชม. 00นาที 46วินาที	0.01

### 5.3. ข้อเสนอแนะ

ในส่วนของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณที่สร้างขึ้นโดยบริษัท อสมท จำกัด (มหาชน) นั้นสามารถนำมาพัฒนาต่อได้หลายส่วน ยกตัวอย่างเช่นในส่วนของการละเอียดข้อมูลที่อุปกรณ์ประมวลผลและแสดงค่าออกมา กล่าวคืออาจนำมาพัฒนาให้อุปกรณ์สามารถตรวจจับกระแสข้อมูลขนส่งได้ ซึ่งจะช่วยในการเพิ่มรายละเอียดให้แก่ข้อมูลที่วัด ส่งผลให้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายสัญญาณ

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Rihards Olups. "Network Monitoring." In Zabbix 1.8 Network Monitoring, pp. 29-31. Birmingham. : Packt Publishing Ltd., Inc., 2010.
- [2] บัณฑิต รักวีรธรรม และสถาพร พรหมวงศ์. "การประเมินผลการปฏิบัติงานของ DVB-T2 สำหรับการรับสัญญาณแบบภายนอกอาคาร." เอกสารวิชาการระดับดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2558
- [3] วีระศักดิ์ เชิงเขาว์. "DVB-T2 ทางเลือกในการส่งโทรทัศน์ภาคพื้นดินระบบดิจิทัลของประเทศไทย." เอกสารวิชาการในงานสมมนาทางวิชาการ DVB เทคโนโลยีแห่งอนาคต, 2 สิงหาคม 2554
- [4] สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และ กิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.). "สรุปรายงาน การเข้าฝึกอบรม Digital Transmission Training Course ณ กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ ระหว่างวันที่ 18 – 22 สิงหาคม 2557".
- [5] Implementing DVB-ASI Serial Interfaces Using HOTLink, Cypress Semiconductor Corporation., September 8, 2017.
- [6] นายยงยุทธ สุขสงัด. "Network Device อุปกรณ์ในระบบเครือข่ายที่น่าสนใจ." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท บัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ (เอกคอมพิวเตอร์) คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, 2554
- [7] thaicontrol "Redundant System." , RFTHAILAND.CO.CC, 2011
- [8] IBM Software Group "SNMP Concepts and Principles", 1998
- [9] สุภากิจ อานพรชัย. "SNMP." เอกสารวิชาการประกอบงานประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 10, 2557

## เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- [10] Bridge Technologies. “Monitoring DVB-T/T2 network infrastructures: new developments to meet the challenge”
- [11] Richard A. Shcoll of Advanced Energy Industries, Inc. “Whitepaper Forward and Reflected Powers, What do they mean?”
- [12] TNS4200 Media Monitoring Probe User’s Manual, Nevion, 2015
- [13] คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ. ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ เรื่อง แผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล. กรุงเทพมหานคร, 2558.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

เรื่อง แผนความถี่วิทยุสำหรับกิจการโทรทัศน์ภาคพื้นดินในระบบดิจิทัล

หมายเลข ช่องความถี่ วิทยุ	ความถี่วิทยุ (เมกะเฮิรตซ์)		ความถี่ กึ่งกลาง (Center Frequency)
	ขอบล่าง	ขอบบน	
26	510	518	514
27	518	526	522
28	526	534	530
29	534	542	538
30	542	550	546
31	550	558	554
32	558	566	562
33	566	574	570
34	574	582	578
35	582	590	586
36	590	598	594
37	598	606	602
38	606	614	610
39	614	622	618
40	622	630	626
41	630	638	634
42	638	646	642
43	646	654	650

หมายเลข ช่องความถี่ วิทยุ	ความถี่วิทยุ (เมกะเฮิรตซ์)		ความถี่ กึ่งกลาง (Center Frequency)
	ขอบล่าง	ขอบบน	
44	654	662	658
45	662	670	666
46	670	678	674
47	678	686	682
48	686	694	690
49	694	702	698
50	702	710	706
51	710	718	714
52	718	726	722
53	726	734	730
54	734	742	738
55	742	750	746
56	750	758	754
57	758	766	762
58	766	774	770
59	774	782	778
60	782	790	786

รูปที่ ก ประกาศของ กสทช. ณ วันที่ ๑๖ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๘

## ภาคผนวก ข

ค่าที่ได้จากการแรงดันไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์ Probe ซึ่งสร้างขึ้นโดย อสมท ค่าที่วัดได้มีดังนี้

ตารางที่ ข.1 ค่าที่วัดได้ใน ช่องที่26

PC power (dBm)	Rover power1 (dBm)	ETL power1 (dBm)	Probe1 (V)	Rover power2 (dBm)	ETL power2 (dBm)	Probe2 (V)	Probe3 (V)
30	11.01	4.01	3.52	10.81	3.81	3.41	3.63
29	10.01	3.01	3.25	9.51	2.51	3.15	3.35
28	9.51	2.51	2.98	8.91	1.91	2.90	3.07
27	8.01	1.01	2.72	7.71	0.71	2.66	2.82
26	7.01	0.01	2.48	7.01	0.01	2.44	2.56
25	6.21	-0.79	2.24	6.21	-0.79	2.20	2.32
24	5.01	-1.99	2.02	5.51	-1.49	1.98	2.09
23	4.01	-2.99	1.80	4.11	-2.89	1.78	1.86
22	3.31	-3.69	1.60	3.21	-3.79	1.58	1.66
21	2.01	-4.99	1.42	2.51	-4.49	1.41	1.47
20	1.01	-5.99	1.25	1.81	-5.19	1.23	1.30
19	0.01	-6.99	1.10	0.31	-6.69	1.09	1.15
18	-0.99	-7.99	0.97	-0.49	-7.49	0.95	1.01
17	-1.99	-8.99	0.85	-1.99	-8.99	0.83	0.88
16	-2.99	-9.99	0.73	-2.69	-9.69	0.72	0.77

ตารางที่ ข.2 ค่าที่วัดได้ในช่องที่ 33

PC power (dBm)	Rover power1 (dBm)	ETL power1 (dBm)	Probe1 (V)	Rover power2 (dBm)	ETL power2 (dBm)	Probe2 (V)	Probe3 (V)
30	9.01	2.01	3.58	8.91	1.91	3.56	3.74
29	7.81	0.81	3.32	8.11	1.11	3.31	3.46
28	7.01	0.01	3.06	7.21	0.21	3.05	3.18
27	6.01	-0.99	2.81	5.71	-1.29	2.80	2.92
26	4.91	-2.09	2.56	4.71	-2.29	2.56	2.66
25	3.91	-3.09	2.34	3.91	-3.09	2.33	2.41
24	2.61	-4.39	2.11	2.81	-4.19	2.11	2.18
23	2.01	-4.99	1.90	2.11	-4.89	1.88	1.96
22	0.81	-6.19	1.69	1.41	-5.59	1.68	1.75
21	0.01	-6.99	1.51	0.21	-6.79	1.49	1.55
20	-1.19	-8.19	1.33	-0.99	-7.99	1.32	1.37
19	-2.39	-9.39	1.17	-1.59	-8.59	1.16	1.21
18	-3.19	-10.19	1.04	-2.89	-9.89	1.03	1.07
17	-4.09	-11.09	0.91	-4.09	-11.09	0.89	0.94
16	-5.49	-12.49	0.79	-4.79	-11.79	0.71	0.82

ตารางที่ ข.3 ค่าที่วัดได้ในช่องที่ 42

PC power (dBm)	Rover power1 (dBm)	ETL power1 (dBm)	Probe1 (V)	Rover power2 (dBm)	ETL power2 (dBm)	Probe2 (V)	Probe3 (V)
30	6.01	-0.99	3.75	6.51	-0.49	3.74	3.81
29	5.01	-1.99	3.49	5.51	-1.49	3.47	3.54
28	4.01	-2.99	3.23	3.91	-3.09	3.22	3.28
27	2.81	-4.19	2.99	3.11	-3.89	2.97	3.01
26	2.01	-4.99	2.75	1.91	-5.09	2.73	2.76
25	0.71	-6.29	2.51	0.71	-6.29	2.49	2.51
24	-0.09	-7.09	2.29	0.11	-6.89	2.27	2.29
23	-1.39	-8.39	2.07	-1.19	-8.19	2.06	2.05
22	-1.99	-8.99	1.85	-1.99	-8.99	1.83	1.84
21	-3.69	-10.69	1.66	-2.59	-9.59	1.65	1.64
20	-4.89	-11.89	1.47	-3.79	-10.79	1.45	1.46
19	-5.09	-12.09	1.30	-4.49	-11.49	1.28	1.29
18	-6.39	-13.39	1.15	-6.09	-13.09	1.14	1.14
17	-6.99	-13.99	1.01	-6.79	-13.79	1.00	1.01
16	-7.69	-14.69	0.87	-7.59	-14.59	0.86	0.87

ตารางที่ ข.4 ค่าที่วัดได้ในช่องที่ 51

PC power (dBm)	Rover power1 (dBm)	ETL power1 (dBm)	Probe1 (V)	Rover power2 (dBm)	ETL power2 (dBm)	Probe2 (V)	Probe3 (V)
30	4.31	-2.69	3.83	4.51	-2.49	3.82	3.77
29	3.51	-3.49	3.59	2.91	-4.09	3.60	3.52
28	2.61	-4.39	3.35	2.71	-4.29	3.37	3.28
27	1.41	-5.59	3.11	1.41	-5.59	3.14	3.03
26	0.51	-6.49	2.89	0.21	-6.79	2.91	2.79
25	-0.29	-7.29	2.67	-0.09	-7.09	2.69	2.56
24	-1.89	-8.89	2.45	-1.39	-8.39	2.47	2.33
23	-2.79	-9.79	2.24	-2.69	-9.69	2.24	2.11
22	-3.59	-10.59	2.03	-3.49	-10.49	2.03	1.89
21	-4.79	-11.79	1.82	-4.69	-11.69	1.82	1.69
20	-5.69	-12.69	1.63	-5.59	-12.59	1.62	1.50
19	-6.99	-13.99	1.45	-6.69	-13.69	1.42	1.33
18	-7.99	-14.99	1.30	-7.79	-14.79	1.29	1.16
17	-8.79	-15.79	1.13	-8.89	-15.89	1.13	1.02
16	-9.99	-16.99	1.00	-9.79	-16.79	0.99	0.87

ตารางที่ ข.5 ค่าที่วัดได้ในช่องที่ 60

PC power (dBm)	Rover power1 (dBm)	ETL power1 (dBm)	Probe1 (V)	Rover power2 (dBm)	ETL power2 (dBm)	Probe2 (V)	Probe3 (V)
30	6.71	-0.29	3.78	7.01	0.01	3.74	3.53
29	5.91	-1.09	3.56	6.21	-0.79	3.52	3.23
28	4.71	-2.29	3.33	4.81	-2.19	3.30	2.93
27	3.81	-3.19	3.11	4.01	-2.99	3.06	2.60
26	3.21	-3.79	2.89	3.11	-3.89	2.85	2.27
25	2.21	-4.79	2.67	2.41	-4.59	2.63	1.95
24	1.51	-5.49	2.45	1.51	-5.49	2.41	1.69
23	0.21	-6.79	2.21	-0.19	-7.19	2.19	1.49
22	-0.99	-7.99	1.98	-1.09	-8.09	1.94	1.34
21	-1.99	-8.99	1.73	-1.89	-8.89	1.70	1.22
20	-2.89	-9.89	1.48	-2.69	-9.69	1.43	1.11
19	-4.09	-11.09	1.24	-3.69	-10.69	1.22	1.00
18	-5.09	-12.09	1.08	-4.79	-11.79	1.05	0.91
17	-5.99	-12.99	0.95	-5.99	-12.99	0.92	0.81
16	-7.09	-14.09	0.83	-7.09	-14.09	0.81	0.74

ตารางที่ ข.6 ค่าที่วัดได้ที่ 0 dBm

Channal	V(V) at 0 dBm
26	2.521
27	2.594
28	2.612
29	2.645
30	2.757
31	2.852
32	2.952
33	3.007
34	3.113
35	3.229
36	3.271
37	3.387
38	3.471
39	3.549
40	3.672
41	3.698
42	3.778
43	3.816
44	3.921
45	4.052
46	4.184
47	4.329
48	4.336
49	4.371
50	4.241
51	4.092
52	4.052
53	4.039
54	4.093
55	4.058
56	4.182
57	4.161
58	3.768
59	3.810
60	3.843