รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การรักษาเชิงป้องกันสัญญาณจากระยะไกล

Remote Preventive PPT

นางสาวภูพัตรา ภูรีนันทนิมิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การรักษาเชิงป้องกันสัญญาณจากระยะไกล

Remote Preventive PPT

นางสาวภูพัตรา ภูรีนันทนิมิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การรักษาเชิงป้องกันสัญญาณจากระยะไกล

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาว ภูพัตรา ภูรีนันทนิมิต

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.สิรภพ ตู้ประกาย

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นาย มนัสชัย ประมาณพล

สถานประกอบการ บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีทางการสื่อสารและสภาวะการแข่งขันของตลาดในอุตสาหกรรมโทรคมนาคมของประเทศไทย ทำให้เกิดโอกาสในการเติบโตทางธุรกิจในด้านต่างๆ บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด มหาชน (AIS) ให้ความสำคัญกับคุณภาพของเครือข่ายเป็นอย่างมาก เพราะลูกค้าจะเชื่อมต่อเครือข่าย และใช้บริการอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้การติดต่อสื่อสารมีประสิทธิภาพ โดยโครงงานนี้ได้จัดทำเพื่อครอบคลุมการให้บริการกับกลุ่มบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ที่มีสถานีฐานมากกว่า 3,000 สถานี กระจายตัวอยู่ทั่วทั้งประเทศ ทำให้การบริหารจัดการด้านคุณภาพจำเป็นต้องนำเทคโนโลยีมาช่วยในการควบคุม ตรวจสอบ เก็บข้อมูล และการรายงานผล โดยมีการศึกษาและเก็บข้อมูลทั้งจากสถานที่จริง และจากระยะไกลเพื่อเป็นการลดต้นทุนละเวลาในเรื่องของการดำเนินการ

Cooperative Title: Remote Preventive PPT

Student intern name: Phupattra Phureenuntanimit

Faculty: Engineering **Department**: Telecommunication Engineering

Advisor name: Asst. Prof. Siraphop Tooprakai

Mentor name: Manatchai Pramanpon

Company: Advanced Info Services Public Company Limited

ABSTRACT

Nowadays, the rapid change of communication technology and the competitive in the telecommunications industry of Thailand cause the growth business in various areas. Advanced Info Service Public Company Limited (AIS) importance for the quality of the network because customers are connected to network and use it all the time. In order to this project provided cover the services of the PTT Group with more than 3,000 base stations nationwide. Increase the potential for maintaining quality standards need to use technology to control, monitoring and report. That study and data collection from the actual location and remotely to reduce the cost of implementation.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของสัญญาณจากระยะไกลนี้ ได้ดำเนินการจนบรรลุผลสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สิรภพ ตู้ประกาย ที่ปรึกษาโครงการ ที่คอยแนะนำให้คำปรึกษา และแนวทางต่างๆในการดำเนินการ ตลอดจนให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ในการพัฒนาโครงงานจนสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมคณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและถ่ายทอดความรู้อบรมสั่งสอนตลอดมา

ขอขอบคุณ บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด มหาชน (AIS) ที่มอบประสบการณ์ดีๆ และให้ความอนุเคราะห์ทางผู้จัดทาตลอดการฝึกงาน รวมถึง ที่มอบวิชาความรู้ และมอบสิ่งดีๆให้กับผู้จัดทาโครงงานเสมอ ขอบคุณพี่ณัฐพล เหล่าสมบัติ ที่คอยดูแลให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลา 4 เดือนในการจัดทำโครงงาน อีกทั้งยังแนะแนวทาง และให้คำปรึกษาในการดำเนินการตลอดมา

สุดท้ายนี้ผู้จัดทาขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจในการจัดทำโครงการนี้ ขอขอบคุณพี่ เพื่อน และน้อง ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงพัฒนาโครงงานให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ภูพัตรา ภูรีนันทนิมิต
ผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูปภาพ V

สารบัญตาราง VI

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตงานวิจัย 3

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 สายใยแก้วนำแสง (Fiber Optic Cable) 5

2.2 หัวต่อ (Connectors) 17

2.3 เครื่องOTDR (Optical Time Domain Reflect meter) 23

2.4 OPM (Optical Power Meter) 27

2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในเครือข่าย 36

2.6 เว็บแอพพลิเคชัน (Web Application) และเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) 39

2.7 Network Management System 40

2.8 MPLS (Multiprotocol Label Switching) 52

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 60

3.1 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (preventive Maintenance) 60

3.2 การบำรุงรักษาเชิงป้องกันจากระยะไกล (Remote Preventive Maintenance) 74

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 88

4.1 ผลการดำเนินโครงการตามวัตถุประสงค์ที่ 1 88

4.2 ผลการดำเนินโครงการตามวัตถุประสงค์ที่ 2 88

4.3 ผลการดำเนินโครงการตามวัตถุประสงค์ที่ 3 93

4.4 ผลการดำเนินโครงการตามวัตถุประสงค์ที่ 4 93

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงการ	113
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการตามวัตถุประสงค์	113
5.2 ปัญหา และอุปสรรค์	115
5.3 ข้อเสนอแนะ	115
เอกสารอ้างอิง	116
ภาคผนวก	117

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 สายใยแก้วนำแสง (Fiber Optic Cable)	5
2.1 สายใยแก้วนำแสง (Fiber Optic Cable)	6
2.3 การเดินทางของแสงภายในสาย Fiber Optic	6
2.4 แสดงโครงสร้างของสายใยแก้วนำแสง	8
2.5 แสดงสายใยแก้วนำแสงแบบโหมดเดียว	9
2.6 รูปแสดงสายใยแก้วนำแสง Multimode Grade Index	9
2.7 รูปแสดงสายใยแก้วนำแสง Multimode Step Index	10
2.8 แสดงคุณสมบัติของเส้นใยแก้วนำแสงแบบ Step Index, Grad Index, Single mode	10
2.9 โครงสร้างซิงเกิลโหมดแบบสเตปอินเดกซ์	11
2.10 โครงสร้างโดยทั่วไปของเส้นใยแสงชนิด Multi-Mode Step Index	12
2.11 สเปคตรัมการลดทอนสัญญาณของเส้นใยแสงชนิด Multi-mode step index	12
2.12 โครงสร้างโดยทั่วไปของเส้นใยแสงชนิด Multi-modeGraded Index	12
2.13 แสดงการเชื่อมต่อเชิงกล(Mechanical Splice)	14
2.14 แสดงการเชื่อมต่อด้วยวิธีการหลอมรวม (Fusion Splice)	15
2.15 กราฟที่แสดงผล OTDR	17
2.16 หัวต่อชนิดเอ็สเอ็มอี	19
2.17 หัวต่อชนิดไบโคนิค	20
2.18 หัวต่อขนิดเอสที	21
2.19 หัวต่อชนิดเอฟซี	21
2.20 หัวต่อชนิดเอสซี	22
2.21 แสดงเครื่อง OTDR (Optical Time Domain Reflect meter)	23
2.22 แสดงหลักการของแสงที่เดินทางไปและกลับภายในสายนำสัญญาณ	24
2.23 แสดงOptical Power Meter และฟังก์ชันการทำงาน	27
2.24 แสดงระบบการวัดการสูญเสียแสงที่ใช้เส้นใยแสงเป็น Exciter	30
2.25 การวัดคุณสมบัติ Base Band ด้วย Frequency Sweep Method	31
2.26 แสดงลักษณะภายนอกของเครื่องวัดกำลังแสง	32
2.27 วิธีการวัดความยาวคลื่นแสงและ Spectrum ของแสงและอุปกรณ์ส่งแสงแต่ละชนิด	32
2.28 หลักการของ Filterเลือกความยาวคลื่นแสง	33
2.29 ลักษณะภายนอกของเครื่องวัดความยาวคลื่นแสง	33

ภาพที่ หน้า

2.30 วิธีการวัดคุณสมบัติของอุปกรณ์รับแสง 34
2.31 วิธีการวัดคุณสมบัติของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง 35
2.32 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างกำลังแสงที่รับกับอัตราความผิดพลาดของโค๊ด 35
2.33 สวิตช์แบบ 24 พอร์ท 37
2.34 สัญลักษณ์ Switch ในระบบ Network คือ 37
2.35 สัญลักษณ์ Router ในระบบ Network38 41
2.36 แสดงโครงสร้างของระบบบริหารเครือข่าย (Network Management System) 42
2.37 ตัวอย่างการทำงานของ SNMP 47
2.38 สถาปัตกรรรมของระบบจัดการเครือข่ายพื้นฐาน SNMP 47
2.39 แสดงโครงสร้างของ MIB 48
2.40 การทำงานของ NMS 50
2.41 Multiprotocol Label Switching 56
3.1 โครงสร้างอาคารที่ทำการติดตั้งเครือข่าย 62
3.2 หมายเลยสายไฟเบอร์ออปติกแต่ละคอร์ในอาคารชั้นB2และชั้น2 โดยมีการติดตั้งทั้งหมด24คอร์ 63
3.3 การลากสายไฟเบอร์ออปติก 24 คอร์ ไปตามท่อจากห้องBTS ชั้นB2ไปยังห้องRiser ชั้นB2 64
3.4 การลากสายไฟเบอร์ออปติก 24 คอร์ จาก ODF-2 ชั้น2 ไปยัง Riser ชั้น2 64
3.5 เส้นทางของสายไฟเบอร์ออปติกในอาคาร (Transmission Routing) 65
3.6 แสดงเส้นทางการเดินสายไฟเบอร์ออปติก จากตู้ODF-1 66
3.7 ที่ตั้งสายหุ้มอ่อน (ODF) ที่สายเชื่อมต่อ (Patch cord) 66
3.8 การวัดค่าแสงจากเครื่องOPM 66
3.9 การตรวจสอบการใช้งานของลูกค้า 67
3.10 Customer Facility, AC Voltage (input UPS) L-G-N (L-G, N-G, L-N) 68
3.11 Customer Facility, AC Voltage (output UPS) L-G-N (L-G, N-G, L-N) 68
3.12 กราฟจาก OTDR สำหรับ fiber optic core 1 71
3.13 กราฟจาก OTDR สำหรับ fiber optic core 10 71
3.14 กราฟจาก OTDR สำหรับ fiber optic core 12 72
3.15 กราฟจาก OTDR สำหรับ fiber optic core 24 72
3.16 การตรวจสอบสถานะภายนอก 73
3.17 การเข้าถึงแบบ authentication จากหน้าเว็ปแอพอินเตอร์เฟส 78

ภาพที่ หน้า

3.18 การนำฐานข้อมูลในระบบมาใช้เรียกเก็บค่า 79
3.19 การจัดการเกี่ยวกับประเภทของอุปกรณ์ 79
3.20 การเชื่อมโยงของเครือข่าย (Branch map) 80
3.21 การข้าถึงอุปกรณ์เร้าเตอร์ หรือ สวิชเบท 81
3.22 การเข้าถึงแบบระบุตัวตน 81
3.33 การตรวจสอบชนิดอุปกรณ์เร้าเตอร์ 81
3.24 ตรวจสอบพอร์ทการเชื่อมต่อของอุปกรณ์เร้าเตอร์ชนิด huwei 82
3.25 ตรวจสอบพอร์ทการเชื่อมต่อของอุปกรณ์เร้าเตอร์ชนิด cisco 83
3.26 ตรวจสอบค่า optical power ของอุปกรณ์เร้าเตอร์ชนิด cisco 83
3.27 ตรวจสอบค่า optical power ของอุปกรณ์เร้าเตอร์ชนิด huwei 84
3.28 หัวข้อในการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล 85
3.29 กราฟ Optical Power จาก Router ที่ใช้งานผ่านสาย Fiber Optic 85
3.30 กราฟ Radio Signal จาก Router ที่ใช้งานผ่านสัญญาณ 3G2100 85
3.31 กราฟปริมาณการรับส่งข้อมูล Traffic 86
3.32 กราฟความเร็วในการรับส่งข้อมูลของ Router ที่ใช้สื่อไฟเบอร์ออฟติก 86
3.33 กราฟความเร็วในการรับส่งข้อมูลของ Router ที่ใช้สื่อ Mobile Network (3G2100) 87
3.34 ปริมาณการทำงานของโหลด CPU 87
4.1 ตัวอย่างกราฟกำลังของแสงที่มีแนวโน้มต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 90
4.2 ตัวอย่างกราฟของข้อมูลที่ขาดหายไป ในช่วงเวลาเดียวกัน 91
4.3 ตัวอย่างกราฟของข้อมูลที่มีแนวโน้มสูงเกินแบนวิทที่กำหนด 92
4.4 ตัวอย่างกราฟของข้อมูลที่มีค่า Ping WAN มีแนวโน้มสูงกว่าค่ามาตรฐาน 92
4.5 ตัวอย่างกราฟของข้อมูลที่มีค่าปริมาณการใช้งานโหลดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ 93
4.6 กระบวนการเก็บข้อมูล 94

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงคุณลักษณะของเส้นใยแสงชนิด Single Mode	11
2.2 แสดงคุณลักษณะของเส้นใยแสงชนิด Multi-Mode Graded Index	13
2.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าPower(mW) และ Power(dB)	27
2.4 แสดงการปรียบเทียบค่าสัญญาณที่สูญไป SPLITER OR LOSS	28
3.1 ตารางของฐานข้อมูล (Table)	78
4.1 ผลการเก็บสถิติข้อมูลในหัวข้อที่3.1	95
4.2 ผลการเก็บสถิติข้อมูลในหัวข้อที่3.2	101
4.3 ผลการเก็บสถิติข้อมูลในหัวข้อที่ 4.3	107
4.4 ผลการเก็บสถิติข้อมูลในหัวข้อที่ 4.4	109
4.5 ผลการเก็บสถิติข้อมูลในหัวข้อที่ 4.5	111

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันโลกของเราอยู่ในยุคของสังคมไอที ซึ่งมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบจากยุคของเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการพัฒนาด้านเทคโนโลยีด้านโทรคมนาคม ทั้งการใช้งานด้านอินเตอร์เน็ต และการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านพฤติกรรมการใช้ชีวิตของมนุษย์ไปเป็นอย่างมากมีผลทำให้คนทั่วโลกเริ่มหันมาสนใจในเรื่องราวของเทคโนโลยีด้านโทรคมนาคมกันมากยิ่งขึ้น จนมีการใช้งานเทคโนโลยีอย่างแพร่หลาย ในอนาคตคาดการณ์ว่าระบบต่างๆ ทางด้านโทรคมนาคม จะต้องมีการพัฒนาอย่างก้าวกระโดดตามเทคโนโลยีที่มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานที่มีเพิ่มมากขึ้น และอำนวยความสะดวก รวดเร็วแก่ผู้ที่ใช้งาน

การสื่อสารนับว่ามีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์เป็นอย่างมาก โดยมนุษย์ได้พัฒนาเครื่องมือสำหรับติดต่อสื่อสาร เพื่อให้การสื่อสารมีความสะดวกละรวดเร็วเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ และเวลาที่จำกัด การสื่อสารที่รู้จักกันดีแบบหนึ่งคือเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ที่ช่วยให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างกัน ทั้งทั้งในด้านข้อมูล ภาพ และเสียงที่รวดเร็วสะดวกยิ่งขึ้น ในยุคที่เทคโนโลยีมีการพัฒนาขึ้นแบบก้าวกระโดด จึงเกิดเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายหรือWi-Fi และได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิต ประจำวันของมนุษย์ในหลายๆด้าน ทั้งในอุปกรณ์พกพา การใช้งานในสถานที่ หรือภายในสถานประกอบการต่างๆ สำหรับบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด มหาชน (AIS) เป็นบริษัทมหาชนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของไทย เป็นผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์มือถือที่ใหญ่ที่สุดของประเทศไทย (ตามจำนวนผู้ใช้งาน) อีกทั้งยังให้บริการในเรื่องของ Wi-Fi กับลูกค้าบุคคลทั่วไป และลูกค้ากลุ่มบริษัท ได้ทำการพัฒนาและคิดค้นเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อเติมเต็มความสมบูรณ์แบบให้กับชีวิตของผู้ใช้งาน ทั้งนี้การพัฒนาเทคโนโลยีย่อมมาควบคู่กับการรักษาไว้ซึ่ง คุณภาพที่ดี

ในส่วนของการให้บริการกับลูกค้ากลุ่มบริษัทนั้น AIS ได้ให้บริการกับหลายๆกลุ่มบริษัท หนึ่งในนั้นคือบริษัท ปตท.จำกัด(มหาชน) ที่มีการให้บริการมากกว่า3,000 สถานีฐาน กระจายตัวอยู่ทั่วทั้งประเทศไทย ทั้งนี้ บริษัท AIS นั้นได้ให้ความสำคัญกับการรักษาคุณภาพของเครือข่ายเป็นอย่างมาก ทุกสถานีจำเป็นจะต้องตอบสนองการทำงานได้ตลอดเวลา เนื่องจากการใช้งานของลูกค้าจะมีการเชื่อมต่อสัญญาณ และการใช้บริการอยู่ตลอด ดังนั้นเมื่อเกิดปัญหาจึงใช้เวลาในการแก้ปัญหาและทำให้กลับมาทำงานได้อย่างเร็วที่สุด จึงมีการดูแลคุณภาพ สัญญาณ จะทำให้ลูกค้าสามารถใช้บริการได้อย่างต่อเนื่อง จึงทำให้การบริหารจัดการด้านคุณภาพของสัญญาณในเครือข่าย จำเป็นต้องมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการควบคุมทั้งในการตรวจสอบ เก็บข้อมูล และรายงานผล ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบ และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสัญญาณและการใช้งาน ในสถานีฐานทั่วประเทศ โดยการตรวจสอบคุณภาพ

ของสัญญาณและการใช้งาน จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกจะเป็นการตรวจสอบจากสถานที่จริง เรียนรู้กระบวนการติดตั้งระบบ โดยใช้เครื่องมือ OTDR และ optical power metter เก็บข้อมูลในส่วนของสถานีฐาน ทั้งข้อมูลด้านคุณภาพสัญญาณและด้านกายภาพของอุปกรณ์ โดยที่ทำการเข้าไปเก็บค่าจากสถานที่จริง(สถานีฐาน) มีการศึกษาเส้นทางการเดินสาย ใช้เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของเครือข่าย ส่วนที่ 2 ระบบจะมีการตรวจสอบโดยใช้โปรโตคอล SNMP(Simple Network Management Protocol) ในการการทำ Remote Preventive Maintenance จะพิจารณาจากเครื่องมือ Network Monitor ของ AIS เพื่อตรวจสอบสถานะ โดยเป็นการเก็บข้อมูลการทำงานในส่วนของการประมวลผลข้อมูล ปริมาณการใช้งาน และประสิทธิภาพในการส่งสัญญาณ เพื่อเป็นการลดระยะเวลาและค่าใช้จ่าย ในการตรวจสอบค่าพารามิตเตอร์ต่างๆที่ส่งผลต่อเครือข่ายจากสถานที่จริง โดยที่โปรแกรมจะเข้าไปเก็บข้อมูลการทำงานของแต่ละเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางโพรโทคอล SNMP การเข้าไปดึงข้อมูลเป็นช่วงเวลาย้อนหลัง 7 วัน จากนั้นจะทำการเรียกข้อมูลที่ได้จากการเก็บชุดข้อมูลต่างๆที่อยู่ในฐานข้อมูล MIBs มีการนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลขึ้นมาแสดงผลในรูปแบบของกราฟผ่านทางเว็บอินเตอร์เฟส และรายงานการทำงานของเซิร์ฟเวอร์ในแต่ละช่วงเวลาแบบเรียลไทม์ ซึ่งจะต้องมีการเข้าไปศึกษาการทำงานของเว็บแอพพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์เพื่อให้ทราบถึงการทำงานและการทำ Log ไฟล์ของ เว็บแอพพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์เพื่อให้สามารถเข้าไปดูข้อมูลเพื่อเก็บค่าสถิติระบบต่อไปได้ โดยผ่านโปรแกรม NetGain Systems เพื่อทำให้ผู้ใช้งานสามารถทำงานได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น และสะดวกในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานีฐานต่างๆ โดยจากข้อมูลที่มีอยู่สามารถบ่งบอกสถานการณ์ใช้งานแบบสถิติ เพื่อทำการวิเคราะห์ ต่อยอด และพัฒนาข้อมูลเพิ่มเติมต่อไป ทำให้มีระบบบริหารจัดการคุณภาพที่ดีขึ้น นอกจากจะทาให้ลูกค้าได้รับบริการที่ดีที่สุดแล้ว ยังส่งผลให้บริษัท AIS สามารถลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการดูแลรักษาอุปกรณ์ และดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.ศึกษาการวางระบบเครือข่ายจากสถานีฐานถึงสถานีปลายทางรวมถึงศึกษากระบวนการทำงานในการตรวจสอบการใช้งานบนเครือข่ายและอุปกรณ์เชื่อมต่อจากสถานที่จริง

2.วิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ส่งผลต่อคุณภาพการทำงานของระบบ ผ่านเว็ปเซิร์ฟเวอร์โดยใช้โพรโทคอล SNMP ในการเข้าถึงและบันทึกสถิติข้อมูลเป็นช่วงเวลาย้อนหลัง 7 วัน เพื่อนำไปวิเคราะห์และพัฒนาต่อไป

3.วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบเปรียบเทียบหลักเกณฑ์มาตรฐานที่บริษัทกำหนดและแนวทางการแก้ไข

4.วิเคราะห์ค่ากำลังแสงที่ได้จากการตรวจสอบเปรียบเทียบหลักเกณฑ์มาตรฐานITU-T Rec.G.698.2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.วิเคราะห์ข้อมูลจากสถานีฐานของบริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด มหาชน ที่ให้บริการกับบริษัท ปตท.จำกัด มหาชน ในด้านของสัญญาณอินเตอร์เน็ต ทั้งแบบ3G และ Wi-Fi

2.สำหรับการเก็บข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ในแต่ละครั้ง จะใช้ข้อมูลที่มาจาก server ภายในของบริษัท ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการยืนยันตัวตนเพื่อได้รับการอนุญาต (authentication) ในการเข้าระบบจัดการข้อมูลบริหารอุปกรณ์เครือข่าย และจะต้องเชื่อมต่อกับระบบอินทราเน็ต (intranet) ของภายในองค์กรเท่านั้น

3.ผู้ใช้งานสามารถจัดการบริหารเครือข่ายในเว็ปเซิฟเวอร์สามารถสร้างหรือลบเส้นทางตรวจสอบความเร็ว ปริมานการใช้งาน และสถานภาพของใยแก้วนำแสง

4.การตรวจสอบของข้อมูลที่ได้มานั้น จะทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2560 จนถึงวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2560

5. ตรวจสอบสถานะการทำงานจากหมายเลข IP และหมายเลขพอร์ตต่างๆที่เซิร์ฟเวอร์นั้นๆให้บริการอยู่ และตรวจสอบทรัพยากรระบบของเซิร์ฟเวอร์ต่างๆ โดยใช้โปรโตคอล SNMP

6.การดำเนินการทำในเฉพาะเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยแบ่งตามสื่อไฟเบอร์ออปติกจำนวน 48 สถานีตัวอย่าง

7.วิเคราะห์ค่ากำลังแสงที่ได้จากการตรวจสอบทั้งจากการวัดสถานที่จริงและการวัดจากะยะไกล เปรียบเทียบหลักเกณฑ์มาตรฐาน ITU-T Rec.G.698.2 ตามเอกสารอ้างอิง

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.ศึกษากระบวนการทำงานและปัญหาที่เกิดขึ้น

2.กำหนดหัวข้อโครงงาน

3.ศึกษาข้อมูล และกำหนดขอบเขตของโครงงาน

4.เก็บข้อมูลโดยการวัดค่าต่างๆจากสถานที่จริง

5.เก็บสถิติข้อมูลจากเว็ปเซิฟเวอร์ ย้อนหลังเป็นเวลา7วัน

5.ตรวจสอบ วิเคราะห์ข้อมูล และเปรียบเทียบกับมาตรฐาน

6.จัดทำรูปเล่ม และนำเสนอโครงงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถตรวจสอบ และคัดกรองการเชื่อมต่อ อุปกรณ์ที่มีระดับคุณภาพไม่ตรงตามมาตรฐานที่ AIS กำหนด เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

2. การตรวจสอบจากระยะไกล เป็นการอำนวยความสะดวกทางด้านระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ทำให้การตรวจสอบคุณภาพสามารถทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมายิ่งขึ้น

3. เรียนรู้การวางระบบเครือข่ายจากสถานีฐานถึงสถานีปลายทาง รวมถึงกระบวนการทำงานในการตรวจสอบการใช้งานบนเครือข่าย และการใช้เครื่องมือวัดค่าอุปกรณ์เชื่อมต่อจากสถานที่จริง

4. เรียนรู้กระบวนการมอนิเตอร์เครือข่ายจากระยะไกล โดยใช้โพรโตคอลSMNP และวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพสัญญาณ

5. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบการสังเกตการณ์การทำงานของเว็บแอพพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ และสภาวะการทำงานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เพื่อใช้องค์กร

6. ผู้จัดทำโครงงานได้เรียนรู้กระบวนการทำงานในบริษัท อย่างเป็นขั้นตอน และการแก้ปัญหาจากอุปสรรค์ที่เกิดขึ้น เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามที่ได้วางไว้

7. สถิติข้อมูลที่บันทึกสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อยอด เพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดการบริหารเครือข่าย และประเมินประสิทธิภาพของระบบ เพื่อขยายหรือลดขอบเขตการให้บริการในอนาคต ให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับมาตรฐาน และสอดคล้องกับปริมาณการใช้งานของผู้ใช้มากที่สุด

8. สามารถทราบถึงทางแก้ปัญหาเบื้องต้น หากระบบเกิดความผิดพลาดในการทำงานและทำการแก้ปัญหา ในการทำงานของเซิร์ฟเวอร์ได้สะดวกรวดเร็วขึ้น

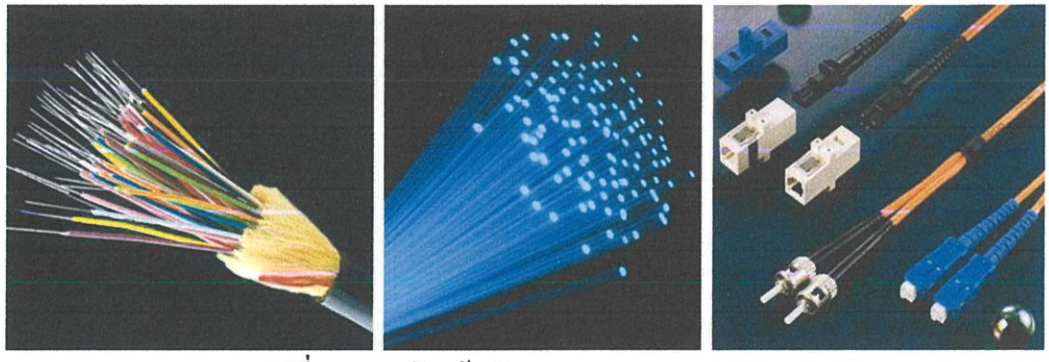
9. การนำข้อมูลไปวิเคราะห์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ และการขยายหรือลดขอบเขตการกำหนด มาตรฐานในอนาคต

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 สายใยแก้วนำแสง (Fiber Optic Cable)

สายใยแก้วนำแสง (Fiber Optic)คือ สายที่มีแกนผลิตด้วยใยแก้วบริสุทธิ์ มีคุณสมบัติหลักในการนำส่งลำแสงจากต้นทางไปยังปลายทาง เพื่อประโยชน์บางอย่าง หลักๆสำหรับสายงานของเรา คือการนำส่งข้อมูลเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Network) เนื่องจากการนำส่งข้อมูลด้วยแสงผ่านสายใยแก้วนำแสง (Fiber Optic) สามารถนำส่งได้ในระยะทางที่ไม่จำกัด และสามาถส่งข้อมูลได้ในขนาดมากๆ(Bandwidth) โดยใช้แสงเป็นตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยทำจากแก้วที่มีความบริสุทธิ์มาก เส้นใยแก้วนำแสงที่ดีต้องสามารถนำสัญญาณแสงจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งโดยมีการสูญเสียของสัญญาณแสงน้อยที่สุด อีกทั้งสาย Fiber Optic ยังไม่มีผลกระทบกับคลื่นสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า ปัจจุบันความต้องการในการรับ-ส่งข้อมูล คอมพิวเตอร์ต้องการ Media ที่สามารถรับส่งข้อมูลได้ปริมาณที่มากขึ้น Fiber Optic จึงเป็นทางออกที่ดี และประกอบกับราคาค่าอุปกรณ์ และ ค่าบริการงาน Fiber Optic มีราคาที่ถูกลงมาก จึงเป็นที่นิยม ในการใช้ Media ประเภทนี้ ในการรับ-ส่งข้อมูล ปัจจุบัน นิยมเดินเป็นสาย Main หลัก (Back Bone)



รูปที่ 2.1 สายใยแก้วนำแสง (Fiber Optic Cable)

2.1.1 การส่งสัญญาณผ่านสายไฟเบอร์ออฟติก (Optical Communication)

สาย Fiber Optic หมายถึง สายนำสัญญาณที่ใช้แสงเป็นตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง โดยข้อมูลที่ส่งจะต้องเปลี่ยนจากคลื่นสัญญาณไฟฟ้าเป็นคลื่นแสง โดยคลื่นแสงที่ถูกส่งเข้าไปจะเดินทางด้วยการสะท้อนอยู่ภายในสาย Fiber Optic จนถึงตัวรับสัญญาณที่อยู่ปลายทาง

การส่งสัญญาณผ่านสาย Fiber Optic จะมีการสูญเสียของสัญญาณภายในสายน้อยมากเมื่อเทียบกับการส่งสัญญาณผ่านสายชนิดอื่น และยังมีคุณสมบัติที่ดีกว่าสายทั่วไปหลายประการ ทั้งมีขนาดเล็กส่งผ่านข้อมูลได้ครั้งละมากๆ แต่มีข้อจากัดหากสาย Fiber Optic ขาด หักงอ หรือเปลี่ยนรูป ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการซ่อม และบารุงรักษาซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าสายชนิดอื่น

2.1.2 ส่วนประกอบหลักของการสื่อสารผ่าน Fiber Optic

1. ตัวกำเนิดแสง (Light Source) โดยทั่วไปจะเป็น LED ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง หรือ Optical Transmitter

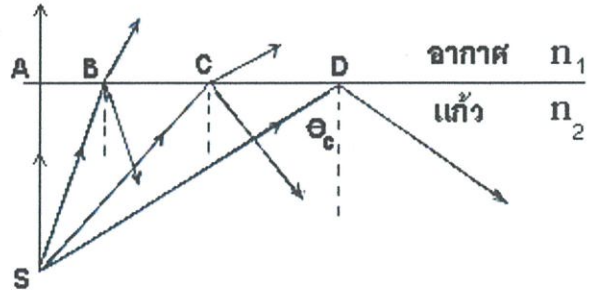
2. สายนำสัญญาณไฟเบอร์ออฟติก (Optic Fiber) ซึ่งทำจากแก้วหรือพลาสติกคุณภาพสูง ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการนำสัญญาณ หรือ Channel

3. ตัวแยกสัญญาณแสง (Light Detector) เป็นอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งจะมีอุปกรณ์ประเภท PIN Diode ทำหน้าที่เป็นตัวแยกสัญญาณหรือถอดรหัส เปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า หรือ Optical Receiver

รูปที่ 2.2 การทำงานของ Fiber Optic

2.1.3 การเดินทางของแสงภายในสาย Fiber Optic

ในการส่งสัญญาณหลาย ๆ สัญญาณผ่านทางสาย Fiber Optic เส้นเดียวนั้น สามารถทำได้โดยการกำหนดระยะเวลาและองศาของ Source ที่ป้อนเข้าไปให้มีความแตกต่างกัน และเมื่อสัญญาณแสงผ่านเข้าไปในสาย Fiber Optic จะเกิดการสะท้อนที่ผิวของสาย แสงที่สะท้อนนี้จะเดินทางไปยังปลายทาง การสะท้อนนี้จะเกิดภายในสายเท่านั้น โดยไม่ทะลุผ่านผิวออกไปข้างนอก โดย Optic Converter ทำหน้าที่แปลงสัญญาณต่าง ๆ ทั้งสัญญาณภาพ เสียง หรือ สัญญาณอื่น ๆ ให้อยู่ในรูปแบบของคลื่นแสง แล้วส่งไปในสาย Fiber Optic และที่ปลายทางจะมีอุปกรณ์ Converter อีกตัวเพื่อทำหน้าที่แปลงสัญญาณกลับมาเป็นแบบเดิม Fiber Optic Converter นี้ก็จะถูกแบ่งออกตามคุณลักษณะของสาย Fiber Optic คือ แบบ Single-Mode และ แบบ Multi-Mode



รูปที่ 2.3 การเดินทางของแสงภายในสาย Fiber Optic

2.1.4 การนำสาย Fiber Optic ไปใช้ในระบบสื่อสาร

1. การนำไปเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายในการส่งข้อมูลด้านสื่อสารโทรคมนาคม

2. การนำไปต่อใช้งานกับระบบกล้องวงจรปิด

3. การนำไปเชื่อมต่อกับเครื่องรับส่งสัญญาณ streaming ในการส่งสัญญาณภาพ และสัญญาณ Video หากมีการส่งสัญญาณในระยะไกลมาก ๆ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Repeater) ระหว่างต้นทางกับปลายทาง

เนื่องจากถ้าระยะทางของการส่งสัญญาณเพิ่มขึ้นจะทาให้สัญญาณอ่อนลง (Attenuation) โดยใช้สูตรในการคำนวณ

$$\text{loss (dB)} = 10 \log (\text{Power out/Power in})$$

ถ้าค่า loss ที่คำนวณได้เท่ากับ 3 dB แสดงว่า ค่า Power ที่ส่งออกไปเมื่อถึงปลายทางจะลงครึ่งหนึ่ง

2.1.5 ข้อดีของการสื่อสารผ่าน Fiber Optic

1. สามารถส่งสัญญาณที่มี Band width กว้างมากได้ ทั้งนี้สามารถส่งข้อมูลไปในสายได้มากกว่า 10 GHz ที่ attenuation 0.3 dB/km ในระบบโทรศัพท์สามารถส่งข้อมูลผ่านสาย Fiber Optic ที่ความเร็ว 4.8 GB/s ซึ่งสามารถรองรับคู่สายได้มากถึง 64,000 เลขหมาย โดยใช้สาย Fiber Optic เพียงเส้นเดียว

2. สายมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา

3. ไม่เกิด Cross talk ระหว่างคู่สาย

4.ปลอดจากผลกระทบที่เกิดจากการรบกวนของสนามไฟฟ้า(Inductive Interference)

5. High quality transmissions

6.สามารถนำไปใช้ในการส่งสัญญาณที่มีความยาวคลื่นต่างกันในลักษณะสองทิศทางไปกลับ โดยใช้สาย Fiber Optic เพียงเส้นเดียว หรือที่เรียกว่า bi-directional transmission ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ครึ่งหนึ่ง

2.1.6 ข้อจำกัดของการสื่อสารผ่าน Fiber Optic

1. ไม่เหมาะกับระบบ Low band width เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูง

2. สาย Fiber Optic เป็นสาย Non conductor ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้

3. ต้องติดตั้งอุปกรณ์แปลงสัญญาณทั้งด้านส่งและด้านรับ

4.ในการติดตั้งต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากสายมีความแข็ง และเปราะง่าย จึงยากในการเดินสายในสถานที่ต่าง ๆ

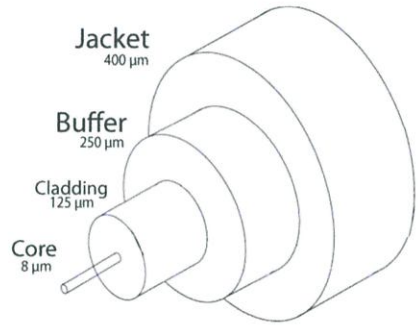
2.1.7 โครงสร้างของสายใยแก้วนำแสง

1) เส้นแก้ว (Core) เป็นตัวที่นำสัญญาณแสงมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 62.5/125 μm, 50/125 μm, 9/125 μm

2) ฉนวนเคลือบ (Cladding) เป็นสารที่ใช้ในการเคลือบแก้ว (Core) เพื่อให้นำสัญญาณได้ กล่าวคือแสงที่ถูกส่งไปในแกนแก้วถูกขังหรือเคลื่อนที่ไปตามสายไฟเบอร์ด้วยขบวนการสะท้อนกลับของแสงนิยมเคลือบจนมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 125 μm

3) ปลอกสาย (Buffer) เป็นเสมือนปลอกของสายหรือเสื้อชั้นในที่หุ้มป้องกันสาย และยังช่วยให้ การโค้งงอของสายไฟเบอร์มีความยืดหยุ่นมากขึ้น มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 900 μm (Buffer Tube)

4) ปลอกหุ้ม (Jacket) เป็นเสมือนเสื้อชั้นนอกสุดของสายไฟเบอร์ที่ให้เกิดความเรียบร้อย และทำ หน้าที่ป้องกันสายไฟเบอร์เป็นชั้นนอกสุดชนิดของ Jacket มีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับการใช้งาน ว่าเป็นสายที่เดินภายในอาคาร (Indoor) หรือเดินภายนอกอาคาร (Outdoor)

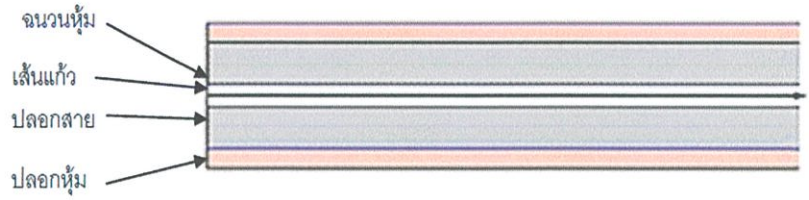


รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของสายใยแก้วนำแสง

2.1.8 ชนิดของสายใยแก้วนาแสงเมื่อจาแนกตามจำนวนของคอร์

2.1.8.1 Single mode Optic Fiber เป็นการออกแบบที่ใช้ตัวนำแสงที่บีบลาแสงให้พุ่งตรงไปในสายตรงแกนกลาง เพื่อป้องกันมิให้แสงกระจายออกทางด้านข้าง เหมาะสำหรับการสื่อสาร หรือการส่งข้อมูลในระยะไกล เช่น การสื่อสารระหว่างประเทศ ระหว่างเมือง

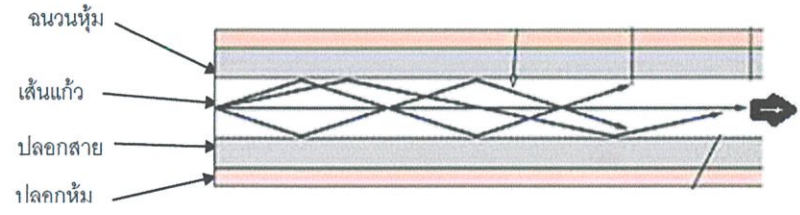
เส้นใยแก้วนำแสงแบบโหมดเดี่ยว มีขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางของ Core ประมาณ 5-10 ไมครอน และขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของ Cladding ประมาณ 125 ไมครอน ซึ่งส่วนของ Core ที่มีขนาดเล็กมากนี้เองมีผลทาให้แสงเดินทางออกมาเพียง โหมดเดียว มีการแตกกระจายของสัญญาณเกิดขึ้นได้ยาก ทำให้มีแบนด์วิดท์ที่กว้างไม่ใช้การสะท้อนแสง แสงเดินทางเป็นเส้นตรง



รูปที่ 2.5 แสดงสายใยแก้วนำแสงแบบโหมดเดียว

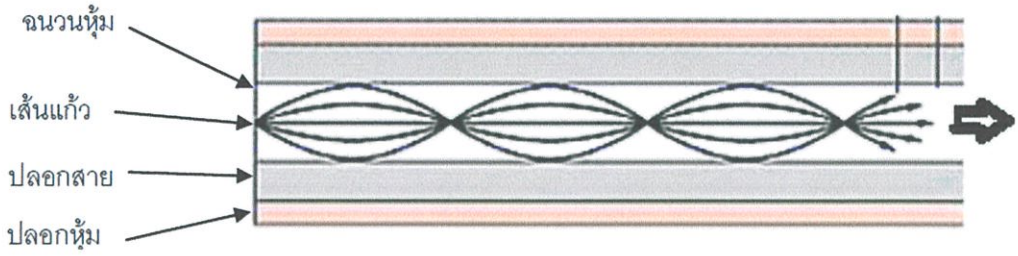
2.1.8.2 Multi mode Optic Fiber เป็นการออกแบบชนิดสายที่มีลักษณะให้ลำแสงกระจายออกด้านข้างได้ เพื่อให้เกิดการสะท้อนขึ้นภายในสาย โดยทั่วไปจะมีการฉาบผิวสัมผัสกับ Cladding ให้คลื่นแสงสะท้อนกลับหมด หากการหักเหของแสงมีการเลี้ยวเบนทีละน้อย ที่เรียกว่า Grad Index ทั้งนี้สาย Fiber Optic ที่ใช้ในเครือข่าย LAN ส่วนใหญ่จะใช้แบบ Multi-mode เส้นใยแก้วนำแสงแบบหลายโหมดมีขนาดของ Core ประมาณ 50 ไมครอน และมีขนาดของ Cladding ประมาณ 125 ไมครอน ซึ่งมีขนาดของ Core ใหญ่กว่าเส้นใยแก้วนำแสงแบบ โหมดเดียวมีผลทำให้แสงที่ตกกระทบที่ปลายอินพุตของเส้นใยแก้วนำแสงมีมุมตกกระทบที่แตกต่างกันหลายค่า ทำให้มีแนวลำแสงเกิดขึ้นหลายโหมด ซึ่งทำให้เกิดการแตกกระจายของโหมดแสงใช้การส่งข้อมูลแบบหลายลำแสง โดยสะท้อนแสงไปตาม core ด้วยองศาที่ต่างกันแบ่งเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการหักเหแสงได้แก่ Grade IndexและStep Index

1.) เส้นใยนำแสงชนิดหลายโหมดมีลักษณะการกระจายแสงออกด้านข้างได้ ดังนั้นจึงต้องสร้างให้มี ดัชนีหักเหของแสงกับอุปกรณ์ฉาบผิวที่สัมผัสกับ Cladding ให้สะท้อนกลับหมดหากการให้ดัชนี หักเหของแสงมีลักษณะทำให้แสงเลี้ยวเบนทีละน้อยเรียกว่าแบบเกรดอินเด็กซ์

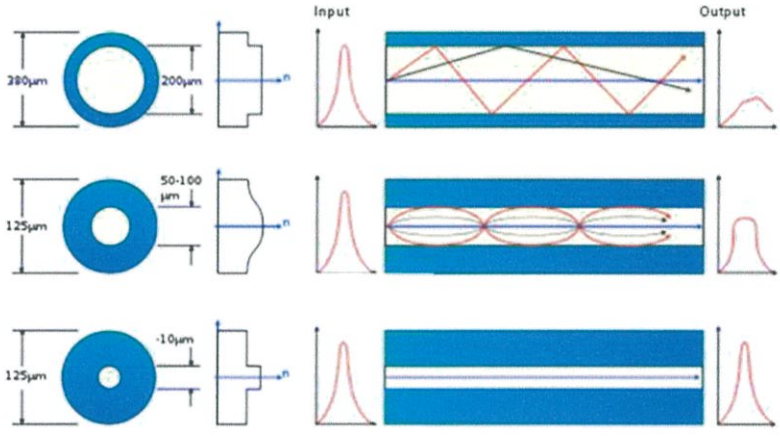


รูปที่ 2.6 รูปแสดงสายใยแก้วนำแสง Multimode Grade Index

2.) เส้นใยนำแสงชนิดหลายโหมดมีลักษณะการกระจายแสงออกด้านข้างได้ ดังนั้นจึงต้องสร้างให้มี ดัชนีหักเหของแสงกับอุปกรณ์ฉาบผิวที่สัมผัสกับ Cladding ให้สะท้อนกลับหมด หากให้แสงสะท้อนโดยไม่ปรับคุณสมบัติของแท่งแก้วให้แสงค่อยเลี้ยวเบนก็เรียกว่าแบบ สเต็ปอินเดกซ์



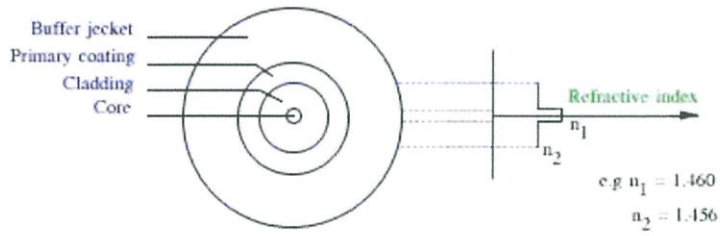
รูปที่ 2.7 รูปแสดงสายใยแก้วนำแสง Multimode Step Index



รูปที่ 2.8 แสดงคุณสมบัติของเส้นใยแก้วนำแสงแบบ Step Index, Grad Index, Single mode

2.1.9 ชนิดเส้นใยนำแสงเมื่อจาแนกตามดัชนีการหักเหแสง

1) ซิงเกิลโหมดแบบสเตปอินเดกซ์ (Single-mode step-index fiber) หรือชนิด ซิงเกิล-โหมด (Single-Mode Fiber) เส้นใยแสงชนิดโหมดเดียวนี้สามารถที่สร้างให้มี Index Profile ได้ทั้งแบบ step index และ Graded Index แต่เนื่องจากการสร้างเส้นใยแสงแบบโหมดเดียวที่มี Index Profileแบบ Graded Index มีราคาแพงและ คุณสมบัติที่ได้จากการมี Index Profile แบบ Graded Index ก็ไม่มีประโยชน์ต่อระบบการสื่อสารด้วยเส้นในแสง ดังนั้นในปัจจุบันเส้นใยแสงแบบโหมดเดียวที่สร้างขึ้นในเชิงพาณิชย์ก็มีแต่เส้นใยแสงโหมดเดียวแบบ Step Index เท่านั้น ซึ่งเหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการแบนด์วิธกว้างและระยะทางไกล (Long- Haul) โดยทั่วไปสร้างจากแก้วซิลิก้าเพื่อให้มีการลดทอนสัญญาณต่ำ ถึงแม้ว่าเส้นใยแสงแบบโหมดเดียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Core เล็ก เพื่อให้มีโหมดที่เดินทางเพียงโหมดเดียว แต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Clad ก็ต้องมีขนาดใหญ่กว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Core อย่างน้อย 10 เท่า เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียจากการเลือนหายของสนามไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว ดังนั้น เมื่อรวมขนาดของ Buffer Coating ด้วยแล้วขนาดโดยรวมของเส้นแบบโหมดเดียวก็ใกล้เคียงกับเส้นใยแสง ชนิดอื่นโครงสร้างโดยทั่วไปของเส้นใยแสงชนิดโหมดเดียวแสดงให้ดูในรูปที่ 2.6

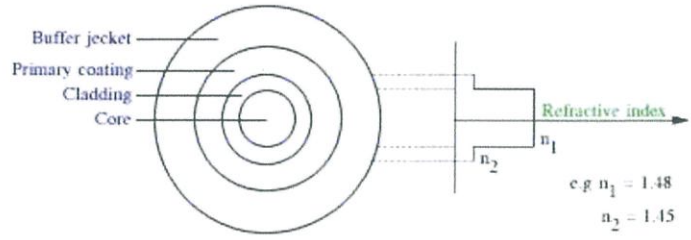


รูปที่ 2.9 โครงสร้างซิงเกิลโหมดแบบสเตปอินเดกซ์

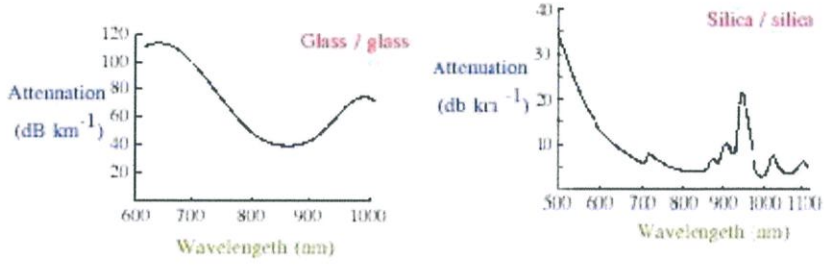
ตารางที่ 2.1 แสดงคุณลักษณะของเส้นใยแสงชนิด Single Mode

โครงสร้าง	
เส้นผ่านศูนย์กลางของ core	5 ถึง 10 μm โดยปกติอยู่ที่ประมาณ 8.5 μm
เส้นผ่านศูนย์กลางของ clad :	โดยทั่วไปมีขนาด 125 μm
เส้นผ่านศูนย์กลางของเปลือกหุ้ม	250 ถึง 1000 μm
Numerical Aperture	0.08 ถึง 0.15 โดยทั่วไปมีค่าประมาณ 0.1
คุณลักษณะทางประสิทธิภาพ	
การลดทอนสัญญาณ	2 ถึง 5 dBkm-1 โดยที่ความยาวคลื่น 850 nm มีการลดทอนประมาณ 1dBkm-1 และมีการลดทอนโดยเฉลี่ย 0.35 และ 0.215 dBkm-1 ที่ความยาวคลื่น 1300 nm และ 1550 nm ตามลำดับ
แบนด์วิธ	มากกว่า 500 MHz km ในทางทฤษฎีแบนด์วิธถูกจำกัดโดยความยาวคลื่นและ material dispersion โดยมีค่าประมาณ 40 GHz ที่ความยาวคลื่น 850 nm ในทางปฏิบัติแล้วแบนด์วิธที่มากกว่า 10 GHz ต้องใช้ความยาวคลื่น 1300nm
การใช้งาน	เหมาะกับระบบที่ต้องการแบนด์วิธสูงและระยะทางไกลมาก โดยใช้ LD เป็นอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณแสง

2) มัลติโหมดแบบสเตปอินเดกซ์ (Multimode Step - Index Fiber)หรือชนิด สเตปอิน-เดกซ์ (Step-Index Fiber)



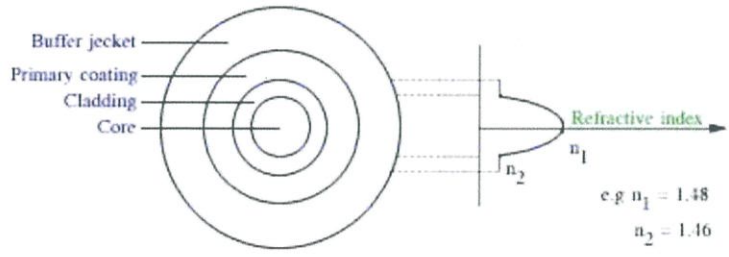
รูปที่ 2.10 โครงสร้างโดยทั่วไปของเส้นใยแสงชนิด Multi-Mode Step Index



(a) เส้นใยแสงที่สร้างจากแก้วหลายชนิด (b) เส้นใยแสงที่สร้างจากแก้วซิลิก้า

รูปที่ 2.11 สเปคตรัมการลดทอนสัญญาณของเส้นใยแสงชนิด Multi-mode step index

3) มัลติโหมดแบบเกรดอินเดกซ์ (Multimode Graded-Index Fiber) หรือชนิดเกรดอินเดกซ์ (Graded-Index Fiber)



รูปที่ 2.12 โครงสร้างโดยทั่วไปของเส้นใยแสงชนิด Multi-modeGraded Index

เส้นใยแสงชนิดนี้สร้างจากแก้วหลายชนิดปนกันหรือแก้วซิลิก้าก็ได้เช่น เดียวกับเส้นใยแสงชนิด Multi-mode step index แต่แตกต่างกันตรงที่สารที่นำมาใช้ ต้องมีความบริสุทธิ์มากกว่าเพื่อลดการสูญเสียที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงทำให้เส้นใยแสงชนิดนี้มีประสิทธิภาพดีกว่าเส้นใยแสงชนิด Multi-mode step index โครงสร้างโดยทั่วไปของเส้นใยแสงชนิดนี้แสดงให้ดูดังรูปที่ 2.12

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณลักษณะของเส้นใยแสงชนิด Multi-Mode Graded Index

โครงสร้าง	
เส้นผ่านศูนย์กลางของ core	30 ถึง100 μm
เส้นผ่านศูนย์กลางของ clad :	100 ถึง 150 μm
เส้นผ่านศูนย์กลางของเปลือกหุ้ม	250 ถึง 1000 μm
Numerical Aperture	0.2 ถึง0. 3
คุณลักษณะทางประสิทธิภาพ	
การลดทอนสัญญาณ	2 ถึง 10 dBkm-1 ที่ความยาวคลื่น 850 nm ถูกจำกัดโดยการดูดกลืนและการกระจาย ส่วนการลดทอนสัญญาณโดยเฉลี่ยที่ความยาวคลื่น 1300 nm มีค่าเท่ากับ 0.4 และ 0.25 dBkm-1 ตามลาดับ
แบนด์วิธ	300 MHz km ถึง 3 MHz km
การใช้งาน	เหมาะที่สุดสำหรับใช้ในโครงข่ายแบบ medium – haul ที่มีแบนด์วิธปานกลางถึงสูง ซึ่งใช้ LED หรือ LD เป็นอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณแสง

เส้นใยแสงชนิดนี้สามารถที่จัดเป็นกลุ่มหลักๆได้ตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของ Core-Clad ดังนี้

1) เส้นใยแสงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของ core-clad เท่ากับ 50 μm /125 μm ซึ่งมีค่า NA ซึ่งโดยปกติ ระหว่าง0.20และ0.24 เส้นใยแสงชนิดนี้พัฒนาและกำหนดเป็นมาตรฐาน โดยCCITT (Recommendation G.651) ใช้สำหรับงานด้านโทรคมนาคมที่ความยาวคลื่น 850 nm และ 1300 nm แต่ในปัจจุบันนิยมนำไปใช้ ในงานด้านการสื่อสารข้อมูลและระบบ LAN

2) เส้นใยแสงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของ core – clad เท่ากับ 62.5 μm /125 μm ซึ่งมีค่า NA โดยปกติระหว่าง 0.26 และ 0.29 ถึงแม้ว่าเส้นใยแสงชนิดนี้พัฒนามาเพื่อการใช้งานใน subscriber loopที่มีระยะทางไกลที่ความยาวคลื่น 850 nm แต่ในปัจจุบันการใช้งานส่วนใหญ่นำใช้กับระบบ LAN

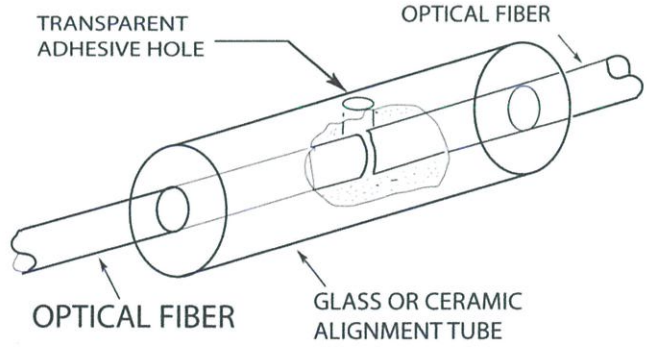
3) เส้นใยแสงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของ core-clad เท่ากับ 85 μm ซึ่งมีค่า NA โดยปกติระหว่าง 0.26 และ 0.30 เส้นใยแสงชนิดนี้พัฒนามาเพื่อการใช้งานที่ความยาวคลื่น 850 nm 130 nm ในระบบ Short- Haul และ LAN

4) เส้นใยแสงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของ core-clad เท่ากับ100μm/125μm ซึ่งมีค่า NA โดยปกติระหว่าง 0.29 เส้นใยแสงชนิดนี้พัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการคัปปลิงสัญญาณกับ LED ที่ความยาวคลื่น 850 nm เพื่อการใช้งานในระบบที่มีราคาถูกและระยะทางสั้น

2.1.10 การเชื่อมต่อสายใยแก้วนำแสง

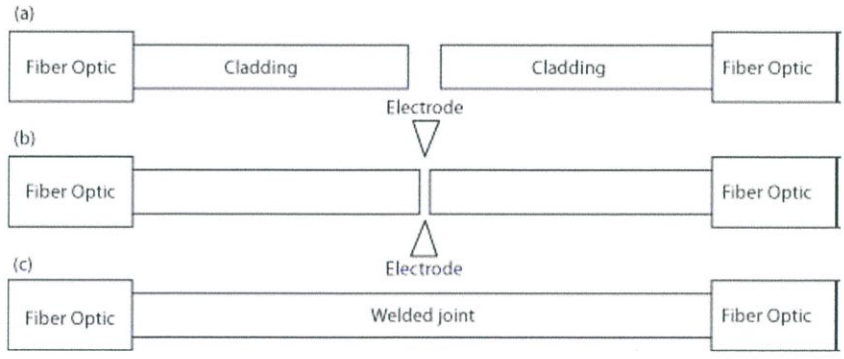
การส่งสัญญาณแสงไปในสายใยแก้วนำแสงต้องทำการแปลงสัญญาณไฟฟ้าจากอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณให้เป็นสัญญาณแสงก่อน จึงสามารถส่งสัญญาณผ่านไปในสายใยแก้วนำแสงได้ ระบบสื่อสารใยแก้วนำแสงโดยทั่วไปต้องมีการเชื่อมต่อในส่วนของใยแก้วนำแสงเสมอ โดยการเชื่อมต่อสายใยแก้วนำแสงนี้อาจมีการคลาดเคลื่อน ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียสัญญาณได้จากลักษณะต่างๆ ของใยแก้ว เช่น จากการที่ตำแหน่งของแกนวางไม่ตรงกันหรือการมีระยะห่างระหว่างแกนเป็นต้นจึงได้มีการคิดค้นวิธีการต่างๆที่นามาใช้เชื่อมต่อเส้นใยแก้วนาแสงเพื่อให้มีการสูญเสียที่น้อยที่สุด

1) การเชื่อมต่อเชิงกล (Mechanical Splice)การเชื่อมต่อเชิงกลหลักการทั่วๆ ไปของการเชื่อมต่อเชิงกลก็คือ การวางเส้นใยแก้วนำแสงให้อยู่ในแนวแกนเดียวกัน โดยใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม และพยายามทำให้ปลายทั้งสองของเส้นใยแก้วนำแสงอยู่ชิดกันมากที่สุด ซึ่งการออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ ในการเชื่อมต่อนี้ ช่วยลดสูญเสียแสงเนื่องจากการติดตั้งจากการเบี่ยงเบนในแนวต่างๆลง ตัวอย่างเช่น การที่ส่งผ่านสัญญาณแสงจากเส้นใยแก้วเส้นหนึ่งไปยังอีกเส้นหนึ่ง ให้มีการสูญเสียน้อยที่สุด ตรงรอยต่อระหว่างเส้นใยแก้วทั้งสองอาจมีการใช้เจลเชื่อมต่อด้วย(Index Matching Gel) เป็นของเหลวใสที่มีค่าดัชนีหักเหใกล้เคียงกับค่าดัชนีหักเหของเส้นใยแก้วนำแสง การเชื่อมต่อวิธีนี้อาจทำให้เกิดการสูญเสียอยู่ในช่วง 0.1-0.5 dB



รูปที่ 2.13 แสดงการเชื่อมต่อเชิงกล(Mechanical Splice)

2) การเชื่อมต่อด้วยวิธีการหลอมรวม (Fusion Splice) การเชื่อมต่อด้วยวิธีการหลอมรวมเป็นวิธีการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงสองเส้นด้วยการใช้ความร้อนปลายเส้นใยแก้วจากนั้นปลายเส้นใยแก้วก็ถูกดันมาเชื่อมต่อกันการเชื่อมต่อในลักษณะนี้เป็นการเชื่อมต่อแบบถาวร เส้นใยแก้วนำแสงที่เชื่อมต่อกันแล้วดูว่าเป็นเส้นเดียวกัน การสูญเสียที่เกิดจากการเชื่อมต่อด้วยวิธีนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.2 dB



รูปที่ 2.14 แสดงการเชื่อมต่อด้วยวิธีการหลอมรวม (Fusion Splice)

2.1.11 การสูญเสียของสัญญาณแสงในสาย Fiber Optic (LOSS)

การสูญเสียของสัญญาณแสงในสาย Fiber Optic เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูลข่าวสาร ทำให้การเชื่อมต่อสื่อสารด้วยระยะทางไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง (ปกติสาย Fiber Optic สามารถเชื่อมต่อได้ด้วยระยะทางที่ยาวมากๆ ตั้งแต่ 100 เมตรขึ้นไป จนถึงหลัก 100 กิโลเมตร) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่า การเลือกใช้สาย Fiber Optic แบบใด? แบบ Multi mode หรือ Single mode ? รวมทั้งยังขึ้นอยู่กับโปรโตคอลของเครือข่าย เริ่มต้นทำความเข้าใจกับ สิ่งต่างๆเหล่านี้

1.) ความสูญเสียพลังงาน (Power) ของ Fiber Optic นั้นขึ้นอยู่กับ ความยาวคลื่นที่ใช้ ความยาวคลื่นยิ่งมากเท่าใด อัตราการสูญเสียของแสง จะน้อยลง เช่น การสูญเสียกำลังแสง บนความยาวคลื่น 1300 nm ได้แก่ <0.5 dB/กิโลเมตร
2.) สำหรับ Silica Glass นั้น ความยาวคลื่นสั้นที่สุด จะมีอัตราการสูญเสียมากที่สุด
3.) อัตราการสูญเสีย Power ที่น้อยที่สุด ได้แก่ ความยาวคลื่น 1550 nm
4.) หน่วยวัดที่แสดงการสูญเสียของ Power ได้แก่ Decibel (dB) โดยมีหน่วยคิดเป็น dB ต่อกิโลเมตร (dB/km)
5.) ค่านี้ ถูกนำมาคำนวณ โดยเอาความยาวทั้งหมดของสาย Fiber Optic คิดเป็น Km

ปัจจัยหลักคือการสูญเสียของสัญญาณแสงในสาย ที่เกี่ยวกับการทำให้เกิดการสูญเสียของกำลังแสงในสาย มีหลายประการ ยกตัวอย่างดังนี้

1.) Bending Loss เนื่องจากการโค้งงอของสาย เกินค่ามาตรฐานที่ผู้ผลิตกำหนด เกิดจากปัญหาการโค้งงอของสาย เกินค่ารัศมี ความโค้งงอของสายตามปกติ (Minimum Bend Radius) อย่างไรก็ดี Bending Loss ยังสามารถเกิดขึ้นได้จากการองค์ประกอบย่อยๆ ดังนี้ ความโค้งที่มีความแหลมบริเวณแกนของสาย ความไม่สมบูรณ์ของ Buffer และ Jacket โดยมีความคลาดเคลื่อนของการวางตำแหน่งระหว่างกัน ที่ห่างประมาณ 2-3 มิลลิเมตร การติดตั้งสายไม่ถูกวิธีหรือไม่เรียบร้อย ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ เรียกว่า Micro bending สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อความยาวของสายเพิ่มมากขึ้น

2.) Splice Loss สามารถเกิดขึ้น ณ ที่ใดก็ได้ที่มีการตัดต่อและเชื่อมสายเข้าด้วยกัน การสูญเสียอันเนื่องมาจากการ ทำ Splice ที่ไม่สมบูรณ์ โดยประกอบด้วย การ Loss 2 แบบ ได้แก่ Mechanical Loss และ Fusion Splicing Loss

- Mechanical Loss จะมีอัตราสูงที่สุด เมื่อเทียบกับ Fusion Splicing โดยมีอัตราการ Loss ตั้งแต่ 0.2 ไปจนถึง 1.0 dB ขึ้นไป

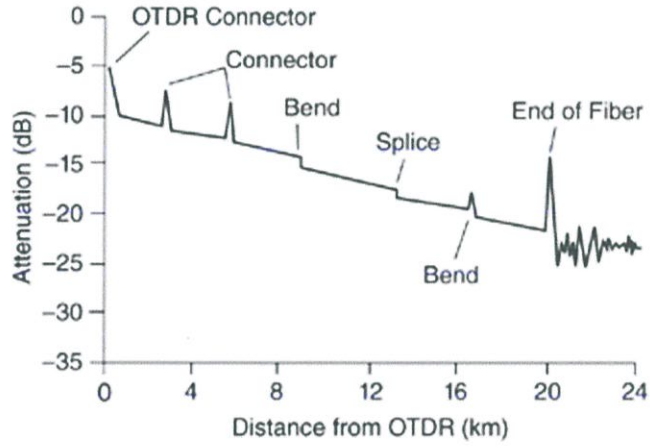
- Fusion Splice มีอัตราการ Loss ต่ำสุด โดยมีอัตราการ Loss ต่ำกว่า 0.1 dB และอัตราการ Loss ที่ต่ำกว่า 0.05 เป็นเรื่องที่เป็นไปได้ หากใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ Splice ที่มีคุณภาพดี

3.) Connector Loss การสูญเสียที่เกิดขึ้นจาก Fiber Optic Connector สามารถมีระดับ 0.25 ไปจนถึง 1.5 dB และขึ้นอยู่กับชนิดของ Connector ที่ใช้งานอีกด้วย นอกจากนี้ยังมี Factor อื่นๆ ที่ทำให้เกิดการ Loss ของ Connector ดังนี้ ปัญหาสกปรก หรือ Contamination บน Connector (ปัญหาที่เกิดบ่อยที่สุด)การติดตั้ง Connector ที่ไม่ถูกต้องไม่เรียบร้อย การชำรุดเสียหายที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของ Connector

4.) Loss Inherent to Fiber การสูญเสียใน Fiber ที่ไม่สามารถจะขจัดไปได้ ในระหว่างกระบวนการผลิต มีสาเหตุเกิดจาก Impurities ในกระจก รวมทั้งการดูดซึมของแสงในระดับของโมเลกุล การสูญเสียของแสงขึ้นอยู่กับ ความหนาแน่นเชิงแสง ส่วนประกอบของ Fiber Optic รวมทั้งโครงสร้างทางโมเลกุลของ Fiber ซึ่ง เรียกว่า Rayleigh Scattering เมื่อแสงมากระทบกับส่วนประกอบดังกล่าว ก็จะเกิดการ กระจายตัวของแสงไปยังทิศทางต่างๆขึ้น

5.) Loss จากการติดตั้ง เนื่องจากว่า สาย Fiber Optic มีส่วนมากที่ทำมาจาก Silica และกระจก ดังนั้น ถึงแกนกลางของสายจะได้รับการป้องกันจาก Jacket เปลือกนอกของสาย รวมถึงโค้งสร้างอื่นๆด้วยแล้ว แต่การติดตั้งที่ขาดความระมัดระวัง การติดตั้งที่ทำให้เกิดความเสียหายกับแก้วแกนกลางภายใน เมื่อสายได้ถูกกระทำจากแรงเหล่านี้ในการติดตั้งมากเกินไป อาทิ แรงกด แรงกระแทก แรงเหวี่ยง แรงดึง แรงบิด (กล่าวไปในขั้นตอนการทดสอบสายไฟเบอร์ติก) ก็จะทำให้เกิดค่า Loss นั่นเอง

จากสาเหตุการเกิดค่าความสูญเสียหรือค่า Loss ในระบบ เมื่อเราทำการทดสอบระบบด้วยเครื่องทดสอบ OTDR เราจะได้กราฟที่แสดงผลในระบบที่ทำการทดสอบดังตัวอย่างรูปด้านล่าง



รูปที่ 2.15 กราฟที่แสดงผล OTDR

2.2 หัวต่อ (Connectors)

หัวต่อมีหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างเส้นใยนำแสงสองเส้น หรือระหว่างเส้นใยนำแสงกับแหล่งกำเนิดแสง หรือระหว่างเส้นใยนำแสงกับดีเท็กเตอร์ทำหน้าที่ต่อ หรือปลดสายออกจากกัน ซึ่งส่วนใหญ่ใช้กับสายที่ออกจากเครื่องมือ สายเดินในบอร์ด หรือสายคัพเปลอร์ในระบบ LAN เมื่อมีหัวต่อในวงจรจะเกิดการสูญเสียในแต่ละจุดที่ใช้หัวต่อ แต่จำนวนหัวต่อที่ต้องใช้นั้นอย่างน้อยที่สุดก็ต้องมีสองจุด คือที่เครื่องส่ง 1 ตัว และเครื่องรับ 1 ตัว และถ้ามีความจำเป็นถ้าใช้สายเชื่อมต่อหรือเดินในแผง จำนวนหัวต่อก็จะเพิ่มขึ้นอีก ดังนั้นการลดจำนวนหัวต่อให้น้อยที่สุดก็จะช่วยลดการสูญเสียพลังงานของแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ หัวต่อส่วนใหญ่จะมีค่าสูญเสียอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.7 เดซิเบล ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับชนิด และขนาดของเส้นใยนำแสงที่ใช้ และวิธีการต่อ ค่าต่อไปนี้เป็นค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปที่ไม่ได้จากการต่อแบบสุ่มจากเส้นใยนำแสงหลายขนาดหลายชนิด และจากผู้ผลิตต่างบริษัท ค่าการสูญเสียต่างๆ

2.2.1.หลักในการออกแบบหัวต่อที่จะให้เกิดการสูญเสียน้อยที่สุดคือ

1.) ปลอกที่สอดสายเส้นใยนำแสงเข้าไปนั้นต้องมีขนาดพอดีๆ กับขนาดความโตภายนอกของตัวแกนเส้นใยนำแสง

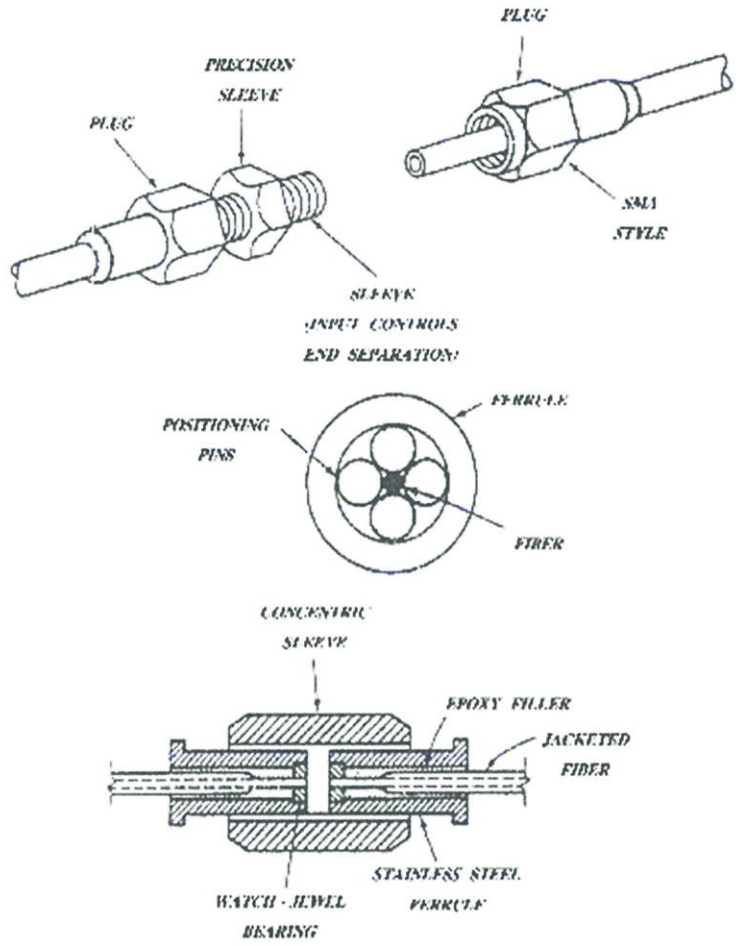
2.) ระหว่างหัวต่อสองอันการเยื้องศูนย์จะต้องไม่เกิน 1 ถึง 2 เปอร์เซ็นต์ ของขนาดของแกนเส้นใยนำแสง และเปอร์เซ็นต์ของมุมชนกันของแกนเส้นใยนำแสงจะต้องน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์การเยื้องศูนย์ การยึดกันของหัวต่อต้องไม่ฟิตเกินไปจนทำให้หน้าสัมผัสเกิดการสึกหรอหรือมีรอยขีดข่วน

3) หน้าผิวสัมผัสระหว่างหัวต่อจะต้องไม่มีช่องว่าง ซึ่งจะทำให้เกิดแสงสะท้อนกลับ แต่จะป้องกันผิวปลายสายไม่ให้เกิดการขีดข่วนทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของอุปกรณ์ของแต่ละบริษัทผู้ผลิต ซึ่งต้องนำปัญหาต่างๆ มาคิดด้วยรวมทั้งต้นทุนการผลิต ในระบบทางไกล โดยทั่วไปแล้วใช้หัวต่อเพียงอันเดียวก็พอ และเหมาะสมกว่าส่วนการเดินสายเคเบิลในอาคารจะใช้หัวต่อที่แตกต่างออกไป คุณภาพและมาตรฐานของหัวต่อที่ใช้ในอาคารมักจะนิยมชนิดเอสที(ST)และชนิดเอสซี(SC)

2.2.2ชนิดของหัวต่อ

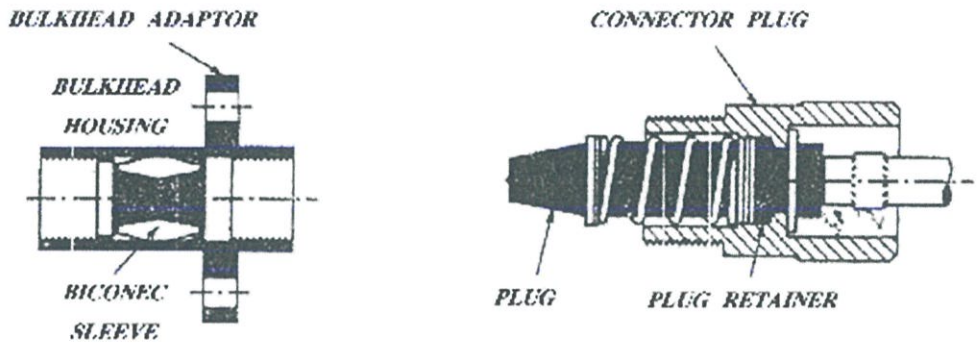
1) หัวต่อชนิดยืดหยุ่นได้ หัวต่อชนิดนี้เป็นหัวต่อที่ทำด้วยพลาสติกใช้ได้ทั้งแบบมัลติโหมดและซิงเกิลโหมด หัวที่ชนกันทำเป็นลักษณะปลายเรียวซึ่งเป็นของบริษัทแอมป์ (Amp) ตัวหัวต่อจริงๆ ทำด้วยพลาสติกที่ยืดหยุ่นได้ แต่ปลอกที่สวมหุ้มหัวนั้นทำด้วยโลหะเพื่อรับแรง ปลายสานที่ชนกันนั้นจะอยู่ในปลอกหุ้มซึ่งประกอบด้วยหัวแกนเอียง(Taper)โดยใช้เกลียวยึดกัน

2) หัวต่อชนิดเอสเอ็มเอ (SMA) หัวต่อชนิดนี้เป็นที่นิยมมาก หัวต่อเป็นน๊อตหกเหลี่ยม และนิยมใช้กับสายเคเบิลแบบมัลติโหมด การออกแบบและประกอบหัวต่อชนิดนี้ทำได้ง่ายกว่าชนิดอื่นๆ การออกแบบหัวต่อชนิดเอสเอ็มเอ ขึ้นอยู่กับความเที่ยงตรงของปลอกที่บังคับหน้าสัมผัส และวิธีการออกแบบนี้ ก็ขึ้นอยู่กับเทคนิคผู้ผลิตแต่ละบริษัท



รูปที่ 2.16 หัวต่อชนิดเอ็สเอ็มอี

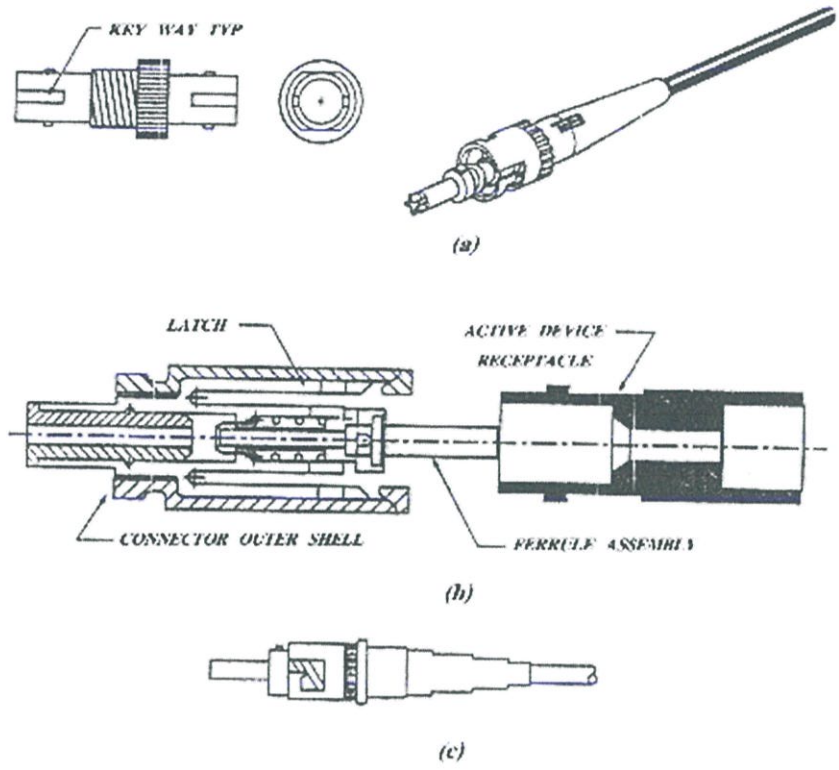
3) หัวต่อชนิดไบคอนิค (Biconic Connector) หัวต่อแบบไบคอนิคเป็นตัวต่ออีกแบบหนึ่งที่นิยมใช้มากกับสายเคเบิลทั้งแบบซิงเกิลโหมด และมัลติโหมด หัวต่อเป็นพลาสติกหล่อแข็ง และกลึงเป็นลักษณะคล้ายรูปกรวย โดยมีปลอกโลหะเป็นตัวบังคับให้แกนปลายเส้นใยนำแสงอยู่ในแนวแกนที่ชนกันพอดี หัวต่อชนิดนี้มีหัวเสียบที่มีรูปคล้ายกรวย และเจาะรูตรงกลางเพื่อให้เส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมด หรือซิงเกิลโหมดผ่านทั้งหัวเสียบ และรูเสียบ จะยึดติดกันพอดีเมื่อเวลาประกอบกันเข้า และปลายสายจะต้องขัดให้ดีเพื่อให้ได้หน้าสัมผัสที่สุดไม่ให้พลังงานแสงเกิดการสูญเสียหัวต่อ ชนิดนี้บริษัทเบลล์แลบ (Bell Laboratory) เป็นผู้ผลิต หัวต่อชนิดนี้มีขายสำหรับใช้กับเส้นใยนำแสงเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกขนาด 125, 140, 250 และ 400 ไมโครเมตร และมีค่าอินเซอร์ชั่นลอส (Insertion Loss) ของทั้งซิงเกิลโหมด และมัลติโหมด อยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1.1 เดซิเบล ขึ้นอยู่กับลักษณะการต่อเส้นใยนำแสง การสูญเสียอันเนื่องมาจากการสะท้อนของแสงที่หน้าสัมผัสในหัวต่อมีค่าต่ำกว่า 32 เดซิเบล



รูปที่ 2.17 หัวต่อชนิดไบโคนิค

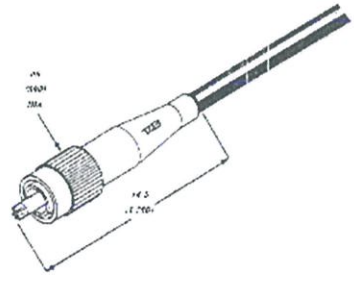
4) หัวต่อแบบเอสที (ST Connector) หัวต่อแบบเอสทีเป็นเครื่องหมายการค้าของบริษัทเอที แอนด์ที (AT&T) รูป 2.46 เป็นแบบที่บริษัทโทมัสแอนด์แบตต์ (Thomas&Betts) เป็นผู้ออกแบบหัวต่อในส่วนที่ยึดติดกันก็โดยการใช้แรงดันเข้าแล้วหมุน เมื่อเร็วๆ นี้บริษัทสามเอ็ม (3M) ได้พัฒนาหัวต่อแบบพุช-พูล ขึ้นมาใหม่ การที่หัวต่อจะชนกันได้สนิทที่สุดก็อยู่ที่ปลอกยึด และการผลิตที่ละเอียดอ่อนแม่นยำเที่ยงตรง การที่จะได้รูเจาะที่เที่ยงตรงและแม่นยำนั้นบริษัทได้พยายามนำวัสดุหลายชนิดมาทดลองทำ เช่น เซอร์โคเนีย เซรามิค อลูมินาเซรามิก รูแก้วในเซรามิค รูแก้วในพลาสติกรวมทั้งสเตนเลส ARCAP และวัสดุที่เป็นคอปเปอร์เบส ในกรณีของบริษัทสามเอ็มเขาใช้ปลอกเซอร์โคเนียเซรามิคและแต่งปลายสัมผัสให้ได้หน้าสัมผัสออฟติกที่มีการลดการหักเหของแสงได้ต่ำสุด พลาสติกที่ใช้ทำหัวต่อจะเป็นเทอร์โมพลาสติก ปลอกโลหะที่ใช้จะมีขนาดของรูเจาะตั้งแต่ 1 ไมโครเมตร และมีขนาดต่างกันตามความโตของเส้นใยนำแสง บริษัทสามเอ็มยังได้ประดิษฐ์หัวต่อแบบละลายด้วยความร้อน เพื่อใช้สำหรับต่อสายมัลติโหมดโดยใช้ปลอกเซอร์โคเนีย และมีกาวร้อนเป็นตัวติด เมื่อกาวเย็นลงก็จะยึดติดแน่นเสร็จแล้วค่อยขัดปลายเส้นใยนำแสง

หัวต่อชนิดเอสที ค่าสูญเสียในซิงเกิลโหมดประมาณ 0.15 ถึง 0.25 เดซิเบล และค่า ลดทอนอยู่ระหว่าง 0.4 ถึง 0.7 เดซิเบล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต สำหรับมัลติโหมดก็มีค่าลดทอนอยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 0.15 เดซิเบล และสูงสุดอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.3 เดซิเบล ปัจจุบันหัวต่อชนิดเอสทีเป็นหัวต่อที่มีผู้นิยมใช้มากขึ้นทั้งนี้เพราะเป็นหัวต่อที่มี ขนาดเล็กแต่ก็ไม่ค่อยกระทัดรัดเท่ากับชนิดเอสซี ปัจจุบันได้ดัดแปลงปรับปรุงให้เป็นแบบถอดเข้าออกได้จึงทำให้ชนิดเอสซีรับความนิยมมากขึ้น หัวต่ออาจประกอบมาจากโรงงานหรือประกอบในจุดที่งานสนามกำลังทำอยู่ก็ได้



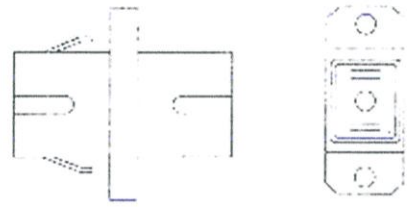
รูปที่ 2.18 หัวต่อขนิดเอสที

5) หัวต่อชนิดเอฟซี (FC Connector) หัวต่อแบบนี้ออกแบบเป็นปลอกเหล็กอยู่ในปลอกหุ้มอีกชั้นหนึ่ง ชุดแกนของหัวต่อมีเกลียวหมุนเข้ากับตัวเรือนหุ้ม ดังรูป 2.47 การออกแบบทำเป็นพิเศษ คือ ตัวเสียบนั้นมีลิ่ม และตัวรับมีร่องเมื่อเสียบเข้ากันแล้ว หน้าสัมผัสของเส้นใยนำแสงทั้งสองข้างไม่เกิดการหมุน หรือขยับเขยื้อน ซึ่งอาจทำให้หน้าสัมผัสของเส้นใยนำแสงเกิดรอยขีดข่วนได้ หัวต่อชนิดนี้เมื่อใช้กับซิงเกิลโหมดจะเกิดการสูญเสียอยู่ระหว่าง 0.4 ถึง 0.7 เดซิเบล หรือสูงสุดอยู่ระหว่าง 0.8ถึง1.0เดซิเบล ขึ้นอยู่กับคุณภาพของสินค้าผู้ผลิต



รูปที่ 2.19 หัวต่อชนิดเอฟซี

6) หัวต่อชนิดเอสซี (SC Connector) หัวต่อชนิดนี้เป็นการออกแบบของเอ็นทีทีเพื่อให้ได้งานหลายอัน ดังรูปที่ 2.48 ข้อดีของหัวต่อชนิดนี้ คือหัวต่อชนิดนี้มีรูสอดเส้นใยนำแสงแสนั้นมีขนาดพอดีกับความโตของเส้นใยนำแสง และมีวิธีการผลิตที่ละเอียดอ่อนเที่ยงตรง



รูปที่ 2.20 หัวต่อชนิดเอสซี

การลดทอนสัญญาณในเส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโมดมีค่าประมาณ 0.25 เดซิเบล และอาจมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 0 ถึง 0.6 เดซิเบล ขณะที่เอาหัวต่อเสียบต่อกัน หัวต่อแบบเอสซีเป็นของใหม่เพิ่งนำออกมาวางตลาดในอเมริกามีใช้ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ของที่ติดตั้งทั้งหมด แต่ขณะนี้ได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากใช้ง่ายเป็นแบบถอดเข้าออกได้ และในขณะที่เอาหัวต่อกันก็ไม่ต้องหมุนหรือบิดแต่ใช้เสียบต่อตรงๆนอกจากนี้หัวต่อยังเป็นชนิดปรับแกนเส้นใยนำแสงได้ด้วย

7) หัวต่อชนิดเอฟดีดีไอ (FDDI Connector) หัวต่อแบบเอฟดีดีไอบางทีเรียกว่า "Media Interface Connector (MIC)" ออกแบบเพื่อวัตถุประสงค์อันแรก คือ เชื่อมต่อระบบส่งเส้นใยนำแสงจากสายส่งเส้นใยนำแสงชุดแรกไปยังชุดที่สอง หรือส่งสัญญาณจากเส้นใยนำแสงผ่านหัวต่อเอฟดีดีไอแล้วแยกไปยังอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องรับ เครื่องส่ง หรือ สวิตช์บายพาส (Bypass Switch) ตัวปลั๊กเสียบมีปุ่มล็อกเพื่อล็อกกับตัวรับอีกทีหนึ่ง หัวต่อชนิดนี้มีปลอกโลหะสำหรับยึดสายจำนวนสองปลอก เพื่อใช้งานกับเคเบิลแบบ ดูเพล็กซ์ (Duplex Cable) ตัวปลอกมีสภาพเป็นประเภทยืดหด หรือปรับตัวได้ขณะที่เสียบต่อกัน

2.3 เครื่องOTDR (Optical Time Domain Reflect meter)

เครื่องโอ ที ดี อาร์ ใช้วัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ภายในโครงข่ายเส้นใยนำแสงสัมพันธ์กับความยาวโดยนำปลายหัวต่อด้านหนึ่งของเส้นใยนำแสงที่ต้องการวัดต่อเข้ากับเครื่องโอ ที ดี อาร์โดยเครื่องโอ ที ดี อาร์มีลักษณะภายนอกดังรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.21 แสดงเครื่อง OTDR (Optical Time Domain Reflect meter)

2.3.1 หลักการทางานของเครื่องตรวจสอบเส้นใยนำแสง โอ ที ดี อาร์

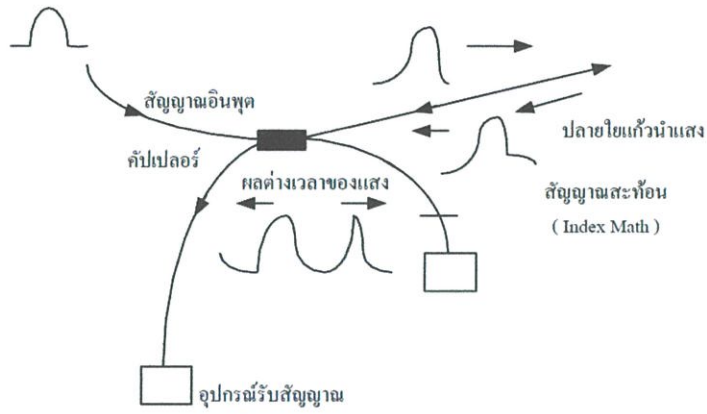
ในกระบวนการผลิตใยแก้วนำแสงชนิดแก้วที่ทำจากทรายซิลิกาเครื่องโอ ที ดี อาร์ อาศัยหลักการการสะท้อนของแสงที่เดินทางในเส้นใยนำแสงเทียบกับเวลาซึ่งแสงเดินทางย้อนกลับมายังด้านต้นทางที่แสงเข้าเนื่องมาจากสาเหตุ 2ประการคือการกระเจิงกลับ(Back scat- tiring) และการสะท้อนแบบเฟรสเนส (Fresnel Reflection)วิธีการดังกล่าวไม่สามรถตรวจวัดเวลาจากพัลส์ส่งไปยังปลายสายได้โดยตรงแต่พิจารณาจากครึ่งหนึ่งของระยะเวลาระหว่างระยะที่ตรวจวัด

ดังนั้นความยาวของสายอาจหาได้จากการคำนวณ

ระยะทาง = ความเร็ว × เวลา

= ความเร็ว (ผลต่างของเวลา)/2

เมื่อคลื่นแสงถูกส่งเข้าสู่เส้นใยนำแสง พัลล์ของแสงเดินทางผ่านเส้นใยนำแสงด้วยความเร็วที่ขึ้นกับดัชนีหักเหแสงของเส้นใยนำแสงที่เป็นสายส่ง ซึ่งค่าดัชนีหักแหของแสงเป็นอัตราส่วนระหว่างความเร็วของแสงในสุญญากาศกับความเร็วแสงภายในเส้นใยนำแสง เมื่อพัลส์ของแสงที่เดินทางภายในเส้นใยนำแสงเคลื่อนที่มาถึงบริเวณปลายทาง แสงบางส่วนสะท้อนกลับมายังตัวรับสัญญาณแสง ที่อยู่ด้านเดียวกับแหล่งกำเนิดแสง เครื่องมือที่อาศัยหลักการวัดการสะท้อนของแสงเชิงเวลาสามารถตรวจวัดพัลส์ของแสงที่สะท้อนกลับและคำนวณความยาวของเส้นใยนำแสงโดย พิจารณาดัชนีหักเหแสงของเส้นใยนำแสงและความแตกต่างของเวลาระหว่างพัลส์ที่ส่งเข้าไปและพัลส์ที่สะท้อนกลับมาคือ (Optical Time Domain Reflect meter : OTDR)



รูปที่ 2.22 แสดงหลักการของแสงที่เดินทางไปและกลับภายในสายนำสัญญาณ

2.3.2 การใช้งานของเครื่อง โอ ที ดี อาร์

2.3.2.1 โอ ที ดี อาร์พารามิเตอร์ (OTDR Parameters)

ก่อนทำการตรวจวัดเส้นใยนำแสงจำเป็นต้องกำหนดการทำงานของเครื่องก่อน โดยการกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องซึ่งต้องเลือก หรือทำการปรับฟังก์ชันต่าง ๆ ให้เหมาะสมเพื่อให้การวัดค่าได้ถูกต้องที่สุด ซึ่งพารามิเตอร์ต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องโอ ที ดี อาร์ ในส่วนต่อไปนี่แสดงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของโอ ที ดี อาร์ รุ่นทั่ว ๆ ไป

1) ความยาวคลื่น (Wavelength)เครื่องโอ ที ดี อาร์สามารถเลือกความยาวคลื่นแสงที่ใช้สำหรับตรวจสอบเส้นใยนำแสงได้ ปกติความยาวคลื่นแสงที่นิยมใช้อยู่ในช่วง 1,300 และ 1,500 นาโนเมตรขึ้นกับชนิดของเส้นใยนำแสงที่ต้องการตรวจสอบ

2) ดัชนีหักเหแสง (RefractiveIndex)เครื่องโอ ที ดี อาร์ให้ระบุค่าดัชนีหักเหแสงของเส้นใยแก้วนำแสงที่ใช้ในการตรวจสอบด้วย เนื่องจากความเที่ยงตรงของการวัดระยะทางของเครื่องโอ ที อี อาร์ ขึ้นอยู่กับความเที่ยงตรงของการกำหนดค่าดัชนีหักเหแสงของเส้นใยนำแสงที่ใช้

3) ช่วงกว้างของพัลส์ (Pulse Width)เครื่องโอ ที ดี อาร์สามารถเลือกช่วงกว้างของพัลส์ของแสงที่ส่งเข้าไปในเส้นใยนำแสงได้อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1 –1,000 เมตร ขึ้นกับความต้องการให้ค่าความละเอียดในการวัดหากเลือกช่วงกว้างของพัลส์กว้างส่งผลให้กำลังของแสงที่ส่งเข้าในเส้นใยนำแสงเพิ่มขึ้นทำให้ย่านการวัดของเครื่องโอ ที ดี อาร์ หรือระยะทางที่สามารถวัดได้ยาวขึ้น อย่างไรก็ดีช่วงกว้างของพัลส์ที่เพิ่มขึ้นนี้ส่งผลให้ระยะเดดโซนเพิ่มขึ้นด้วย จึงทำให้ยากต่อการตรวจวัดสิ่งที่อยู่ภายในระยะเดดโซนหากเลือกช่วงกว้างของพัลส์แคบ ทำให้ย่านการวัดของเครื่องโอ ที ดี อาร์ หรือระยะทางที่สามารถวัดได้สั้นลงแต่เพิ่มความละเอียดของการวัดมากขึ้น ระยะทางของการวัดมีความเที่ยงตรงมากขึ้นเนื่องจากระยะเดดโซนอยู่ในช่วงแคบ

4) ระยะของเส้นใยนำแสง (Fiber Range) ในการกำหนดค่าการวัดที่อาศัยหลักการของเวลานี้การกำหนดค่าระยะของการวัดนี้ควรกำหนดให้มีค่าระยะมากกว่าความยาวจริงที่ต้องการวัดค่านี้มีความสำคัญมาก หากกำหนดระยะให้กับเครื่องสั้นเกินไป ทำให้เครื่องเริ่มส่งพัลส์ใหม่และรอบของการตรวจวัดการกระเจิงกลับก่อนที่การสะท้อนที่ปลายจากการตรวจสอบก่อนหน้านี้ได้รับเป็นสาเหตุให้ปลายที่สะท้อนผิดพลาดไป หรือปรากฏบางสิ่งที่บริเวณตรงกลางของเส้นใยนำแสง แต่หากกำหนดระยะให้กับเครื่องยาวเกินไปก็ทำให้การวัดผิดพลาดเช่นกัน ถ้าหากกำหนดระยะมากกว่าเป็น 2 เท่าของความยาวของเคเบิลจริง อาจเกิดการสะท้อนซ้ำ (Ghost Reflection) เกิดขึ้นหลังจากการสะท้อนที่ปลายของเคเบิลแล้วปรากฏบนหน้าจอของเครื่องโอ ที ดี อาร์อีกได้ อีกทั้งยังทำให้การวัดช้าลงอีกด้วย โดยทั่วไปควรกำหนดค่าระยะสัมพันธ์กับความยาวของเคเบิลที่ทำการวัด

5) ค่าเฉลี่ย (Averaging) ค่าเฉลี่ยของการวัดเป็นตัวเลขที่บอกถึงว่าในการตรวจวัดแต่ละครั้งทำการเฉลี่ยกับค่าที่ทำการตรวจสอบครั้งที่แล้ว การเลือกค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการวัดทำให้ค่าของการวัดดีขึ้นลดสัญญาณรบกวนลงได้

6) สัมประสิทธิ์การกระเจิงกลับ(BackscatterCoefficient) ค่านี้ถูกกำหนดขึ้นจากกระบวนการผลิตเส้นใยนำแสง โดยปกติเครื่องกำหนดเป็น“Normal“ที่ความยาวคลื่นและช่วงกว้างของพัลส์ที่กำหนดให้ ซึ่งถูกใช้สำหรับคำนวณความเที่ยงตรงของการสะท้อน

7) หน่วย (Unit) เครื่องสามารถเลือกได้ว่าวัดหน่วยความยาวเป็นเมตร กิโลเมตรฟุต กิโลฟุต และไมล์ เป็นต้น

8) สเกล (Scale)การแสดงผลบนหน้าจอ โอ ที ดี อาร์ มาตราส่วนในแนวแกน Y แสดงค่ากำลังของแสง หน่วยเดซิเบลต่อช่อง ซึ่งอาจเปลี่ยนให้มีค่ามากขึ้นหรือลดลงก็ได้ เช่นสามารถกำหนดมาตราส่วน 10 เดซิเบลต่อช่วงมาตราส่วนในแนวแกน X ซึ่งแสดงระยะทาง ปกติมีหน่วยกิโลเมตร (ไมล์ หรือ ฟุต) ต่อช่องสามารถเปลี่ยนให้มีขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้เช่นกัน เช่นกำหนดมาตราส่วน 5 กิโลเมตรต่อช่อง เป็นต้น

2.3.2.2 การประยุกต์ใช้เครื่องโอ ที ดี อาร์

1) การตรวจสอบม้วนเคเบิลเส้นใยนำแสง บริษัทด้านการสื่อสารโทรคมนาคมหลาย บริษัทด้านการสื่อสารโทรคมนาคมหลายบริษัทได้นาเครื่องโอ ที ดี อาร์ใช้ตรวจสอบเส้นใยนำแสงก่อนทำการวางสาย เนื่องจากเคยพบปัญหาว่าหลังทำการวางระบบไปแล้วพบว่าสายเคเบิลกลับมีปัญหา

2) การประเมินค่าเคเบิลใหม่ก่อนทำการติดตั้งหลังจากทำการวางสายเคเบิลไปแล้ว ก็ยังควรต้องมีการตรวจสอบอีกครั้ง เนื่องจากหลังทาการติดตั้งแล้วซึ่งย่อมต้องมีการสูญเสียเนื่องจากการเชื่อมต่อแบบต่างๆในแต่ละจุดการสะท้อนการโค้งงอของเส้นใยนำแสงค่าการลดทอนต่างๆ และค่าอันเกิดจากการวางระบบในแต่ละครั้งอื่นๆ จำเป็นต้องบันทึกค่าเริ่มต้นไว้ทุกครั้ง เพื่อเป็นมาตรฐานในการติดตั้งครั้งต่อไปตลอดจนทราบค่าการลดทอนในระบบนั้นๆเพื่อเปรียบเทียบกับการซ่อมแซมอันต้องเกิดขึ้นในอนาคตว่าการลดทอนรวมต้องอยู่ในค่าที่ยังยอมรับได้ ก่อนรื้อระบบทิ้งไปและเปลี่ยนเคเบิลเส้นใหม่มาแทน

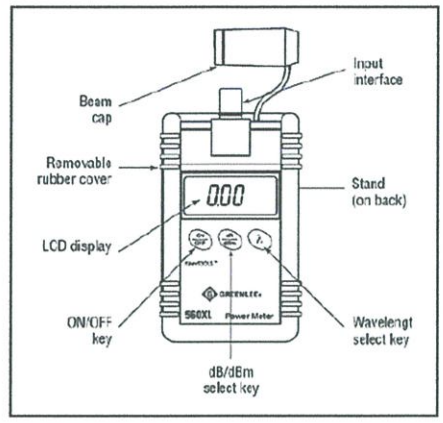
3) การตรวจสอบการทำงานของเส้นใยนำแสง เป็นการตรวจสอบว่าเคเบิลในแต่ละจุดยังคงมีประสิทธิภาพในการคัปปลิงสัญญาณแสงได้ดีเช่นเดิมหรือไม่ เพราะมีบางครั้งสามารถตรวจวัดได้ก่อนแต่เนิ่นๆก่อนเกิดปัญหาทำให้ระบบเสียหาย ไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งสร้างความสูญเสียเป็นอย่างมาก ตัวอย่างเช่นถ้าพบว่าค่าการสูญเสียที่จุดหนึ่งหากมีความชันมากสังเกตได้บนหน้าจอ หรือปรากฏการเชื่อมต่อแบบหลอมรวมขึ้นทั้งๆที่บริเวณนั้นไม่มีการเชื่อมต่อเลยนั่นย่อมแสดงว่าบริเวณดังกล่าวเกิดปัญหา

4) การประเมินค่าเส้นทางที่สงสัยว่าเกิดปัญหา ถ้าการส่งผ่านสัญญาณเกิดการผิดพลาดในบริเวณหนึ่ง ๆ เครื่องโอ ที ดี อาร์ สามารถยืนยันได้ว่าเส้นใยนำแสงเส้นนั้นกำลังทางานถูกต้องหรือผิดพลาด

5) ตำแหน่งที่เกิดการผิดพลาด เครื่องโอ ที ดี อาร์ สามารถระบุตำแหน่งที่เกิดการผิดพลาดได้อย่างถูกต้อง

2.4 OPM (Optical Power Meter)

เครื่องมือวัดแสง (Optical Power Meter) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในตรวจสอบปัญหาต่างๆในสายใยแก้วนำแสง



รูปที่ 2.23 แสดงOptical Power Meter และฟังก์ชันการทำงาน

2.4.1 การใช้งานเครื่อง OPM (Optical Power Meter)

ตารางที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าPower(mW) และ Power(dB)

OPTICAL POWER	**TRANSMITTER**
Power (mW)	Power (dB)
4	6.02
6	7.78
8	9.03
10	10.00
12	10.79
14	11.46
16	12.04
18	12.55
20	13.01
22	13.42
23	13.62
24	13.80

ตัวอย่าง เช่น ตัวส่งขนาด 20mW สามารถเช็คได้ว่าตัวส่งเสียหรือไม่โดยใช้ เครื่องมือวัดแสงวัดสัญญาณหากสัญญาณแสง วัดออกมาได้ค่า 13.01dBm แสดงว่าปกติ หากต่ำกว่าแสดงว่าตัวส่งนั้นขั้วต่อสกปรกหรือเสีย

ทุกครั้งที่มีการต่อขั้วต่อกลาง(Optical Adapter) เกิดค่า Loss=0.35dB ทุกครั้ง หาก ตัวส่ง ดังกล่าวต้องต่อผ่านขั้วต่อกลาง 1 จุดทำให้สัญญาณลดลงไป 0.35dB ตัววัดแสงวัดได้ 12.66dBm หากวัดได้ต่ำกว่านี้แสดงว่าขั้วต่อกลางนั้นสกปรกหรือเสียในกรณีที่ต่อตัวส่งขนาด 20mW ดังกล่าวผ่านตัวแยกแสง (Optical Splitter) สามารถใช้เครื่องวัดแสงเช็คได้ว่าตัวแยกแสงนั้นเสียหรือไม่ เช่นต่อผ่านตัวแยกแสง 2 ทาง ค่า [30:70] พอร์ต [30] Loss ไป 5.47dB ทำให้วัดได้ 7.54dBm, พอร์ต [70] Loss ไป 1.75dB ทำให้วัดได้ 11.26dBm หากวัดได้ต่ำกว่านี้แสดงว่าขั้วต่อของตัวแยกแสงนั้นสกปรกหรือเสีย

ตารางที่ 2.4 แสดงการปรียบเทียบค่าสัญญาณที่สูญไป SPLITER OR LOSS

RATIO (%)	LOSS (dB)
(50:50)	3.20/3.20
(45:55)	3.69/2.81
(40:60)	4.20/2.42
(35:65)	4.79/2.07
(30:70)	5.47/1.75
(25:75)	6.28/1.45
(20:80)	7.27/1.17
(15:85)	8.56/0.90
(10:90)	10.32/0.65
(05:95)	13.40/0.42

โดยปกติแล้วค่า Loss ในสายไฟเบอร์ออฟติก Loss 0.35dB/km และทุกครั้งที่มีการเชื่อมต่อ (Splice) รอยต่อทุกจุด Loss ไม่เกิน 0.1dB เช่น ต่อสายไฟเบอร์ออฟติกจากตัวส่ง 20mW (13.01dBm) ไปหาโนดโดยตรงระยะทาง 10km มีรอยต่อทั้งหมด 10 จุด ทาให้ มีค่า Loss 3.5dB จากสายไฟเบอร์ออฟติก และค่า Loss 1dB จากรอยต่อทั้ง 10 จุด รวมเป็น 4.5dB หากวัดแสงที่โนดต้องได้สัญญาณ 8.51dBm หากวัดได้ต่ากว่านี้แสดงว่าขั้วต่อต่างๆ อาจสกปรกให้ทาความสะอาดก็ใช้งานได้ปกติหากทาความสะอาดแล้วยังใช้ไม่ได้แสดงว่าเป็นที่การเชื่อมต่อ (Splice) ไม่ดีหรือสายไฟเบอร์ออฟติกเกิดการเสียหายจุดใดจุดหนึ่งซึ่งไม่สามารถแก้ไขด้วยตัวเองได้ จาเป็นต้องให้ช่างภายนอกมาช่วยเช็คเป็นต้น

สำหรับเคเบิลแต่ละ section

1.) ค่า splice loss ต่อจุดให้คำนวณดังตัวอย่างต่อไปนี้

ณ จุด splicing จุดที่ 1

- ใช้ OPMทดสอบจาก station A ไปยัง station B, ค่า splicing loss = x dB

- ใช้ OPMทดสอบจาก station B ไปยัง station A, ค่า splicing loss = y dB

- ค่า splicing loss จุดที่ 1 =(x+y)/2 (ต้องไม่เกิน 0.15 dB)

2.) ค่า splice loss ต่อจุดเฉลี่ยทั้ง section = splicing loss ณ จุดที่ [(1)+(2)+(3)+…….+(N)] / N dB/จุด (ต้องไม่เกิน 0.05 dB)

2.4.2 การวัดคุณสมบัติต่าง ๆ ในการส่ง

ในระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงนั้น นอกเหนือจากความต้องการสารที่ใช้ทำส้นใยแสงเป็นแก้วซึ่งไม่มีความนำไฟฟ้า สัญญาณที่ทำการส่งซึ่งเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นมาก และอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสงหรือเปลี่ยนแสงเป็นไฟฟ้าแล้ว การประเมินคุณสมบัติการส่งยังแตกต่างไปจากระบบการสื่อสารที่ใช้เคเบิลที่ทำด้วยโลหะ ในที่นี้กล่าวเกี่ยวกับวิธีการวัดการสูญเสียแสง เพื่อประเมินคุณสมบัติการส่งของส่วนประกอบแต่ละอัน ที่ประกอบกันเป็นระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงการวัดคุณสมบัติ Base Band Frequency, การวัดคุณสมบัติของอุปกรณ์กำเนิดแสง, อุปกรณ์รับแสง และวิธีการวัดคุณสมบัติตลอดทั้งระบบ

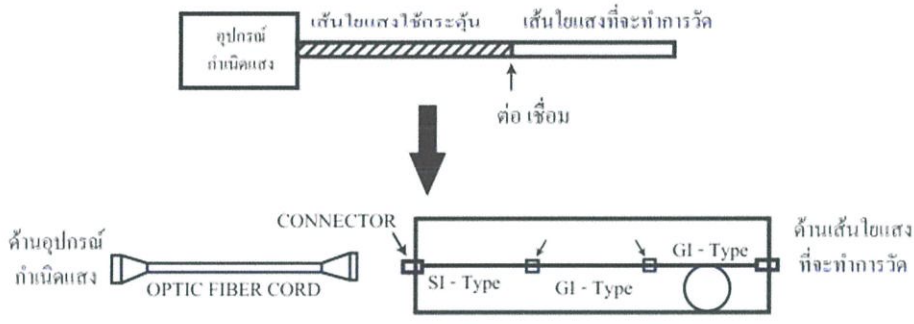
2.4.2.1 การวัดการสูญเสียแสง

การสูญเสียแสงเป็นการแสดงปริมาณการลดลง เมื่อสัญญาณแสงเดินทางในเส้นใยแสงและเป็นการแสดงค่า LOGARITHM ของอัตราส่วนกำลังของแสงที่ป้อนเข้าไปในเส้นใยแสง กับกำลังของแสงที่ออกมาจากปลายอีกด้านหนึ่งของเส้นใยแสง ดังแสดงด้วยสมการต่อไปนี้

$$\text{optical loss} = -10 \log_{10} \left(\frac{\text{output optical power}}{\text{input optical power}} \right)$$

สำหรับเส้นใยแสงแบบ GI-Type นั้นเนื่องจากมี Propagation Mode อยู่จำนวนมากเกิดการเปลี่ยน Mode Conversion) และมีค่าที่วัดได้แตกต่างกัน ตามสภาพการป้อนแสง ดังนั้นจึงมีความต้องการที่ทำให้เงื่อนไขการป้อนแสงคงที่ เพื่อไม่ให้การกระจายกำลังของแสงของ Propagation Mode แต่ละอันเปลี่ยนแปลงแม้ว่าเดินทางในเส้นใยแสงก็ตาม เพื่อให้ได้เงื่อนไขดังกล่าวที่ใช้เส้นใย

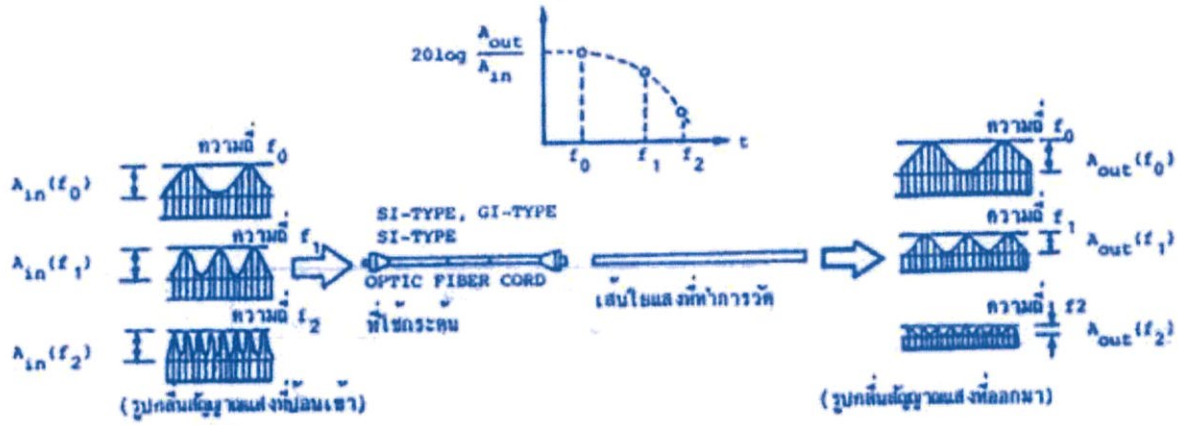
แสงที่มีลักษณะพิเศษ ซึ่งมีจุดประสงค์ที่ทำให้ Propagation Mode ไม่เปลี่ยนแปลง ดังแสดงในรูป 2.28 เส้นใยแสงพิเศษนี้เรียกว่า Exciter หรือเส้นใยแสงที่ใช้กระตุ้นเส้นใยแสงแบบ SM-Type นั้นคือ Propagation Mode หนึ่งอันเท่านั้นนอกจากนี้แม้ว่าที่ด้านป้อนแสงเข้าของเส้นใยแสงแบบ SM-Type เกิด Propagation Mode ที่มีลำดับสูงขึ้น (High Order) ก็ตาม มันลดลงในเวลาอันรวดเร็ว สามารถที่ตัดทิ้งไปได้ว่าไม่มี Propagation Mode ลาดับสูงเมื่อมันเคลื่อนที่ไปได้ประมาณ 1 เมตร ด้วยเหตุนี้ในการวัดการสูญเสียเส้นใยแสงแบบ SM-Type เนื่องจากสภาพการป้อนแสงเข้าไม่มีปัญหาเท่าใดนักจึงใช้เส้นใยแสงแบบ SM-Type ยาวประมาณ 1 ถึง 2 เมตรเป็น Exciter



รูปที่ 2.24 แสดงระบบการวัดการสูญเสียแสงที่ใช้เส้นใยแสงเป็น Exciter

2.4.2.2 การวัดคุณสมบัติ Base Band Frequency

เส้นใยแสงแบบ SM-Type เนื่องจากตามทฤษฎีแล้วไม่มี Mode Dispersion จึงมี Band Width กว้างมาก ดังนั้นในการใช้งานขีดจำกัดของ Band Width จึงไม่ค่อยมีปัญหา เพราะฉะนั้นการวัดคุณสมบัติ Base Band Frequency จึงใช้กับเส้นใยแสงแบบ GI-Type เท่านั้น วิธีการวัดส่วนใหญ่ใช้วิธี Frequency Sweep Method กล่าวคือ ป้อนสัญญาณแสงที่ถูกผสมทางด้านความเข้มแสง (Intensity Modulation) ด้วยคลื่นรูป Sine Wave ให้แก่เส้นใยแสงที่ทำการวัดและนำขนาดของสัญญาณ Sine Wave ของสัญญาณแสงนั้นกับขนาดของสัญญาณ Sine Wave ของสัญญาณแสงที่ออกมาหลังจากเดินทางในเส้นใยแสงไปเปลี่ยนเป็นความถี่พร้อมทั้งทำการวัดไปด้วย จากอัตราส่วนของความถี่ของสัญญาณ Sine Wave ทั้งสองนำไปหาคุณสมบัติ Base Band ได้ (หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเป็นการวัดย่านความถี่ : Frequency Region) วิธีการวัดคุณสมบัติ Base Band Frequency ด้วย Frequency Sweep Method แสดงดังรูป 2.16



รูปที่ 2.25 การวัดคุณสมบัติ Base Band ด้วย Frequency Sweep Method

6 dB Band Width ที่เป็นมาตฐานในการออกแบบเส้นใยแสงแบบ GI-Type นั้น มีค่าประมาณหลายร้อย MHz.Km แต่ทว่าเนื่องจากเป็นที่ทราบกันแล้วว่าที่ช่วงความถี่นี้ ปริมาณการลดทอง (Attenuation) เป็นสัดส่วนกับความถี่ยกกำลัง 2 ดังนั้นโดยการทำการวัดความถี่ 3 จุด ก็สามารถประเมินค่า 6 dB Band Width ได้

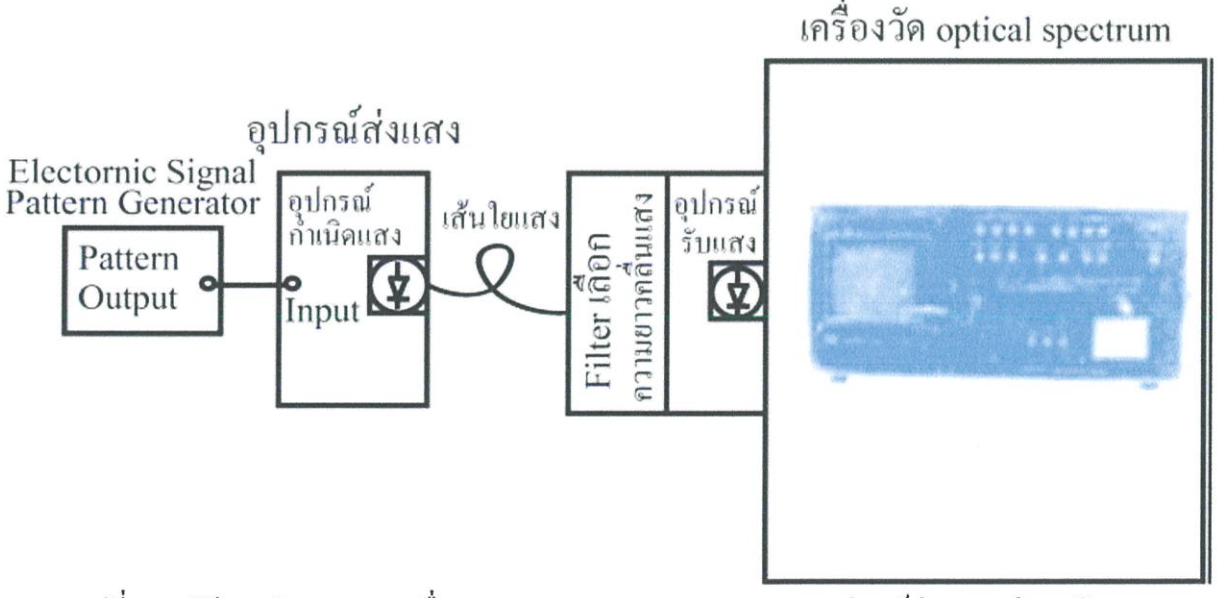
2.4.2.3 การวัดคุณสมบัติของอุปกรณ์กำเนิดแสง

คุณสมบัติของอุปกรณ์กำเนิดแสงที่เกี่ยวข้องกับการวัดระยะห่างของ Repeater ของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงและการวัดเกรดการสูญเสียของเส้นใยแสงที่ใช้ได้แก่คุณสมบัติที่สำคัญ 3 อย่างคือ Optical Output Power, Optical Wave Length และ Optical Spectrum การวัดกำลังแสง (Optical Power) เป็นเทคนิคการวัดพื้นฐานที่สุดในกระบวนการวัดแสงทุกชนิด แสงเอาท์พุทที่ปล่อยออกมาโดยตรงจากอุปกรณ์กำเนิดแสง ซึ่งเป็นสิ่งที่ถูกวัดนั้นป้อนให้แก่เครื่องวัด Optical Output Power Meter และแสงนี้ถูกอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนจากแสง ให้เป็นสัญลักษณ์ไฟฟ้าซึ่งจัดเตรียมเอาไว้ในตัวเครื่องวัดทำการเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นจึงทำการวัดค่าของปริมาณไฟฟ้านั้นด้วย

เหตุนี้คุณสมบัติของอุปกรณ์รับแสงที่ใช้อุปกรณ์เปลี่ยนแสง เป็นไฟฟ้า (O/E Convertor) จึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดต้องใช้อุปกรณ์รับแสงที่มีความไวในการรับแสงตรงตามจุดประสงค์การใช้งาน สำหรับเครื่องวัดกำลังแสง Optical Output Power Meter มีหลายชนิดตามจุดประสงค์การใช้งาน สำหรับเครื่องวัดกำลังแสง ที่นิยมใช้กันทั่วไปและมีความไวในการรับแสงได้ถึง -60 dBm แสดงดังรูป 2.17

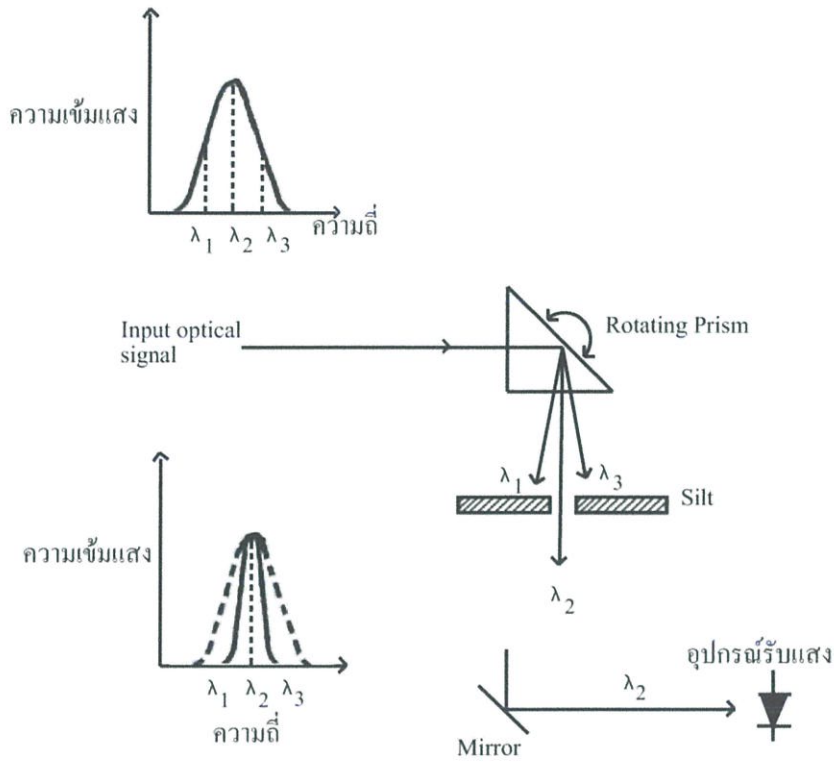
รูปที่ 2.26 แสดงลักษณะภายนอกของเครื่องวัดกำลังแสง

ความยาวคลื่นแสงและ spectrum ของแสงทำการวัดด้วยเครื่องมือวัด optical spectrum วิธีการวัดแสดงดังรูป 2.18



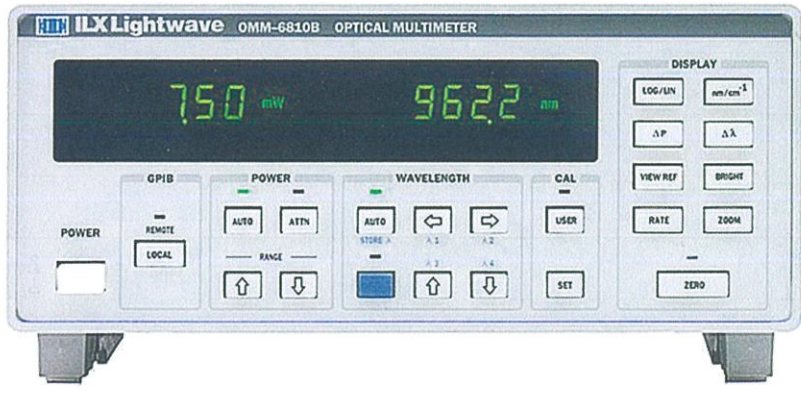
รูปที่ 2.27 วิธีการวัดความยาวคลื่นแสงและ Spectrum ของแสงและอุปกรณ์ส่งแสงแต่ละชนิด

นั่นคือแสงเอาท์พุทที่ออกจากอุปกรณ์กำเนิดแสงที่ถูกวัดนั้น ไม่ผ่านตัวกรองความยาวคลื่นซึ่งเลือกค่าได้ (Wave Length Selection Filter ทำได้โดยการหมุนแท่งแก้วปริซึมไป จากมุมที่เหมาะสมนี้ความยาวคลื่นแสงใกล้เคียงไม่ให้มากวนกัน ดังแสดงในรูป 2.19 จากนั้นทาการวัดกาลังแสงของความยาวคลื่นแสงที่ต้องการ แล้วแสดงค่าที่วัดได้ออกมาเป็นตัวเลข



รูปที่ 2.28 หลักการของ Filterเลือกความยาวคลื่นแสง

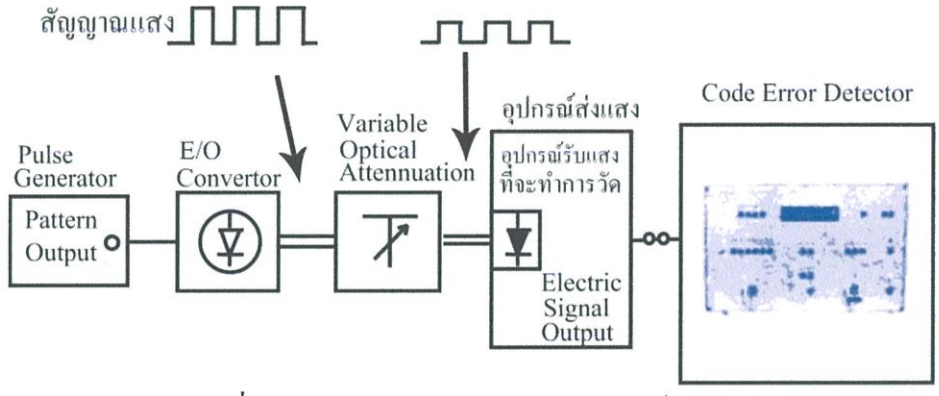
ในกรณีที่ต้องการวัดเฉพาะความยาวคลื่นแสง ใช้เครื่องวัดความยาวคลื่นแสง (Optical Wave Length Meter) ที่สามารถแสดงค่าความยาวคลื่นแสงที่มีกาลังแสงสูง ๆ ได้ ลักษณะภายนอกของเครื่องวัดความยาวคลื่นแสงแสดงดังรูป 2.28



รูปที่ 2.29 ลักษณะภายนอกของเครื่องวัดความยาวคลื่นแสง

2.4.2.5 การวัดคุณสมบัติของอุปกรณ์รับแสง

คุณสมบัติของอุปกรณ์รับแสงในการก่อสร้างระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสงและการบำรุงรักษาระบบได้แก่ การวัดความไวการรับแสง ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการกำหนดระยะห่างของ Repeater การวัดความไวการรับแสงนี้ถือเป็นสิ่งสาคัญที่สุด นั่นคือความไวการรับแสงหมายถึงว่า กำลังของสัญญาณแสงที่เข้ามายังอุปกรณ์รับแสงค่อย ๆ ลดทอนต่าลง โดยทั่วไปแล้วทาการประเมินผลจากค่ากำลังสัญญาณแสงที่เข้ามาในตอนที่ได้อัตราการผิดพลาดของโค้ด (Code Error Rate) ที่ค่าที่ค่าหนึ่ง (หรือ Transmission Quality นั่นเอง) วิธีการวัดคุณสมบัติของอุปกรณ์รับแสงแสดงดังรูป 2.21



รูปที่ 2.30 วิธีการวัดคุณสมบัติของอุปกรณ์รับแสง

จากรูปเห็นว่าอันดับแรก Electric pulse ที่ผลิตขึ้นจาก Pulse Generator ถูกเปลี่ยนให้เป็น optical pulse ด้วยอุปกรณ์เปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสง หลังจากนั้นถูกลดปริมาณแสงลงจนได้ค่าที่ต้องการด้วย Optical Variable Attenuator ต่อจากนั้นจึงป้อนให้แก่อุปกรณ์รับแสงที่ต้องการวัดคุณสมบัติ

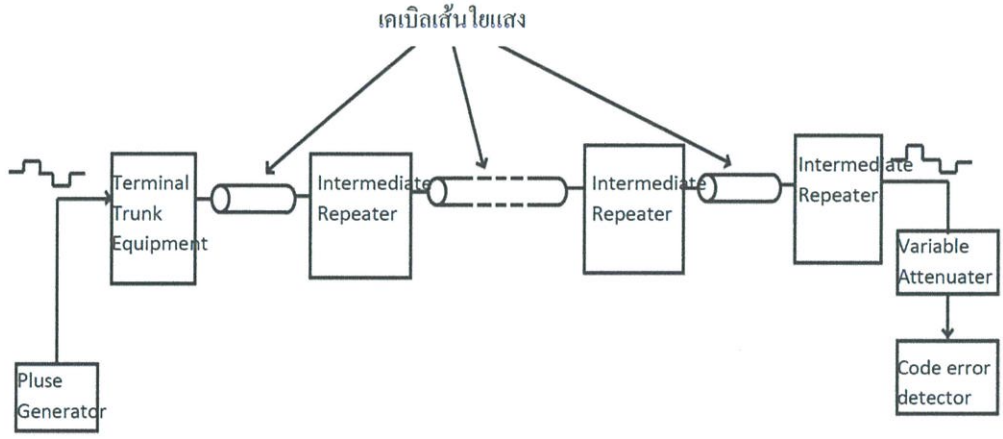
อันดับต่อไปหาค่ากำลังแสงอินพุทที่ทำให้ได้ค่าอัตราการผิดพลาดของโค๊ดที่ต้องการ (เช่น 10-11) จากสัญญาณไฟฟ้าที่ออกจากอุปกรณ์รับแสงที่ทำการวัดคุณสมบัติอยู่ โดยใช้เครื่องวัด Code Error Rate Meter สำหรับค่ำลังแสงอินพุทหาได้จากผลรวมของกาลังเอาท์พุทของอุปกรณ์เปลี่ยนไฟฟ้า เป็นแสงของทางด้านส่งกับจำนวนแสงที่ถูกลดลงด้วย Optical Variable Attenuator

2.4.2.6 การวัดคุณสมบัติตลอดทั้งระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแสง

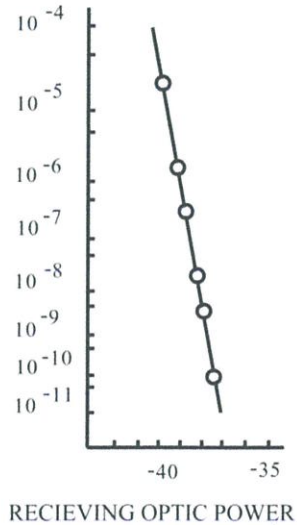
เท่าที่กล่าวมาตั้งแต่ต้นจนถึงหัวข้อที่แล้วของบทนี้ เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับวิธีการวัดคุณสมบัติต่าง ๆ ของเส้นใยแสง อุปกรณ์กำเนิดแสงและอุปกรณ์รับแสง ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ประกอบกันเป็นระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง อันดับสุดท้ายนั้นต้องเป็นการวัดคุณสมบัติตลอดทั้งระบบการสื่อสาร (ในการก่อสร้างและการบารุงรักษาจริง ๆ นั้นทำการวัดหัวข้อนี้มาก)

ในการที่ทราบคุณสมบัติตลอดทั้งระบบนั้น โดยทั่วไปเป็นการประเมินผลจากคุณสมบัติการผิดพลาดของโค๊ด วิธีการวัดเหมือนกันกับการวัดคุณสมบัติของอุปกรณ์รับแสง สำหรับรายละเอียดวิธีการวัดแสดงดังรูป 2.21 จากรูปทำการป้อนสัญญาณไฟฟ้าที่เป็น Pulse เข้าที่ปลายด้านหนึ่งของระบบ แล้วใช้เครื่องวัดความผิดพลาดของโค๊ด วัดสัญญาณไฟฟ้าที่ออกมาจากปลายอีกด้านหนึ่ง ที่ตัวเครื่องวัดความผิดพลาดของโค๊ดนี้มี Pulse Pattern อยู่ในตัวที่มีรูปร่างเหมือนกันกับ Pattern ของสัญญาณอินพุทที่ส่งมาในระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง สามารถหาความผิดพลาดของโค๊ดได้

ในตอนทำการก่อสร้างระบบ ต้องคำนึงถึงการเสื่อมลงของคุณสมบัติในอนาคต โดยทั่วไปหาความสัมพันธ์ของกาลังแสงที่รับกับอัตราความผิดพลาดของโค๊ด ซึ่งถือเป็นคุณสมบัติความทนทานของตลอดทั้งระบบโดยการใช้ Optical Variable Attenuator ที่แสดงในรูป 2.22 ทำการลดกาลังแสงที่ออกจากอุปกรณ์ Terminal Repeater



รูปที่ 2.31 วิธีการวัดคุณสมบัติของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง



รูปที่ 2.32 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างกำลังแสงที่รับกับอัตราความผิดพลาดของโค๊ด

2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในเครือข่าย

2.5.1 อุปกรณ์สวิตช์ (switch)

switch เป็นอุปกรณ์ในระบบ computer network ทำ หน้าที่เชื่อมต่ออุปกรณ์อื่นๆเข้าด้วยกันในระบบ โดยอาศัยการทำ packet switching ซึ่งจะ รับ, ประมวลผล และส่งข้อมูลต่อไปยังปลายทาง เพียงแค่หนึ่ง หรือ หลาย port ไม่ใช่การ broadcast ไปทุก port เหมือนกับ hub

Switch จะมีด้วยกันหลาย port มีการระบุที่อยู่ (address) ประมวลผลก่อนที่จะ ส่งข้อมูลต่อไปในระดับ data link layer (layer 2) ใน OSI model บาง switch สามารถประมวลผลในระดับ network layer (layer 3) ซึ่งจะเป็นความสามารถในการทำ routing ซึ่งมักจะใช้งานกับ IP address เพื่อทำ packet forwarding เรามันจะเรียกว่า L3-Switch หรือ multilater switch เป็นอุปกรณ์ อิเล็คทรอนิค ทีเชื่ออุปกรณ์ network เข้าด้วยกัน โดยอาศัยสาย cable ต่อเข้ากับ port แต่ละอุปกรณ์ และยังสามารถจัดการเชื่อมต่อระหว่าง network ได้ อุปกรณ์แต่ละตัวที่ต่อเข้ากับ switch จะได้รับ network address เป็นตัวบอกตัวตนของแต่ละอุปกรณ์ เพื่อให้การส่งข้อมูล packet ไปถึงได้ถูกต้องและเจาะจง อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มความปลอดภัยให้กับ network

2.5.1.1 การทำงานของ switch

Switch ทำงานในระดับ data link layer (layer 2) มีการแบ่ง collision domain ของแต่ละ port เพื่อให้สามารถส่งข่อมูลหากันได้ในเวลาเดียวกันโดยไม่ชนกันได้ แต่ด้วยคุณสมบัติ half duplex mode ทำให้ port เดียวกันทำหน้าที่ ส่ง หรือ รับ ข้อมูลได้อย่างใดอย่างนึงเท่านั้นในช่วงเวลานั้น แต่ถ้าอุปกรณ์ที่ต่อรองรับ full duplex mode ก็จะสามารถส่งและรับข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน

จะเห็นได้ว่าถ้าเทียบกับ repeater hub แล้ว การส่งข้อมูลทำได้เพียงแต่ port เดียวในช่วงเวลานั้น จากคุณสมบัติที่ต้อง broadcast รวมถึงทำงานแบบ half duplex ทำให้ bandwidth ที่ได้ค่อนข้างต่ำ จากการชนกันของ packet และต้อง retransmit บ่อยครั้ง

2.5.1.2. การใช้งาน switch

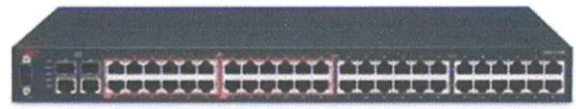
Network switch มีบทบาทใน Ethernet local area networks (LANs) อย่างมาก ตั้งแต่ระบบ ขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ LAN จะประกอบด้วย switch จำนวนหนึ่ง ที่ทำหน้าที่จัดการระบบ network เช่น Small office/home office (SOHO) อาจจะใช้ switch เพียงตัวเดียว รวมถึง office ขนาดเล็ก หรือ ที่พักอาศัย ซึ่งสุดท้ายแล้วอาจจะนำไปเชื่อมต่อกับ router เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อ ineternet หรือ ทำ Voice over IP (VoIP)

2.5.1.3. Microsegmentation

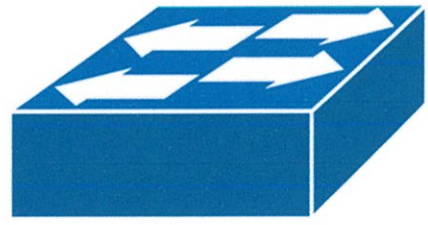
การแบ่ง segment ที่ใช้ใน bridge หรือ switch (router) เพื่อแบ่ง collision domain ขนาดใหญ่ออกเป็นขนาดเล็ก เพื่อลดการชนกันของ packet รวมถึงเพิ่ม throughput ให้กับ network ในการทำงานขั้นสูง อุปกรณ์แต่ละตัวจะได้รับการเชื่อมต่อ port ของตัวเอง ซึ่งแต่ละ port จะแยก collision domain เป็นของตัวเอง ซึ่งทำให้แต่ละ อุปกรณ์สามารถใช้งาน bandwidth ต่างกันตามการรองรับได้อีกทั้งยังทำ Full-duplex mode ได้

2.5.1.4 ประเภทของ Switch

1.) L1-Switch: ทำงานระดับ Physical layer ทำหน้าที่เช่นเดียวกับ hub เป็นเหมือน repeater ทำหน้าที่ broadcast ข้อมูลไปทุกๆ port ทำให้ติดข้อจำกันเรื่องความเร็ว
2.) L2-Switch: ทำงานระดับ Data link later ทำหน้าที่เป็น network bridge ซึ่ง switch ส่วนใหญ่จะเป็นแบบนี้ มีประสิทธิภาพสูงกว่า hub หรือ L1-switch
3.) L3-Switch: ทำงานระดับ Network layer ทำหน้าที่เป็น router มีคุณสมบัติ IP multicast ส่งข้อมูลให้เป็น group ได้



รูปที่ 2.33 สวิตช์แบบ 24 พอร์ท



รูปที่ 2.34 สัญลักษณ์ Switch ในระบบ Network คือ

2.5.2 เร้าเตอร์ (router)

Router คือ อุปกรณ์ network ที่ทำหน้าที่รับส่ง data packet ระหว่างอุปกรณ์ เช่นเดียวกับ hub และ switch โดย Router จะพิเศษตรงที่ใช้งานกับ traffic บน internet โดยข้อมูลปกติจะถูกส่งต่อระหว่าง router ด้วยกันผ่านระบบ network ไปเรื่อยๆจนกว่าจะถึงปลายทาง ซึ่ง router สามารถต่อเข้ากับ network ได้หลาย network และจะมีการเก็บข้อมูลที่เรียกว่า routing table หรือ routing policy ไว้ใช้ในการเลือกเส้นทางที่จะส่งข้อมูลข้าม network

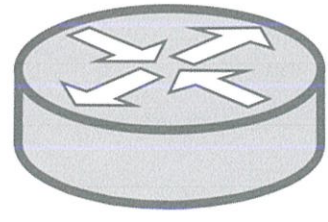
ปัจจุบัน router ถูกใช้งานมากใน ที่อยู่อาศัย และ office ขนาดเล็ก ทำหน้าที่ส่ง IP packet ระหว่าง computer ภายในบ้านไปสู่ internet ตัวอย่างเช่น DSL router ที่ใช้งานเชื่อมต่อ internet ไปยัง Internet service provider (ISP) และส่วนระบบ router ขั้นสูง ได้แก่ enterprise routers ที่เชื่อมต่อธุรกิจขนาดใหญ่ หรือ ISP network ทำการส่งข้อมูลความเร็วสูงผ่านทาง optical fiber ไปยัง internet backbone

2.5.2.1 การทำงานของ Router

เมื่อมีการนำ router หลายๆตัวมาทำเป็น interconnected networks ซึ่ง router สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลของอุปกรณ์ปลายทางด้วย dynamic routing protocol โดยแต่ละ router จะสร้าง routing table ขึ้นมาเป็น list ที่ระบุเส้นทางระหว่างอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันใน interconnected networks โดย router เองอาจจะมีการเชื่อมต่อระดับ physical ที่แตกต่างกันเช่นใช้ ทองแดง, fiber optic หรือ wireless ซึ่ง firmware สามารถรองรับมาตราฐานของ protocol ที่แตกต่างกันได้ และยังสามารถเชื่อมต่อในลักษณะ logical group หรือที่เรียกกันว่า subnet ซึ่ง routing table เองก็สามารถใช้ prefix subnet เป็นเงื่อนไขในการเลือกเส้นทาง แทนที่จะต้องจดจำแยกทุก IP address

2.5.1.2 ขั้นตอนการทำงานRouter

Control plane: router เก็บ routing table ที่เป็นชุดเส้นทางสำหรับการส่งข้อมูลออกไปยังปลายทาง รวมถึง physical interface ซึ่งทำได้โดย configure ที่ติดมาแต่เริ่มแรกทีเรียกว่า static route หรืออาจจะใช้การเรียนรู้ผ่าน dynamic routing protocol สำหรับ static หรือ dynamic route จะถูกเก็บใน Routing Information Base (RIB) และ เมื่อเอามากรองส่วนที่ไม่จำเป็นออกจาก RIB เพื่อสร้างเป็น Forwarding Information Base (FIB) สำหรับให้ forwarding-plane ทำงาน Forwarding plane: router จะทำการส่งข่อมูล packet ทั้งขาเข้าและขาออก โดยอาศัยเส้นทางจาก routing table



รูปที่ 2.35 สัญลักษณ์ Router ในระบบ Network

2.6 เว็บแอพพลิเคชัน (Web Application) และเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server)

เทคโนโลยีในการกระจายข่าวสารข้อมูลทาง Internet ในปัจจุบันก็คือ เว็บเพจ แต่จากการที่มันมีความสามารถที่จะทำงานได้ด้วยการรวมภาษาทั้ง Client และ Server Side Script ไว้ในตัวเอง เช่นภาษา VBScript, Java Script หรือ ASP, PHP, JSP นั้นทำให้เว็บเพจมีลักษณะคล้ายแอพพลิเคชัน จึงถูกเรียกรวมกันว่าเว็บแอพพลิเคชัน เว็บแอพพลิเคชันสามารถตอบสนองความคิด Distributed Processing ได้ในระดับหนึ่งซึ่งก็คือ การแบ่งการประมวลผลไว้ทั้งด้าน Client และ Server และมักจะมีการใช้ฐานข้อมูลควบคู่กับการทำเว็บแอพพลิเคชันไปด้วยตามความต้องการในการทำ E-Business และ E-Commerce ที่กำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน และเกิดปัญหาที่ตามมาคือ เรื่องของการจ่ายเงินหรือที่เรียกว่า E-paymentหรือ Payment-Gateway ซึ่ง Web Application ที่ทำ E-Commerce ต้องใช้บริการจากธนาคารออนไลน์ในการจัดเก็บเงินกับลูกค้า เพราะด้วยเทคโนโลยีนี้การใช้บริการเก็บเงินจากธนาคารออนไลน์จำเป็นที่ผู้ค้าต้องไปทำการตกลงกับธนาคารและเขียนโปรแกรมให้ตรงตามมาตรฐานที่ธนาคารออนไลน์ กำหนดไว้ ด้วยปัญหายุ่งยากในการค้นหา ติดต่อและตกลงในการขอใช้บริการเก็บเงินจากธนาคารออนไลน์ แนวคิด Web Service จึงดูเหมือนเป็นทางออกของปัญหานี้ ความเด่นของเทคโนโลยีWeb Service นี้ก็คือ การทำให้เว็บกับเว็บสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ด้วยเอกสาร XML ที่ทั้งคนและคอมพิวเตอร์เข้าใจ และคอมพิวเตอร์ยังสามารถนำข้อมูลนั้นไปประมวลผลต่อได้ ด้วยเอกสารXML นี้เองทำให้เว็บสามารถส่งข้อมูลที่จำเป็นไปให้อีกเว็บหนึ่งทำงานบางอย่างให้หรือใช้บริการนั่นเอง ทำให้เป็นการง่ายที่จะเขียนโปรแกรมที่จะติดต่อสื่อสารหรือขอใช้บริการเก็บเงินจากธนาคารออนไลน์ แต่สำหรับเว็บแอพพลิเคชันที่ใช้การส่งข้อมูลเป็น HTML ทำให้ข้อมูลนั้นไม่สามารถนำไปใช้ต่อได้ การเขียนโปรแกรมจึงยุ่งยากตามที่กล่าวด้านบนแนวคิดของ Web Service ก็คือเว็บที่สามารถทำงานอะไรบางอย่างหรือก็คือให้บริการบางอย่างจากการร้องขอจากต่างเซิร์ฟเวอร์ด้วยเหตุนี้ทำให้เทคโนโลยี Web Service เอื้อต่อแนวคิด Distributed Processing มากกว่าเว็บแอพพลิเคชันและเมื่อประกอบกับการที่ Web Service มี UDDIทำให้ Web Service สามารถค้นหาบริการต่างๆ ที่ต้องการได้จากทั่วทุกมุมโลก ในอนาคตอาจเป็นไปได้ว่าแอพพลิเคชันก็อาจเป็นเพียงแค่การรวม Service ที่แต่ละ Web Service มีบริการมาให้ใช้เท่านั้นเอง

2.6.1 ประโยชน์ของการทำงานร่วมกันระหว่างแอพพลิเคชันกับ Web service

Web Service ช่วยให้การเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศจากแอพพลิเคชันที่ต่างกันเป็นไปโดยง่ายโดยแอพพลิเคชันนั้นๆ สามารถเขียนด้วย Java และรันอยู่บน Sun Solaris Application Server หรืออาจจะเขียนด้วยC++ และรันอยู่บน Windows NT หรืออาจจะเขียนด้วย Perl และรันอยู่บนเครื่องLinux ซึ่งมาตรฐานของ Web Service ทำให้อินเทอร์เฟซของแอพพลิเคชันเหล่านี้ ถูกอธิบายโดยWSDL และทำให้อยู่ในมาตรฐานของ UDDI หลังจากนั้น จึงสามารถติดต่อสื่อสารถึงกันโดย XMLผ่าน SOAP อินเตอร์เฟซWeb Service สามารถถูกเรียกใช้ภายในองค์กรเองหรือจากภายนอกองค์กร โดยผ่านไฟร์วอลล์ ดังนั้นจึงมีองค์กรใหญ่ๆ มากมาย กำลังพัฒนาระบบที่มีอยู่ของตน ให้เข้ากับ Web Service ซึ่งนับเป็นการลงทุน

ที่คุ้มค่า เนื่องจาก Web Service สามารถเพิ่มศักยภาพในการทำงานขององค์กร อีกทั้งลดค่าใช้จ่ายในการจัดการทรัพยากรขององค์กรได้อีกทางหนึ่ง

นอกจากนั้น Web Service ยังสามารถใช้ร่วมกับเว็บแอพพลิเคชันโดยส่งผ่านข้อมูลทางอินเตอร์เน็ตได้อีกด้วย ซึ่งนับเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการติดต่อสื่อสารกับลูกค้าหรือหุ้นส่วนถึงแม้จะต้องคำนึงถึงระบบรักษาความปลอดภัย และการจัดการรายการของข้อมูลอยู่ก็ตาม แต่Web Service ได้ใช้มาตรฐานทั่วไปของอินเตอร์เน็ตเรื่องดังกล่าวจึงนับเป็นเรื่องธรรมดาของการสื่อสารผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์

2.6.2 การประยุกต์ใช้งาน

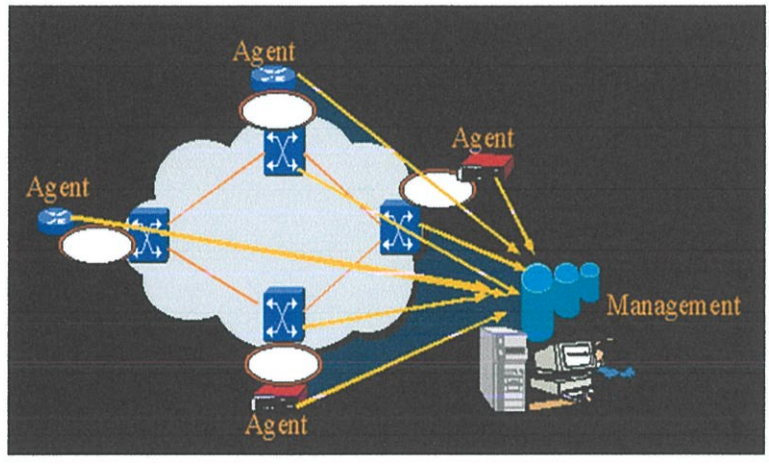
ขณะเดียวกัน เว็บเซอร์วิส เป็นพื้นฐานสำคัญของการบริการใหม่ๆ ในลักษณะที่ต้องการเชื่อมโยง ระบบสารสนเทศที่มีความแตกต่างเข้าด้วยกันอย่างอัตโนมัติ เช่น การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ระหว่างธุรกิจกับธุรกิจ (B2B), ระบบการบริการรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ ในลักษณะที่มีการเชื่อมบริการของภาครัฐกับภาครัฐเข้าด้วยกัน เพื่อทำให้เกิดการบริการต่อประชาชนจากจุดเดียวได้ (One Stop Services) เป็นต้น ตัวอย่างพื้นฐานหนึ่ง คือ การเชื่อมโยงระหว่างระบบการสั่งซื้อ ของบริษัทผู้ขายบริษัทหนึ่งไปยังระบบสารสนเทศการ จัดส่งของบริษัทจัดส่งอีกบริษัทหนึ่ง จะเป็นไปได้ง่ายมากขึ้นด้วยเทคโนโลยีของเว็บเซอร์วิส พื้นฐานดังกล่าวนี้ จะทำให้ "การจัดการห่วงโซ่อุปทานด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์" (e-SCM: Supply Chain Management) และธุรกิจผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพและมีความคุ้มค่ามากขึ้น โดยมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลธุรกิจ ระหว่างองค์กรในห่วงโซ่อุปทานทั้งนี้แต่ละบริษัทจะมีระบบงาน (แอพพลิเคชัน) และใช้รูปแบบของข้อมูล (ฟอร์แมท ดาต้า)ที่แตกต่างกันได้ ซึ่งเมื่อมีการส่งข้อมูลจากองค์กรหนึ่งไปอีกองค์กรหนึ่ง ระบบคอมพิวเตอร์ของบริษัทผู้รับ สามารถนำข้อมูล ที่ได้ไปประมวลผลต่อได้ทันที การเชื่อมโยงระบบอีคอมเมิร์ซของหน้าร้าน กับระบบหลังร้าน แล้วยังเชื่อมโยง กับระบบสารสนเทศของพันธมิตรทางการค้านี้ จะทำให้การทำธุรกิจผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ มีความคุ้มค่า มีประสิทธิภาพ และสร้างผลกำไรให้กับบริษัท

2.7 Network Management System

ในระบบการทำงานต่างๆนั้น เพื่อที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน จึงต้องมีการควบคุมดูแล การทำงาน และผู้ที่ทำ หน้าที่ในการควบคุมการทำงานในองค์กร ก็คือ ผู้จัดการ (Manager) นั่นเอง โดยผู้จัดการจะคอยทำการสอดส่องดูแล การทำงานของพนักงานในแผนกว่ามีการทำงานเป็นอย่างไร มีข้อบกพร่องตรงไหน ควรจะปรับปรุงส่วนใด เพื่อที่จะให้การทำงาน เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ในระบบเครือข่ายก็เช่นกัน โดยเฉพาะระบบเครือข่ายขนาดใหญ่อย่างอินเตอร์เน็ต หากไม่มีการบริหารที่ดีก็จะทำให้การสื่อสารข้อมูลเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ระบบบริหารเครือข่าย(Network

Management System) จึงเกิดขึ้นมาเพื่อที่จะคอยทำหน้าที่ในการดูแลบริหารระบบเครือข่าย คอยทำการตรวจสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ทำงานอยู่ภายในระบบเครือข่ายว่ามีการทำงานได้ถูกต้องหรือไม่และหากมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นที่ส่วนใด ก็ต้องคอยทำการแก้ไขให้มันสามารถทำงานได้หรือหาทางแก้ปัญหาเฉพาะหน้า เพื่อที่จะให้สามารถที่จะทำการสื่อสารได้อย่างต่อเนื่องต่อไป



รูปที่ 2.36 แสดงโครงสร้างของระบบบริหารเครือข่าย (Network Management System)

ในรูปที่ 2.32 นี้จะเป็นการแสดงถึงโครงสร้างของระบบเครือข่ายโดยมีตัว Management คอยทำหน้าที่ดูแลควบคุมการทำงาน และทำการ ติดต่อกับตัว Agent ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในระบบเครือข่าย องค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบบริหารเครือข่าย มีดังนี้

1) Management Staion (MS) จะทำหน้าที่เป็นสถานีส่วนกลาง ในการที่จะตรวจ สอบสภาพของระบบ

2) Management Agent (MA) เป็น Software ที่คอยเก็บข้อมูล และรายงานข้อผิดพลาดในระบบให้แก่ MS

3) Management Information Base (MIB) เป็นโครงสร้างของข้อมูลที่เก็บไว้

4) Network Management Protocol (NMP) เป็นโปรโตคอลที่ใช้ ในการสื่อสาร ภายในระบบ

ปกติแล้ว MS มักจะเป็นเครื่องแบบ Stand alone ที่มี Interface ที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ดูแลระบบในการที่จะตรวจสอบ ดูแลส่วนต่าง ๆของระบบเครือข่าย โดย MS ควรมีองค์ประกอบในเบื้องต้นดังนี้ มี Software ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น มีระบบ Interface ที่

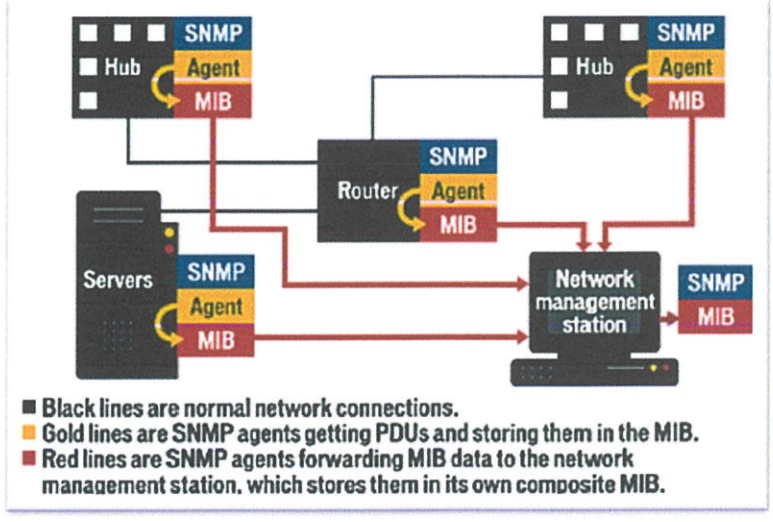
ใช้ในการตรวจสอบและควบคุมระบบเครือข่าย มีความสามารถตรงกับความต้องการของผู้ดูแลระบบ ที่ใช้ในการตรวจสอบสภาพ ความเป็นจริงของระบบและสามารถควบคุมอุปกรณ์ที่อยู่ในระยะไกลได้ และความสามารถในการดึงข้อมูลจาก MIB

อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในระบบเครือข่ายจะต้องมี MA จึงจะสามารถทำการควบคุม จาก MS ได้ โดย MA เหล่านี้จะคอยทำการ ตอบข้อมูลตามที่ MS ได้มีการร้องขอ หรือ ตอบสนองต่อการกระทำ ที่ส่งมาจาก MS

2.7.1 SNMP (Simple Network Management Protocol)

SNMP (Simple Network Management Protocol)เป็น Network Management Protocol ตัวหนึ่งที่ช่วยใน การจัดการ และบริการเน็ตเวิร์กได้จากศูนย์กลาง ถูกออกแบบในกลางปีทศวรรษ 1980 จุดมุ่งหมายแรกเป็น band-aid แก้ปัญหาการจัดการระหว่างเครือข่ายที่ยากและได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งาน ชั่วคราวในการ ติดต่อ กับอุปกรณ์เน็ตเวิร์กในขณะที่ข้อกำหนดแบบ OSI SNMP ง่ายในการนำไปประยุกต์ใช้งานในฮาร์ดแวร์เมื่อเทียบกับ OSI : มันสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลเครือข่ายรวมทั้ง ข้อความ (protocol data units หรือ PDU's) จากเทคนิคระดับสูง PDU สามารถถูกมองเห็นที่ object ซึ่งบรรจุตัวแปรที่มีทั้ง title และ value

SNMP ในปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กันมากในระบบบริหารเครือข่าย โดยจะทำหน้าที่ในการสื่อสารระหว่างตัว Management Station (MS) กับ Management Agent (MA) ภายในระบบบริหารเครือข่าย SNMP เป็นโปรโตคอลที่อยู่ใน Application Layer ของ Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) มีจุดมุ่งหมายให้ทำงานกับ User Data Protocol (UDP) ทั้งนี้เนื่องจากการทำงานของ UDP เป็นลักษณะแบบ Connectionless คือไม่ต้องมีการสร้าง Cennection ก่อนที่จะส่งข้อมูล จึงสามารถส่งข้อมูลได้รวดเร็ว เหมาะสำหรับที่จะส่ง Message สั้น ๆ อย่าง Message ของ SNMP มากกว่า TCP



รูปที่ 2.37 ตัวอย่างการทำงานของ SNMP

2.7.1.1 การทำงานของ SNMP

ในการทำงานของ SNMP นั้นจะประกอบไปด้วย 5 Message ดังนี้

1) GetRequest เป็น Message ที่ตัว MS ส่งไปยัง MA เพื่อบอกว่า MS ต้องการทราบข้อมูลอะไรจาก MA ซึ่งกำหนดโดย Object Identifier ที่ส่งไปพร้อมกับ Message เช่น MS ระบุ Object Identifier เป็น 1.3.6.1.2.1.1.1.0 ซึ่งเป็นการระบุว่าต้องการทราบข้อมูล sysDescr หรือส่วนของรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ตัวMAทำงานอยู่ซึ่งทางMAก็จะตอบข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์ตัวที่มันทำงานอยู่กลับมา

2) GetNextRequest โดย Message ชนิดนี้ต่างจาก GetRequest ตรงที่ข้อมูลที่ส่งกลับมาจาก MA จะไม่ใช่ข้อมูลของ Object Identifier ที่ MS ส่งไปให้แต่จะเป็นข้อมูล ของ Object Identifier ของตัวถัดไปในโครงสร้าง SMI ซึ่งจะใช้ในกรณีที่ ตัว MS ไม่สามารถที่จะระบุ Object Identifier ได้ โดยจะใช้ Message GetNextRequest นี้ไปในลักษณะของการท่อง เข้าไปใน Tree ตัวอย่างเช่น MS ส่ง Message GetNextRequest ที่ให้ Object Identifier เป็น 1.3.6.1.2.1.1 ซึ่งเป็นการเข้าถึงกลุ่ม System ใน MIB โดยที่ไม่ได้ระบุว่า ต้องการ ทราบข้อมูลอะไรในกลุ่ม System ดังนั้นเมื่อเวลาที่ MA มี Message GetResponse กลับมาให้มันก็จะส่งค่าของ Object Identifier เป็น 1.3.6.1.2.1.1.1.0 ซึ่งก็คือค่าของ sysDescr ที่อยู่ในกลุ่ม System ซึ่งเป็นค่าของ Object Identifier ตัวถัดไปใน Tree

3) SetRequest เป็น Message ที่ MS ใช้บอกให้ MA เปลี่ยนแปลงค่า Configuration ต่าง ๆของข้อมูลใน MIB ของอุปกรณ์นั้น ๆ

4) GetResponse เป็น Message ที่ MA ใช้ในการส่งผลลัพธ์กลับมาให้ MS จากการที่ MS ได้ทำการส่ง Message GetRequest, GetNextRequest, SetRequest ไปให้

5) Trap เป็น Message ที่ MA ส่งไปให้ MS เพื่อรายงานเหตุการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้น

Version	Community	SNMP PDU

a) Message SNMP

PDU Type	Request-id	0	0	variable-binding

b) GetRequest PDU, GetNextRequest PDU, SetRequest PDU

PDU Type	Request-idrequest-id	error-status	error-index	variable-binding

c) GetResponse PDU

PDU Type	Enterprise	agent-addr	Generic-trap	Specific-trap	time-stamp	variable-binding

d) Trap PDU

Name1	Value1	Name2	Value2	...	Name n	Value n

e) Variable-binding

รูปที่ 2.34 แสดงถึงรูปแบบ Message ของ SNMP ในแบบต่าง ๆ

จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่ารูปแบบของ Message ของ SNMP จะประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ

1) Version เป็นตัวระบุว่า Message ที่ส่งไปเป็นรุ่นอะไร

2) Community โดยตัว MA ทุกตัวจะต้องมี Community อยู่ 2 ตัวคือ Community สำหรับการอ่านข้อมูลซึ่งจะใช้ใน Message GetRequest และ GetNextRequest โดยทั่วไปจะกำหนดให้เป็น "public" กับ "private" สำหรับการเปลี่ยนค่าของ MIB ซึ่งจะใช้ใน GetRequest

3) SNMP Protocol Data Unit (PDU) เป็นส่วนที่เก็บรายละเอียดของ Message ที่ต้องการส่ง โดยในแต่ละ PDU จะประกอบไปด้วยข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

- PDU Type เป็นข้อมูลที่บอกให้ทราบชนิดของ PDU ว่าเป็น GetRequest, GetNextRequest, SetRequest, GetResponse หรือ Trap

- Request-ID โดยตัว MS จะกำหนดหมายเลขมาให้กับแต่ละ Message ที่ส่งไปยัง MA และเมื่อ MA ส่ง Message กลับมา หมายเลข Message นี้ก็จะถูกส่งกลับมาด้วยเพื่อเป็นการบอกว่าเป็น Response ของ Message ใด

- Error-Status และ Error-Index ข้อมูลทั้งสองตัวนี้จะใช้ร่วมกันในการบอกถึงสาเหตุของ Error ที่เกิดขึ้นในการติดต่อกับ MA

- Variable- binding ประกอบด้วยรายชื่อของ Object Identifier กับค่าของมันใน GetRequest PDU และ GetNextRequest PDU ค่าของ Object Identifier จะกำหนดให้เป็น "null"

และเมื่อ MA ส่ง Message GetResponse กลับมา ค่าของ Object Identifier ก็จะเปลี่ยนเป็นข้อมูลของ Object Identifier ที่อยู่ในอุปกรณ์ที่ MA ทำงานอยู่

- Enterprise เป็นชนิดของอุปกรณ์ที่สร้าง Trap ขึ้นมา
- Agent-addr เป็น address ของอุปกรณ์ที่สร้าง Trap ขึ้นมา
- Generic-Trap แสดงประเภทของ Trap ได้แก่ coldStart (0), warmStart (1), linkDown (2), linkUp (3), authenticationFailure (4), egpNeighborLoss (5), enterpriseSpecific (6) specific-trap คือหมายเลขของ Trap ที่สร้างขึ้น

-Time-stamp ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มต้นทำงานของอุปกรณ์จนถึงเวลาที่ Trap ถูกสร้างขึ้น

การรับส่ง Message ใน SNMP จะเริ่มจากที่ MS ทำการส่ง Message ประเภท GetRequest, GetNextRequest หรือ SetRequest ไปให้กับ MA ซึ่งกำลังรอรับ Message ที่ Port 161 โดยเมื่อมี Message เข้ามา MA ก็จะทำการตอบกลับด้วย Message GetResponse กลับไปให้ MS ที่ Port 162

ใน Message SNMP นั้นข้อมูลทุก ๆ ส่วนจะถูกเข้ารหัสโดยใช้หลักการของ Abstract Syntax Notation 1 (ASN.1) โดยลักษณะของการเข้ารหัสแบบ ASN.1 นี้จะมีรูปแบบดังนี้

ชนิดของข้อมูล	ขนาดของข้อมูล	ตัวข้อมูล

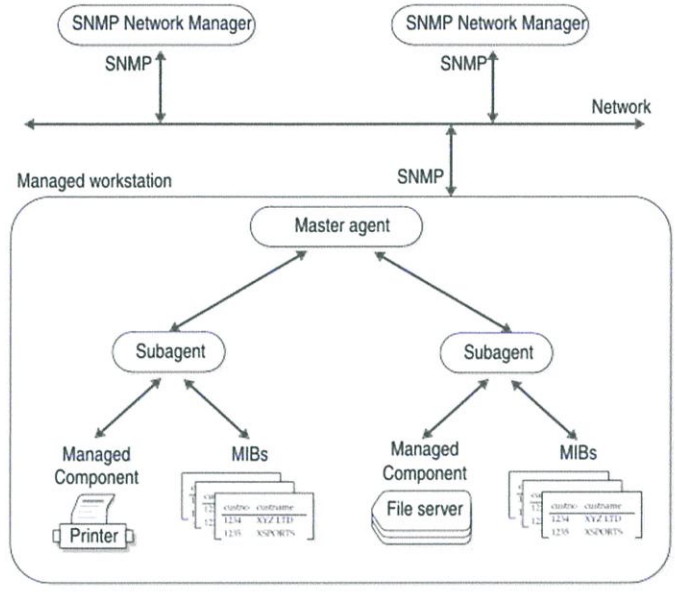
โดยชนิดของข้อมูลจะดูได้จากตารางแสดงชนิดของข้อมูลดังนี้

ชนิดข้อมูล	**ค่าที่กำหนดในรูปของเลขฐาน 16**
Integer	02
Bit String	03
Octet String	04
Null	05
Object Identifier	06
Sequence	30
IpAddress	40

Counter	41
Gauge	42
TimeTicks	43
Opaque	44
NsapAddress	45
Counter64	46
Counter32	47
GetRequest-PDU	A0
GetNextRequest-PDU	A1
GetResponse-PDU	A2
SetRequest-PDU	A3
Trap-PDU	A4

2.5.1.2 สถาปัตยกรรมของ SNMP

สถาปัตยกรรมของ SNMP จะมีการรวบรวม ระบบการจัดการเครือข่าย และอุปกรณ์ต่างๆ ในเครือข่าย ระบบจัดการเครือข่ายจะทำการจัดการกับโปรแกรมประยุกต์ ซึ่งจะสามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆภายในเครือข่ายได้ อุปกรณ์ในเครือข่าย เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ จุดเชื่อมต่อเครือข่าย (Getways)เราเตอร์ และเครื่องแม่ข่าย ระบบการจัดการเครือข่ายพื้นฐาน SNMP จะทำหน้าที่ในการติดต่อสื่อสารจัดการข้อมูลระหว่างเครือข่าย และเอเจนต์ในระบบเครอข่ายต่างๆ



รูปที่ 2.38 สถาปัตกรรรมของระบบจัดการเครือข่ายพื้นฐาน SNMP

2.7.2 Management Information Base (MIB)

การที่ระบบบริหารและจัดการเครือข่ายจะประสบผลสำเร็จ จึงขึ้นกับระบบซอฟต์แวร์ที่ต้องมีอยู่ในตัวอุปกรณ์เครือข่าย ส่วนของเอเจนต์ยังมีการเก็บข้อมูลไว้ภายใน ข้อมูลที่เก็บไว้นี้เรียกว่า MIB (Management Information Base) การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ บนเครือข่ายจะมีส่วนข้อมูลของตัวเองเก็บไว้ที่ MIB ดังนั้น ระบบการจัดการเครือข่าย จึงส่งคำถามมายังเอเจนต์ การส่งคำถามและเอเจนต์ส่งข้อมูลคำตอบนี้ย่อมเป็นไปตามมาตรฐานโพรโทคอลที่กำหนด เช่น ลักษณะคำถาม

MIB เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างที่เรียกว่า Structure Of Management Information (SMI) โดยโครงสร้าง SMI นี้เกิดขึ้นมาจากความร่วมมือกันระหว่างองค์กร International Organization for Standardization(ISO) และ International Telegrap and Telephone Consultative Committee (CCITT) โดยลักษณะของโครงสร้างจะเป็นแบบ Tree คือมีส่วนที่เรียกว่า Root และแตกย่อยออกมาเป็น Node ย่อย โดยแต่ละ Node ก็คือ Object

สำหรับเส้นทางที่จะนำไปสู่ Node ของ MIB นั้นจะต้องผ่านทาง Iso, Org(Organization), Dod(Department Of Defense), Internet, mgmt(Management) โดย Node ที่เชื่อมต่อกับ MIB นั้นเดิมจะมีอยู่ด้วยกัน 8 กลุ่ม แต่ภายหลังได้มีการพัฒนาเป็น MIB-2 ขึ้นเพื่อเป็นการปรับปรุงโครงสร้างของ MIB เพื่อให้ครอบคลุมไปถึง ข้อมูลที่เกิดขึ้นมาใหม่เช่นพวก ATM, Host Management, Directory Service และเทคโนโลยีใหม่ๆ จึงเกิดกลุ่มต่าง ๆ ในโครงสร้างของ MIB มากมายหลายกลุ่ม ดังแสดงในรูปที่ 4 ตัวอย่างของกลุ่มที่เพิ่มขึ้นมาจาก MIB คือกลุ่มของ transmission, SNMP, ifExtension ฯลฯ

รูปที่ 2.39 แสดงโครงสร้างของ MIB

2.7.2.1 โครงสร้างของ MIB จะแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ อีก 12 กลุ่มดังนี้

1) System เป็นกลุ่มที่แสดงรายละเอียดทั่วไปของอุปกรณ์นั้น ได้แก่ ชนิดของ Hardware, ระบบปฏิบัติการ, ระยะเวลาของระบบตั้งแต่เริ่มทำงาน

2) Interface เป็นกลุ่มข้อมูลเกี่ยวกับ Physical Address ของอุปกรณ์ เกี่ยวกับการติดตั้งและข้อมูลที่แสดงถึงเหตุการณ์ต่าง ๆที่เกิดขึ้นกับแต่ละ Interface ข้อมูลเหล่านี้ได้แก่ จำนวน interface, ชนิดของ interface, ความเร็ว, Physical Address, ปริมาณข้อมูลที่ไหลเข้าออกในแต่ละ interface เป็นต้น

3) Address Translation(AT) เป็นกลุ่มที่เกี่ยวกับการทำ Address Translation โดยจะประกอบด้วย 1 ตารางซึ่งในแต่ละแถวจะประกอบด้วย Network Address และ Physical Address โดยทั่วไป Network Address จะเป็น IP Address และ Physical Address นั้นจะขึ้นอยู่กับประเภทของเครือข่ายเช่น ถ้าเป็น Ethernet ก็จะใช้ Ethernet Address เป็น Physical Address เป็นต้น

4) Internet Protocol (IP) ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับ IP ของอุปกรณ์ซึ่งประกอบด้วย 3 ตาราง คือ

- ipAddrTable เก็บ IP Address ซึ่งแต่ละ IP Address จะถูกกำหนดให้กับแต่ละ interface ของอุปกรณ์

- ipRouteTable เก็บข้อมูลสำหรับการทำการเลือกเส้นทางในเครือข่าย internet (internet routing) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับ Protocolที่ใช้ในการทำการเลือกเส้นทาง

- ipNetToMediaTable เป็นตารางที่จะใช้ในการแปลง IP Address ให้เป็น Physical Address โดยข้อมูล IP Address และ Physical Address ในตารางนี้จะเหมือนกับในตาราง atTable

5) Internet Control Message Protocol (ICMP) เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของ ICMP

6) Transmission Control Protocol (TCP) เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของ TCP ของอุปกรณ์ ในกลุ่มนี้จะมีตารางอยู่ 1 ตาราง คือ tcpConnTable ซึ่งจะเก็บข้อมูลการติดต่อของอุปกรณ์กับอุปกรณ์อื่น ๆ โดยใช้โปรโตคอล TCP ที่เกิดขึ้นขณะนั้น

7) User Datagram Protocol (UDP) เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของ UDP ในกลุ่มนี้มีตารางอยู่ 1 ตาราง คือ udpTable ซึ่งจะเก็บข้อมูลของ IP Address และ UDP Port ซึ่งถูกใช้โดยโปรแกรมที่ทำงานบนอุปกรณ์และกำลัง UDP Datagarm โปรแกรมนี้ถูกเรียกว่า listener

8) Exterior Gateway Protocol (EGP) เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการทำ EGP ของอุปกรณ์ โดยในกลุ่มนี้มีตารางอยู่ 1 ตารางคือ egpNeighTable ข้อมูลในตารางนี้เป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นที่จะทำ EGP ด้วย

9) Simple Network Management Protocol (SNMP) เก็บข้อมูลที่เกี่ยวกับการทำงานของ SNMP

2.7.3 NMS ระบบดูแลและบริหารเครือข่าย

เมื่อเริ่มใช้พีซี ผู้ใช้ต้องรู้จักดูและรักษาพีซีให้ใช้งานได้ดีตลอดไป การดูแลพีซีเกี่ยวข้องทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ในบางครั้งเราไม่สามารถจัดการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับพีซีได้ จึงต้องมีการตามช่างหรือบริษัทผู้ขายมาช่วยบริการให้ใช้งานได้ เช่นกันการนำพีซีมาต่อร่วมเป็นระบบ LAN มีการจัดตั้งเครื่องบริการเซิร์ฟเวอร์ การดูแลและบริหารเครือข่ายแลนก็เริ่มมีความยุ่งยากขึ้น เพราะมีอุปกรณ์ประกอบหลายชิ้น อุปกรณ์เหล่านี้ต้องทำงานร่วมกันเป็นระบบหากชิ้นหนึ่งชิ้นใดมีปัญหา การทำงานทั้งระบบก็มีปัญหา การใช้งานในองค์กรมีความซับซ้อนยิ่งขึ้น มีการเชื่อมต่อแลน หลายๆ เครือข่ายให้เป็นเครือข่ายใหญ่ขึ้น หรือที่เรียกว่า อินทราเน็ต มีอุปกรณ์พิเศษจำพวกสวิตชิ่งและเราเตอร์ มีการเชื่อมโยงผ่านเครือข่ายบริการต่าง ๆ ในรูปแบบ WAN เพื่อเชื่อมต่อหรือสื่อสารกับหน่วยงานอื่นที่อยู่ห่างไกลความซ้ำซ้อนของระบบจึงมีมากขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการดูแลและบริหารเครือข่ายให้มีประสิทธิภาพเชื่อถือได้สามารถใช้งานได้ทนทาน เทคโนโลยีเครือข่ายจึงต้องมีระบบการจัดการเครือข่าย มีการสร้างโปรโตคอลสำหรับรองรับการทำงานในส่วนเหล่านี้

ในการบริการและจัดการเครือข่ายต้องใช้อุปกรณ์ต่างๆ มีส่วนของการทำงานร่วมกับระบบจัดการเครือข่าย ซึ่งเราเรียกว่า เอเจนต์ (Agent) เอเจนต์เป็นส่วนของซอฟต์แวร์ที่อยู่ในอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมอยู่ในเครือข่ายโดยมีคอมพิวเตอร์หลักในระบบหนึ่งเครื่องเป็นตัวจัดการและบริหารเครือข่ายหรือเรียกว่า NMS (Network Management System) ระบบการจัดการเครือข่าย ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการควบคุม และเฝ้ ามองเครือข่ายมีระบบเตือนเมื่อมีส่วนหนึ่งส่วนใดของเครือข่ายทำงานผิดพลาด หรือเกิดข้อขัดข้อง ทำให้ผู้ดูแลระบบทราบได้ทันที และเข้าไปทำการแก้ไขได้รวมเร็วหน้าที่หลักของ ระบบการจัดการเครือข่าย คือการตรวจสอบเครือข่ายตลอดเวลา ทำรายงานสถิติการใช้เครือข่าย เช่น สถิติของปริมาณข้อมูล ปริมาณผู้ใช้ นอกจากนี้ยังสามารถเขียนเป็นกราฟ เพื่อผู้ดูแลระบบนำไปวิเคราะห์และวางแผนขยายเครือข่าย และตรวจสอบและแก้ไขระบบจากจุดศูนย์กลาง รวมถึงการติดตั้งซอฟต์แวร์ การตั้งค่าระบบให้กับอุปกรณ์เครือข่ายที่อยู่ห่างไกลระบบการจัดการเครือข่าย จึงเป็นอุปกรณ์ที่ระบบเครือข่ายขนาดใหญ่ หรือผู้ให้บริการเครือข่ายแบบสาธารณะที่มีผู้ใช้บริการจำนวนมากจำเป็นต้องมี เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้การเฝ้ามองระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันแม้แต่เครื่องอินทราเน็ตมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบรวมกันมีความซับซ้อนมากขึ้น ระบบการจัดการเครือข่าย จึงมีส่วนสำคัญในการบริหารและจัดการ
เครือข่ายอินทราเน็ต

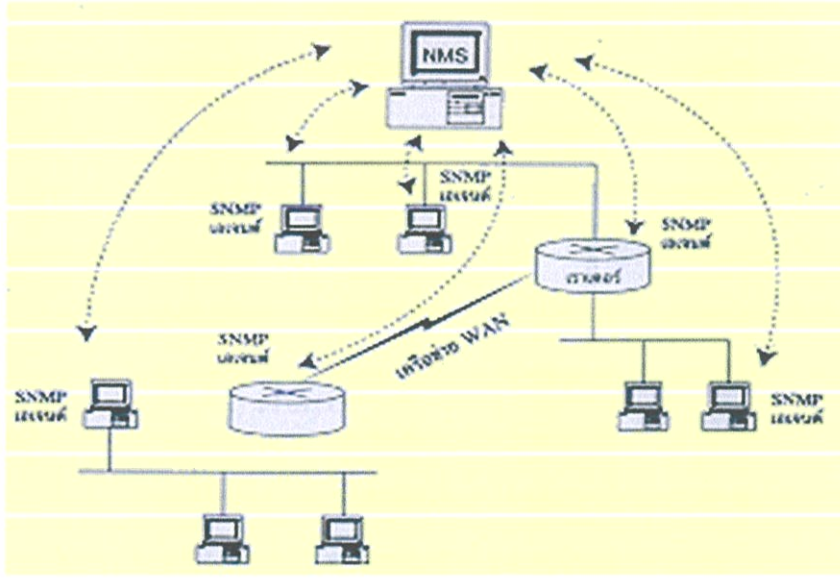
2.7.3.1 การทำงานของ NMS

NMS ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการควบคุม และเฝ้ามองเครือข่ายมีระบบเตือนเมื่อมีส่วนหนึ่งส่วนใดของเครือข่ายทำงานผิดพลาด หรือเกิดข้อขัดข้อง ทำให้ผู้ดูแลระบบทราบได้ทันที และเข้าไปทำการแก้ไขได้รวมเร็ว หน้าที่หลักของ NMS คือการตรวจสอบเครือข่ายตลอดเวลา ทำรายงานสถิติการใช้เครือข่าย เช่น สถิติของปริมาณข้อมูล ปริมาณผู้ใช้ สามารถเขียนเป็นกราฟเพื่อให้ผู้ดูแลระบบนำไปวิเคราะห์และวางแผนขยายเครือข่าย ผู้ดูแลระบบยังสามารถตรวจสอบและแก้ไขระบบจากจุดศูนย์กลาง รวมถึงการติดตั้งซอฟต์แวร์ การตั้งค่าระบบให้กับอุปกรณ์เครือข่ายที่อยู่ห่างไกล

NMS จึงเป็นอุปกรณ์ที่ระบบเครือข่ายขนาดใหญ่ หรือผู้ให้บริการเครือข่ายแบบสาธารณะที่มีผู้ใช้บริการจำนวนมากจำเป็นต้องมี เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้การเฝ้ามองระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันแม้แต่เครื่องอินทราเน็ตมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบรวมกันมีความซับซ้อนมากขึ้น NMS จึงมีส่วนสำคัญในการบริหารและจัดการเครือข่ายอินทราเน็ต การที่ระบบบริหารและจัดการเครือข่ายจะประสบผลสำเร็จ จึงขึ้นกับระบบซอฟต์แวร์ที่ต้องมีอยู่ในตัวอุปกรณ์เครือข่าย (เอเจนต์) ส่วนของเอเจนต์ยังมีการเก็บข้อมูลไว้ภายใน ข้อมูลที่เก็บไว้นี้เรียกว่า MIB - Management Information Base การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ บนเครือข่ายจะมีส่วนข้อมูลของตัวเองเก็บไว้ที่ MIB ดังนั้น NMS จึงส่งคำถามมายังเอเจนต์ การส่งคำถามและเอเจนต์ส่งข้อมูลคำตอบนี้ย่อมเป็นไปตามมาตรฐานโปรโตคอลที่กำหนด เช่น ลักษณะคำถามคำตอบของ SNMP ที่สอบถามกันเป็นระบบ และเป็นมาตรฐานสากล ข้อมูล

ในฐานข้อมูลที่เก็บในเอเจนต์ของแต่ละอุปกรณ์ประกอบด้วย ข้อมูลชื่ออุปกรณ์ รหัสอุปกรณ์ หมายเลขแอดเดรสบนเครือข่าย ตารางกำหนดเส้นทางปริมาณข้อมูลที่รับส่ง ข้อผิดพลาดที่ปรากฏ ฯลฯ

ดังนั้นระบบ NMS จึงได้ข้อมูลของทุกอุปกรณ์ที่มีเอเจนต์อยู่ และนำข้อมูลเหล่านั้นมาแสดงผลในเชิงวิเคราะห์ต่าง ๆ ไดอะแกรมรูปภาพของเครือข่ายทางฟิสิคัล การนำข้อมูลมาแสดงผลนี้ NMS ส่งคำถามไปเป็นระยะ และรับคำตอบมาปรับปรุงข้อมูล หากส่งคำถามไปยังตัวอุปกรณ์ที่มีในระบบและไม่ได้รับคำตอบก็จะมีวิธีการตรวจสอบอย่างอื่นประกอบ เช่น อุปกรณ์นั้นมีปัญหาอย่างไรหรือไม่หากพบปัญหาก็จะแสดงปัญหาเพื่อให้ผู้ดูระบบทราบ ระบบบริหารและจัดการเครือข่ายจึงเป็นซอฟต์แวร์ที่นำข้อมูลจากเอเจนต์ต่าง ๆ มาแสดงผล และติดต่อกับผู้ดูแลระบบ ดังนั้นจึงมีผู้พัฒนาระบบ NMS ในรูปแบบต่าง ๆ กันมาก ผู้ดูแลและบริหารเครือข่ายสามารถเลือกใช้ซอฟต์แวร์ NMS ได้ โดยมีผู้ผลิตซอฟต์แวร์ หรือผู้ผลิตอุปกรณ์สื่อสารที่อยู่บนอินเทอร์เน็ตให้ดาวน์โหลดมาลองใช้ดูก่อน



รูปที่ 2.40 การทำงานของ NMS

พัฒนาการของ NMS ได้ก้าวหน้าขึ้นเป็นลำดับ การสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้บนเครือข่ายเป็นสิ่งสำคัญ NMS จึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นและเข้ามามีบทบาทสำคัญในเทคโนโลยีเครือข่ายคอมพิวเตอร์

2.7.3.2 ประโยชน์ของ NMS

1) ช่วยให้สามารถดูแลอุปกรณ์Network จำนวนมากที่อาจจะอยู่ในบริเวณเดียวกันหรืออยู่ห่างไกลออกไปได้อย่างทั่วถึง

2) เป็นศูนย์กลางการควบคุม และเฝ้ามองเครือข่ายมีระบบเตือนเมื่อมีส่วนหนึ่งส่วนใดของเครือข่ายทำงานผิด พลาด หรือเกิดข้อขัดข้อง ทำให้ผู้ดูแลระบบทราบได้ทันที โดยที่ผู้ดูแลไม่

จำเป็นต้องนั่งเฝ้าดูการทำงานตลอดเวลาก็ยังสามารถรับรู้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที และเข้าไปทำการแก้ไขได้รวดเร็ว ช่วยลดเวลาในการแก้ปัญหา ลดการสูญเสียโอกาสทางธุรกิจ

3)ช่วยให้เห็นภาพรวมของสถานะการทำงานของระบบทำให้สามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4)สามารถเรียกดูสถานะการทำงานย้อนหลังเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ปัญหารวมทั้งสามารถสรุปภาพรวมประสิทธิภาพของระบบได้

5)ทำรายงานสถิติการใช้เครือข่าย เช่น สถิติของปริมาณข้อมูล ปริมาณผู้ใช้ สามารถเขียนเป็นกราฟเพื่อให้ผู้ดูแลระบบนำไปวิเคราะห์และวางแผนขยายเครือ ข่าย ผู้ดูแลระบบยังสามารถตรวจสอบและแก้ไขระบบจากจุดศูนย์กลาง รวมถึงการติดตั้งซอฟต์แวร์ การตั้งค่าระบบให้กับอุปกรณ์เครือข่ายที่อยู่ห่างไกล

2.8 MPLS (Multiprotocol Label Switching)

MPLS เป็นโปรโตคอลที่สามารถปรับขนาดได้และเป็นอิสระ. ในเครือข่าย MPLS, แพ็กเกตข้อมูลจะถูกกำหนดเป็นป้ายข้อความ การตัดสินใจในการส่งต่อแพ็กเกตจะขึ้นอยู่กับข้อความบนป้ายนี้แต่เพียงอย่าง เดียว, โดยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบแพ็กเกตของตัวมันเอง วิธีการนี้ช่วยให้สามารถสร้างวงจรแบบ end-to-end ข้ามทุกประเภทของสื่อกลางการขนส่ง ที่กำลังใช้โปรโตคอลใดๆอยู่ก็ได้ ประโยชน์ขั้นต้นก็คือการกำจัดการพึ่งพาเทคโนโลยีของ OSI ในชั้น data link เช่น ATM (Asynchronous Transfer Mode), Frame Relay, Synchronous Optical Networking (SONET) หรืออีเธอร์เน็ตและขจัดความจำเป็นสำหรับเครือข่ายที่หลากหลายในชั้น 2 เพื่อตอบสนองชนิดที่แตกต่างของการจราจร MPLS เป็นครอบครัวเดียวกับเครือข่ายแพ็กเกตสวิตชิง

MPLS ทำงานที่ชั้นระหว่างชั้น 2 (data link layer) และชั้น 3 (network layer) และจึงมักจะถูกเรียกว่าเป็นโปรโตคอล "ชั้น 2.5" มันถูกออกแบบมาเพื่อให้บริการข้อมูลแบบครบวงจรสำหรับลูกค้าทั้ง circuit-based clients และ packet-switching clients ซึ่งให้บริการแบบดาต้าแกรม มันสามารถใช้ในการดำเนินการในการจราจรที่มีหลายชนิดแตกต่างกัน รวมทั้ง IP แพ็กเกต, native ATM, SONET และอีเธอร์เน็ตเฟรม

เทคโนโลยีที่แตกต่างกันก่อนหน้านี้ถูกนำไปใช้กับเป้าหมายที่เหมือนกัน เป็นหลักเช่น Frame Relay และ ATM. เทคโนโลยี MPLS มีการพัฒนาที่จุดแข็งและจุดอ่อนของ ATM. วิศวกรเครือข่ายหลายแห่งยอมรับว่า ATM ควรถูกแทนที่ด้วยโปรโตคอลที่มีโอเวอร์เฮดน้อยลงในขณะที่ให้บริการแบบ connection-oriented สำหรับ variable-length frames. MPLS ในปัจจุบันคือการแทนที่บางส่วนของ

เทคโนโลยีเหล่านี้ในตลาด มันเป็นไปได้สูงที่ MPLS จะแทนที่เทคโนโลยีเหล่านี้อย่างสมบูรณ์ในอนาคต ซึ่งจะทำให้มีเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับความต้องการในปัจจุบันและอนาคต

ที่สำคัญ MPLS ไม่ใช้ cell-switching และ signaling-protocol baggage ของ ATM. MPLS ตระหนักดีว่าเซลล์เอทีเอ็มขนาดเล็กไม่จำเป็นต้องอยู่ใน core network ที่ทันสมัย, เนื่องจากเครือข่ายออปติคอลที่ทันสมัย (ณ ปี 2008) มีความเร็วสูง (ที่ 40 Gbit/s และมากกว่า) ถึงแม้ว่าแพ็กเกตจะมีความยาวเต็ม 1,500 ไบต์ก็ไม่ได้มีความหมายอย่างมีนัยสำคัญกับเวลาจริงที่ต้องเสียไปกับความล่า ช้าของการเข้าคิว (ความจำเป็นที่จะต้องลดความล่าช้าดังกล่าว - เช่นเพื่อรองรับการจราจรเสียง - เป็นแรงจูงใจสำหรับลักษณะเซลล์ของ ATM)

ในเวลาเดียวกัน, MPLS พยายามที่จะรักษาวิศวกรรมจราจรและการควบคุมแบบ out-of-band ที่ทำให้ Frame Relay และ ATM เป็นที่น่าสนใจสำหรับการนำไปติดตั้งในเครือข่ายขนาดใหญ่ ในขณะที่การจัดการจราจรได้รับประโยชน์เมื่อทำการไมเกรทไป MPLS (ความน่าเชื่อถือที่ดีขึ้น, เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน), มีการสูญเสียอย่างมีนัยสำคัญของความสามารถในการมองภาพและการเข้าถึง MPLS cloud สำหรับแผนกไอที.

2.8.1 ประวัติ MPLS

ในปี ค.ศ. 1996 กลุ่มหนึ่งในเครือข่าย Ipsilon เสนอ "flow management protocol". เทคโนโลยี "IP Switching" ของพวกเขา, ซึ่งได้รับการกำหนดไว้เพียงเพื่อ work over ATM, ไม่ประสบความสำเร็จ ระบบซิสโก้นำเสนอส่วนที่เกี่ยวข้องซึ่งไม่ได้จำกัดแค่การส่ง ATM เท่านั้น, เรียกว่า "Tag Switching". ซึ่งเป็นกรรมสิทธิ์ของซิสโก้และได้เปลี่ยนชื่อเป็น "Label Switching" มันถูกส่งไปยัง Internet Engineering Task Force (IETF) เพื่อให้เป็นมาตรฐานเปิด. งานของ IETF จะเกี่ยวข้องกับข้อเสนอจากผู้ผลิตรายอื่นในการพัฒนาโปรโตคอลที่มีความสามารถ ในการรวบรวมคุณสมบัติการทำงานของผู้ขายรายอื่นๆได้อย่างเป็นเอกฉันท์.

หนึ่งแรงจูงใจเดิมก็คือการที่จะอนุญาตให้มีการสร้างสวิทช์ความเร็วสูงที่ เรียบง่าย, เนื่องจากระยะเวลาในการส่งผ่านข้อมูลที่ยาวอย่างมีนัยสำคัญ มันเป็นไปไม่ได้ที่จะส่งต่อแพ็กเกตด้วยฮาร์ดแวร์อย่างเดียว อย่างไรก็ตามความก้าวหน้าใน VLSI ได้ทำให้อุปกรณ์ดังกล่าวเป็นไปได้ เพราะฉะนั้นข้อได้เปรียบของ MPLS คือการพัฒนาเบื้องต้นอยู่รอบๆความสามารถในการสนับสนุนรูปแบบบริการหลายราย และการบริหารจัดการการจราจร. MPLS ยังจัดให้มีกรอบการฟื้นตัวที่แข็งแกร่งที่ไปไกลกว่าการป้องกันวงแหวนที่ เรียบง่ายของ SONET/SDH

2.8.2 การทำงานของ MPLS

MPLS ทำงานโดยการเติมหัวแพ็คเกตให้เป็นส่วนหัวของ MPLS, ประกอบด้วยป้ายเดียวหรือหลายป้ายเรียกว่า label stack. แต่ละรายการของ label stack ประกอบด้วยฟิลด์สี่ฟิลด์ ได้แก่:

1) 20 บิต จำนวนบิตรวมของป้าย
2) 3 บิตฟิลด์คลาสการจราจรสำหรับ QoS (quality of service) (คุณภาพการบริการ), ลำดับความสำคัญ (ทดลอง) และ ECN (Explicit Congestion Notification)(ประกาศความหนาแน่นชัดเจน)
3) 1 บิตธงสแต็คด้านล่าง ถ้าตั้งค่านี้หมายความว่าป้ายนี้เป็นป้ายสุดท้ายในสแต็ค
4) 8 บิตฟิลด์ TTL (time to live)(เวลาที่จะมีชีวิตอยู่)

แพ็คเก็ตที่ติดป้าย MPLS เหล่านี้จะถูกเปลี่ยนหลังจาก lookup/สวิตช์แทนที่จะ lookup ในตาราง IP. ดังที่ได้กล่าวข้างต้น เมื่อรับรู้ว่าเป็น MPLS การ lookup และการสวิตช์ป้ายจะเร็วกว่าการ lookup ในตารางเส้นทางหรือ Routing Information Base, RIB (ฐานข้อมูลเส้นทาง) เพราะการทำงานเหล่านี้จะเกิดขึ้นโดยตรงภายในสวิตช์เนทเวิร์คไม่ใช่ใน CPU

เราต์เตอร์ที่ทำงานตามข้อความในป้ายเท่านั้นเรียกว่า label switch router (LSR), จุดเข้าและออกจากเครือข่าย MPLS จะเรียกว่า label edge router (LER) ซึ่งจะใส่ป้าย MPLS บนแพ็คเกตที่กำลังเข้ามาและถอดป้ายออกจากแพ็กเกตที่กำลังวิ่งออกไป อีกทางเลือกหนึ่ง, ฟังก์ชั่นนี้อาจจะดำเนินการโดย LSR ที่เชื่อมต่อโดยตรงกับ LER ก็ได้

ป้ายจะถูกแจกจ่ายระหว่าง LERs และ LSRs โดยการใช้ Label Distribution Protocol (LDP). LSRs ในเครือข่าย MPLS แลกเปลี่ยนป้ายและข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการเข้าถึงของกันและกันอย่าง สม่ำเสมอโดยการใช้แนวทางปฏิบัติที่เป็นมาตรฐานเพื่อที่จะสร้างภาพที่สมบูรณ์ ของเครือข่ายที่สามารถใช้เพื่อส่งต่อแพ็กเกต เส้นทางแลกเปลี่ยนป้าย หรือ Label-switched paths (LSPs) ถูกจัดทำขึ้นโดยเนทเวิร์คโอปะเรเตอร์เพื่อวัตถุประสงค์หลากหลาย เช่นเพื่อสร้างเครือข่ายที่ใช้ IP เครือข่ายส่วนตัวเสมือนหรือเพื่อส่งข้อมูลไปตามเส้นทางการจราจรที่ระบุไว้ใน เครือข่าย ในหลาย ๆ ประเด็น LSPs ไม่ได้แตกต่างไปจาก permanent virtual circuits (PVCs) ใน เครือข่าย ATM หรือ Frame Relay, ยกเว้นว่าพวกมันไม่ได้ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีชั้น 2 เท่านั้น

ในบริบทที่เฉพาะเจาะจงของเครือข่ายส่วนตัวเสมือนบน MPLS (VPN MPLS), LERs ที่ทำหน้าที่เป็นเราต์เตอร์ขาเข้าและ/หรือขาออกของ VPN มักจะเรียกว่า PE เราต์เตอร์ (Provider Edge). เราต์เตอร์ที่ทำงานเพียงแค่ส่งจะถูกเรียกในทำนองเดียวกันว่า P เราต์เตอร์ (Provider Router). การทำงานของ P เราต์เตอร์ ง่ายกว่า PE เราต์เตอร์ ดังนั้น P เราต์เตอร์ จึงซับซ้อนน้อยกว่าและอาจจะเชื่อถือได้มากกว่า

เมื่อแพ็กเกตที่ไม่มีป้ายกำกับเข้าไปในเราต์เตอร์และต้องการผ่านไปยัง อุโมงค์ MPLS. เราต์เตอร์จะทำสิ่งแรกคือกำหนดสมดุลระดับการส่งต่อ (forwarding equivalence class, FEC) ของแพ็กเก็ตว่าควรจะอยู่ในระดับไหน จากนั้นก็แทรกป้ายหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งป้ายในแพ็คเก็ตในส่วนหัวของ MPLS ที่สร้างขึ้นใหม่. แพ็กเกตจะถูกส่งผ่านไปยังเราต์เตอร์ hop ถัดไปสำหรับอุโมงค์นี้

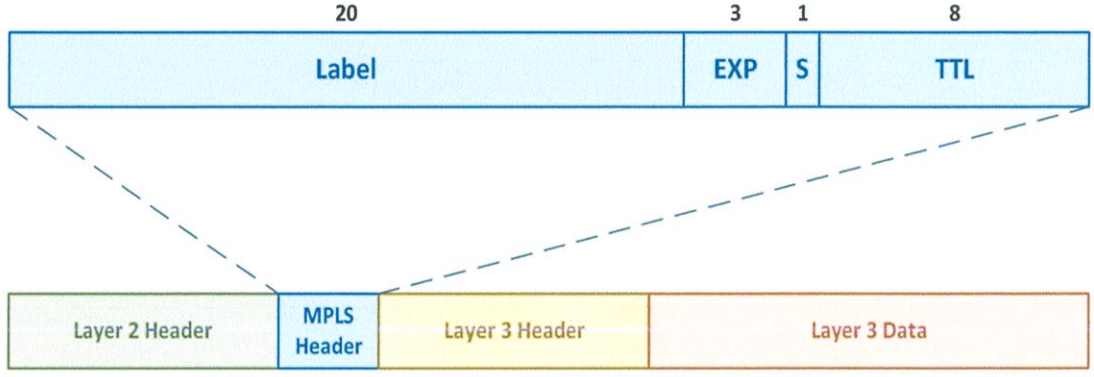
เมื่อแพ็กเกตที่มีป้ายเข้ามาที่เราเตอร์ MPLS, ป้ายบนสุดจะถูกตรวจสอบ. ขึ้นอยู่กับเนื้อหาของป้ายว่าจะให้ swap, push (กำหนด) หรือป๊อปอัพ (ทิ้ง) ที่จะต้องทำในกองป้ายของแพ็กเกต เราเตอร์จะมีตารางการค้นหาที่สร้างไว้ล่วงหน้าที่บอกชนิดของการดำเนินงานที่ ต้องทำเพื่อให้สามารถดำเนินการกับแพ็คเก็ตได้อย่างรวดเร็ว

1) ในการ swap ป้ายจะสลับกับป้ายใหม่และแพ็คเก็ตจะถูกส่งไปตามเส้นทางที่บอกไว้ในป้ายใหม่
2) ในการ push ป้ายใหม่จะถูกผลักให้อยู่ด้านบนของกองป้าย จากนั้นทำการ "encapsulate" (จับใส่ในแคปซูล)แพ็กเกตอย่างดีในชั้นอื่นของ MPLS วิธีการนี้จะช่วยในการกำหนดเส้นทางลำดับชั้นของ MPLS แพ็คเก็ต. พึงสังเกตว่าวิธีการนี้ถูกใช้โดย MPLS VPNs
3) ในการ pop ป้ายจะถูกลบออกจากแพ็กเกตซึ่งอาจเผยให้เห็นป้ายด้านล่าง กระบวนการนี้เรียกว่า "decapsulation" ถ้าป้ายที่ถูกตัดออกเป็นตัวสุดท้ายในกองป้าย แพ็กเกตจะ "ออก" จากอุโมงค์ MPLS. การดำเนินงานนี้มักจะทำโดยเราต์เตอร์ขาออก, ดู Penultimate Hop Popping (PHP) (การตัดทิ้งในขั้นตอนก่อนสุดท้าย)ด้านล่าง

ในระหว่างการดำเนินงานเหล่านี้, เนื้อหาของแพ็คเก็ตในกองป้ายด้านล่างของ MPLS จะไม่ได้รับการตรวจสอบ อันที่จริงเราต์เตอร์การขนส่งมักต้องการตรวจสอบป้ายบนสุดในกองเท่านั้น การส่งต่อแพ็คเก็ตจะถูกดำเนินการขึ้นอยู่กับเนื้อหาในป้าย ซึ่งจะช่วยให้ "การส่งต่อแพ็คเก็ตแบบโปรโตคอลอิสระ" ไม่จำเป็นต้องไปดูตารางเส้นทางแบบที่ขึ้นอยู่กับโปรโตคอล และหลีกเลี่ยงการเข้าคู่กัน (matching)ของคำนำหน้า IP ที่ยาวที่สุดและมีราคาแพงในแต่ละ hop ที่เราเตอร์ขาออก เมื่อป้ายสุดท้ายถูกตัดทิ้งไปแล้ว มีเพียง payload เท่านั้นที่ยังเหลืออยู่ payload นี้อาจเป็นแพ็กเกต IP หรือตัวเลขใด ๆ ชนิดอื่นของ payload packet เพราะฉะนั้น เราเตอร์ขาออกจึงต้องมี routing information สำหรับ payload ของแพ็คเกต เนื่องจากมันต้องส่งต่อไปโดยไม่มีความช่วยเหลือจากตารางค้นหาเส้นทางอีกต่อ ไป เราต์เตอร์ขนส่งไม่ต้องการคุณสมบัติดังกล่าว

ในกรณีพิเศษ ป้ายสุดท้ายยังสามารถถูกตัดออกใน hop ก่อนสุดท้าย (hop ก่อนถึงเราต์เตอร์ขาออก) เรียกว่า การตัดออกก่อน hop สุดท้าย หรือ penultimate hop popping (PHP) นี่อาจจะเป็นที่น่าสนใจในกรณีที่เราต์เตอร์ขาออกมีแพ็กเกตจำนวนมากออกจาก อุโมงค์ MPLS และใช้เวลาของ CPU มากเกินไป. โดยใช้ PHP, เราต์เตอร์การขนส่ง, ที่เชื่อมต่อโดยตรงกับเราต์เตอร์ขาออก ,ทำการ offload มันโดยลบป้ายสุดท้ายทิ้งเสียเอง

MPLS สามารถใช้ประโยชน์จากโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่ของ ATM หรือ Frame Relay โดยที่กระแสข้อมูลที่มีป้ายสามารถถูกแมปไปยัง virtual-circuit identifiers ของ ATM หรือ Frame Relay และทำได้ในทางกลับกัน



รูปที่ 2.41 Multiprotocol Label Switching

2.8.3 การติดตั้งและการลบเส้นทาง

มีสองโปรโตคอลมาตรฐานสำหรับการจัดการเส้นทาง MPLS คือ:.

1) Label Distribution Protocol หรือ LDP และ
2) RSVP-TE ซึ่งเป็นส่วนขยายของ Resource Reservation Protocol for traffic engineering, RSVP-TE สำหรับงานด้านวิศวกรรมการจราจร

นอกจากนี้ยังมีส่วนขยายของ Border Gateway Protocol, BGP ที่สามารถใช้ในการจัดการเส้นทาง MPLS.ส่วนหัวของ MPLS ไม่ได้ระบุชนิดของข้อมูลที่ถูกแบกมาภายในเส้นทาง MPLS. ถ้าหากมีใครต้องการที่จะแบกข้อมูลสองประเภทแตกต่างกันของการจราจรระหว่างสอง เราต์เตอร์เดียวกัน, กับการปฏิบัติที่แตกต่างกันโดยคอร์เราต์เตอร์สำหรับการจราจรแต่ละชนิดนั้น คนนั้นต้องมีการสร้างเส้นทาง MPLS แยกต่างหากสำหรับแต่ละประเภทของการจราจรนั้น

2.8.4 ข้อเปรียบเทียบระหว่าง MPLS และ IP

MPLS ทำงานร่วมกับ IP และ routing protocols ของ IP เช่น Interior Gateway Protocol (IGP). LSPs ของ MPLS จัดหาเครือข่ายเสมือนให้แบบไดนามิกและโปร่งใส ด้วยการให้ความสนับสนุนต่อวิศวกรรมจราจรและความสามารถในการขนส่ง VPNs ชั้น 3 (IP) ด้วย overlapping address spaces และสนับสนุน pseudowires ชั้น 2 โดยการใช้ Emulation Pseudowire Edge-to-Edge (PWE3) ที่มีความสามารถในการลำเลียงความหลากหลายของ payload ขนส่ง (IPv4, IPv6, ATM, Frame Relay ฯลฯ) อุปกรณ์ที่สามารถทำ MPLS ได้จะเรียกว่า LSRs เส้นทางที่ LSR รู้สามารถกำหนดได้โดยใช้การ config แบบ hop-by-hop ที่

ชัดเจนหรือเป็นเส้นทางแบบไดนามิกโดยอัลกอริทึม constrained shortest path first (CSPF) หรือมีการกำหนดค่าเป็นเส้นทางหลวมที่หลีกเลี่ยงที่อยู่ IP เฉพาะหรือเป็นแบบบางส่วนชัดเจนบางส่วนไดนามิก

ในเครือข่าย IP บริสุทธิ์, เส้นทางที่สั้นที่สุดไปยังปลายทางจะถูกเลือกแม้ว่าเส้นทางนั้นจะแออัด ในขณะเดียวกันในเครือข่าย IP ที่ใช้การหาเส้นทางแบบวิศวกรรมจราจร CSPF ของ MPLS, ข้อจำกัดเช่น แบนด์วิดธ์ RSVP ของการเชื่อมโยงที่ตัดผ่านยังสามารถถูกนำมาพิจารณา ว่าเส้นทางที่สั้นที่สุดและมีแบนด์วิธเพียงพอจะได้รับเลือก วิศวกรรมจราจร MPLS ต้องอาศัยการใช้งานของส่วนขยาย TE ที่เรียกว่าเส้นทางเปิดที่สั้นที่สุดอันแรก (Open Shortest Path First, OSPF) หรือ Intermediate System To Intermediate System (IS-IS) และ RSVP นอกเหนือไปจากข้อจำกัดของแบนด์วิดธ์ของ RSVP, ผู้ใช้ยังสามารถกำหนดข้อจำกัดของตัวเองโดยการระบุ link attributes และความต้องการพิเศษสำหรับอุโมงค์เพื่อ route (หรือไม่ route) ไปตามลิงค์ที่มี attribute บางอย่าง.

สำหรับ end-users การใช้ MPLS ไม่สามารถมองเห็นได้โดยตรง แต่สามารถสันนิษฐานได้เมื่อทำ traceroute: โหนดที่ทำ IP routing เต็มรูปแบบเท่านั้นที่จะถูกแสดงเป็น hop ในเส้นทาง, จึงไม่ใช่โหนด MPLS ที่ใช้ในท่อนกลาง เพราะฉะนั้นเมื่อคุณเห็นว่าแพ็คเก็ต hops ระหว่างสองโหนดที่อยู่ห่างไกลมากและแทบจะไม่ได้เห็น 'hop' อื่นในเครือข่ายผู้ให้บริการ(หรือ AS)เลย มันเป็นไปได้มากว่าเครือข่ายนั้นใช้ MPLS

ในกรณีที่มีความล้มเหลวของ network element เมื่อกลไกการกู้คืนถูกนำมาใช้ที่ชั้น IP, การฟื้นฟูอาจใช้เวลาหลายวินาทีซึ่งอาจยอมรับไม่ได้สำหรับงานแบบ real-time เช่น VoIP. ในทางตรงกันข้าม การป้องกันท้องถิ่นของ MPLS ตรงตามความต้องการของการใช้งานในเวลาจริงโดยใช้เวลาการกู้คืนเทียบได้กับวง แหวน SONET ที่น้อยกว่า 50 ms.

2.8.5 ข้อเปรียบเทียบระหว่าง MPLS และ Frame Relay

Frame Relay มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ทรัพยากรทางกายภาพที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพมาก ขึ้น, ซึ่งอนุญาตให้มีการจัดหาต่ำกว่ามาตรฐานของการบริการข้อมูลโดยบริษัทโทร คมนาคม(telcos) ให้กับลูกค้าของพวกเขา เพราะลูกค้าไม่น่าที่จะใช้บริการรับส่งข้อมูล 100 เปอร์เซ็นต์ของเวลา. ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา Frame Relay ได้รับชื่อเสียงที่ไม่ดีในบางตลาดเนื่องจากการจองเกินแบนด์วิดท์ที่มากเกิน ไปโดย telcos เหล่านี้

Telcos มักจะขาย Frame Relay ให้กับธุรกิจที่มองหาทางเลือกที่ถูกกว่าเส้นทางจริง การใช้ในพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกันอย่างมากจะขึ้นอยู่กับนโยบายของ รัฐบาลและ บริษัท โทรคมนาคม ลูกค้าหลายคนมีแนวโน้มที่จะไมเกรทจาก Frame Relay ไปใช้ MPLS over IP หรืออีเธอร์เน็ตภายในสอง

ปีข้างหน้า ซึ่งในหลายกรณีจะช่วยลดต้นทุนและปรับปรุงการจัดการและเพิ่มประสิทธิภาพการทำ งานของเครือข่ายบริเวณกว้าง

2.8.6 ข้อเปรียบเทียบระหว่าง MPLS และ ATM

ในขณะที่พื้นฐานของโปรโตคอลและของเทคโนโลยีมีความแตกต่างกัน, ทั้ง MPLS และ ATM ให้บริการเชื่อมต่อแบบ connection-oriented เพื่อส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์. ในเทคโนโลยีทั้งสอง การเชื่อมต่อมีการนัดแนะระหว่าง endpoints, สถานะการเชื่อมต่อจะถูกเก็บไว้ที่แต่ละโหนดในเส้นทางและเทคนิคการ encapsulate จะใช้ในการแบกข้อมูลข้ามการเชื่อมต่อ. ไม่รวมความแตกต่างในโปรโตคอลของการส่งสัญญาณ (RSVP / LDP สำหรับ MPLS และ PNNI: Private Network-to-Network Interface for ATM) ยังคงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในการทำงานของเทคโนโลยี

ความแตกต่างที่สำคัญที่สุดคือวิธีการในการขนส่งและการ encapsulation. MPLS สามารถทำงานร่วมกับแพ็กเกตความยาวแปร ในขณะที่ ATM ลำเลียงเซลล์ความยาวคงที่ (53 ไบต์), แพ็กเกตจะต้องแบ่งเป็นเซกเมนต์, ถูกขนส่งและประกอบขึ้นใหม่โดยใช้ชั้นการปรับตัว, ซึ่งจะเพิ่มความซับซ้อนและค่าใช้จ่ายให้กับกระแสข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญ MPLS, ตรงกันข้าม, เพียงแค่เพิ่มป้ายที่หัวของแต่ละแพ็กเกตและส่งมันลงบนเครือข่าย

ความแตกต่างยังมีอยู่ในธรรมชาติของการเชื่อมต่อ การเชื่อมต่อ MPLS (LSP) เป็นทิศทางเดียว-ช่วยให้ข้อมูลไหลในทิศทางเดียวระหว่างสอง endpoints การสร้างการสื่อสารสองทางระหว่างจุดสิ้นสุดต้องใช้ LSP สองคู่ คือคู่ไปและคู่กลับ ในทางตรงกันข้ามกับ ATM การเชื่อมต่อจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง (วงจรเสมือน) เป็นแบบสองทิศทางที่ช่วยให้ข้อมูลไหลไปกลับได้ในเส้นทางเดียวกัน (การเชื่อมต่อ ATM ทั้ง SVC และ PVC เป็นแบบสองทิศทาง. ตรวจสอบมาตรฐาน ITU-T I.150 3.1 3.1)

ทั้ง ATM และ MPLS สนับสนุนการ tunneling ของ'การเชื่อมต่อภายในการเชื่อมต่อ' MPLS ใช้ป้ายซ้อนเพื่อให้บรรลุการ tunneling นี้ในขณะที่ ATM ใช้เส้นทางเสมือน MPLS สามารถ stack หลายๆ ป้ายที่จะสร้างอุโมงค์ภายในอุโมงค์ ตัวบ่งชี้เส้นทาง ATM เสมือน (virtual path indicator, VPI) และตัวบ่งชี้วงจรเสมือน (virtual circuit indicator, VCI) ทั้งสองตัวถูกใส่ไว้ด้วยกันในส่วนหัวของเซลล์ ซึ่งจำกัด ATM ให้ทำ tunneling ได้ระดับเดียว

ข้อได้เปรียบที่ใหญ่ที่สุดที่ MPLS เหนือกว่า ATM ก็คือมันได้รับการออกแบบจากจุดเริ่มต้นที่จะเสริมกับ IP เราต์เตอร์ที่ทันสมัยสามารถที่จะรองรับได้ทั้ง MPLS และ IP ด้วย common interface ที่จะช่วยให้ผู้ประกอบการเครือข่ายมีความยืดหยุ่นในการออกแบบเครือข่ายและ การดำเนินงาน ความไม่สามารถใช้ร่วมกันได้ระหว่าง ATM กับ IP จำเป็นต้องมีการปรับตัวที่ซับซ้อน ,ทำให้มันเมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความเหมาะสมน้อยสำหรับเครือข่ายไอพีที่ครอบงำตลาดส่วนใหญ่ของวันนี้

2.8.7 วิวัฒนาการและการนำไปใช้งาน

MPLS ในขณะนี้ (ณ มีนาคม 2012) ถูกใช้งานในเครือข่าย IP-เท่านั้นและอยู่ในมาตรฐานของ IETF ใน RFC 3031 มันถูกใช้ในการเชื่อมต่อน้อยมากแค่สองจุดจนถึงการใช้งานขนาดใหญ่มาก ตัวอย่างเช่นในภาคการค้าปลีก, มันก็ไม่แปลกที่จะเห็นการใช้งานของ 2000-5000 สาขาในการสื่อสารข้อมูลทำธุรกรรมกับสำนักงานใหญ่ของศูนย์ข้อมูล ในทางปฏิบัติ MPLS ส่วนใหญ่จะใช้เพื่อส่งต่อดาต้าแกรม IP และการจราจรอีเธอร์เน็ต การใช้งานที่สำคัญของ MPLS เป็นวิศวกรรมจราจรสื่อสารโทรคมนาคม และ MPLS VPN

MPLSแต่เดิมมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้การจราจรการส่งต่อและวิศวกรรมการจราจรในเครือข่าย IP ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น อย่างไรก็ตามมันมีวิวัฒนาการใน General MPLS (GMPLS) เพื่อให้ทำการสร้างเส้นทางเปลี่ยนป้าย (label-switched path, LSPs) ในเครือข่ายที่ไม่ใช่ native IP ได้ด้วยเช่นเครือข่าย SONET/SDH และเครือข่ายออปติคอลความยาวคลื่นเปลี่ยน (wavelength switched optical network)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะแสดงถึงการเก็บข้อมูล และตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานของสัญญาณและการใช้งาน ในสถานีฐาน โดยการตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณและการใช้งาน จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกจะเป็นการตรวจสอบจากสถานที่จริง มีการศึกษาเส้นทางการเดินสาย ใช้เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของเครือข่าย OTDR และ Optical Power meter ส่วนที่ 2 จะเป็นการตรวจสอบระบบโดยใช้โปรโตคอล SNMP (Simple Network Management Protocol) ในการการทำ Remote Preventive Maintenance จะพิจารณาจากเครื่องมือ Network Monitor ของ AIS เพื่อตรวจสอบสถานะ ซึ่งจะพิจารณาจากสถิติย้อนหลัง 7 วันโดย ที่ระบบจะมีการเข้าไปดึงข้อมูลการทำงานผ่าน MIBs มาตรฐาน ของแต่ละบริษัท เพื่อทำให้ผู้ใช้งานสามารถทำงานได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น และสะดวกในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานีฐานต่างๆ โดยจากข้อมูลที่มีอยู่สามารถบ่งบอกสถานะการใช้งานแบบเรียลไทม์ นำค่าที่ได้เก็บเป็นสถิติย้อนหลัง นำไปวิเคราะห์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ เพื่อขยายหรือลดขอบเขตการกำหนดมาตรฐานในอนาคตและพัฒนาข้อมูลเพิ่มเติมต่อไป

3.1 preventive Maintenance (การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน)

สำหรับการเก็บข้อมูลในส่วนนี้ ผู้จัดทำต้องทำการออกไซด์นอกสถานที่และอยู่ในความควบคุมดูแลของพนักงานที่ปรึกษา และมีการตรวจวัดที่เป็นค่าเรียลไทม์ ดังนั้นการรวบรวมสถิติย้อนหลังจะทำในบท3.2เท่านั้น ส่วนนี้จะเป็นการเก็บข้อมูลในส่วนของสถานีฐาน ทั้งข้อมูลด้านคุณภาพสัญญาณและด้านกายภาพของอุปกรณ์ โดยที่ทำการเข้าไปเก็บค่าจากสถานที่จริง(สถานีฐาน) มีการศึกษาเส้นทางการเดินสาย ใช้เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของเครือข่าย

3.1.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและการตรวจสอบคุณภาพในสถานีฐาน

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดูแลเครือข่าย จำเป็นที่จะต้องทราบเกี่ยวกับรายละเอียดทั้งในเรื่องของการทำงาน โครงสร้าง และการใช้งานในสถานีฐาน ที่บริษัทแอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) หรือบริษัท AIS ให้บริการกับบริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน) เพื่อนำไปเป็นข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

3.1.1.1 ศึกษาโครงสร้างจากสถานีถึงผู้ใช้งาน

รวบรวมข้อมมูลการใช้งานสายใยแก้วนำแสงและทองแดง ที่เชื่อมต่อกันระหว่างโหนดของผู้ให้บริการ พร้อมทั้งศึกษาปัญหา ขอบเขต และข้อจำกัดในการบริหารจัดการในการเก็บข้อมูลการใช้งานและตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณในการให้บริการ 3G และ Fiber optic

3.1.1.2 ศึกษากระบวนการตรวจสอบคุณภาพการให้บริการจากสถานีฐาน

1.) ศึกษาขั้นตอนการทำงานในการติดตั้ง วางสาย และทดสอบเซิร์ฟเวอร์ของเครือข่าย โดยการลงสถานที่จริงกับเจ้าหน้าที่ประจำสถานีฐาน รวมถึงการตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณ และปริมาณการใช้งาน โดยใช้เครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐานของบริษัท เพื่อให้เครือข่ายสามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2.) ศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆบนเครือข่าย รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพของเครือข่าย เพื่อให้เข้าใจขั้นตอน กระบวนการทำงานของอุปกรณ์นั้นๆโดยภาพรวม

3.) ศึกษาการใช้งานเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้วัดจากสถานที่จริง เรียนรู้และสอบถามวิธีการวัดรวมถึงการตรวจสอบค่าตางๆจากทีมผู้ปฏิบัติงาน ศึกษาวิธีการอ่านค่าและวิเคราะห์กราฟประเภทต่างๆที่ได้จากการตรวจสอบ

3.1.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่จำเป็นต่อการตรวจเช็คคุณภาพของสัญญาณและการใช้งาน

เป็นการตรวจสอบที่บ่งบอกคุณภาพของการให้บริการ Service ของ AIS ว่าสามารถให้บริการได้อย่างต่อเนื่อง และไม่ทำให้เกิดปัญหาภายในอนาคต โดยจะทำการตรวจสอบข้อมูลดังนี้

1.) การตรวจสอบค่าสัญญาณ โดยแบ่งตามสื่อ (Media) การใช้งานของอุปกรณ์ คือ ไฟเบอร์ออปติก (Fiber Optic)จะตรวจสอบความแรงของแสงภายในสายไฟเบอร์ออปติก และ Mobile Network (3G2100) จะตรวจสอบค่าสัญญาณเสาอากาศของเร้าท์เอตร์ 3G

2.) การตรวจสอบความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลในหน่วยเวลา

3.) ตรวจสอบสถานะภายนอก

-ตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์ที่มีความร้อน

-ที่ตั้งสายหุ้มอ่อน (ODO) ที่สายเชื่อมต่อ (Patch cord)

- สายส่งกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ AC

- หมายเลข Non Mobile Number

-แหล่งจ่ายไฟของ AP Wi-Fi และ Router

- ระดับแรงดันไฟขาเข้า-ขาออก (AC Voltage input-output UPS)

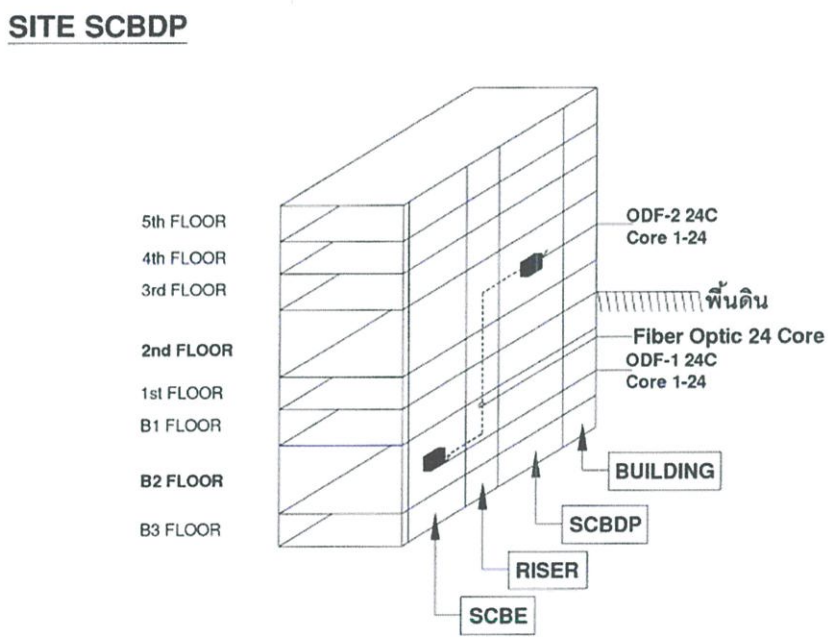
- ตรวจสอบพอร์ทของอุปกรณ์ที่เร้าเตอร์ต่ออยู่

- ตรวจสอบความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดปัญหากับอุปกรณ์

3.1.3 วิเคราะห์โครงสร้างของสถานีฐาน ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

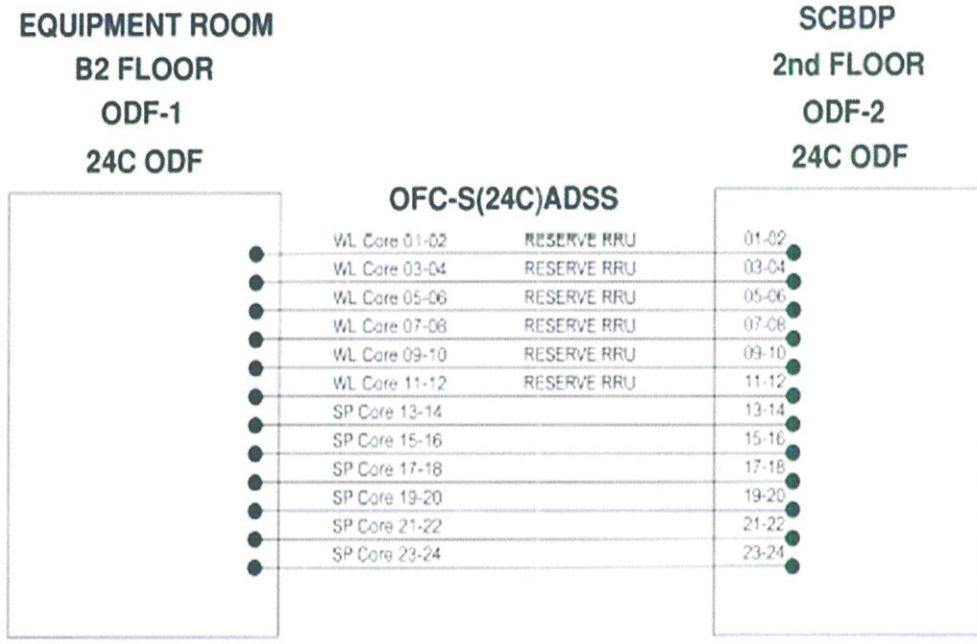
เนื่องจากในจุดประสงค์นี้เป็นการศึกษาและตรวจสอบคุณภาพเครือข่ายจากสถานที่จริงที่ให้บริการ ดังนั้นในบางสถานีฐานที่ทำการตรวจวัดจึงเป็นข้อมูลที่เป็นข้อมูลส่วนตัวของลูกค้า ในส่วนนี้ได้ทำการคัดเลือกสถานีฐานที่นำมาใช้แดงการตรวจวัด จึงเลือกสถานีตัวอย่างชื่อ “SCBDP” มาเป็นตัวอย่างในการแสดงการตรวจวัดครั้งนี้ ซึ่งผลลัพธ์ทั้งหมด 48 สถานีฐาน จะทำการแสดงในตารางที่ 4.1 ในบทต่อไป

โดยทำการวิเคราะห์โครงสร้างของสถานที่ที่ทำการเก็บข้อมูล เพื่อทำการประเมินตำแหน่งการวัดสายไฟเบอร์ออปติก



รูปที่ 3.1 โครงสร้างอาคารที่ทำการติดตั้งเครือข่าย

จากรูปที่ 3.1 แสดงเส้นทางการเดินสายไฟเบอร์ออปติก จากตู้ODF-1 ที่อยู่บริเวณชั้น B2 ของอาคารซึ่งเป็นชั้นใต้ดิน ไปยัง ตู้ODF-2 ที่อยู่บริเวณชั้น2ของอาคาร โดยมีสายไฟเบอร์ออปติกจำนวน 24 คอร์



รูปที่ 3.2 หมายเลยสายไฟเบอร์ออปติกแต่ละคอร์ในอาคารชั้นB2และชั้น2 โดยมีการติดตั้งทั้งหมด24คอร์

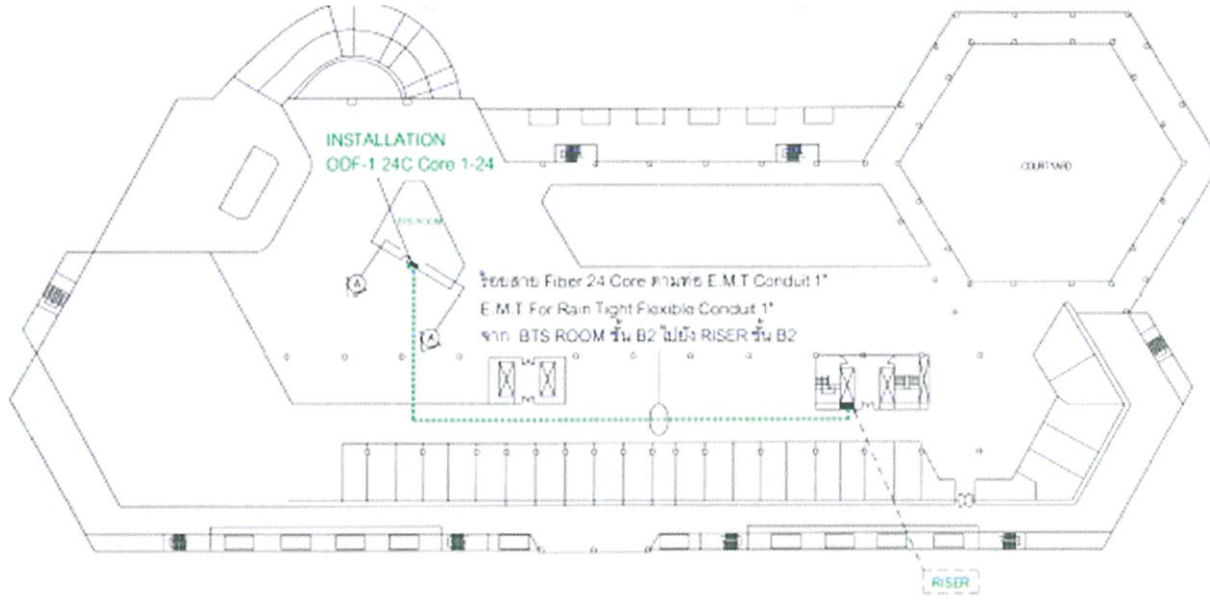
โดยที่ WL= Working Line Jack Panel 01-12 Reserve RRU

S= Stand by Jack Panel 01-12 Reserve Others

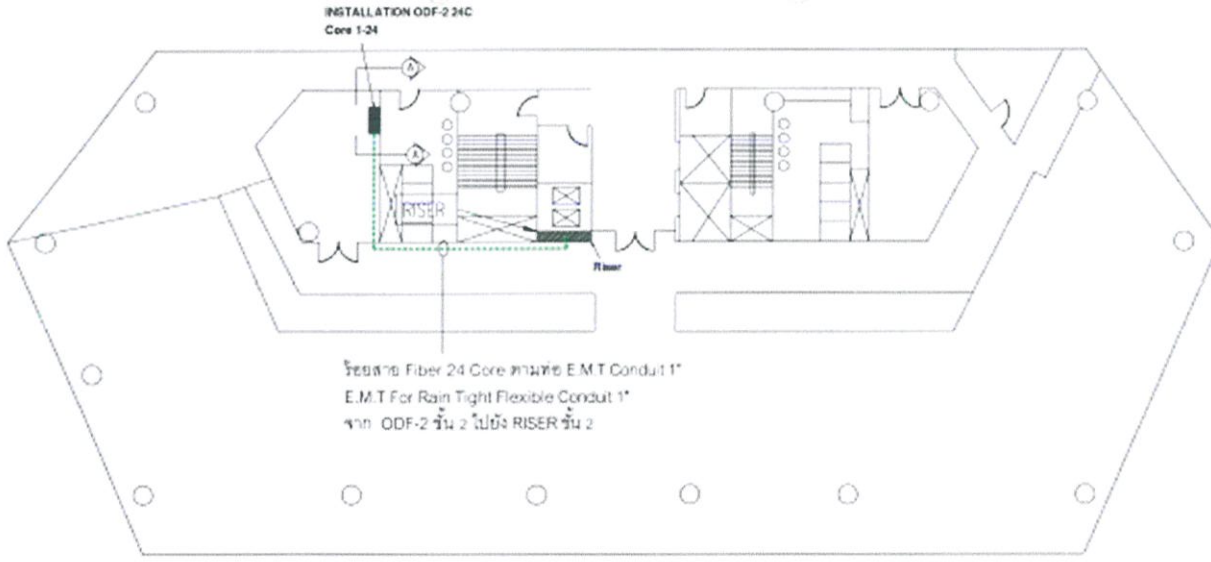
SP= Spare Jack Panel 01-12 Reserve WIFI

● = Intermeiate Station Jumper

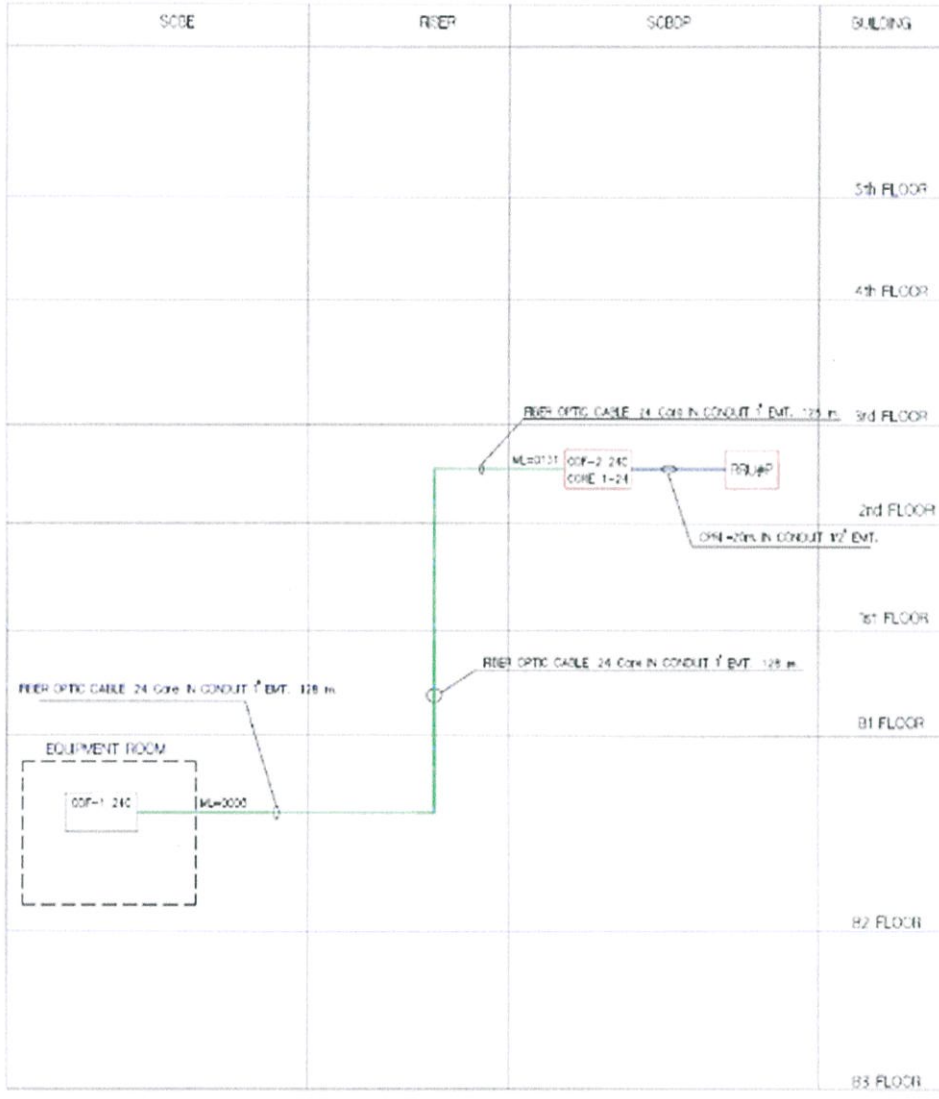
จากรูปที่ 3.2 แสดงจำนวนคอร์ของสายไฟเบอร์ออปติก ซึ่ง core1-12สำหรับใช้งาน และ core 13-24 สำหรับสำรอง โดยจากตู้ODF-1 ที่อยู่บริเวณชั้น B2 ของอาคารซึ่งเป็นชั้นใต้ดิน ไปยัง ตู้ODF-2 ที่อยู่บริเวณชั้น2ของอาคาร มีระยะทาง 129.36 เมตร



รูปที่ 3.3 การลากสายไฟเบอร์ออปติก 24 คอร์ ไปตามท่อจากห้องBTS ชั้นB2ไปยังห้องRiser ชั้นB2

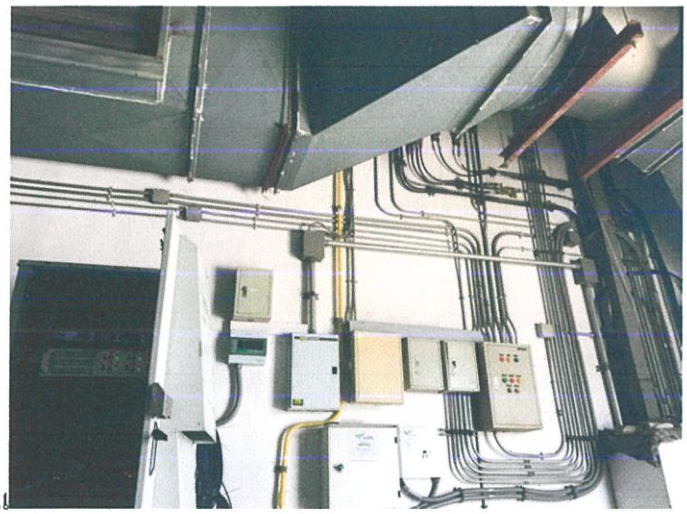


รูปที่ 3.4 การลากสายไฟเบอร์ออปติก 24 คอร์ จาก ODF-2 ชั้น2 ไปยัง Riser ชั้น2

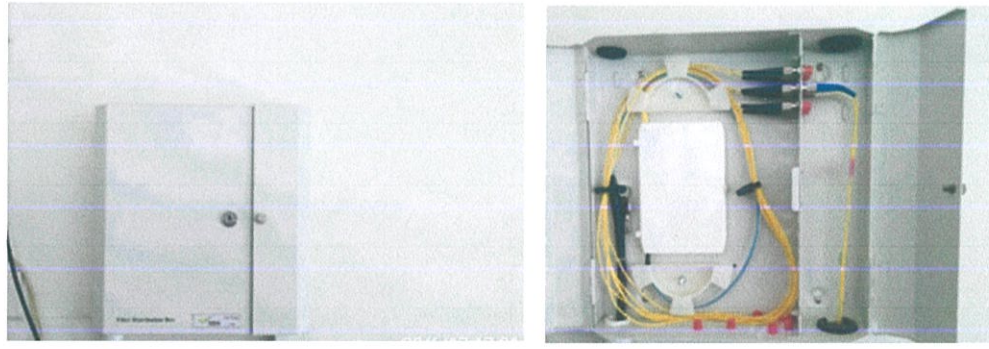


รูปที่ 3.5 เส้นทางของสายไฟเบอร์ออปติกในอาคาร (Transmission Routing)

จากรูปที่ 3.5 แสดงเส้นทางของสายไฟเบอร์ออปติกในอาคาร จากตู้ODF-1 ที่อยู่บริเวณชั้น B2 ของอาคารซึ่งเป็นชั้นใต้ดิน ไปยัง ตู้ODF-2 ที่อยู่บริเวณชั้น2ของอาคาร มีระยะทาง 129.36 เมตร โดยร้อยสาย Fiber optic 24 core ตามท่อ E.M.T Conduit 1’ E.M.T For Rain Tight Flexible Conduit 1’



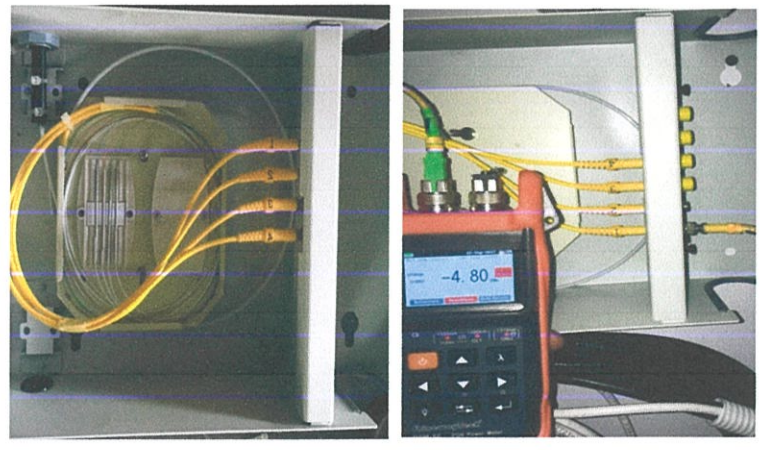
รูปที่ 3.6 แสดงเส้นทางการเดินสายไฟเบอร์ออปติก จากตู้ODF-1



รูปที่ 3.7 ที่ตั้งสายหุ้มอ่อน (ODF) ที่สายเชื่อมต่อ (Patch cord)

3.1.4 ขั้นตอนในการเก็บข้อมูล (Preventive Maintenance)

3.1.4.1 การตรวจสอบค่าสัญญาณ โดยแบ่งตามสื่อ (Media) การใช้งานของอุปกรณ์ คือ ไฟเบอร์ออฟติก (Fiber Optic)จะตรวจสอบความแรงของแสงภายในสายไฟเบอร์ออฟติก



รูปที่ 3.8 การวัดค่าแสงจากเครื่องOPM

Optical Power Light Source คือเครื่องกำเนิดแสงซึ่งในระบบสาย Fiber Optic จะส่งค่าแสงที่ 850 / 1310 /1550nm ซึ่ง เป็นค่าแสงที่ดวงตาเรามองไม่เห็น จากนั้น ปลายทางของสายจะต่อเครื่อง Optical Power Meter เพื่อวัดค่าแสงทีสงมาตามสาย ถ้าแสงเดินทางมาในสายสูญเสียแสงเยอะปลายทางจะวัดค่าแสงหรือค่า DB ออกมาได้น้อยจะทำให้เกิด Loss เยอะ ทำให้ประสิทธิภาพของการส่งสัญญาณลดลง และควรทำความสะอาดหน้าสัมผัสของ Connector ทุกจุดเพื่อให้ค่าที่วันได้มีความเที่ยงตรง

ขั้นตอนการใช้เครื่อง Optical Power Meter มีดังนี้

1. เปิดเครื่อง Optical Power Meter เตรียมสายที่ต้องการวัด หน้าจอจะแสดงค่า ความยาวคลื่นแสง ค่ากำลังแสง mw และค่า dBm

2. เลือกความยาวคลื่นแสงให้ตรงกับเครื่องกำเนิดแสง ในนี้เลือกไว้ที่ย่าน 1550 nm

3.เสียบสายเข้ากับเครื่อง Light Source โดยใช้สาย Patch Cord สองเส้นต่อกันโดยมีจุดเชื่อมต่อของ Connector เพื่อใช้ในการ Set ค่า Reference โดยต่อดังภาพ

4.กดปุ่ม DB หรือปุ่ม Ref เพื่อทำการ Set Reference ของสาย Patch Cord เครื่ององจะแสดงค่าเป็น 00.00 dB

5. ทำการปลดสายPatch Cord ที่ต่อเข้ากับจุดเชื่อม Connector นำไปต่อเข้ากับจุดต่อสายทั้งหัวและท้ายที่เราต้องการวัด ด้านหัวเป็น Light Source และท้ายเป็น Power meter

6. เครื่องจะแสดงค่า Loss ในสายที่เราวัดโดยจะไม่รวมกับสาย Patch Cord ทีเราต่อเชื่อม ซึ่งเมื่อเสียบสายควรรอ 30วินาที ให้ค่าตัวเลขที่แสดงนิ่ง

3.1.4.2 การตรวจสอบการใช้งานของลูกค้า (PTT Free Wi-Fi Speed Test 10/1Mbps)

รูปที่ 3.9 การตรวจสอบการใช้งานของลูกค้า

3.1.4.3. ตรวจวัดระดับแรงดันไฟขาเข้า-ขาออก (AC Voltage input-output UPS)

UPS มีหน้าที่หลักคือ ป้องกันความเสียหายที่สามารถเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์ ละอุปกรณ์เชื่อมต่อ) อันมีสาเหตุจากความผิดปกติของพลังงานไฟฟ้า เช่น ไฟตก, ไฟดับ, ไฟกระชาก และไฟเกิน เป็นต้น รวมถึงมีหน้าที่ในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองจากแบตเตอรี่ให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อเกิดปัญหาทางไฟฟ้า

ส่วนประกอบหลักของ UPS ประกอบไปด้วย

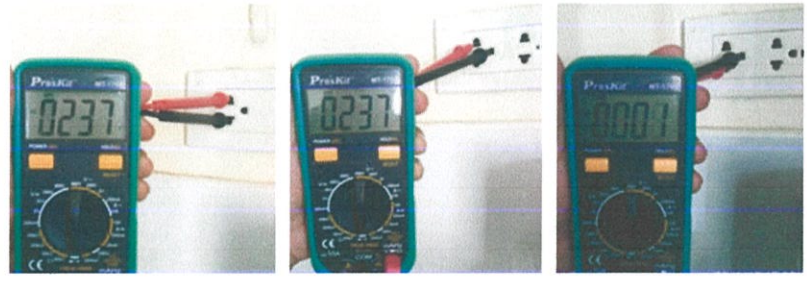
1. เครื่องประจุแบตเตอรี่ (Charger) หรือเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจากAC เป็น DC (Rectifier) ทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้า AC จากระบบจ่ายไฟ แปลงกระแสไฟฟ้า DC จากนั้นประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่

2. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้าDCจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า AC เป็น DC หรือแบตเตอรี่และแปลงเป็นกระแสไฟฟ้า AC สำหรับใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

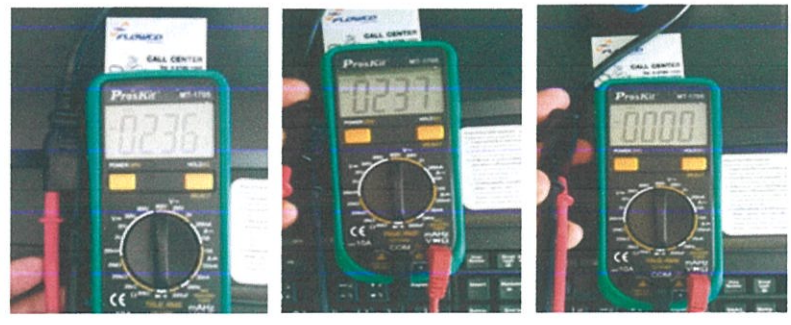
3. แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้าสำรองไว้ใช้ในกรณีเกิดปัญหาทางไฟฟ้า โดยจะจ่ายกระแสไฟฟ้า DC ให้กับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าในกรณีที่ไม่สามารถรับกระแสไฟฟ้า AC จากระบบจ่ายไฟได้

หลักการทำงานของ UPS ประกอบไปด้วย

โดยทั่วไปแล้ว เมื่อ UPS รับพลังงานไฟฟ้าเข้ามา ไม่ว่าคุณภาพไฟฟ้าจะเป็นอย่างไรก็จะสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟ้าได้เป็นปกติ รวมถึงทำการจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งหลักการของ UPS ก็คือใช้วิธีการแปลงไฟฟ้าจากกระแสสลับ (AC) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) แล้วเก็บสำรองไว้ในแบตเตอรี่ส่วนหนึ่ง เมื่อเกิดปัญหาทางไฟฟ้า (เช่น ไฟดับ หรือ หรือคุณภาพไฟฟ้าผิดปกติ เป็นต้น) อุปกรณ์ไฟฟ้าไม่สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าที่รับมาได้ UPS ก็จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแบตเตอรี่ให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) แล้วจึงจะจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าตามปกติ



รูปที่ 3.10 Customer Facility, AC Voltage (input UPS) L-G-N (L-G, N-G, L-N)



รูปที่ 3.11 Customer Facility, AC Voltage (output UPS) L-G-N (L-G, N-G, L-N)

3.1.4.4 ผลการตรวจวัดคุณภาพสายสัญญาณ

กรณีค่ากำลังแสงอยู่ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดตรวจวัดการสูญเสียจากเครื่อง OTDR โดยแบ่งการตรวจวัดจากสายอปติกไฟเบอร์เป็น4คอร์ การฟจาก OTDR โดยวัดจาก ถึง เป็นระยะ ช้ความยาวคลื่น nm 2 การใช้งานของเครื่อง โอ ที ดี อาร์

ก่อนทำการตรวจวัดเส้นใยนำแสงจำเป็นต้องกำหนดการทำงานของเครื่องก่อน โดยการกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องซึ่งต้องเลือก หรือทำการปรับฟังก์ชันต่าง ๆ ให้เหมาะสมเพื่อให้การวัดค่าได้ถูกต้องที่สุด ซึ่งพารามิเตอร์ต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องโอ ที ดี อาร์ ในส่วนต่อไปนี้แสดงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของโอ ที ดี อาร์ รุ่นทั่ว ๆ ไป

1) ความยาวคลื่น (Wavelength)เครื่องโอ ที ดี อาร์สามารถเลือกความยาวคลื่นแสงที่ใช้สำหรับตรวจสอบเส้นใยนำแสงได้ ปกติความยาวคลื่นแสงที่นิยมใช้อยู่ในช่วง 1,300 และ 1,500 นาโนเมตรขึ้นกับชนิดของเส้นใยนำแสงที่ต้องการตรวจสอบ

2) ดัชนีหักเหแสง (RefractiveIndex)เครื่องโอ ที ดี อาร์ให้ระบุค่าดัชนีหักเหแสงของเส้นใยแก้วนำแสงที่ใช้ในการตรวจสอบด้วย เนื่องจากความเที่ยงตรงของการวัดระยะทางของเครื่องโอ ที อี อาร์ ขึ้นอยู่กับความเที่ยงตรงของการกำหนดค่าดัชนีหักเหแสงของเส้นใยนำแสงที่ใช้

3) ช่วงกว้างของพัลส์ (Pulse Width)เครื่อง OTDR สามารถเลือกช่วงกว้างของพัลส์ของแสงที่ส่งเข้าไปในเส้นใยนำแสงได้อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1 –1,000 เมตร ขึ้นกับความต้องการให้ค่าความละเอียดในการวัดหากเลือกช่วงกว้างของพัลส์กว้าง ส่งผลให้กำลังของแสงที่ส่งเข้าในเส้นใยนำแสงเพิ่มขึ้นทำให้ย่านการวัดของเครื่อง OTDR หรือระยะทางที่สามารถวัดได้ยาวขึ้น อย่างไรก็ดีช่วงกว้างของพัลส์ที่เพิ่มขึ้นนี้ส่งผลให้ระยะเดดโซนเพิ่มขึ้นด้วย จึงทำให้ยากต่อการตรวจวัดสิ่งที่อยู่ภายในระยะเดดโซนหากเลือกช่วงกว้างของพัลส์แคบ ทำให้ย่านการวัดของเครื่อง OTDR หรือระยะทางที่สามารถวัดได้สั้นลงแต่เพิ่มความละเอียดของการวัดมากขึ้น ระยะทางของการวัดมีความเที่ยงตรงมากขึ้นเนื่องจากระยะเดดโซนอยู่ในช่วงแคบ

4) ระยะของเส้นใยนำแสง (Fiber Range) ในการกำหนดค่าการวัดที่อาศัยหลักการของเวลานี้การกำหนดค่าระยะของการวัดนี้ ควรกำหนดให้มีค่าระยะมากกว่าความยาวจริงที่ต้องการวัดค่านี้มีความสำคัญมาก หากกำหนดระยะให้กับเครื่องสั้นเกินไป ทำให้เครื่องเริ่มส่งพัลส์ใหม่และรอบของการตรวจวัดการกระเจิงกลับก่อนที่การสะท้อนที่ปลาย จากการตรวจสอบก่อนหน้านี้ได้รับเป็นสาเหตุให้ปลายที่สะท้อนผิดพลาดไป หรือปรากฏบางสิ่งที่บริเวณตรงกลางของเส้นใยนำแสง แต่หากกำหนดระยะให้กับเครื่องยาวเกินไปก็ทำให้การวัดผิดพลาดเช่นกัน

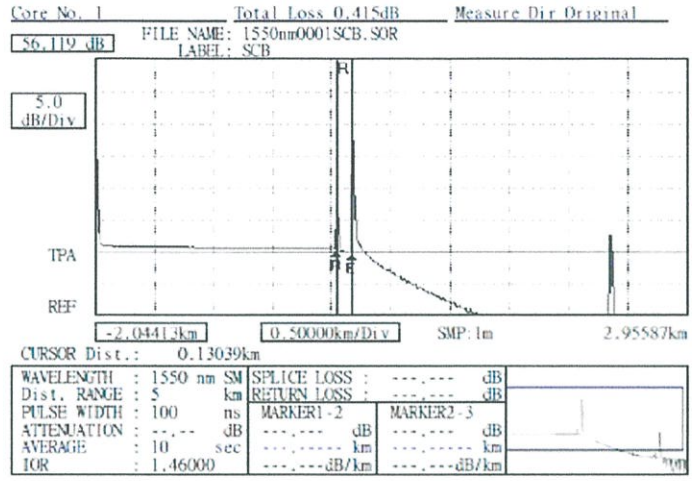
ถ้าหากกำหนดระยะมากกว่าเป็น 2 เท่าของความยาวของเคเบิลจริง อาจเกิดการสะท้อนซ้ำ (Ghost Reflection) เกิดขึ้นหลังจากการสะท้อนที่ปลายของเคเบิลแล้วปรากฏบนหน้าจอของเครื่องโอ ที ดี อาร์ อีกได้ อีกทั้งยังทำให้การวัดช้าลงอีกด้วยโดยทั่วไปควรกำหนดค่าระยะสัมพันธ์กับความยาวของเคเบิลที่ทำการวัด

5) ค่าเฉลี่ย (Averaging) ค่าเฉลี่ยของการวัดเป็นตัวเลขที่บอกถึงว่าในการตรวจวัดแต่ละครั้งทำการเฉลี่ยกับค่าที่ทำการตรวจสอบครั้งที่แล้ว การเลือกค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการวัดทำให้ค่าของการวัดดีขึ้นลดสัญญาณรบกวนลงได้

6) สัมประสิทธิ์การกระเจิงกลับ(BackscatterCoefficient) ค่านี้ถูกกำหนดขึ้นจากกระบวนการผลิตเส้นใยนำแสง โดยปกติเครื่องกำหนดเป็น"Normal"ที่ความยาวคลื่นและช่วงกว้างของพัลส์ที่กำหนดให้ ซึ่งถูกใช้สำหรับคำนวณความเที่ยงตรงของการสะท้อน

7) หน่วย(Unit)เครื่องสามารถเลือกได้ว่าวัดหน่วยความยาวเป็นเมตร กิโลเมตร ฟุต กิโลฟุต และไมล์ เป็นต้น

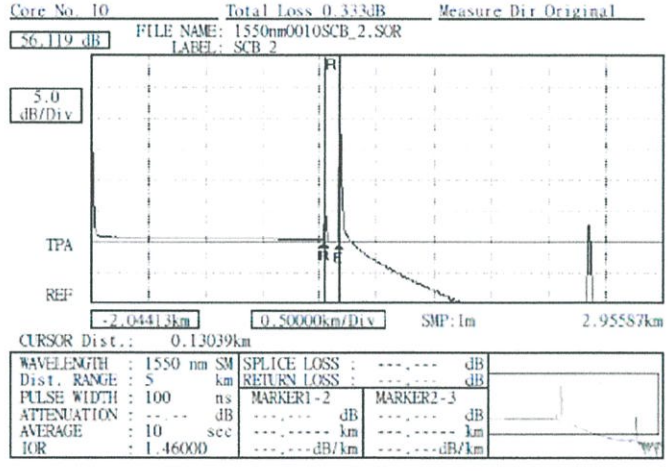
8) สเกล (Scale) การแสดงผลบนหน้าจอ โอ ที ดี อาร์ มาตราส่วนในแนวแกน Y แสดงค่ากำลังของแสง หน่วยเดซิเบลต่อช่อง ซึ่งอาจเปลี่ยนให้มีค่ามากขึ้นหรือลดลงก็ได้ เช่นสามารถกำหนดมาตราส่วน 10 เดซิเบลต่อช่วงมาตราส่วนในแนวแกน X ซึ่งแสดงระยะทางปกติมีหน่วยกิโลเมตร (ไมล์ หรือ ฟุต) ต่อช่องสามารถเปลี่ยนให้มีขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้เช่นกัน เช่นกำหนดมาตราส่วน 5 กิโลเมตรต่อช่อง เป็นต้น



<< Event List >>

EVENT No.	DISTANCE (km)	SECTION Dist.(km)	RETURN LOSS(dB)	REFLEC TION(dB)	CUM LOSS (dB)	SLOPE (dB/km)	EVENT TYPE
REF	0.00000	---.-----	50.023	6.121	0.000	---.---	R
END	0.12936	0.12936	13.880	24.060	0.415	0.226	R

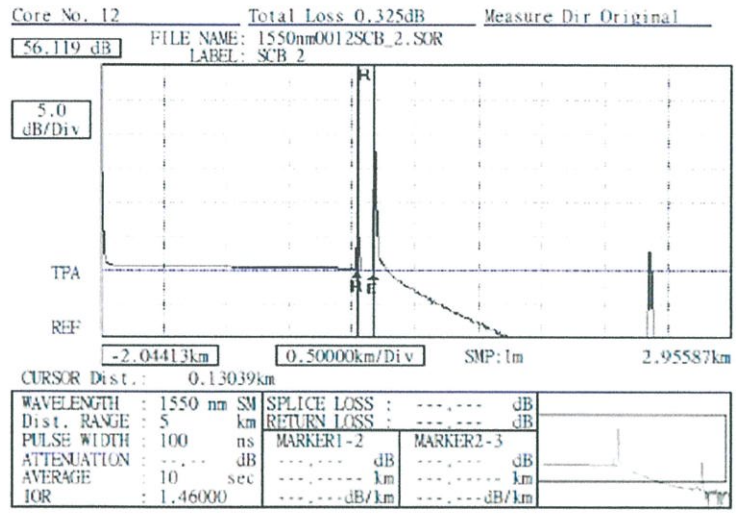
รูปที่ 3.12 กราฟจาก OTDR สำหรับ fiber optic core 1



<< Event List >>

EVENT No.	DISTANCE (km)	SECTION Dist.(km)	RETURN LOSS(dB)	REFLEC TION(dB)	CUM LOSS (dB)	SLOPE (dB/km)	EVENT TYPE
REF	0.00000	---.-----	52.249	5.092	0.000	---.---	R
END	0.12936	0.12936	13.900	24.050	0.333	-0.084	R

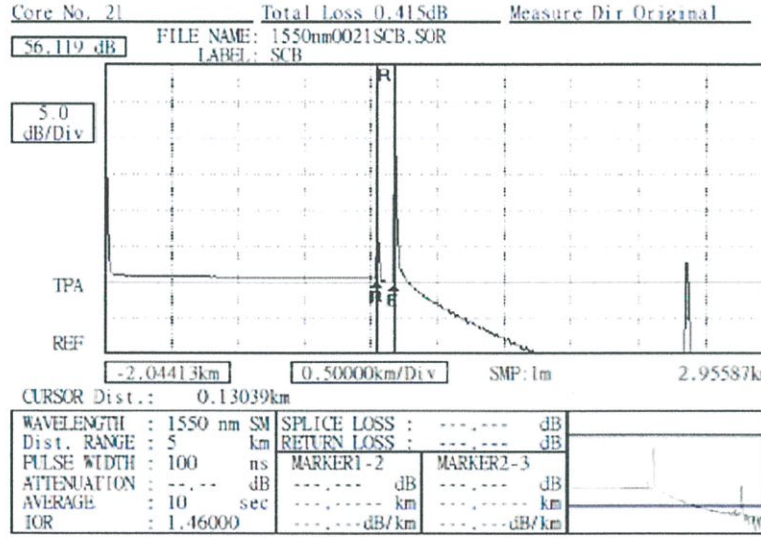
รูปที่ 3.13 กราฟจาก OTDR สำหรับ fiber optic core 10



≪ Event List ≫

EVENT No.	DISTANCE (km)	SECTION Dist.(km)	RETURN LOSS(dB)	REFLEC TION(dB)	CUM LOSS (dB)	SLOPE (dB/km)	EVENT TYPE
REF	0.00000	---.-----	50.034	6.114	0.000	---.---	R
END	0.12936	0.12936	13.607	24.197	0.325	0.162	R

รูปที่ 3.14 กราฟจาก OTDR สำหรับ fiber optic core 12



≪ Event List ≫

EVENT No.	DISTANCE (km)	SECTION Dist.(km)	RETURN LOSS(dB)	REFLEC TION(dB)	CUM LOSS (dB)	SLOPE (dB/km)	EVENT TYPE
REF	0.00000	---.-----	50.023	6.121	0.000	---.---	R
END	0.12936	0.12936	13.880	24.060	0.415	0.226	R

รูปที่ 3.15 กราฟจาก OTDR สำหรับ fiber optic core 24

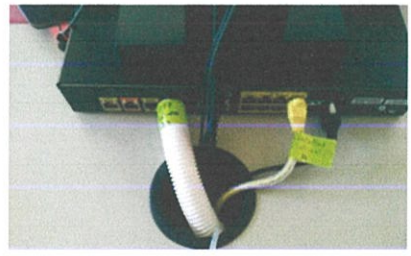
3.1.4.5 ตรวจสอบสถานะภายนอก

เป็นการตรวจสอบสถานะทางกายภาพของอุปกรณ์บนเครือข่ายเน็ตเวิก ทั้งทางด้านสถานีฐาน และด้านผู้ใช้งาน เพื่อให้เครือข่ายสามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง

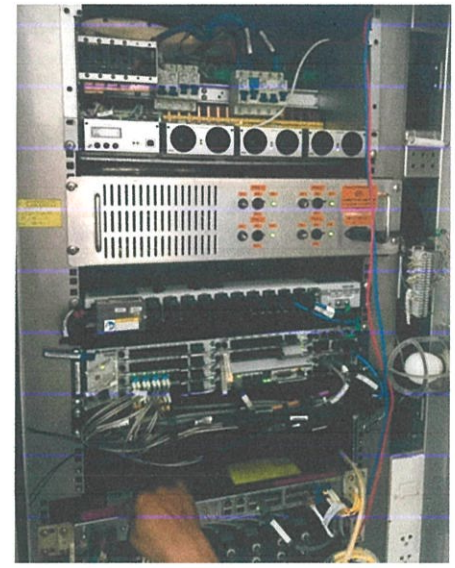
(A)

(B)

(C)



(D)



(E)

รูปที่ 3.16 การตรวจสอบสถานะภายนอก

(A) ตรวจสอบพอร์ทของอุปกรณ์ที่เร้าเตอร์ต่ออยู่

(B) แหล่งจ่ายไฟของ AP Wi-Fi และ Router

(C) หมายเลข Non Mobile Number ตรงกับที่ระบุไว้ในฐานข้อมูล

(D) ตรวจสอบความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดปัญหากับอุปกรณ์ โดยการติดตัง Flex อ่อนกันกระแทก

(E) ตรวจสอบสถานภายนอกทำงานของอุปกรณ์ที่มีความร้อน(Equipment Visual check)

3.2 Remote Preventive Maintenance (การบำรุงรักษาเชิงป้องกันจากระยะไกล)

ส่วนนี้จะเป็นการเก็บข้อมูลส่วนที่ส่งผลต่อคุณภาพการให้บริการ และมีความสำคัญต่อการทำงานของระบบจากระยะไกล โดยเป็นการเก็บข้อมูลการทำงานในส่วนของการประมวลผลข้อมูล ปริมาณการใช้งาน และประสิทธิภาพในการส่งสัญญาณ เพื่อเป็นการลดระยะเวลาและค่าใช้จ่าย ในการตรวจสอบค่ากำลังแสงเครือข่ายจากสถานที่จริง โดยที่โปรแกรมจะเข้าไปเก็บข้อมูลการทำงานของแต่ละเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางโพรโทคอล SNMP การเข้าไปดึงข้อมูลเป็นช่วงเวลาย้อนหลัง 7 วัน จากนั้น NMS Netgain จะทำหน้าที่แปลงข้อมูลเป็นค่าแสง และค่าต่างๆออกมา และทำการแสดงผลข้อมูลที่ได้จากการเก็บชุดข้อมูลต่างๆลงในฐานข้อมูล MIBs มีการนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลขึ้นมาแสดงผลในรูปแบบของกราฟผ่านทางเว็บอินเตอร์เฟส และมีการรายงานการทำงานของเซิร์ฟเวอร์ในแต่ละช่วงเวลาแบบเรียลไทม์ เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่จากการวัดโดยเครื่องมือวัดในหัวข้อที่3.1

3.2.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและการใช้งานในสถานีฐาน

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดูแลเครือข่าย จำเป็นที่จะต้องทราบเกี่ยวกับรายละเอียดทั้งในเรื่องของการทำงาน โครงสร้าง และการใช้งานในสถานีฐาน ที่บริษัทแอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) หรือบริษัท AIS ให้บริการกับบริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน) เพื่อนำไปเป็นข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

3.2.1.1 ศึกษาโครงสร้างจากสถานีถึงผู้ใช้

รวบรวมข้อมูลการใช้งาน สายใยแก้วนำแสงและทองแดง ที่เชื่อมต่อกันระหว่างโหนดของผู้ให้บริการ พร้อมทั้งศึกษาปัญหา ขอบเขต และข้อจำกัดในการบริหารจัดการในการเก็บข้อมูลการใช้งาน และตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณในการให้บริการ 3G และ Fiber optic

3.2.1.2 ศึกษาหลักการทำงานของเว็ปอินเตอร์เฟสและการใช้งาน

1.) ศึกษาการทำงานของเว็บอินเตอร์เฟส

สำหรับการตรวจสอบข้อมูลในแต่ละครั้ง จำเป็นต้องใช้การเก็บข้อมูลการทำงานของแต่ละเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางโพรโทคอล SNMP การเข้าไปดึงข้อมูลเป็นช่วงเวลาย้อนหลัง 7 วัน ดังนั้นทางผู้จัดทำ และเจ้าหน้าที่บริษัท AIS ที่รับผิดชอบดูแลโครงการนี้จึงเล็งเห็นว่า การใช้โปรแกรมเน็ตเกน (NetGain Systems) ซึ่งเป็นเป็นเว็บแอพพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ของบริษัท AIS จะมีความสะดวกในการตรวจสอบระบบ และเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำโครงงานนี้เป็นอย่างมาก อีกทั้งยังมีฟังก์ชั่นทางสถิติที่ใช้ช่วยในการประมวล ผลข้อมูลมหึมา (big data) ได้โดยง่าย จึงเห็นสมควรนำมาปรับ ใช้ในการำเนินการของโครงงานในครั้งนี้ ซึ่งจะต้องมีการเข้าไปศึกษาการทำงานของเว็บอินเตอร์เฟส เพื่อให้ทราบถึงการทำงานและการทำ Log ไฟล์ของ เว็บแอพพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์เพื่อให้สามารถเข้าไปดูข้อมูลเพื่อเก็บค่าสถิติระบบต่อไปได้ โดย ข้อมูลที่ต้องศึกษาของโปรแกรม NetGain Systems คือ

- การลบข้อมูล เรียกข้อมูล และจัดเก็บข้อมูล ในโปรแกรม
- การแสดงข้อมูลตามเงื่อนไขที่ต้องการ
- .การเก็ทค่าในอุปกรณ์ ที่ขาดหายจากการปรับปรุงระบบ
- การแมพ ip address สำหรับอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้ามาใหม่ในระบบ
- การเรียกดูโครงข่ายการเชื่อมต่อในรูปแบบแผนภาพ
-การใช้คำสั่ง ใน command window เพื่อตรวจสอบค่าที่ต้องการ

2.) ศึกษาการเก็บข้อมูลระบบของเซิร์ฟเวอร์โดยใช้โพรโทคอล SNMP ศึกษาโครงสร้าง และ การทำงานของโพรโทคอล SNMP เพื่อให้ทราบถึงโครงสร้างมาตรฐาน (RFC) ของการจัดเก็บข้อมูลใน MIB ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็นโครงสร้างต้นไม้ ประกอบไปด้วยหมายเลข OID ต่างๆ ของโพรโทคอล SNMP

- Manage Device Group

เป็นการจัดการกลุ่มของอุปกรณ์ที่เป็นกลุ่มอุปกรณ์ชนิดเดียวกัน ที่มีหมายเลข OID ที่ใช้ในการสอบถามข้อมูลเหมือนๆ กัน การจัดการในยูสเคสนี้จะสามารถทำการเพิ่มกลุ่มของอุปกรณ์เปลี่ยนแปลงชื่อกลุ่มของอุปกรณ์ และลบกลุ่มของอุปกรณ์ แต่เนื่องจากกลุ่มของอุปกรณ์มีความสัมพันธ์กับข้อมูลอุปกรณ์และข้อมูลรหัส OID ที่ระบุให้กับกลุ่มของอุปกรณ์นั้นๆ หากต้องการลบข้อมูลกลุ่มของอุปกรณ์จึงต้องดำเนินการลบข้อมูลที่เกี่ยวข้องด้วย

- Manage Device

เป็นการจัดการเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องการทราบค่าข้อมูลของ OID โดยที่สามารถทำการเพิ่มอุปกรณ์ ลบอุปกรณ์ ตามข้อมูล IP Address ของอุปกรณ์นั้น และข้อมูลกลุ่มของอุปกรณ์ที่อุปกรณ์นั้นเป็นสมาชิกอยู่

- Manage OIDCode For Group

เป็นการจัดการรหัส OID ที่ต้องการให้ระบบไปสอบถามรายละเอียดมาจากตัวอุปกรณ์ โดยที่อุปกรณ์ใด ๆ ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน จะมีกลุ่มของข้อมูลหมายเลข OID ที่ต้องการทราบข้อมูลเหมือนๆ กัน ซึ่งยูสเคสนี้ สามารถทำการเพิ่ม และลบรหัสหมายเลข OID ให้กับกลุ่มของอุปกรณ์ได้

- Get OID Values

เป็นการทำงานตามรูปแบบของ SNMP-GET โพรโทคอล เพื่อไปสอบถามข้อมูลรายละเอียดทรัพย์สินของอุปกรณ์ผ่านทางระบบเครือข่ายไอพี โดยการร้องขอเรียกใช้งาน Windows Service ซึ่งจำเป็นจะต้องส่งค่าของ IP Address ของอุปกรณ์ที่ต้องการไปสอบถามข้อมูล และรหัสหมายเลขOID ที่ต้องทราบค่าไปให้กับ Windows Service ด้วย

- Set OID Values

เป็นการนำค่าข้อมูลของรหัส OID ของอุปกรณ์นั้นๆ ที่ได้มาจาก Windows Service จากการทำงานของยูสเคส Get OID Values มาบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

- Display OID Values

เป็นการนำค่าข้อมูลของรหัส OID ของอุปกรณ์นั้นๆ จากฐานข้อมูลมาแสดงบน Web Page

- Report

เป็นการนำค่าข้อมูลต่างๆ ที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูล มาประมวลผล และสร้างรายงานในแสดงรายการทรัพย์สินอุปกรณ์เครือข่ายให้กับผู้ใช้งานรวมถึงการส่งออกรายงานในรูปแบบต่าง ๆ

3.2.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่จำเป็นต่อการตรวจเช็คคุณภาพของสัญญาณและการใช้งาน

เป็นการตรวจสอบที่บ่งบอกคุณภาพของการให้บริการ Service ของ AIS ว่าสามารถให้บริการได้อย่างต่อเนื่อง และไม่ทำให้เกิดปัญหาภายในอนาคต การ Remote Preventive Maintenance จะแบ่งเป็น 2 ส่วน แยกตาม Media ของอุปกรณ์ Router เพราะแต่ละ Media จะมีมาตรฐานแตกต่างกัน โดยจะทำการตรวจสอบข้อมูลดังนี้

3.2.3.1 การตรวจสอบอุปกรณ์ Router ของ SBN โดยใช้สื่อเป็นไฟเบอร์ออปติก (Fiber Optic) พิจารณาจากหัวข้อดังนี้

1.) Optical Power เป็นค่าที่บ่งบอกถึง ระดับกำลังส่งสัญญาณแสงผ่านสายไฟเบอร์ออปติก

มาตรฐานที่กำหนด : ไม่ต่ำกว่า -23.79 dBm

2.) Traffic เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณการใช้งานการรับ-ส่งข้อมูล (Data) ของลูกค้า ซึ่งค่าสูงสุดที่ถูกกำหนดไว้ ขึ้นอยู่กับ ข้อตกลงซื้อขายระหว่างลูกค้าและ SBN

การตรวจสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ขา คือ Input Rate และ Output Rate

- ขา Input Rate (Upload) คือ ขาที่ทาง POS / Back office / ATG ส่งข้อมูลไปให้กับทางสำนักงานใหญ่
- ขา Output Rate (Download) คือ ขาที่ทางสำนักงานใหญ่ ส่งข้อมูลกลับมายัง POS / Back office / ATG

มาตรฐานที่กำหนด : 2 Mbps (ขึ้นอยู่กับข้อตกลงซื้อขาย)

3.) WAN Monitor เป็นการบ่งบอกความเร็วเฉลี่ยในการรับ-ส่งข้อมูล ซึ่งค่าที่แสดงจะแปรผกผันกับความเร็วในการรับส่งข้อมูล

มาตรฐานที่กำหนด : ไม่เกิน 50 msec

4.) CPU เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณโหลดการทำงานของ Router ซึ่งหากพบว่ามีปริมาณสูง อาจจะส่งผลทำให้อุปกรณ์ Router ทำงานผิดปกติ หรือ เสียหายได้

มาตรฐานที่กำหนด : ไม่สูงเกิน 80 เปอร์เซนต์

3.2.3.2) การตรวจสอบอุปกรณ์ Router ของ SBN โดยใช้สื่อเป็น Mobile Network (3G2100)

1.) Radio Signal เป็นค่าที่บ่งบอกถึง ระดับความแรงของสัญญาณ 3G2100

มาตรฐานที่กำหนด : ไม่ต่ำกว่า -90 dBm

2.) Traffic เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณการใช้งานการรับ-ส่งข้อมูล (Data) ของลูกค้า ซึ่งค่าสูงสุดที่ถูกกำหนดไว้ ขึ้นอยู่กับ ข้อตกลงซื้อขายระหว่างลูกค้าและ SBN

การตรวจสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ขา คือ Input Rate และ Output Rate

- ขา Input Rate (Upload) คือ ขาที่ทาง POS / Back office / ATG ส่งข้อมูลไปให้กับทางสำนักงานใหญ่
- ขา Output Rate (Download) คือ ขาที่ทางสำนักงานใหญ่ ส่งข้อมูลกลับมายัง POS / Back office / ATG

มาตรฐานที่กำหนด : 2 Mbps (ขึ้นอยู่กับข้อตกลงซื้อขาย)

3.) WAN Monitor เป็นการบ่งบอกความเร็วเฉลี่ยในการรับ-ส่งข้อมูล ซึ่งค่าที่แสดงจะแปรผกผันกับความเร็วในการรับส่งข้อมูล

มาตรฐานที่กำหนด : ไม่เกิน 200 msec

4.) CPU เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณโหลดการทำงานของ Router ซึ่งหากพบว่ามีปริมาณสูง อาจจะส่งผลทำให้อุปกรณ์ Router ทำงานผิดปกติ หรือ เสียหายได้

มาตรฐานที่กำหนด : ไม่สูงเกิน 80 เปอร์เซนต์

การตรวจสอบจะมีการบันทึกเป็นสถิติย้อนหลัง เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และพัฒนาคุณภาพการให้บริการต่อไป โดยตัวแปรสำคัญที่นำมาวิเคราะห์

1.) ตัวแปรต้น (independent variable) : ปริมาณการใช้งานของลูกค้า (Traffic)
2.) ตัวแปรตาม (dependent variable) : ปริมาณโหลดการทำงาน (CPU) ของอุปกรณ์
3.) ตัวแปรควบคุม (extraneous variable) : ค่าสัญญาณ แบ่งตามการใช้งานของอุปกรณ์ คือไฟเบอร์ออปติก (Fiber Optic) และ Mobile Network (3G2100)
4.) ตัวแปรสอดแทรก (intervening variable) : การสูญเสียจากการการตัดต่อและเชื่อมสายไฟเบอร์ (Splice Loss) , การสูญเสียจากการชื่อมต่อ (Connector Loss), การสูญเสียใน Fiber เนื่องจากความหนาแน่นเชิงแสง (Loss Inherent to Fiber) ,Loss จากการติดตั้ง , Loss จากระยะทาง

3.2.3 ขั้นตอนในการเก็บสถิติข้อมูล (Remote Preventive Maintenance)

3.2.3.1 ตารางของฐานข้อมูล (Table)

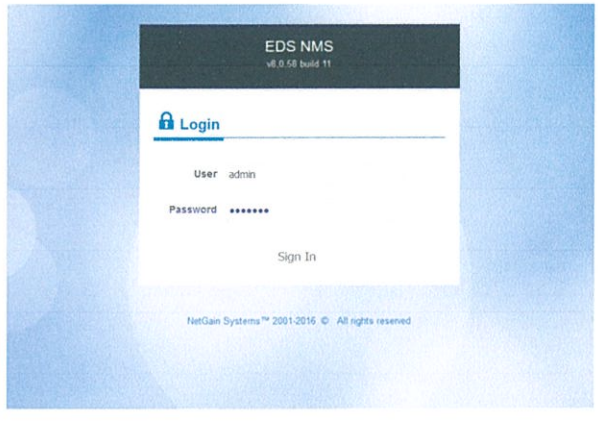
เป็นตารางที่บันทึกข้อมูลประเภทต่างๆในโครงสร้างฐานข้อมูลของระบบจะประกอบไปด้วยข้อมูล ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ตารางของฐานข้อมูล (Table)

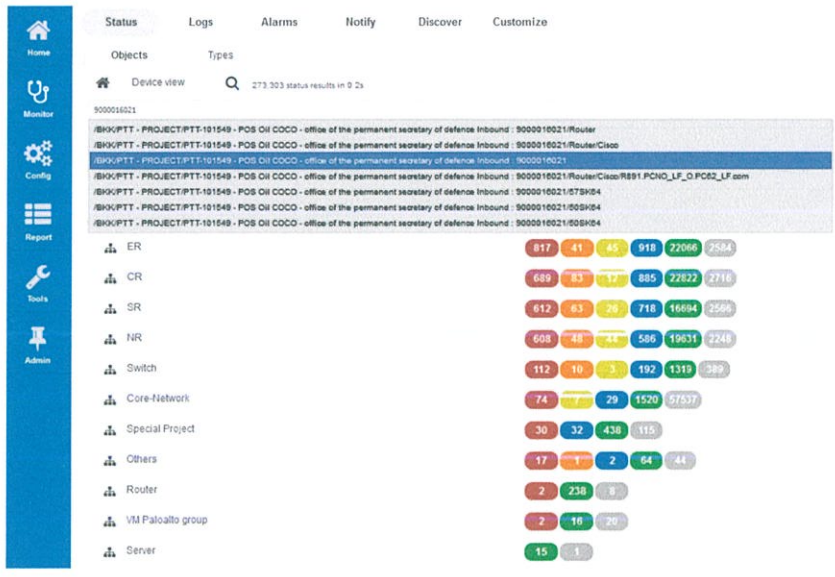
Non-Mobile Number	9000016021
PBL Code	101549
Customer Name	- POS Oil COCO -
Link Name	สน.ปตท. สาขาสวัสดิการสำนักงาน ปลัดกระทรวงกลาโหม (บางนาขาออก)
Region	BKK
Customer Location	เลขที่ 86 ซอย สุขุมวิท 64 ตำบล/แขวง บางจาก อำเภอ/เขต พระโขนง กรุงเทพ 10260

3.2.3.2 Show Values from Database

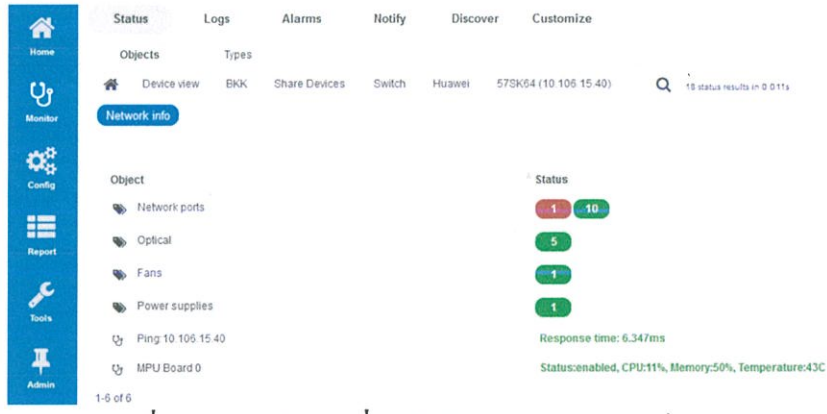
จากฐานข้อมูลในระบบ สามารถนำเลข Non-Mobile Number ของอุปกรณ์นั้นๆที่ต้องการทราบค่าทำการเรียกเก็บข้อมูล มาแสดงบนเว็บอินเตอร์เฟส และจะกำหนดให้เว็บอินเตอร์เฟสไปดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลย้อน หลัง 7 วัน เพื่อบันทึกเป็นสถิติข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ โดยทำการเข้าถึงแบบยืนยันตัวตน (authentication) ในระบบเพื่อเป็นการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล



รูปที่ 3.17 การเข้าถึงแบบ authentication จากหน้าเว็ปแอพอินเตอร์เฟส



รูปที่3.18 การนำฐานข้อมูลในระบบมาใช้เรียกเก็บค่า



รูปที่ 3.19 การจัดการเกี่ยวกับประเภทของอุปกรณ์

3.2.3.3 Add/Delete/Update Device Category

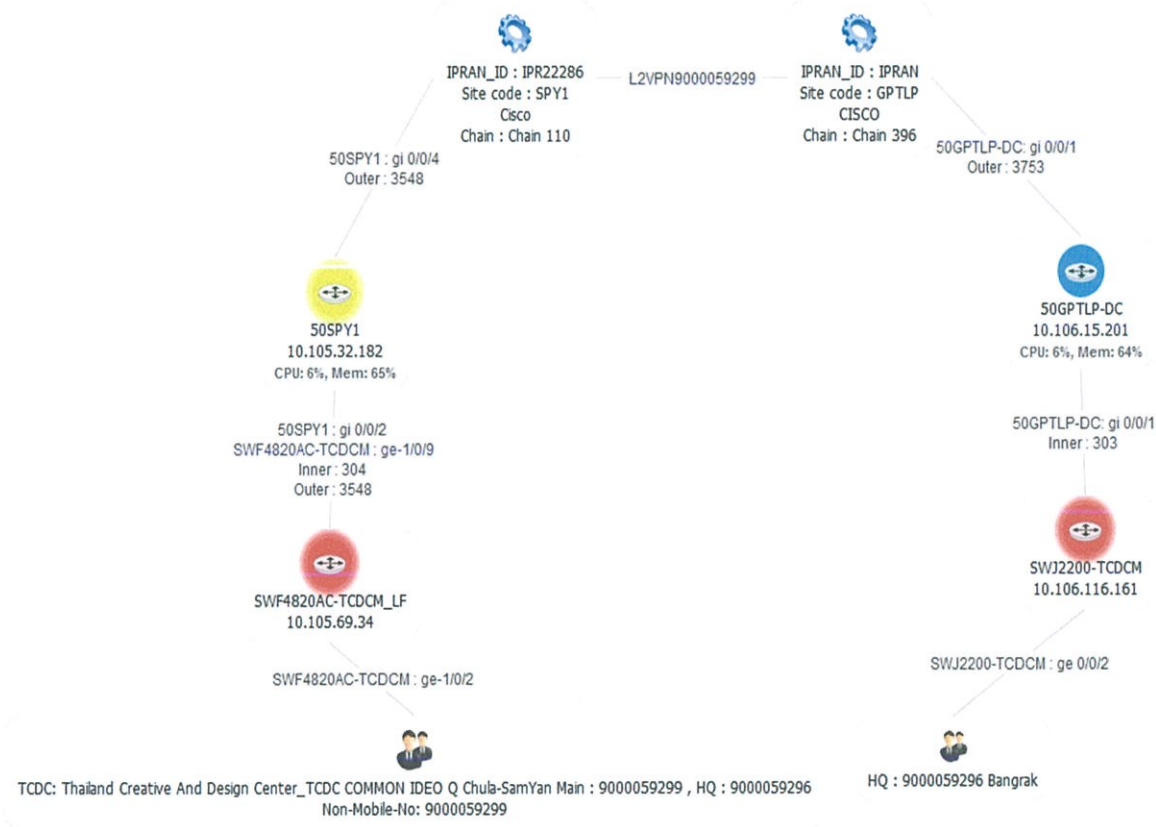
เป็นการจัดการเกี่ยวกับประเภทของอุปกรณ์ ต่างๆ ที่สามารถเพิ่มประเภทของอุปกรณ์ เปลี่ยนแปลงข้อมูลประเภทของอุปกรณ์ และลบประเภทของอุปกรณ์ แต่เนื่องจากในการลบ ประเภทของอุปกรณ์ จะมีความสัมพันธ์กับข้อมูลอุปกรณ์และข้อมูลรหัส PBL ที่ระบุให้กับประเภท ดังนั้นหากทำการลบข้อมูลประเภทของอุปกรณ์ จึงต้องดำเนินการลบข้อมูลที่เกี่ยวข้องด้วย

3.2.3.4 Add/ Delete Device

เป็นการจัดการเกี่ยวกับของอุปกรณ์ ต่างๆที่สามารถทำการเพิ่มอุปกรณ์ สามารถลบอุปกรณ์ ซึ่งการเพิ่มอุปกรณ์นั้นจะเป็นการบันทึก IP Address ของอุปกรณ์ที่อยู่บนระบบ Network และต้อง มีการระบุประเภทของอุปกรณ์ให้อุปกรณ์ด้วย ซึ่งสามารถทำการเพิ่มและลบ IP Address ให้กับอุปกรณ์บนเว็ปเซิฟเวอร์

3.2.3.5 การเชื่อมโยงของเครือข่าย (Branch map)

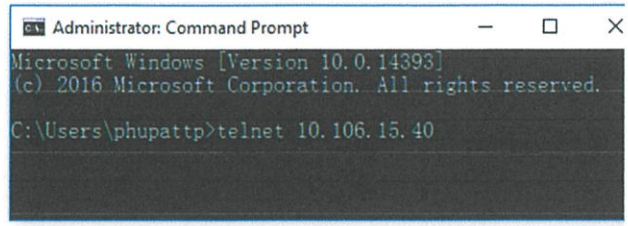
การเรียกดูเส้นทางการเชื่อมโยงของเครือข่าย แสดงให้เห็นถึงไดอาแกรมของการเชื่อมโยงตั้งแต่สถานีต้นมาง ถึงผู้ใช้ปลายทาง และทราบถึงหมายเลข IP ของอุปกรณ์ที่ต้องการโดยการตรวจสอบจะแบ่งแยกตาม Media ของอุปกรณ์ Router เพราะแต่ละ Media จะมีมาตรฐานแตกต่างกัน โดยหากเป็นการเชื่อมต่อโดยใช้สาย Fiber optic จะทำการตรวจสอบที่อุปกรณ์ต้นทาง และหากเป็นการเชื่อมต่อโดยสายทองแดง (copper)จะทำการตรวจสอบที่อุปกรณ์ปลายทาง



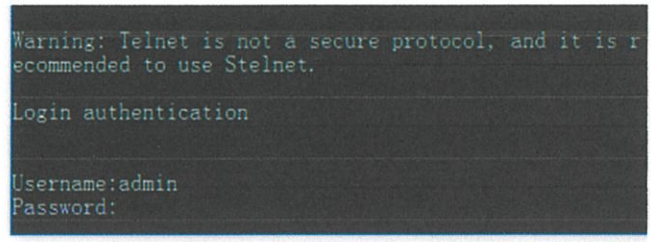
รูปที่ 3.20 การเชื่อมโยงของเครือข่าย (Branch map)

3.2.3.6 การเข้าถึงอุปกรณ์

ทำการเข้าถึงอุปกรณ์ที่ต้องการตรวจสอบโดยจะเป็นการเข้าถึงจาก IP Address ของอุปกรณ์ที่อยู่บนระบบ Network ของ AIS โดยสามารถเข้าถึงได้จาก server ภายในของบริษัท ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการยืนยันตัวตนเพื่อได้รับการอนุญาต (authentication) ในการเข้าระบบจัดการข้อมูลบริหารอุปกรณ์เครือข่าย และจะต้องเชื่อมต่อกับระบบอินทราเน็ต (intranet) ของภายในองค์กรเท่านั้น



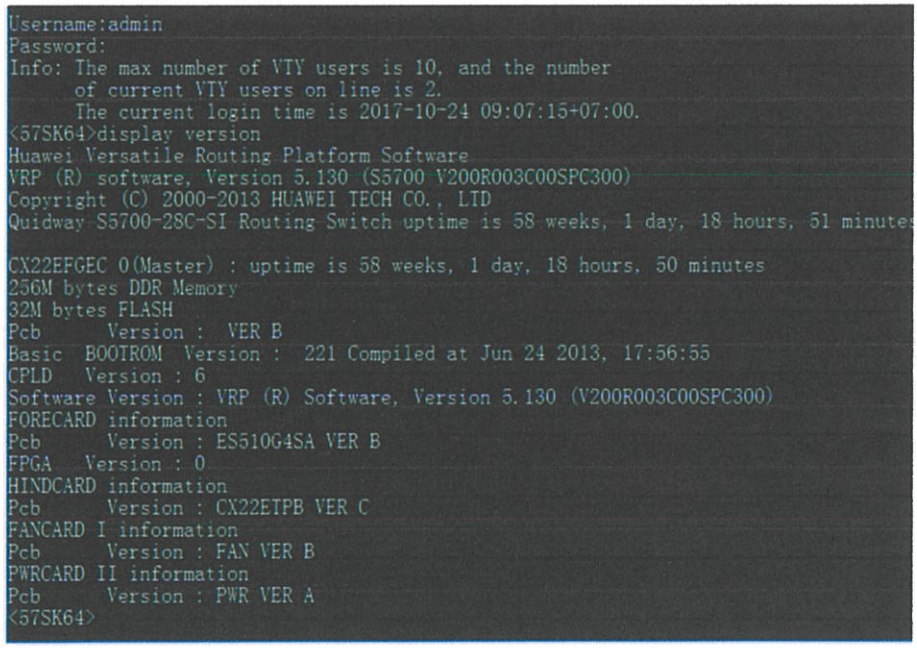
รูปที่ 3.21 การข้าถึงอุปกรณ์เร้าเตอร์ หรือ สวิชเบท



รูปที่ 3.22 การเข้าถึงแบบระบุตัวตน

3.2.3.7 ตรวจสอบประเภทอุปกรณ์การเชื่อมต่อ (Device Category)

ทำการตรวจสอบว่าหมายเลย IP นี้ มีการเชื่อมต่ออยู่กับสายประเภทใด ซึ่งแบ่งเป็นสายทองแดง และ fiber optic โดยใช้คำสั่ง display version ในคอมมานวินโดว์ เพื่อจะได้ทราบขั้นตอนการทดสอบในแต่ละประเภท การตรวจสอบว่าต่อกับเร้าเตอร์ระเภทใด เนื่องจากเราเตอร์แต่ละชนิดนั้นใช้คำสั่งในการตรวจสอบค่าต่างๆไม่เหมือนกัน

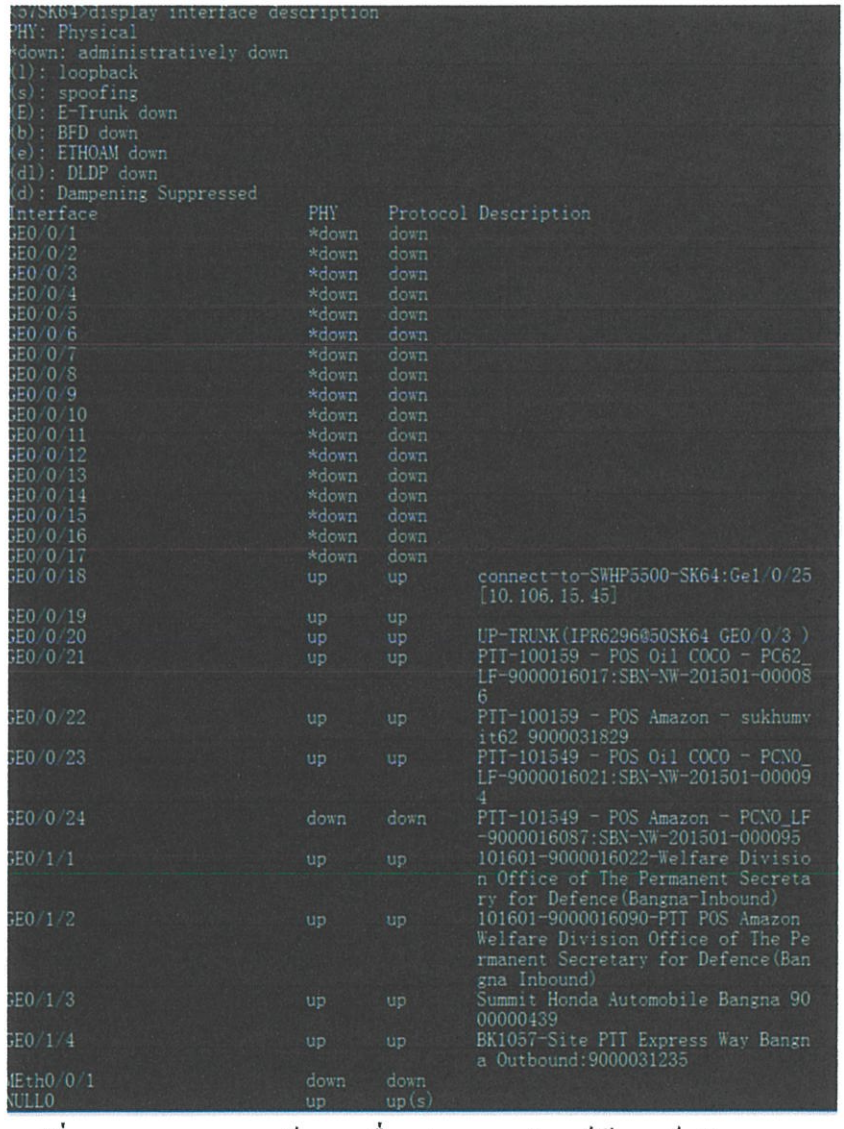


รูปที่ 3.33 การตรวจสอบชนิดอุปกรณ์เร้าเตอร์

3.2.3.8 ตรวจสอบพอร์ทการเชื่อมต่อ

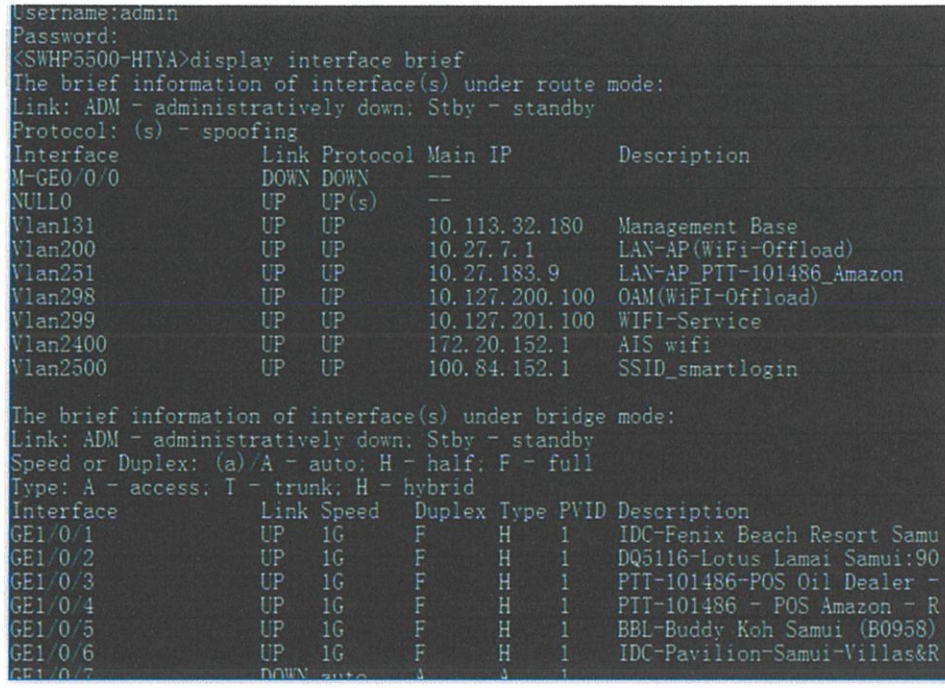
ทำการตรวจสอบพอร์ทการเชื่อมต่อเพื่อราบหมายเลขพอร์ทที่เชื่อมต่อกับเร้าท์เตอร์ที่ต้องการ โดยจะแบ่งการใช้คำสั่งตามชนิดของอุปกรณ์ ตัวอย่างการใช้คำสั่งในอุปกรณ์

- เร้าเตอร์ชนิด cisco จะใช้คำสั่ง display interface brief
- เร้าเตอร์ชนิดhuwei จะใช้คำสั่ง display interface description



```
S7SK64>display interface description
PHY: Physical
*down: administratively down
(l): loopback
(s): spoofing
(E): E-Trunk down
(b): BFD down
(e): ETHOAM down
(dl): DLDP down
(d): Dampening Suppressed
Interface                   PHY     Protocol Description
GE0/0/1                     *down   down
GE0/0/2                     *down   down
GE0/0/3                     *down   down
GE0/0/4                     *down   down
GE0/0/5                     *down   down
GE0/0/6                     *down   down
GE0/0/7                     *down   down
GE0/0/8                     *down   down
GE0/0/9                     *down   down
GE0/0/10                    *down   down
GE0/0/11                    *down   down
GE0/0/12                    *down   down
GE0/0/13                    *down   down
GE0/0/14                    *down   down
GE0/0/15                    *down   down
GE0/0/16                    *down   down
GE0/0/17                    *down   down
GE0/0/18                    up      up      connect-to-SWHP5500-SK64:Ge1/0/25
                                            [10.106.15.45]
GE0/0/19                    up      up
GE0/0/20                    up      up      UP-TRUNK(IPR6296@50SK64 GE0/0/3 )
GE0/0/21                    up      up      PTT-100159 - POS Oil COCO - PC62_
                                            LF-9000016017:SBN-NW-201501-00008
                                            6
GE0/0/22                    up      up      PTT-100159 - POS Amazon - sukhumv
                                            it62_9000031829
GE0/0/23                    up      up      PTT-101549 - POS Oil COCO - PCNO_
                                            LF-9000016021:SBN-NW-201501-00009
                                            4
GE0/0/24                    down    down    PTT-101549 - POS Amazon - PCNO_LF
                                            -9000016087:SBN-NW-201501-000095
GE0/1/1                     up      up      101601-9000016022-Welfare Divisio
                                            n Office of The Permanent Secreta
                                            ry for Defence(Bangna-Inbound)
GE0/1/2                     up      up      101601-9000016090-PTT POS Amazon
                                            Welfare Division Office of The Pe
                                            rmanent Secretary for Defence(Ban
                                            gna Inbound)
GE0/1/3                     up      up      Summit Honda Automobile Bangna 90
                                            00000439
GE0/1/4                     up      up      BK1057-Site PTT Express Way Bangn
                                            a Outbound:9000031235
MEth0/0/1                   down    down
NULL0                       up      up(s)
```

รูปที่ 3.24 ตรวจสอบพอร์ทการเชื่อมต่อของอุปกรณ์เร้าเตอร์ชนิด huwei



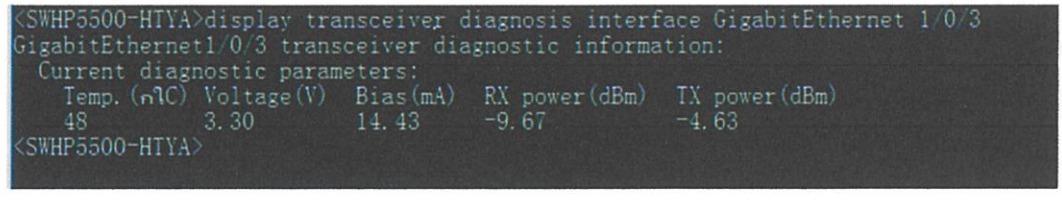
```
Username:admin
Password:
<SWHP5500-HTYA>display interface brief
The brief information of interface(s) under route mode:
Link: ADM - administratively down; Stby - standby
Protocol: (s) - spoofing
Interface            Link Protocol Main IP         Description
M-GE0/0/0            DOWN DOWN     --
NULL0                UP   UP(s)    --
Vlan131              UP   UP       10.113.32.180   Management Base
Vlan200              UP   UP       10.27.7.1       LAN-AP(WiFi-Offload)
Vlan251              UP   UP       10.27.183.9     LAN-AP_PTT-101486_Amazon
Vlan298              UP   UP       10.127.200.100  OAM(WiFI-Offload)
Vlan299              UP   UP       10.127.201.100  WIFI-Service
Vlan2400             UP   UP       172.20.152.1    AIS wifi
Vlan2500             UP   UP       100.84.152.1    SSID_smartlogin

The brief information of interface(s) under bridge mode:
Link: ADM - administratively down; Stby - standby
Speed or Duplex: (a)/A - auto; H - half; F - full
Type: A - access; T - trunk; H - hybrid
Interface            Link Speed   Duplex Type PVID Description
GE1/0/1              UP   1G      F      H    1    IDC-Fenix Beach Resort Samu
GE1/0/2              UP   1G      F      H    1    DQ5116-Lotus Lamai Samui:90
GE1/0/3              UP   1G      F      H    1    PTT-101486-POS Oil Dealer -
GE1/0/4              UP   1G      F      H    1    PTT-101486 - POS Amazon - R
GE1/0/5              UP   1G      F      H    1    BBL-Buddy Koh Samui (B0958)
GE1/0/6              UP   1G      F      H    1    IDC-Pavilion-Samui-Villas&R
GE1/0/7              DOWN auto    A      A    1
```

รูปที่ 3.25 ตรวจสอบพอร์ทการเชื่อมต่อของอุปกรณ์เร้าเตอร์ชนิด cisco

3.2.3.9 Get optical Values from Network

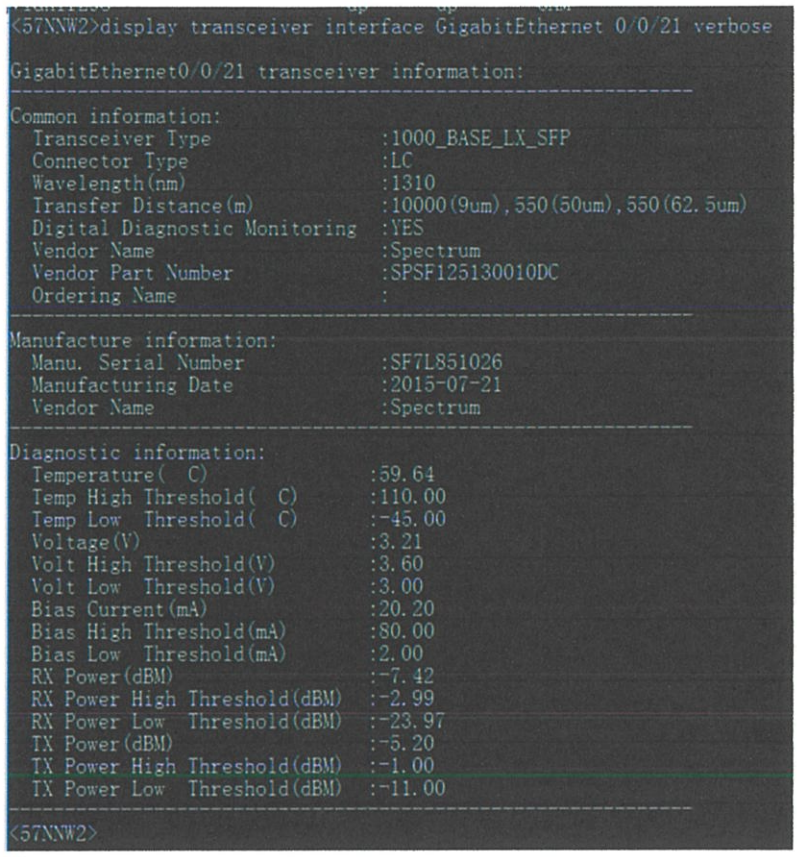
เป็นการ Get ค่าข้อมูล optical ของอุปกรณ์นั้นผ่านทางระบบ Network โดยการใช้ WebService ตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์นั้นๆ แบบ Real-Time โดยจะต้องส่งค่า IP Address และรหัส NonMobile ที่ต้องทราบค่าให้กับ WebService โดยเป็นการตรวจสอบระดับกำลังส่งสัญญาณแสงผ่านสายไฟเบอร์ออฟติก เมื่อทราบการว่าอุปกรณ์ของสถานีที่ต้องการ ต่ออยู่บนพอร์ทใดบนสวิชเบทจึงใช้คำสั่งใน command window เพื่อเช็คค่าแสงจากไฟเบอร์ออปติกที่ออกมาจากพอร์ทนั้น โดยใช้คำสั่งตามประเภทของเร้าเตอร์ ตามด้วยหมายเลขพอร์ท

- เร้าเตอร์ชนิด cisco จะใช้คำสั่ง display transceiver diagnostic interface GigabitEthernet 1/0/3
- เร้าเตอร์ชนิดhuwei จะใช้คำสั่ง display transceiver interface GigabitEthernet 0/0/21 verbose



```
<SWHP5500-HTYA>display transceiver diagnosis interface GigabitEthernet 1/0/3
GigabitEthernet1/0/3 transceiver diagnostic information:
  Current diagnostic parameters:
    Temp.(°C)  Voltage(V)  Bias(mA)  RX power(dBm)  TX power(dBm)
    48         3.30        14.43     -9.67          -4.63
<SWHP5500-HTYA>
```

รูปที่ 3.26 ตรวจสอบค่า optical power ของอุปกรณ์เร้าเตอร์ชนิด cisco



```
<57NNW2>display transceiver interface GigabitEthernet 0/0/21 verbose

GigabitEthernet0/0/21 transceiver information:
---------------------------------------------------------------------
Common information:
  Transceiver Type               :1000_BASE_LX_SFP
  Connector Type                 :LC
  Wavelength(nm)                 :1310
  Transfer Distance(m)           :10000(9um),550(50um),550(62.5um)
  Digital Diagnostic Monitoring  :YES
  Vendor Name                    :Spectrum
  Vendor Part Number             :SPSF125130010DC
  Ordering Name                  :
---------------------------------------------------------------------
Manufacture information:
  Manu. Serial Number            :SF7L851026
  Manufacturing Date             :2015-07-21
  Vendor Name                    :Spectrum
---------------------------------------------------------------------
Diagnostic information:
  Temperature(  C)               :59.64
  Temp High Threshold(  C)       :110.00
  Temp Low  Threshold(  C)       :-45.00
  Voltage(V)                     :3.21
  Volt High Threshold(V)         :3.60
  Volt Low  Threshold(V)         :3.00
  Bias Current(mA)               :20.20
  Bias High Threshold(mA)        :80.00
  Bias Low  Threshold(mA)        :2.00
  RX Power(dBM)                  :-7.42
  RX Power High Threshold(dBM)   :-2.99
  RX Power Low  Threshold(dBM)   :-23.97
  TX Power(dBM)                  :-5.20
  TX Power High Threshold(dBM)   :-1.00
  TX Power Low  Threshold(dBM)   :-11.00
---------------------------------------------------------------------
<57NNW2>
```

รูปที่ 3.27 ตรวจสอบค่า optical power ของอุปกรณ์เร้าเตอร์ชนิด huwei

3.2.3.10 Insert Values to Database

คือการนำค่าข้อมูลของรหัส PBL ของอุปกรณ์นั้นๆ ที่ได้จาก Web Service (จากข้อ3.2.3.9) มาบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล เพื่อทำการบันทึกสถิติและเทียบค่ากับมาตรฐานต่างๆ ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนต่อไป

ในส่วนนี้ได้ทำการคัดเลือกสถานีฐานที่นำมาใช้แสดงการตรวจวัด จึงเลือกสถานีตัวอย่างชื่อ "SCBDP" มาเป็นตัวอย่างในการแสดงการตรวจวัดครั้งนี้ ซึ่งผลลัพธ์ทั้งหมด 50 สถานีฐาน จะทำการแสดงในตารางที่4.2 ในบทต่อไป โดยผลลัพธ์ที่แสดงนี้เป็นการตรวจสอบที่บ่งบอกคุณภาพของการให้บริการ Service ของ AIS ว่าสามารถให้บริการได้อย่างต่อเนื่อง และไม่ทำให้เกิดปัญหาภายในอนาคต การ Remote Preventive Maintenance จะแบ่งเป็น 2 ส่วน แยกตาม Media ของอุปกรณ์ Router เพราะแต่ละ Media จะมีมาตรฐานแตกต่างกัน โดยจะทำการตรวจสอบข้อมูลดังนี้

1. หัวข้อในการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล

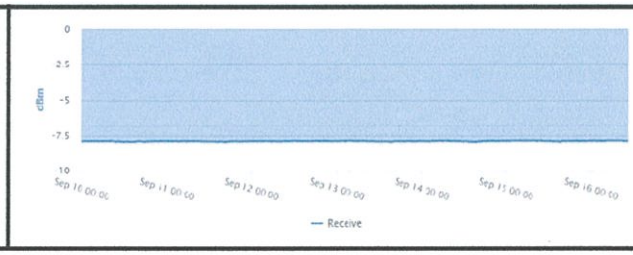
No.	Preventive List	Result			
		Statistic 7 Days	Standard	Average	Status

รูปที่ 3.28 หัวข้อในการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล

- Preventive List : แสดงถึงหัวข้อในแต่ละส่วนที่จะทำการตรวจสอบ
- Statistic 7 Days : แสดงกราฟการใช้งานในช่วง 7 วันที่ผ่านมา (นับจากวันที่เก็บสถิติ)
- Standard : ค่ามาตรฐานตามแต่ละหัวข้อที่ควรจะเป็น
- Average : ค่าเฉลี่ยที่อ่านได้ในช่วง 7 วันที่ผ่านมา (นับจากวันที่เก็บสถิติ)
- Status : แสดงสถานะจากค่าที่อ่านได้ ว่าปกติหรือไม่
    - PASS : ปกติ
    - WRONG : ไม่ได้ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

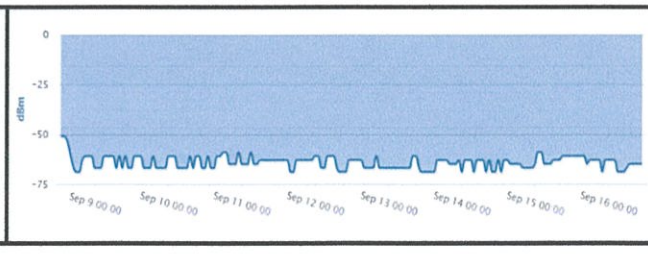
2. การเก็บสถิติค่าสัญญาณมี 2 แบบ คือ

Router ที่ใช้งานผ่านสาย Fiber Optic จะเป็นค่า Optical Power (dBm) โดยกราฟที่อ่านได้จะอยู่ในแกนลบ ทำให้เป็นกราฟคว่ำ ค่าที่ได้ไม่ควรต่ำกว่า -23.79 (ประมาณ -24) dBm

1	Optical Power (dBm)		> -23.97	- 7.88	PASS

รูปที่ 3.29 กราฟ Optical Power จาก Router ที่ใช้งานผ่านสาย Fiber Optic

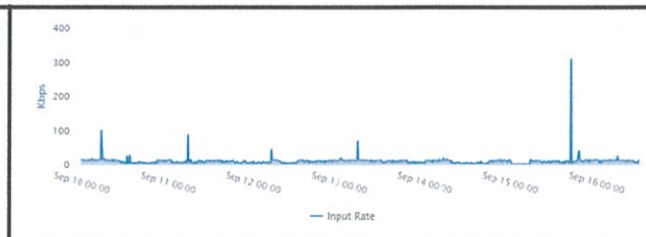
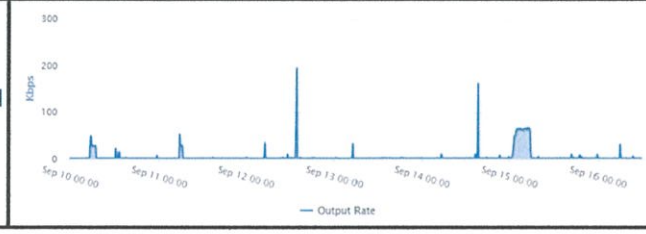
Router ที่ใช้งานผ่านสัญญาณ 3G2100 จะเป็นค่า Radio Signal (dBm) โดยกราฟที่อ่านได้จะอยู่ในแกนลบ ทำให้เป็นกราฟคว่ำ ค่าที่ได้ไม่ควรต่ำกว่า -90 dBm

1	Radio Signal (dBm)		> - 90	- 65	PASS

รูปที่ 3.30 กราฟ Radio Signal จาก Router ที่ใช้งานผ่านสัญญาณ 3G2100

3. ปริมาณการรับส่งข้อมูล Traffic

จะแสดงกราฟทั้ง Input Rate (ขาส่งข้อมูลจากปลายทางหรือ Upload) และ Output Rate (ขารับข้อมูลที่ปลายทางหรือ Download) ไม่ควรเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด (ขึ้นอยู่กับข้อตกลงซื้อขาย) จากกราฟจะอ่านได้ว่า ลูกค้ามีการส่งข้อมูล (Upload) สูงสุดที่ประมาณ 300 kbps เฉลี่ยประมาณ 12.8 kbps และรับข้อมูล (Download) สูงสุดที่ประมาณ 200 kbps เฉลี่ยประมาณ 1.19 kbps ซึ่งปริมาณการรับ-ส่งข้อมูลดังกล่าว ยังไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้

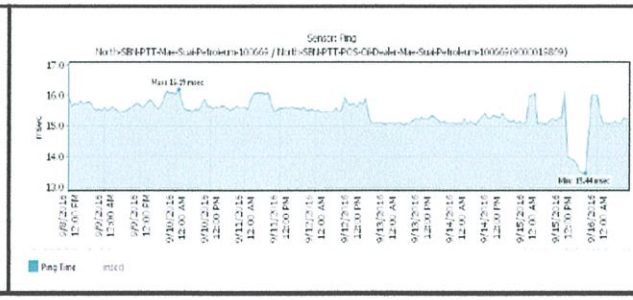
2	Traffic	Upload (kbps)		< 2,000	12.8	PASS
		Download (kbps)		< 2,000	1.19	PASS

รูปที่ 3.31 กราฟปริมาณการรับส่งข้อมูล Traffic

4. ความเร็วในการรับส่งข้อมูล WAN Monitor (msec)

1.1 Router ที่ใช้สื่อไฟเบอร์ออฟติก (Fiber Optic)

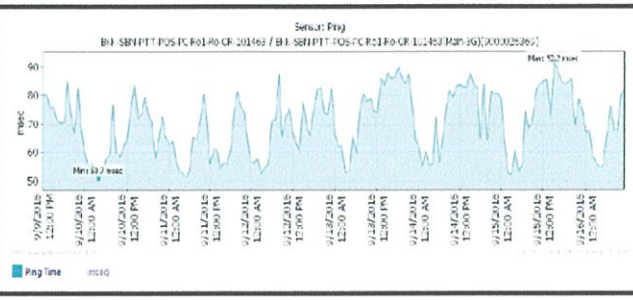
จากกราฟอ่านได้ว่า ความเร็วเฉลี่ยอยู่ 15.25 msec ถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ไม่มีความหน่วงของเวลา (Delay time)

3	WAN Monitor (msec)		< 50	15.25	PASS

รูปที่ 3.32 กราฟความเร็วในการรับส่งข้อมูลของ Router ที่ใช้สื่อไฟเบอร์ออฟติก

1.2 Router ที่ใช้สื่อ Mobile Network (3G2100)

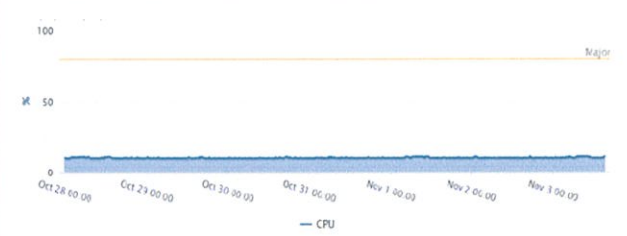
จากกราฟอ่านได้ว่า ความเร็วเฉลี่ยอยู่ 82 msec ถือว่าอยู่ในระดับปกติ ไม่มีความหน่วงของเวลา (Delay time) *ด้วยสื่อที่เป็นอากาศจะทำให้เวลาช้ากว่า Leased-Line

3	**WAN Monitor (msec)**		< 200	72	**PASS**

รูปที่ 3.33 กราฟความเร็วในการรับส่งข้อมูลของ Router ที่ใช้สื่อ Mobile Network (3G2100)

5. ปริมาณการทำงานของโหลด CPU

CPU ที่อ่านได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.67% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

4	**CPU (%)**		< 80	10.67	**PASS**

รูปที่ 3.34 ปริมาณการทำงานของโหลด CPU

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ผลการตรวจสอบระบบสังเกตการณ์การทำงานของเซิร์ฟเวอร์ ที่ใช้ในสถานีฐานซึ่งอยู่ในการให้บริการของบริษัทAIS ซึ่งได้จากการตรวจสอบคุณภาพการใช้งาน โดยจะแบ่งออกเป็น4จุดประสงค์ โดยมีผลการดำเนินงาน และการวิเคราะห์สถิติข้อมูลย้อนหลัง7วัน เพื่อนำไปพัฒนาคุณภาพการให้บริการต่อไป ซึ่งสามารถแสดงได้เป็นลำดับดังนี้

4.1 ผลการดำเนินโครงการตามวัตถุประสงค์ที่ 1

สำหรับการเก็บข้อมูลในส่วนนี้เป็นการบันทึกค่าจากการเครื่องมือวัดโดยการออกไซด์นอกสถานที่และอยู่ในความควบคุมดูแลของพนักงานที่ปรึกษา มีการตรวจวัดที่เป็นค่าเรียลไทม์ ซึ่งจะเก็บข้อมูลในส่วนของสถานีฐาน ทั้งข้อมูลด้านคุณภาพสัญญาณและด้านกายภาพของอุปกรณ์ โดยมีการศึกษาเส้นทางการเดินสาย ใช้เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของเครือข่าย

4.1.1 ผลการตรวจวัดจำนวน 48 สถานีฐาน

ผลการตรวจวัดจำนวน 48 สถานีฐาน โดยเก็บข้อมูลค่าต่างๆที่กำหนดไว้จากหัวข้อที่3.1 โดยมีรายเอียดข้อมูลแสดงได้ตามตารางที่ 4.1

4.2 ผลการดำเนินโครงการตามวัตถุประสงค์ที่ 2

ผลการตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณ และปริมาณการใช้งานจากระยะไกล โดยใช้โปรโตคอล SNMP ผ่านเว็ปแอปพลิเคชั่น NMS Netgain โดยที่โปรแกรมจะเข้าไปเก็บข้อมูลการทำงานของแต่ละเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางโพรโทคอล SNMP การเข้าไปดึงข้อมูลเป็นช่วงเวลาย้อนหลัง 7 วัน จากนั้น NMS Netgain จะทำหน้าที่แปลงข้อมูลเป็นค่าแสง และค่าต่างๆออกมา และทำการแสดงผลข้อมูลที่ได้จากการเก็บชุดข้อมูลต่างๆลงในฐานข้อมูล MIBs มีการนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลขึ้นมาแสดงผลในรูปแบบของกราฟผ่านทางเว็บอินเตอร์เฟส และมีการรายงานการทำงานของเซิร์ฟเวอร์ในแต่ละช่วงเวลาแบบเรียลไทม์

4.2.1 ผลการตรวจวัดจำนวน 48 สถานีฐาน

ผลการตรวจวัดจำนวน 48 สถานีฐาน โดยเก็บข้อมูลค่าต่างๆที่กำหนดไว้จากหัวข้อที่ 3.2 โดยมีรายเอียดข้อมูลแสดงได้ตามตารางที่ 4.2

4.2.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟสถิติ หาความผิดพลาดและวิธีแก้ไข

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าการเก็บข้อมูลของโพรโตคอล SNMP จะเก็บต่อเนื่องทุก 1 นาที เนื่องจากการเก็บข้อมูลของสถานีฐานในแต่ละครั้งอาจจะมีความผิดพลาด เช่น ระบบมีความไม่ต่อเนื่องของการส่งข้อมูลเข้า Data base, การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ทำให้ข้อมูลเกิดความผิดเพี้ยน จนบ้างครั้งไม่มีมาตรฐาน หรือข้อมูลอาจจะไม่เพียงพอมากพอที่จะใช้ประเมินประสิทธิภาพต่างๆของระบบเป็นต้น ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการกับข้อมูลพวกนี้ ก่อนที่จะทำการบันทึกเป็นสถิติทุกครั้ง เพื่อคุณภาพของผลลัพธ์ ฉะนั้นก่อนที่ทำการบันทึกสถิติ จะมีการศึกษาข้อมูลโดยละเอียด และหาวิธีแก้ไขข้อผิดพลาด

เท่าที่จะทำได้ โดยไม่ให้มีผลกระทบต่อการจัดเก็บข้อมูลภายในระบบ โดยจากการพิจรณากราฟ ตรวจพบลักษณะที่มีความผิดปกติ 6 ประเภท ดังนี้

4.2.2.1 ข้อมูลส่วนค่ากำลังแสงจากสายไฟเบอร์ออปติก มีบางข้อมูลที่ไม่อยู่ในแนวโน้มของมาตรฐานที่กำหนด หรือต่ำกว่ามาตรฐาน จึงทำให้ เส้นกราฟสีน้ำเงินที่ถูกเฉลี่ยไว้มีความผิดปกติ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดความผิดพลาดของการส่งข้อมูลข่าวสาร

สาเหตุ : ความผิดปกตินี้ เกิดจากค่าการสูญเสียของสัญญาณแสงในสาย Fiber Optic โดยมีสาเหตุหลายประการเช่น

1.) Bending Loss เนื่องจากการโค้งงอของสาย เกินค่ามาตรฐานที่ผู้ผลิตกำหนด เกิดจากปัญหาการโค้งงอของสาย เกินค่ารัศมี ความโค้งงอของสายตามปกติ (Minimum Bend Radius) อย่างไรก็ดี Bending Loss ยังสามารถเกิดขึ้นได้จากการองค์ประกอบย่อยๆ ดังนี้

- ความโค้งที่มีความแหลมบริเวณแกนของสาย
- ความไม่สมบูรณ์ของ Buffer และ Jacket โดยมีความคลาดเคลื่อนของการวางตำแหน่งระหว่างกัน ที่ห่างประมาณ 2-3 มิลลิเมตร
- การติดตั้งสายไม่ถูกวิธีหรือไม่เรียบร้อย
- ปัจจัยต่างๆเหล่านี้ เรียกว่า Micro bending สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อความยาวของสายเพิ่มมากขึ้น

2.) Splice Loss สามารถเกิดขึ้น ณ ที่ใดก็ได้ที่มีการตัดต่อและเชื่อมสายเข้าด้วยกัน การสูญเสียอันเนื่องมาจากการ ทำ Splice ที่ไม่สมบูรณ์ โดยประกอบด้วย การ Loss 2 แบบ ได้แก่

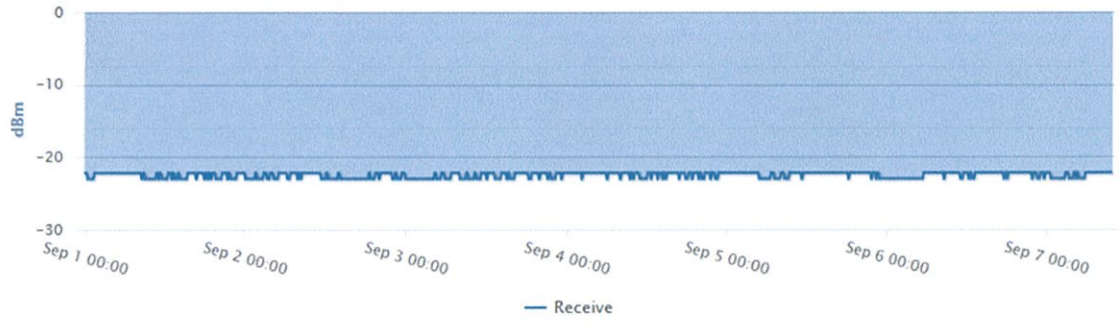
- Mechanical Loss จะมีอัตราสูงที่สุด เมื่อเทียบกับ Fusion Splicing โดยมีอัตราการ Loss ตั้งแต่ 0.2 ไปจนถึง 1.0 dB ขึ้นไป
- Fusion Splice มีอัตราการ Loss ต่ำสุด โดยมีอัตราการ Loss ต่ำกว่า 0.1 dB และอัตราการ Loss ที่ต่ำกว่า 0.05 เป็นเรื่องที่เป็นไปได้ หากใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ Splice ที่มีคุณภาพดี

3.) Connector Loss การสูญเสียที่เกิดขึ้นจาก Fiber Optic Connector สามารถมีระดับ 0.25 ไปจนถึง 1.5 dB และขึ้นอยู่กับชนิดของ Connector ที่ใช้งานอีกด้วย นอกจากนี้ยังมี Factor อื่นๆ ที่ทำให้เกิดการ Loss ของ Connector ดังนี้

-ปัญหาสกปรก หรือ Contamination บน Connector (ปัญหาที่เกิดบ่อยที่สุด)
-การติดตั้ง Connector ที่ไม่ถูกต้องไม่เรียบร้อย
- การชำรุดเสียหายที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของ Connector

4.) Loss Inherent to Fiber การสูญเสียใน Fiber ที่ไม่สามารถจะขจัดไปได้ ในระหว่างกระบวนการผลิต มีสาเหตุเกิดจาก Impurities ในกระจก รวมทั้งการดูดซึมของแสงในระดับของโมเลกุล การสูญเสียของแสงขึ้นอยู่กับ ความหนาแน่นเชิงแสง ส่วนประกอบของ Fiber Optic รวมทั้งโครงสร้างทางโมเลกุลของ Fiber ซึ่ง เรียกว่า Rayleigh Scattering เมื่อแสงมากระทบกับส่วนประกอบดังกล่าว ก็จะเกิดการ กระจายตัวของแสงไปยังทิศทางต่างๆขึ้น

5.) Loss จากการติดตั้ง เนื่องจากว่า สาย Fiber Optic มีส่วนมากที่ทำมาจาก Silica และกระจก ดังนั้น ถึงแกนกลางของสายจะได้รับการป้องกันจาก Jacket เปลือกนอกของสาย รวมถึงโค้งสร้าง อื่นๆด้วยแล้ว แต่การติดตั้งที่ขาดความระมัดระวัง การติดตั้งที่ทำให้เกิดความเสียหายกับแก้วแกนกลาง ภายใน เมื่อสายได้ถูกกระทำจากแรงเหล่านี้ในการติดตั้งมากเกินไป อาทิ แรงกด แรงกระแทก แรงเหวี่ยง แรง ดึง แรงบิด (กล่าวไปในขั้นตอนการทดสอบสายไฟเบอร์ติก) ก็จะทำให้เกิดค่า Loss

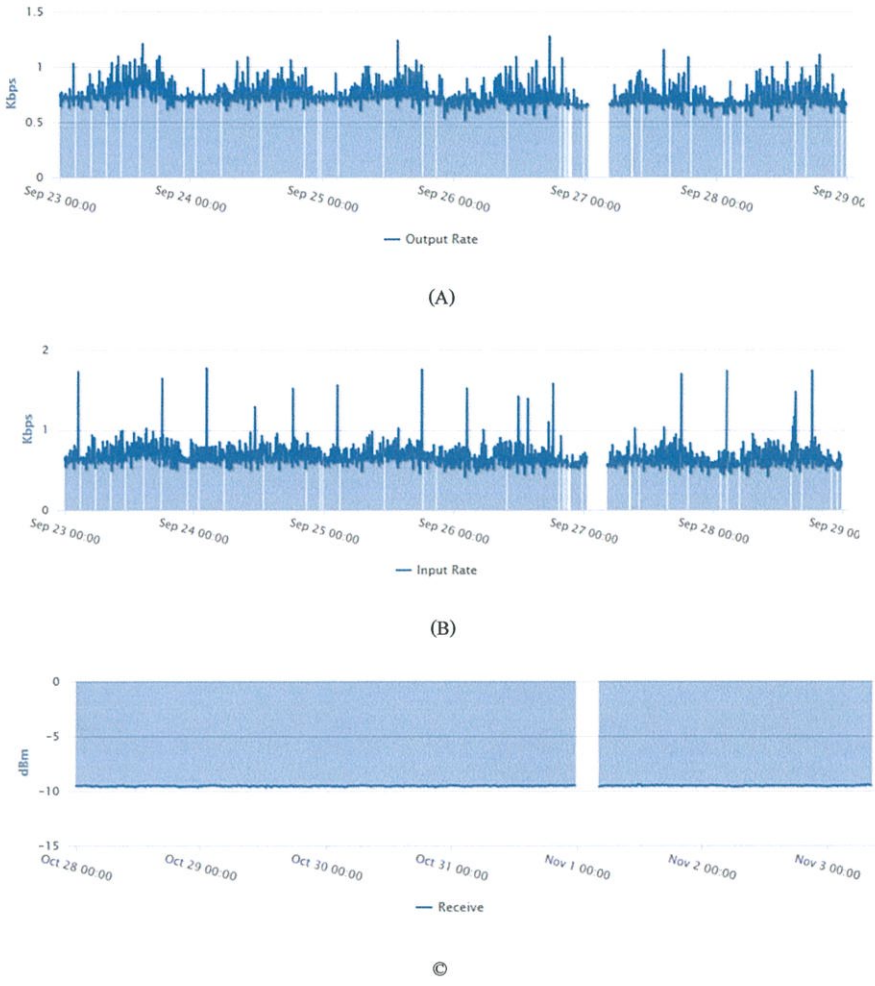


รูปที่ 4.1 ตัวอย่างกราฟกำลังของแสงที่มีแนวโน้มต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

วิธีการแก้ไข : ให้ระบุสถานะว่าอยู่ระหว่างดำเนินการ (On Progress) เนื่องจากสาเหตุการเกิดค่าความสูญเสียหรือค่า Loss ในระบบ และทำการแจ้งฝ่ายที่มีหน้าที่รับผิดชอบในส่วนนี้ ทดสอบระบบด้วยเครื่องทดสอบ OTDR และดำเนินการแก้ไขปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป

4.2.2.2 ข้อมูลส่วนของค่ากำลังแสงจากสายไฟเบอร์ออปติก การทำงานของโหลด และปริมาณการใช้งาน มีบาง ช่วงของข้อมูลที่ขาดหายไป ในช่วงเวลาเดียวกัน

สาเหตุ : ความผิดปกตินี้ มีสาเหตุเนื่องจากข้อมูลต่างๆจากสถานีฐานถูกเก็บเข้ายัง Data base ซึ่งข้อมูลนั้นจะ ถูกเก็บเป็น log รายนาที ทำให้ในช่วงเวลาที่เกิดการซ่อมแซมหรือปิดชั่วคราวเพื่อปรับปรุงสถานที่ในส่วนของผู้ใช้ จึงไม่ปรากฏข้อมูลในช่วงเวลานี้ในสถิติข้อมูล

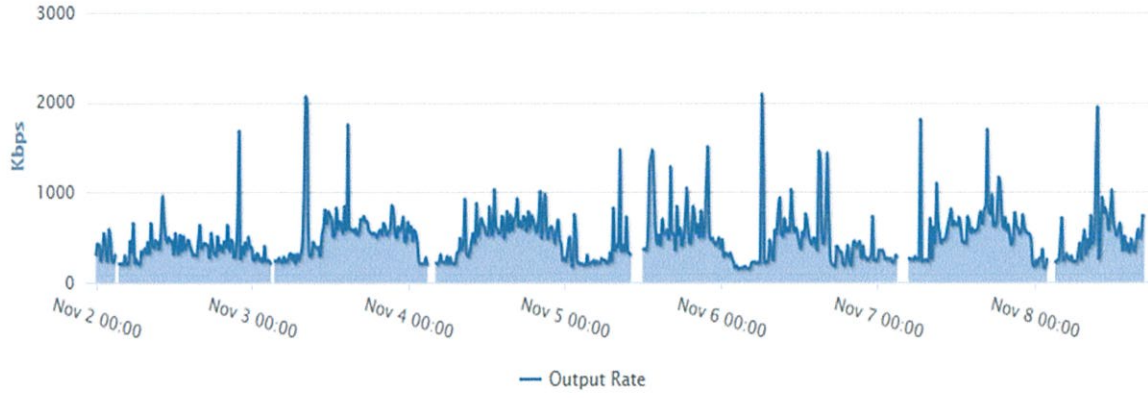


รูปที่ 4.2 ตัวอย่างกราฟของข้อมูลที่ขาดหายไป ในช่วงเวลาเดียวกัน

วิธีการแก้ไข : แก้ไขด้วยกระบวนการเก็ทค่าข้อมูลมาใหม่จากเว็ปอินเตอร์เฟส ใช้ discover devoice ใน netgain system (ตามวิธที่ระบุในหัวข้อ 3.2.3) เป็นการเรียกข้อมูลมาใหม่ โดยใช้SNMP และลบข้อมูลที่ผิดปกติทิ้งไป โดยต้องรอเป็นเวลา 7 วันจึงจะทำการเก็บสถิติข้อมูลอีกครั้ง

4.2.2.3 ข้อมูลส่วนของปริมาณการใช้งาน มีบาง ช่วงของข้อมูลที่มีแนวโน้มสูงเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ทั้ง Input Rate (ขาส่งข้อมูลจากปลายทางหรือ Upload) และ Output Rate (ขารับข้อมูลที่ปลายทางหรือ Download จากกราฟจะอ่านได้ว่า ลูกค้ามีการรับข้อมูล (Download d) มีแนวโน้มสูงเกินกว่า 2 Mbps ซึ่งเกินกว่าค่าแบนวิทที่กำหนดไว้

สาเหตุ : ให้ระบุสถานะว่าอยู่ระหว่างดำเนินการ (On Progress) โดยความผิดปกตินี้ มีสาเหตุเนื่องจากมีการใช้งานการรับส่งข้อมูลต่างๆข้อผู้ใช้เวลาเดียวกันมีปริมาณมาก

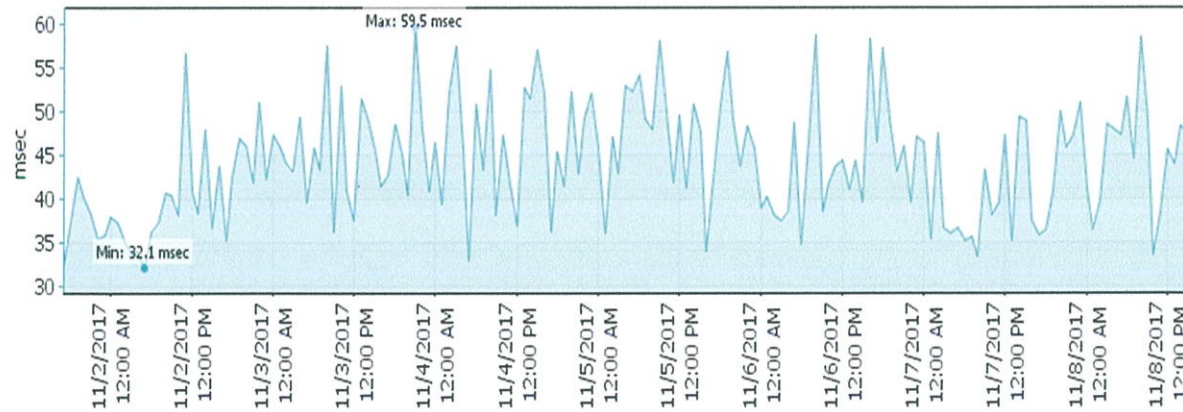


รูปที่ 4.3 ตัวอย่างกราฟของข้อมูลที่มีแนวโน้มสูงเกินแบนวิทที่กำหนด

วิธีการแก้ไข : ปริมาณการรับ-ส่งข้อมูลดังกล่าว สามารถนำมาเป็นส่วนในการพิจราณาขยายแบนวิทเพื่อรองรับการใช้งานต่อไปได้ในอนาคต

4.2.2.4 ความเร็วในการใช้งานที่ทดสอบจากค่า Ping WAN มีแนวโน้มสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด จากกราฟอ่านได้ว่า ความเร็วเฉลี่ยอยู่ 82 msec ถือว่าอยู่ในระดับสูง มีความหน่วงของเวลา (Delay time) ด้วยสื่อที่เป็นอากาศจะทำให้เวลาช้ากว่า Leased-Line

สาเหตุ : เกิดจากบางช่วงเวลาอาจมีการใช้งานของผู้ใช้ปลายทางพร้อมกันในปริมาณมากทำให้การใช้งานการรับส่งข้อมูลเกิดความแออัด

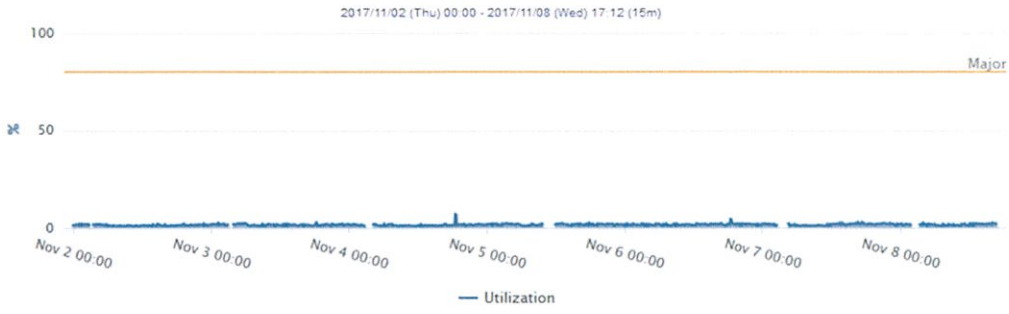


รูปที่ 4.4 ตัวอย่างกราฟของข้อมูลที่มีค่า Ping WAN มีแนวโน้มสูงกว่าค่ามาตรฐาน

วิธีการแก้ไข : ให้ระบุสถานะว่าอยู่ระหว่างดำเนินการ (On Progress) และแจ้งฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

4.2.2.5 ปริมาณการใช้งานโหลด มีค่าการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

สาเหตุ : ปริมาณการใช้งานที่ไม่ปรกติอาจเกิดจากการ Rnovate สถานที่หรือเกิดจากความผิดปกติของอุปกรณ์ที่สถานีฐาน



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างกราฟของข้อมูลที่มีค่าปริมาณการใช้งานโหลดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

วิธีการแก้ไข : ให้ระบุสถานะว่าอยู่ระหว่างดำเนินการ (On Progress) และแจ้งฝ่ายที่เกี่ยวข้องเพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

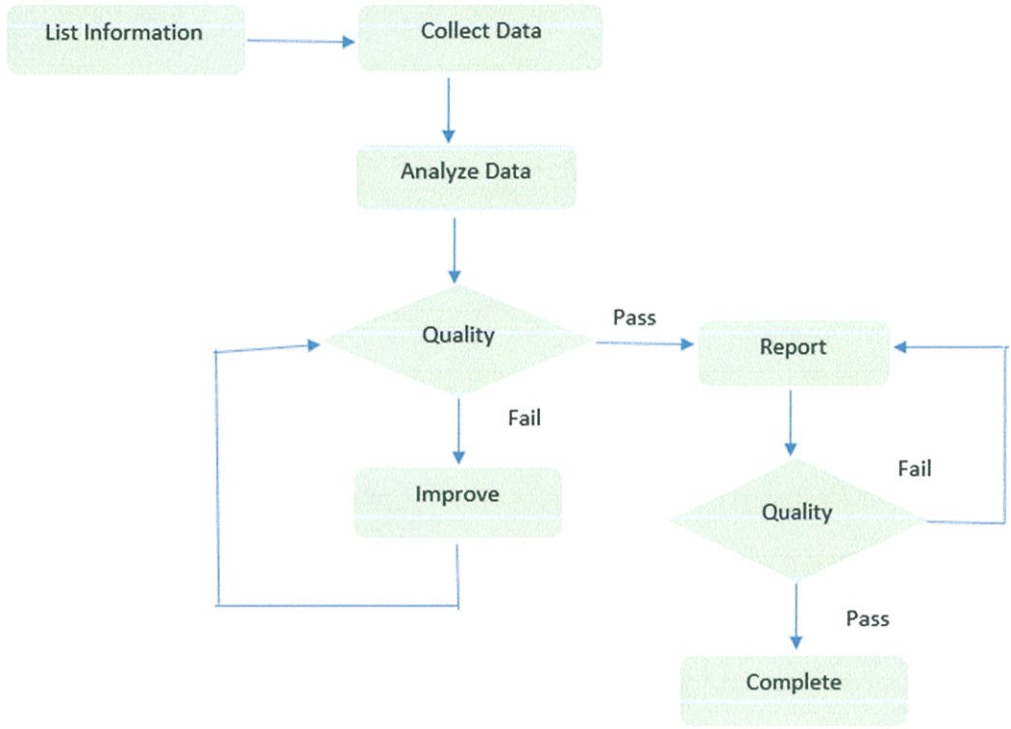
4.3 ผลการดำเนินโครงการตามวัตถุประสงค์ที่ 3

เปรียบเทียบผลการตรวจวัดกับเกณฑ์มาตรฐานขององค์กร ผลการตรวจวัดจำนวน 48 สถานีฐาน จากกำลังแสงที่รับได้โดยเปรียบเทียบระหว่างการดำเนินการโดยใช้โปรโตคอล SNMP แสดงได้ตามตารางที่ 4.3 และการตรวจสอบจากสถานที่จริงแสดงได้ตามตารางที่ 4.4

4.4 ผลการดำเนินโครงการตามวัตถุประสงค์ที่ 4

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของสัญญาณ จากกำลังแสงที่รับได้โดยเปรียบเทียบระหว่างการดำเนินการโดยใช้โปรโตคอล SNMP และการตรวจสอบจากสถานที่จริง แสดงได้ตามตารางที่ 4.5

โดยการเก็บข้อมูลต่างๆเป็นไปตามกระบวนการดังนี้



รูปที่ 4.6 กระบวนการเก็บข้อมูล

ตารางที่ 4.1 ผลการเก็บสถิติข้อมูลในหัวข้อที่3.1

No.	Non Mobile	LINK_NAME	PBL Code	PRO VINCE	Region	Date	Time	Optic Power (dBm)	Download (Kbps)	Upload (Kbps)
1	9000015966	อาคารศูนย์การเรียนรู้มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์รังสิต	600377	ปทุมธานี	BKK-CWT	01/09/2017	13.00น.	RX-12.15	11.88	0.48
2	9000016114	สน.ปตท. ถนนเกษตร - นวมินทร์	101620	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	01/09/2017	15.30น.	RX-7.17	10.47	1.03
3	9000023468	สน.ปตท.บจก.ปิโตรเลียม (ไทรน้อย)	102478	นนทบุรี	BKK-CWT	04/09/2017	15.30น.	Rx-7.12	11.46	0.96
4	9000016177	สน.ปตท. สาขาประชาชื่น	101381	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	04/09/2017	15.30น.	RX-7.47	10.1	0.77
5	9000016111	สน.ปตท. สาขาเลียบทางด่วนเอกมัย - รามอินทรา	101411	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	05/09/2017	13.00น.	RX-7.17	10.47	1.03
6	9000016114	สน.ปตท. ถนนเกษตร - นวมินทร์	101620	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	05/09/2017	15.30น.	RX-6.12	10.08	1.22
7	9000016165	สน.ปตท. สาขานวนคร	101715	ปทุมธานี	BKK-CWT	06/09/2017	13.00น.	RX-7.47	10.1	0.77
8	9000016331	แม็กซ์แวลู หลักสี่	600159	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	06/09/2017	15.30น.	RX-6.11	10.79	1.56

No.	Non Mobile	LINK_NAME	PBL Code	PROVINCE	Region	Date	Time	Optic Power (dBm)	Download (Kbps)	Upload (Kbps)
9	9000016382	โครงการ The Tree	600152	ปทุมธานี	BKK-CWT	07/09/2017	13.00น.	Rx-12.36	10.39	1.02
10	9000016409	Imagine Village มหาวิทยาลัยกรุงเทพวิทยาเขตรังสิต	600160	ปทุมธานี	BKK-CWT	07/09/2017	15.30น.	RX-5.35	10.22	1.05
11	9000016418	ห้างสรรพสินค้าเทสโก้ โลตัส นวนคร	600203	ปทุมธานี	BKK-CWT	08/09/2017	13.00น.	RX-4.87	10.07	0.96
12	9000016427	ศูนย์การค้าเซียร์ รังสิต ชั้น Barement	600209	ปทุมธานี	BKK-CWT	08/09/2017	15.30น.	RX-3.91	10.07	1.09
13	9000016445	โรงพยาบาลเกษมราษฎร์ ประชาชื่น	600211	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	11/09/2017	13.00น.	RX-9.60	10.24	0.83
14	9000016507	เอสพลานาด ซีนีเพล็กซ์ (งามวงศ์วาน-แคราย) ชั้น G	600240	นนทบุรี	BKK-CWT	11/09/2017	15.30น.	Rx-10.15	10.99	1.51
15	9000016316	ศูนย์การค้าฟิวเจอร์พาร์ค รังสิต	600155	ปทุมธานี	BKK-CWT	12/09/2017	13.00น	RX-6.56	10.34	1.83
16	9000016570	สาขาตลาดยิ่งเจริญ	600268	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	12/09/2017	15.30น.	RX-9.29	9.92	1.02

No.	Non Mobile	LINK_NAME	PBL Code	PROVINCE	Region	Date	Time	Optic Power (dBm)	Download (Kbps)	Upload (Kbps)
17	9000016576	สาขา ป.ป.ช.	600271	นนทบุรี	BKK-CWT	13/09/2017	13.00น.	Rx-9.64	10.41	1.18
18	9000016584	อาคารพันธุ์ไม้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร	600273	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	13/09/2017	15.30น.	RX-15.29	10.07	1.03
19	9000016632	N-Mark (ห้างน้อมจิต) ชั้น 2	600293	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	14/09/2017	13.00น.	RX-6.47	10.06	1.35
20	9000016641	โฮมโปร สาขาราชพฤกษ์ ชั้น 1	600299	นนทบุรี	BKK-CWT	14/09/2017	15.30น.	Rx-18.11	10.34	1.42
21	9000016644	เทสโก้ โลตัส สาขาลาดพร้าว 101 ชั้น 1	600297	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	15/09/2017	13.00น.	RX-7.79	10.97	1.43
22	9000016719	PTTRM สาขา นนทบุรี - สุพรรณ กม.30	600011	นนทบุรี	BKK-CWT	15/09/2017	15.30น.	Rx-14.99	10.97	1.27
23	9000016722	PTTRM สาขา นนทบุรี - บิ๊กซี	600012	นนทบุรี	BKK-CWT	18/09/2017	13.00น.	Rx-9.61	10.33	0.73
24	9000016731	PTTRM สาขา นนทบุรี - รัตนาธิเบศน์ 2	600073	นนทบุรี	BKK-CWT	19/09/2017	15.30น.	Rx-9.47	10.05	1.45
25	9000016743	PTTRM สาขา ปทุมธานี - ธรรมศาสตร์ (รังสิต)	600017	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	19/09/2017	13.00น.	RX-8.73	10.23	1.18

No.	Non Mobile	LINK_NAME	PBL Code	PROVINCE	Region	Date	Time	Optic Power (dBm)	Download (Kbps)	Upload (Kbps)
26	9000016746	PTTRM สาขา ปทุมธานี-พหลโยธิน กม.30 (เซียร์)	600018	ปทุมธานี	BKK-CWT	20/09/2017	15.30น.	Rx-8.28	10.3	1.01
27	9000016749	PTTRM สาขา ปทุมธานี-ลำลูกกา 3	600019	ปทุมธานี	BKK-CWT	20/09/2017	13.00น.	RX-5.56	10.07	1.23
28	9000016752	PTTRM สาขา ปทุมธานี-ลำลูกกา 2 (แทพไลน์)	600020	ปทุมธานี	BKK-CWT	21/09/2017	15.30น.	RX-7.25	10.09	0.98
29	9000016758	PTTRM สาขา ปทุมธานี - ไพน์เฮริสท์	600074	ปทุมธานี	BKK-CWT	21/09/2017	13.00น	RX-8.58	1.15	0.98
30	9000017017	PTTRM สาขา กรุงเทพฯ - รามอินทรา 1	600070	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	22/09/2017	15.30น.	RX-24.01	10.46	1.49
31	9000016725	PTTRM สาขา นนทบุรี - วงแหวน (บางใหญ่)	600013	นนทบุรี	BKK-CWT	18/09/2017	13.00น.	Rx-6.22	10.77	1.03
32	9000017029	PTTRM สาขา นนทบุรี ติวานนท์	600220	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	22/09/2017	15.30น.	Rx-8.18	9.98	1.09
33	9000017056	PTTRM สาขา วิภาวดี เซียร์ กม.27	600247	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	25/09/2017	13.00น.	RX-9.53	9.98	0.99

No.	Non Mobile	LINK_NAME	PBL Code	PROVINCE	Region	Date	Time	Optic Power (dBm)	Download (Kbps)	Upload (Kbps)
34	9000017062	PTTRM สาขา ปทุมธานี -ไพน์เฮริสท์	600074	ปทุมธานี	BKK-CWT	25/09/2017	15.30น.	RX-9.92	10.27	0.99
35	9000017081	PTTRM สาขา กรุงเทพ - สุขาภิบาล 1 (ตะวันตก)	600289	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	26/09/2017	13.00น.	RX-6.10	11.58	1.11
36	9000022708	สน.ปตท.หจก.ส.เจริญกิจบริการ	102568	ปทุมธานี	BKK-CWT	26/09/2017	15.30น.	RX-8.9	10.07	0.8
37	9000022714	สน.ปตท.บจ.แสงอารีย์สเตชั่น	102566	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	27/09/2017	13.00น	RX-5.51	10.29	0.44
38	9000022837	PTTRM สาขา กรุงเทพ-พหลโยธิน กม.27	600353	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	27/09/2017	15.30น.	RX-10.90	10.46	1.28
39	9000022840	PTTRM สาขา นนทบุรี-สนามบินน้ำ	600324	นนทบุรี	BKK-CWT	28/09/2017	13.00น.	Rx-8.66	10.27	0.79
40	9000022843	PTTRM สาขา ปทุมธานี-ลำลูกกา 1	600334	ปทุมธานี	BKK-CWT	28/09/2017	15.30น.	RX-11.92	10.26	1.02
41	9000022846	PTTRM สาขา บางพูน 1	600364	ปทุมธานี	BKK-CWT	29/09/2017	13.00น.	RX-9.08	10.01	1.43

No.	Non Mobile	LINK_NAME	PBL Code	PROVINCE	Region	Date	Time	Optic Power (dBm)	Download (Kbps)	Upload (Kbps)
42	9000022903	โครงการ CDC ถนนเลียบทางด่วนรามอินทรา	600317	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	29/09/2017	15.30น.	RX-23.87	10.12	1.14
43	9000022906	เทสโก้ โลตัส สาขาแจ้งวัฒนะ	600326	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	02/10/2017	13.00น	RX-8.55	10.1	1.33
44	9000022909	ศูนย์การค้าอิมพีเรียล ลาดพร้าว	600327	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	02/10/2017	15.30น.	RX-9.67	11.8	1.23
45	9000022930	ศูนย์การค้าเพลินนารี่	600332	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	03/10/2017	13.00น.	RX-19.05	11.33	1.41
46	9000022963	ไทวัสดุ แจ้งวัฒนะ	600373	นนทบุรี	BKK-CWT	03/10/2017	15.30น.	Rx-7.59	10.52	0.8
47	9000022969	ริเวอร์ พลาซ่า นนทบุรี	600331	นนทบุรี	BKK-CWT	04/10/2017	13.00น.	Rx-7.25	10.3	0.73
48	9000022972	โบตานี่ไลฟ์สไตล์พาร์ค (คลองหลวง)	600316	ปทุมธานี	BKK-CWT	04/10/2017	15.30น.	RX-8.23	11.12	1.21

ตารางที่ 4.2 ผลการเก็บสถิติข้อมูลในหัวข้อที่3.2

No.	Non Mobile	LINK_NAME	PBL Code	PRO-VINCE	Region	Date	Time	Optic Power (dBm)	Down load (Mbps)	Upload (Mbps)	WAN (msec)	CPU (%)
1	9000015966	อาคารศูนย์การเรียนรู้ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	600377	ปทุมธานี	BKK-CWT	01/09/2017	13.00น.	-15.09	0.46	0.39	3	11
2	9000016114	สน.ปตท. ถนนเกษตร - นวมินทร์	101620	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	01/09/2017	15.30น.	-6.33	0.22	0.22	2	6
3	9000023468	สน.ปตท.บจก.ปิโตรเลียม(ไทรน้อย)	102478	นนทบุรี	BKK-CWT	04/09/2017	15.30น.	-7.54	0.5	0.59	3	14
4	9000016177	สน.ปตท. สาขาประชาชื่น	101381	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	04/09/2017	15.30น.	-7.1	0.64	0.37	2	12
5	9000016111	สน.ปตท.สาขาเลียบทางด่วนเอกมัย-รามอินทรา	101411	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	05/09/2017	13.00น.	-7.37	0.47	1.03	4	7
6	9000016165	สน.ปตท. สาขานวนคร	101715	ปทุมธานี	BKK-CWT	06/09/2017	13.00น.	-6.33	0.27	0.44	5	11
7	9000016114	สน.ปตท. ถนนเกษตร-นวมินท	101620	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	05/09/2017	15.30น.	-7.77	0.36	0.22	2	6
8	9000016331	แม็กซ์แวลู หลักสี่	600159	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	06/09/2017	15.30น.	-6.31	0.35	0.24	2	10

No.	Non Mobile	LINK_NAME	PBL Code	PROVINCE	Region	Date	Time	Optic Power (dBm)	Down load (Mbps)	Upload (Mbps)	WAN (msec)	CPU (%)
9	9000016382	โครงการ The Tree	600152	ปทุมธานี	BKK-CWT	07/09/2017	13.00น.	-11.8	0.27	0.03	5	9
10	9000016409	ImagineVillag มหาวิทยาลัยกรุงเทพวิทยาเขตรังสิต	600160	ปทุมธานี	BKK-CWT	07/09/2017	15.30น.	-5.4	0.29	0.01	2	11
11	9000016418	ห้างสรรพสินค้าเทสโก้ โลตัส นวนคร	600203	ปทุมธานี	BKK-CWT	08/09/2017	13.00น.	-4.32	0.28	0.05	5	10
12	9000016445	โรงพยาบาลเกษมราษฎร์ ประชาชื่น	600211	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	11/09/2017	13.00น.	-4.18	0.44	0.29	2	10
13	9000016507	เอสพลานาดซีนีเพล็กซ์ (งามวงศ์วานแคราย)ชั้น G	600240	นนทบุรี	BKK-CWT	11/09/2017	15.30น.	-9.36	0.44	0.42	3	12
14	9000016316	ศูนย์การค้าฟิวเจอร์พาร์ค รังสิต	600155	ปทุมธานี	BKK-CWT	12/09/2017	13.00น.	-9.1	0.68	0.59	3	12
15	9000016427	ศูนย์การค้าเซียร์ รังสิต ชั้น Barement	600209	ปทุมธานี	BKK-CWT	08/09/2017	15.30น.	-6.78	0.27	0.06	3	10
16	9000016570	สาขาตลาดยิ่งเจริญ	600268	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	12/09/2017	15.30น.	-9.17	0.46	0.53	2	10

No.	Non Mobile	LINK_NAME	PBL Code	PROVINCE	Region	Date	Time	Optic Power (dBm)	Down load (Mbps)	Upload (Mbps)	WAN (msec)	CPU (%)
17	9000016584	อาคารพันธุ์ไม้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร	600273	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	13/09/2017	15.30น.	-9.91	0.44	0.6	2	12
18	9000016632	N-Mark (ห้างน้อมจิต) ชั้น 2	600293	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	14/09/2017	13.00น.	-15.09	0.36	0.15	4	12
19	9000016641	โฮมโปร สาขาราชพฤกษ์ ชั้น 1	600299	นนทบุรี	BKK-CWT	14/09/2017	15.30น.	-6.99	0.54	0.79	3	8
20	9000016644	เทสโก้ โลตัส สาขาลาดพร้าว 101 ชั้น 1	600297	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	15/09/2017	13.00น.	-18.18	0.36	0.09	2	11
21	9000016719	PTTRM สาขา นนทบุรี - สุพรรณ กม.30	600011	นนทบุรี	BKK-CWT	15/09/2017	15.30น.	-7.73	0.34	0.21	3	11
22	9000016722	PTTRM สาขา นนทบุรี - บิ๊กซี	600012	นนทบุรี	BKK-CWT	18/09/2017	13.00น.	-15.53	0.43	0.44	2	9
23	9000016731	PTTRM สาขา นนทบุรี - รัตนาธิเบศน์ 2	600073	นนทบุรี	BKK-CWT	19/09/2017	15.30น.	-8.07	0.27	0.05	4	10
24	9000016743	PTTRM สาขา ปทุมธานี - ธรรมศาสตร์ (รังสิต)	600017	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	19/09/2017	13.00น.	-8.89	0.23	1.18	13	18

No.	Non Mobile	LINK_NAME	PBL Code	PROVINCE	Region	Date	Time	Optic Power (dBm)	Down load (Mbps)	Upload (Mbps)	WAN (msec)	CPU (%)
25	9000016746	PTTRM สาขา ปทุมธานี-พหลโยธิน กม.30 (เซียร์)	600018	ปทุมธานี	BKK-CWT	20/09/2017	15.30น.	-8.73	0.27	0.03	3	6
26	9000016752	PTTRM สาขา ปทุมธานี-ลำลูกกา 2 (แทพไลน์)	600020	ปทุมธานี	BKK-CWT	21/09/2017	15.30น.	-7.9	0.36	0.36	3	10
27	9000016758	PTTRM สาขา ปทุมธานี - ไพน์เฮริสท์	600074	ปทุมธานี	BKK-CWT	21/09/2017	13.00น.	5.96	0.82	0.58	2	13
28	9000017017	PTTRM สาขา กรุงเทพฯ - รามอินทรา 1	600070	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	22/09/2017	15.30น.	-7.26	0.66	0.49	3	11
29	9000016725	PTTRM สาขา นนทบุรี - วงแหวน (บางใหญ่)	600013	นนทบุรี	BKK-CWT	18/09/2017	13.00น.	-9.71	0.37	0.35	3	11
30	9000017029	PTTRM สาขา นนทบุรี ติวานนท์	600220	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	22/09/2017	15.30น.	-24.29	0.5	0.45	6	15
31	9000017056	PTTRM สาขา วิภาวดี เซียร์ กม. 27	600247	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	25/09/2017	13.00น.	-5.82	0.52	0.59	3	11
32	9000017062	PTTRM สาขา ปทุมธานี -ไพน์เฮริสท์	600074	ปทุมธานี	BKK-CWT	25/09/2017	15.30น.	-8.27	0.55	0.52	3	11

No.	Non Mobile	LINK_NAME	PBL Code	PROVINCE	Region	Date	Time	Optic Power (dBm)	Down load (Mbps)	Upload (Mbps)	WAN (msec)	CPU (%)
33	9000017081	PTTRM สาขา กรุงเทพ - สุขาภิบาล 1 (ตะวันตก)	600289	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	26/09/2017	13.00น.	-9.17	0.42	0.34	4	10
34	9000022708	สน.ปตท.หจก.ส.เจริญกิจบริการ	102568	ปทุมธานี	BKK-CWT	26/09/2017	15.30น.	-10.86	0.57	0.46	3	6
35	9000022837	PTTRM สาขา กรุงเทพ-พหลโยธิน กม.27	600353	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	27/09/2017	15.30น.	-6.02	0.46	0.52	2	11
36	9000022840	PTTRM สาขา นนทบุรี-สนามบินน้ำ	600324	นนทบุรี	BKK-CWT	28/09/2017	13.00น.	-8.27	0.36	0.34	4	11
37	9000022714	สน.ปตท.บจ.แสงอารีย์สเตชั่น	102566	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	27/09/2017	13.00น.	-5.96	0.51	0.46	4	11
38	9000022843	PTTRM สาขา ปทุมธานี-ลำลูกกา 1	600334	ปทุมธานี	BKK-CWT	28/09/2017	15.30น.	-9.51	0.56	0.52	3	10
39	9000022846	PTTRM สาขา บางพูน 1	600364	ปทุมธานี	BKK-CWT	29/09/2017	13.00น.	-7.45	0.36	0.36	3	11
40	9000022906	เทสโก้ โลตัส สาขาแจ้งวัฒนะ	600326	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	02/10/2017	13.00น.	-12.22	0.03	0.19	2	7

No.	Non Mobile	LINK_NAME	PBL Code	PROVINCE	Region	Date	Time	Optic Power (dBm)	Down load (Mbps)	Upload (Mbps)	WAN (msec)	CPU (%)
41	9000022909	ศูนย์การค้าอิมพีเรียล ลาดพร้าว	600327	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	02/10/2017	15.30น.	-11.8	0.07	0.3	3	13
42	9000022930	ศูนย์การค้าเพลินนารี่	600332	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	03/10/2017	13.00น.	-22.14	1.33	1.41	3	11
43	9000022963	ไทวัสดุ แจ้งวัฒนะ	600373	นนทบุรี	BKK-CWT	03/10/2017	15.30น.	-8.66	0.53	0.44	3	11
44	9000022969	ริเวอร์ พลาซ่า นนทบุรี	600331	นนทบุรี	BKK-CWT	04/10/2017	13.00น.	-9.91	0.4	0.64	3	10
45	9000022972	โบตานี่ ไลฟ์สไตล์พาร์ค (คลองหลวง)	600316	ปทุมธานี	BKK-CWT	04/10/2017	15.30น.	-18.05	1.12	1.21	4	10
46	9000016749	PTTRM สาขา ปทุมธานี-ลำลูกกา 3	600019	ปทุมธานี	BKK-CWT	20/09/2017	13.00น.	-7.99	0.03	0.13	3	11
47	9000022903	โครงการ CDC ถนนเลียบทางด่วนรามอินทรา	600317	กรุงเทพมหานคร	BKK-CWT	29/09/2017	15.30น.	-7.45	1.15	0.45	4	10
48	9000016576	สาขา ป.ป.ช.	600271	นนทบุรี	BKK-CWT	13/09/2017	13.00น.	-8.23	0.27	0.06	4	10

ตารางที่ 4.3 ผลการเก็บสถิติข้อมูลในหัวข้อที่ 4.3

Site code		**Statistic value**					**Status**
No.	Non Mobile	Optic Power (dBm)		Speed test (Kbps)			
		value	Status	Down load	Up load	Status	
1	9000015966	RX-12.15	Pass	11.88	0.48	Pass	Complete
2	9000016114	RX-7.17	Pass	10.47	1.03	Pass	Complete
3	9000023468	Rx-7.12	Pass	11.46	0.96	Pass	Complete
4	9000016177	RX-7.47	Pass	10.1	0.77	Pass	Complete
5	9000016111	RX-7.17	Pass	10.47	1.03	Pass	Complete
6	9000016114	RX-6.12	Pass	10.08	1.22	Pass	Complete
7	9000016165	RX-7.47	Pass	10.1	0.77	Pass	Complete
8	9000016331	RX-6.11	Pass	10.79	1.56	Pass	Complete
9	9000016382	Rx-12.36	Pass	10.39	1.02	Pass	Complete
10	9000016409	RX-5.35	Pass	10.22	1.05	Pass	Complete
11	9000016418	RX-4.87	Pass	10.07	0.96	Pass	Complete
12	9000016427	RX-3.91	Pass	10.07	1.09	Pass	Complete
13	9000016445	RX-9.60	Pass	10.24	0.83	Pass	Complete
14	9000016507	Rx-10.15	Pass	10.99	1.51	Pass	Complete
15	9000016316	RX-6.56	Pass	10.34	1.83	Pass	Complete
16	9000016570	RX-9.29	Pass	9.92	1.02	Pass	Complete
17	9000016576	Rx-9.64	Pass	10.41	1.18	Pass	Complete
18	9000016584	RX-15.29	Pass	10.07	1.03	Pass	Complete
19	9000016632	RX-6.47	Pass	10.06	1.35	Pass	Complete
20	9000016641	Rx-18.11	Pass	10.34	1.42	Pass	Complete
21	9000016644	RX-7.79	Pass	10.97	1.43	Pass	Complete
22	9000016719	Rx-14.99	Pass	10.97	1.27	Pass	Complete
23	9000016722	Rx-9.61	Pass	10.33	0.73	Pass	Complete
24	9000016731	Rx-9.47	Pass	10.05	1.45	Pass	Complete
25	9000016743	RX-8.73	Pass	10.23	1.18	Pass	Complete

26	9000016746	Rx-8.28	Pass	10.3	1.01	Pass	Complete
27	9000016749	RX-5.56	Pass	10.07	1.23	Pass	Complete
28	9000016752	RX-7.25	Pass	10.09	0.98	Pass	Complete
29	9000016758	RX-8.58	Pass	1.15	0.98	Pass	Complete
30	9000017017	RX-24.01	Rx Low	10.46	1.49	Pass	On Progress
31	9000016725	Rx-6.22	Pass	10.77	1.03	Pass	Complete
32	9000017029	Rx-8.18	Pass	9.98	1.09	Pass	Complete
33	9000017056	RX-9.53	Pass	9.98	0.99	Pass	Complete
34	9000017062	RX-9.92	Pass	10.27	0.99	Pass	Complete
35	9000017081	RX-6.10	Pass	11.58	1.11	Pass	Complete
36	9000022708	RX-8.9	Pass	10.07	0.8	Pass	Complete
37	9000022714	RX-5.51	Pass	10.29	0.44	Pass	Complete
38	9000022837	RX-10.90	Pass	10.46	1.28	Pass	Complete
39	9000022840	Rx-8.66	Pass	10.27	0.79	Pass	Complete
40	9000022843	RX-11.92	Pass	10.26	1.02	Pass	Complete
41	9000022846	RX-9.08	Pass	10.01	1.43	Pass	Complete
42	9000022903	RX-23.98	Rx Low	10.12	1.14	Pass	On Progress
43	9000022906	RX-8.55	Pass	10.1	1.33	Pass	Complete
44	9000022909	RX-9.67	Pass	11.8	1.23	Pass	Complete
45	9000022930	RX-19.05	Pass	11.33	1.41	Pass	Complete
46	9000022963	Rx-7.59	Pass	10.52	0.8	Pass	Complete
47	9000022969	Rx-7.25	Pass	10.3	0.73	Pass	Complete
48	9000022972	RX-8.23	Pass	11.12	1.21	Pass	Complete

ตารางที่ 4.4 ผลการเก็บสถิติข้อมูลในหัวข้อที่ 4.4

Site code		**Statistic value**									
No.	Non Mobile	Optic Power (dBm)		WAN (msec)		Traffic Download / Upload (Kbps)			CPU (%)		Status
1	9000015966	-15.09	Pass	3	Pass	0.46	0.39	Pass	11	Pass	Complete
2	9000016114	-6.33	Pass	2	Pass	0.22	0.22	Pass	6	Pass	Complete
3	9000023468	-7.54	Pass	3	Pass	0.5	0.59	Pass	14	Pass	Complete
4	9000016177	-7.1	Pass	2	Pass	0.64	0.37	Pass	12	Pass	Complete
5	9000016111	-7.37	Pass	4	Pass	0.47	1.03	Pass	7	Pass	Complete
6	9000016114	-6.33	Pass	5	Pass	0.27	0.44	Pass	11	Pass	Complete
7	9000016165	-7.77	Pass	2	Pass	0.36	0.22	Pass	6	Pass	Complete
8	9000016331	-6.31	Pass	2	Pass	0.35	0.24	Pass	10	Pass	Complete
9	9000016382	-11.8	Pass	5	Pass	0.27	0.03	Pass	9	Pass	Complete
10	9000016409	-5.4	Pass	2	Pass	0.29	0.01	Pass	11	Pass	Complete
11	9000016418	-4.32	Pass	5	Pass	0.28	0.05	Pass	10	Pass	Complete
12	9000016427	-4.18	Pass	2	Pass	0.44	0.29	Pass	10	Pass	Complete
13	9000016445	-9.36	Pass	3	Pass	0.44	0.42	Pass	12	Pass	Complete
14	9000016507	-9.1	Pass	3	Pass	0.68	0.59	Pass	12	Pass	Complete
15	9000016316	-6.78	Pass	3	Pass	0.27	0.06	Pass	10	Pass	Complete
16	9000016570	-9.17	Pass	2	Pass	0.46	0.53	Pass	10	Pass	Complete
17	9000016576	-9.91	Pass	2	Pass	0.44	0.6	Pass	12	Pass	Complete
18	9000016584	-15.09	Pass	4	Pass	0.36	0.15	Pass	12	Pass	Complete
19	9000016632	-6.99	Pass	3	Pass	0.54	0.79	Pass	8	Pass	Complete
20	9000016641	-18.18	Pass	2	Pass	0.36	0.09	Pass	11	Pass	Complete
21	9000016644	-7.73	Pass	3	Pass	0.34	0.21	Pass	11	Pass	Complete
22	9000016719	-15.53	Pass	2	Pass	0.43	0.44	Pass	9	Pass	Complete
23	9000016722	-8.07	Pass	4	Pass	0.27	0.05	Pass	10	Pass	Complete
24	9000016731	-8.89	Pass	13	Pass	0.23	0.18	Pass	18	Pass	Complete
25	9000016743	-8.73	Pass	3	Pass	0.27	0.03	Pass	6	Pass	Complete
26	9000016746	-7.9	Pass	3	Pass	0.36	0.36	Pass	10	Pass	Complete

27	9000016749	5.96	Pass	2	Pass	0.82	0.58	Pass	13	Pass	Complete
28	9000016752	-7.26	Pass	3	Pass	0.66	0.49	Pass	11	Pass	Complete
29	9000016758	-9.71	Pass	3	Pass	0.37	0.35	Pass	11	Pass	Complete
30	9000017017	-24.29	Rx Low	6	Pass	0.5	0.45	Pass	15	Pass	On Progress
31	9000016725	-5.82	Pass	3	Pass	0.52	0.59	Pass	11	Pass	Complete
32	9000017029	-8.27	Pass	3	Pass	0.55	0.52	Pass	11	Pass	Complete
33	9000017056	-9.17	Pass	4	Pass	0.42	0.34	Pass	10	Pass	Complete
34	9000017062	-10.86	Pass	3	Pass	0.57	0.46	Pass	6	Pass	Complete
35	9000017081	-6.02	Pass	2	Pass	0.46	0.52	Pass	11	Pass	Complete
36	9000022708	-8.27	Pass	4	Pass	0.36	0.34	Pass	11	Pass	Complete
37	9000022714	-5.96	Pass	4	Pass	0.51	0.46	Pass	11	Pass	Complete
38	9000022837	-9.51	Pass	3	Pass	0.56	0.52	Pass	10	Pass	Complete
39	9000022840	-7.45	Pass	3	Pass	0.36	0.36	Pass	11	Pass	Complete
40	9000022843	-12.22	Pass	2	Pass	0.03	0.19	Pass	7	Pass	Complete
41	9000022846	-11.8	Pass	3	Pass	0.07	0.3	Pass	13	Pass	Complete
42	9000022903	-22.14	Pass	3	Pass	1.33	1.41	W	11	Pass	On Progress
43	9000022906	-8.66	Pass	3	Pass	0.53	0.44	Pass	11	Pass	Complete
44	9000022909	-9.91	Pass	3	Pass	0.4	0.64	Pass	10	Pass	Complete
45	9000022930	-18.05	Pass	4	Pass	1.12	1.21	W	10	Pass	On Progress
46	9000022963	-7.99	Pass	3	Pass	0.03	0.13	Pass	11	Pass	Complete
47	9000022969	-7.45	Pass	4	Pass	1.15	0.45	Pass	10	Pass	Complete
48	9000022972	-8.23	Pass	4	Pass	0.27	0.06	Pass	10	Pass	Complete

ตารางที่ 4.5 ผลการเก็บสถิติข้อมูลในหัวข้อที่ 4.5

Site code		Statistic value					
		Location site			SNMP		
No.	Non Mobile	Optic Power (dBm)	Error		Optic Power (dBm)	% Error	
			difference	%		difference	%
1	9000015966	RX-12.15	4.35	26.36	-15.09	1.41	8.55
2	9000016114	RX-7.17	9.33	56.55	-6.33	10.17	61.63
3	9000023468	Rx-7.12	9.38	56.84	-7.54	8.96	54.3
4	9000016177	RX-7.47	9.03	54.73	-7.1	9.4	56.97
5	9000016111	RX-7.17	9.33	56.55	-7.37	9.13	55.33
6	9000016114	RX-6.12	10.38	62.9	-6.33	10.17	61.64
7	9000016165	RX-7.47	9.03	54.72	-7.77	8.73	52.9
8	9000016331	RX-6.11	10.39	62.97	-6.31	10.19	61.75
9	9000016382	Rx-12.36	4.14	25.09	-11.8	4.7	28.48
10	9000016409	RX-5.35	11.15	67.57	-5.4	11.1	67.27
11	9000016418	RX-4.87	11.63	70.48	-4.32	-2.18	73.81
12	9000016427	RX-3.91	12.59	76.3	-4.18	12.32	74.67
13	9000016445	RX-9.60	6.9	41.81	-9.36	7.14	43.27
14	9000016507	Rx-10.15	6.35	38.48	-9.1	7.4	44.85
15	9000016316	RX-6.56	9.94	60.24	-6.78	9.72	58.9
16	9000016570	RX-9.29	7.21	43.7	-9.17	7.33	44.42
17	9000016576	Rx-9.64	6.86	41.58	-9.91	6.59	39.4
18	9000016584	RX-15.29	1.21	7.33	-15.09	1.41	8.55
19	9000016632	RX-6.47	10.03	60.79	-6.99	9.51	57.63
20	9000016641	Rx-18.11	-1.61	-9.76	-18.18	-1.68	-10.18
21	9000016644	RX-7.79	8.71	52.79	-7.73	8.77	53.51
22	9000016719	Rx-14.99	1.51	9.15	-15.53	0.97	5.87
23	9000016722	Rx-9.61	6.89	41.76	-8.07	8.43	51.09
24	9000016731	Rx-9.47	7.03	42.6	-8.89	7.61	46.12

25	9000016743	RX-8.73	7.77	47.09	-8.73	7.77	47.09
26	9000016746	Rx-8.28	8.22	49.81	-7.9	8.6	52.12
27	9000016749	RX-5.56	10.94	66.3	5.96	10.54	63.88
28	9000016752	RX-7.25	9.25	56.06	-7.26	9.24	56
29	9000016758	RX-8.58	7.92	48	-9.71	6.79	41.51
30	9000017017	RX-24.01	-8.2	-49.7	-24.29	-7.79	-47.21
31	9000016725	Rx-6.22	10.28	62.3	-5.82	10.68	64.73
32	9000017029	Rx-8.18	8.32	50.42	-8.27	8.23	49.88
33	9000017056	RX-9.53	6.97	4.24	-9.17	7.33	44.42
34	9000017062	RX-9.92	6.58	39.87	-10.86	5.64	34.18
35	9000017081	RX-6.10	10.4	63.3	-6.02	10.48	63.51
36	9000022708	RX-8.9	7.6	46.06	-8.27	8.23	49.87
37	9000022714	RX-5.51	10.99	66.61	-5.96	10.54	63.88
38	9000022837	RX-10.90	5.6	33.93	-9.51	6.99	42.36
39	9000022840	Rx-8.66	7.84	47.51	-7.45	9.05	54.84
40	9000022843	RX-11.92	4.58	27.76	-12.22	4.28	25.93
41	9000022846	RX-9.08	7.42	44.97	-11.8	4.7	28.48
42	9000022903	RX-23.87	-7.37	-44.6	-22.14	-5.64	-34.18
43	9000022906	RX-8.55	7.95	48.18	-8.66	7.84	47.51
44	9000022909	RX-9.67	6.83	41.40	-9.91	6.59	39.94
45	9000022930	RX-19.05	-1.55	-9.40	-18.05	-1.55	-9.39
46	9000022963	Rx-7.59	8.91	54	-7.99	8.51	51.57
47	9000022969	Rx-7.25	9.25	56.06	-7.45	-.05	54.85
48	9000022972	RX-8.23	8.27	50.12	-8.23	8.27	50.12

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินโครงการ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการตามวัตถุประสงค์

5.1.1 วัตถุประสงค์ที่ 1

จากการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลจาก 48 สถานีฐาน โดยจะดำเนินการบันทึกสถิติข้อมูลใน 2 ลักษณะ คือ

1. การตรวจสอบค่าสัญญาณ โดยแบ่งตามสื่อ (Media) การใช้งานของอุปกรณ์
2. การตรวจสอบความเร็วเฉลี่ยในการรับ-ส่งข้อมูลในหน่วยเวลา

โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจวัดจะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล และจะนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่างๆในจุดประสงค์ที่ 3 และ 4 ต่อไป

5.1.2 วัตถุประสงค์ที่ 2

จากการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลจาก 48 สถานีฐาน โดยจะดำเนินการบันทึกสถิติข้อมูลใน 4 ลักษณะ คือ

1. การตรวจสอบค่าสัญญาณ โดยแบ่งตามสื่อ (Media) การใช้งานของอุปกรณ์
2. การตรวจสอบความเร็วเฉลี่ยในการรับ-ส่งข้อมูลในหน่วยเวลา
3. ปริมาณการใช้งานการรับ-ส่งข้อมูล (Data)
4. ปริมาณโหลดการทำงานของ Router

โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจวัดจะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล และจะนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่างๆในจุดประสงค์ที่ 3 และ 4 ต่อไป

5.1.3 วัตถุประสงค์ที่ 3

จากการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกจาก 48 สถานีฐานจากสถานที่จริง(จากข้อมูลในจุดประสงค์ที่1) และระยะไกล(จากข้อมูลในจุดประสงค์ที่2) โดยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบ เปรียบเทียบหลักเกณฑ์มาตรฐานที่บริษัทกำหนดและแนวทางการแก้ไขซึ่งจะดำเนินการใน 2 ลักษณะ คือ

5.1.3.1 วิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกจาก 48 สถานีฐานจากสถานที่จริง แสดงผลในตารางที่ 4.3 โดยนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบมาพิจรณาดังนี้

1. การตรวจสอบค่าสัญญาณ โดยแบ่งตามสื่อ (Media) การใช้งานของอุปกรณ์และจัดเก็บข้อมูล พบว่ามีจำนวน 46 สถานีฐานที่มีค่ามาตรฐานตามที่บริษัทกำหนด คิดเป็น 95.83 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวน 2 สถานีฐานที่มีแนวโน้มต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่บริษัทกำหนด คิดเป็น 4.17 เปอร์เซ็นต์

2. การตรวจสอบความเร็วเฉลี่ยในการรับ-ส่งข้อมูลในหน่วยเวลา พบว่าทุกสถานีฐานที่มีค่ามาตรฐานตามที่บริษัทกำหนด คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

5.1.3.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกจาก 48 สถานีฐานจากโพรโตคอล SMNP ผ่านเว็ปอินเตอร์เฟส แสดงผลในตารางที่ 4.4โดยนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบมาพิจรณาดังนี้

1. การตรวจสอบค่าสัญญาณ โดยแบ่งตามสื่อ (Media) การใช้งานของอุปกรณ์และจัดเก็บข้อมูล พบว่ามีจำนวน 47 สถานีฐานที่มีค่ามาตรฐานตามที่บริษัทกำหนด คิดเป็น 97.91 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวน 1 สถานีฐานที่มีแนวโน้มต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่บริษัทกำหนด คิดเป็น 2.08 เปอร์เซ็นต์

2. การตรวจสอบความเร็วเฉลี่ยในการรับ-ส่งข้อมูลในหน่วยเวลา พบว่าทุกสถานีฐานที่มีค่ามาตรฐานตามที่บริษัทกำหนด คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

3. ปริมาณการใช้งานการรับ-ส่งข้อมูล (Data) พบว่ามีจำนวน 46 สถานีฐานที่มีค่ามาตรฐานตามที่บริษัทกำหนด คิดเป็น เปอร์เซ็นต์ 95.83 และมีจำนวน 2 สถานีฐานที่มีแนวโน้มต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่บริษัทกำหนด 4.17 คิดเป็น เปอร์เซ็นต์ และส่งข้อมูลแจ้งทางฝ่าย เพื่อดำเนินการแก้ไขปรับปรุงให้มีคุณภาพตามมาตรฐาน

4. ปริมาณโหลดการทำงานของ Router พบว่าทุกสถานีฐานที่มีค่ามาตรฐานตามที่บริษัทกำหนด คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

โดยจากผลการดำเนินการที่ได้จากวัตถุประสงค์ที่3 พบว่ามีจำนวนรวมทั้งสิ้น 3 สถานีฐาน ที่ทำการระบุสถานะ On progress และดำเนินการส่งข้อมูลแจ้งทางฝ่าย เพื่อดำเนินการแก้ไขปรับปรุงให้มีคุณภาพตามมาตรฐาน และนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อวางแผนการจัดการในอนาคตต่อไป

5.1.3 วัตถุประสงค์ที่ 4

จากการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกจาก 48 สถานีฐานจากสถานที่จริง(จากข้อมูลในจุดประสงค์ที่1) และระยะไกล(จากข้อมูลในจุดประสงค์ที่2) โดยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบ เปรียบเทียบหลักเกณฑ์มาตรฐานที่ ITU-T Rec.G.698.2 แสดงผลในตารางที่ 4.5 ซึ่งจะดำเนินการใน 2 ลักษณะ คือ

5.1.3.1 1. วิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกจาก 50 สถานีฐานจากสถานที่จริง แสดงผลในตารางที่ 4.5 โดยนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบมาพิจรณา การตรวจสอบค่าสัญญาณ โดยแบ่งตามสื่อ (Media) การใช้งานของอุปกรณ์ และจัดเก็บข้อมูล พบว่า

มีจำนวน 44 สถานีฐานที่มีค่ามาตรฐานตาม ITU-T Rec.G.698.2 คิดเป็น 91.67 เปอร์เซ็นต์

มีจำนวน 3 สถานีฐานที่มีแนวโน้มต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ITU-T Rec.G.698.2 คิดเป็น 6.25 เปอร์เซ็นต์

มีจำนวน 1 สถานีฐานที่มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ITU-T Rec.G.698.2 คิดเป็น 2.08 เปอร์เซ็นต์

5.1.3.2 . วิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกจาก 48 สถานีฐานจากโพรโตคอล SMNP ผ่านเว็ปอินเตอร์เฟส โดยนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบมาพิจรณา การตรวจสอบค่าสัญญาณ โดยแบ่งตามสื่อ (Media) การใช้งานของอุปกรณ์ และจัดเก็บข้อมูล พบว่า

มีจำนวน 44 สถานีฐานที่มีค่ามาตรฐานตาม ITU-T Rec.G.698.2 คิดเป็น 91.67 เปอร์เซ็นต์

มีจำนวน 3 สถานีฐานที่มีแนวโน้มต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ITU-T Rec.G.698.2 คิดเป็น 6.25 เปอร์เซ็นต์

มีจำนวน 1 สถานีฐานที่มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ITU-T Rec.G.698.2 คิดเป็น 2.08 เปอร์เซ็นต์

5.2 ปัญหา และอุปสรรค์

1. เนื่องจากการดำเนินการในส่วนที่3.1 นั้น ต้องใช้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทาง อีกทั้งต้องอยู่ในการดูแลของพนักงานที่ปรึกษา จึงเลือกดำเนินการในสถานีฐานที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกัน เป็นที่ศึกษา

2.ในแต่ละสถานีฐาน การใช้งานจากเครื่องมือวัดที่ไม่ได้เป็นเครื่องเดิม ทำให้ค่าอาจเกิดความคลาดเคลื่อน จากเครื่องมือวัดได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1.ข้อมูลในส่วนของค่าปริมาณการใช้งานของโหลด จะแปรผันตามการใช้งาน Upload Download และเนื่องจากกำหนดแบนวิทไว้ที่ 2Mbps จึงสามารถนำค่าของข้อมูลส่วนนี้ ไปสร้างสมการทำนายปริมาณการใช้งานของโหลด และกำหนดมาตรฐานค่าสูงสุดสำหรับการใช้งานโหลดได้ในอนาคต

2.ในบางสถานีฐานที่มีค่าปริมาณการใช้งานรับ-ส่งข้อมูล ที่มีแนวโน้มเกินแบนวิทที่กำหนด สามารถนำข้อมูลที่ได้จากสถิติมาพิจรณาการขยายแบนวิทการให้บริการ ให้สอดคล้องกับปริมาณการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

[1] ITU-T Recommendation G.698.2, 'Amplified multichannel dense wavelength division multiplexing applications with single channel optical interfaces',Novemberber 2009.

[2] S. Hongsheng, X. Yunbin, G. Xuan, Z. Jie and G. Wanyi, 'Design and implementation ofintelligent optical network management system', Proc. Communications Technology Int.Conf. (ICCT'03),1, pp. 625 – 628, April 2003.

[3] P. Kloppenburg, 'Optical Ethernet is evolving as a delivery vehicle for metro retail services',Proc. Optical Fiber Communication and National Fiber Optic Engineering Conf. (OFC/NFOEC'06), Anaheim, CA, USA, p. 10, March 2006.

[4] ROSEN, E., VISWANATHAN, A.,ANDCALLON, R. Multiprotocol Label Switching Architecture.RFC 3031, 2001.

[5] Ericsson AB.Simple Network Management Protocol (SNMP)September 25, 2017

[6]สมบูรณ์ ธีรวิสิฐพงศ์.(2555).การสื่อสารใยแก้วนำแสง (FIBER OPTIC COMMUNICAT ION).กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ซีเอ็ดบุค.

ภาคผนวก

มาตรฐาน ITU-T Rec.G.698.2 สำหรับอ้างอิงตามจุดประสงค์ที่4 และในหัวข้อที่ 4.4

Parameter	Units	DN100C-1A2(C) DN100C-1A3(L) DN100C-1A5(C)	DW100C-1A2(C) DW100C-1A3(L) DW100C-1A5(C)	DN100U-1A2(C) DN100U-1A3(L) DN100U-1A5(C)
Optical path from point S_S to R_S				
Maximum ripple	dB	2		2
Maximum (residual) chromatic dispersion	ps/nm	+2200		+9600
Minimum (residual) chromatic dispersion	ps/nm	–600		0
Minimum optical return loss at S_S	dB	24		24
Maximum discrete reflectance between S_S and R_S	dB	–27		–27
Maximum differential group delay	ps	120		120
Maximum polarization dependent loss	dB	ffs		ffs
Maximum inter-channel crosstalk	dB	–16		–16
Maximum interferometric crosstalk	dB	–40		–40
Maximum optical path OSNR penalty	dB	5		5
Interface at point R_S				
Maximum mean input power	dBm	–9		–9
Minimum mean input power	dBm	–24		–24
Minimum OSNR	dB (0.1 nm)	21	23	21
Receiver OSNR tolerance	dB (0.1 nm)	16	18	16
Maximum reflectance of receiver	dB	–27		–27

ITU-T Rec. G.698.2 (07/2007)

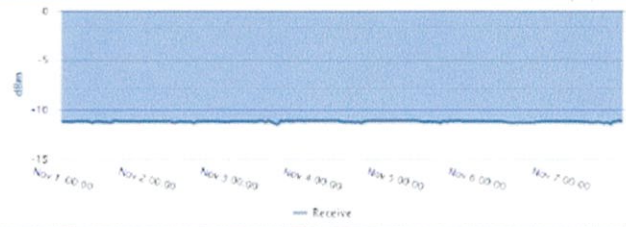
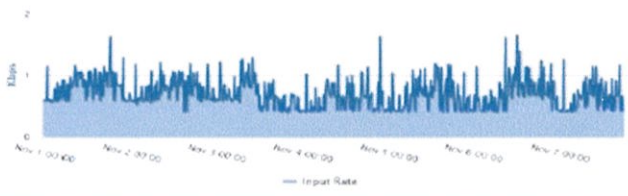
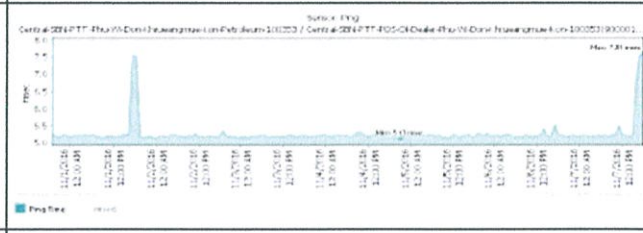
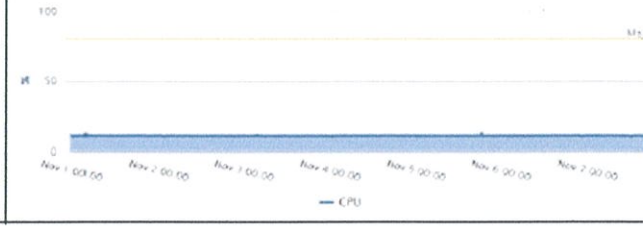
ตัวอย่างการเก็บข้อมูลในหัวข้อที่3.2 จำนวน 8 สถานีฐานดังนี้

Project Name: Preventive Maintenance PTT Project

Customer: 600073 - PTTRM สาขา นนทบุรี - รัตนาธิเบศน์ 2

Non-Mobile Number: 9000016731 **PBL:** 600073

Region: Province: BKK-CWT

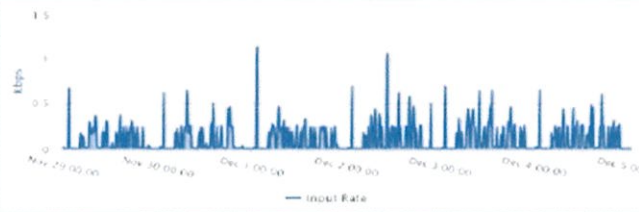
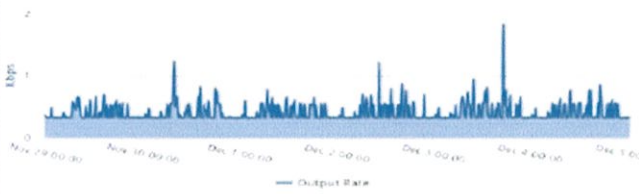
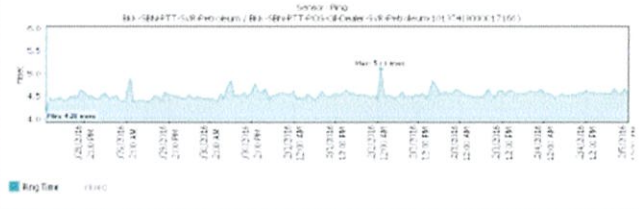
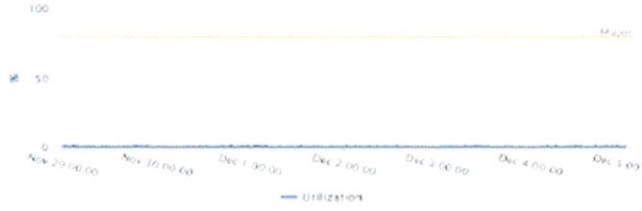
No.	Preventive List		Result			
			Statistic 7 Days	Standard	Average	Status
1	Optical Power (dBm)			> -23.97	-11	PASS
2	Traffic	Upload (kbps)		< 2,000	0.42	PASS
		Download (kbps)		< 2,000	0.79	PASS
3	WAN Monitor (msec)			< 50	5	PASS
4	CPU (%)			< 80	10.67	PASS

Project Name: Preventive Maintenance PTT Project

Customer: 102566- สน.ปตท.บจ.แสงอารีย์สเตชั่น

Non-Mobile Number: 9000022714 **PBL:** 102566

Region: Province: BKK-CWT

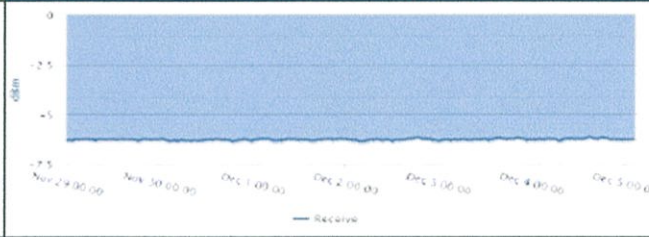
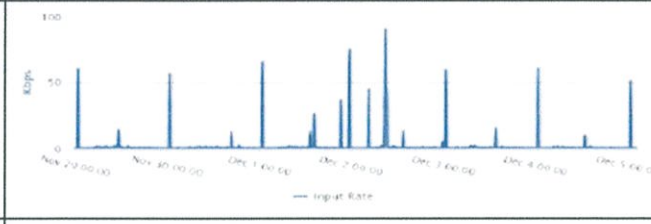
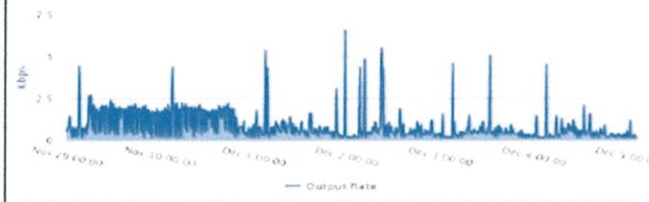
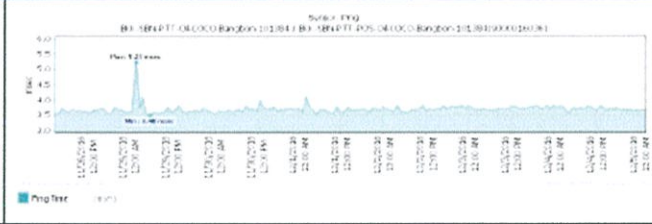
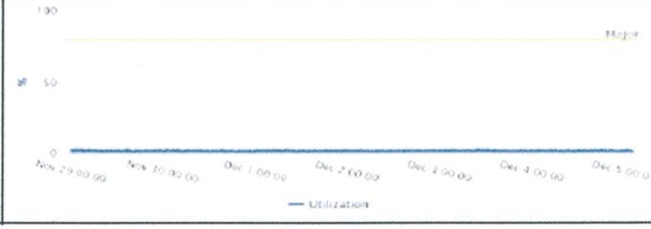
No.	Preventive List		Result			
			Statistic 7 Days	Standard	Average	Status
1	Optical Power (dBm)			> -23.97	-9	PASS
2	Traffic	Upload (kbps)		< 2,000	0.01	PASS
		Download (kbps)		< 2,000	0.33	PASS
3	WAN Monitor (msec)			< 50	5	PASS
4	CPU (%)			< 80	1	PASS

Project Name: Preventive Maintenance PTT Project

Customer: 600364- PTTRM สาขา บางพูน 1

Non-Mobile Number: 9000022846 **PBL:** 600364

Region: Province: BKK-CWT

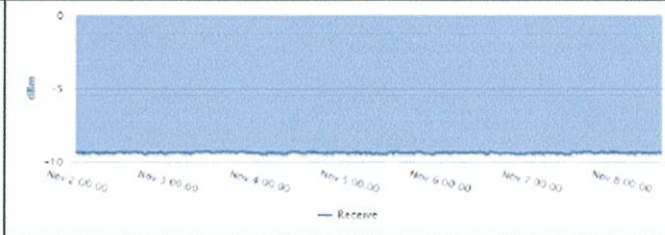
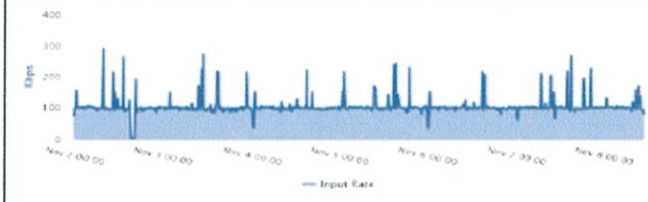
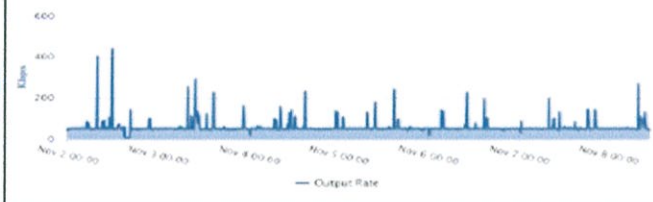
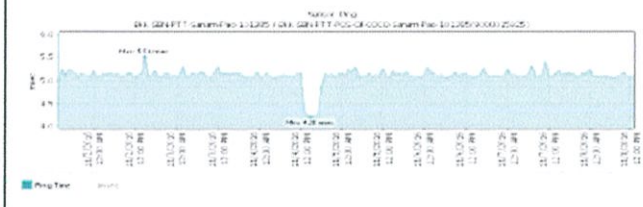
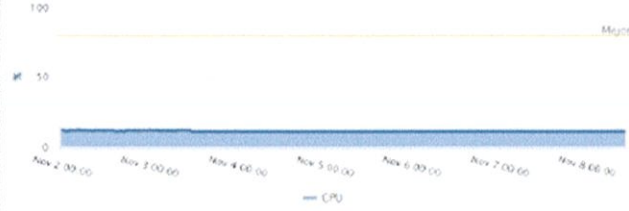
No.	Preventive List		Result			
			Statistic 7 Days	Standard	Average	Status
1	Optical Power (dBm)			> -23.97	-6.29	PASS
2	Traffic	Upload (kbps)		< 2,000	0.48	PASS
		Download (kbps)		< 2,000	0.17	PASS
3	WAN Monitor (msec)			< 50	4	PASS
4	CPU (%)			< 80	1	PASS

Project Name: Preventive Maintenance PTT Project

Customer: 600074- PTTRM สาขา ปทุมธานี -ไพน์เฮริสท์

Non-Mobile Number: 9000017062 **PBL:** 600074

Region: Province: BKK-CWT

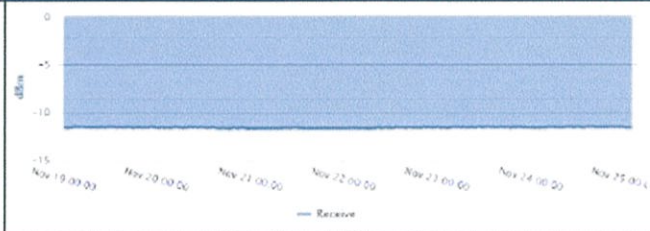
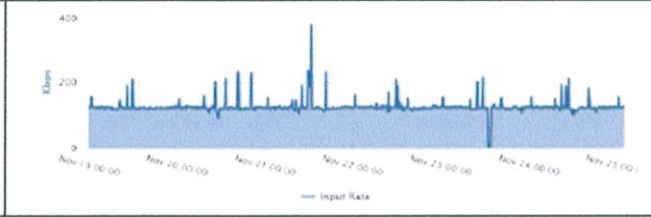
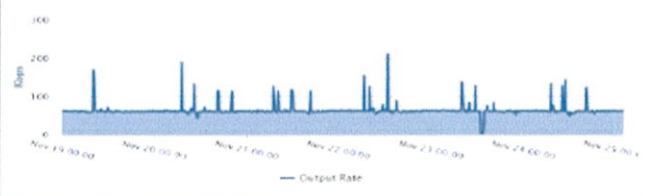
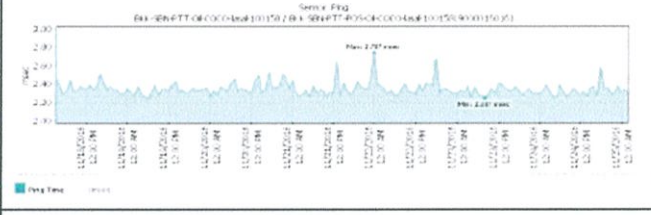
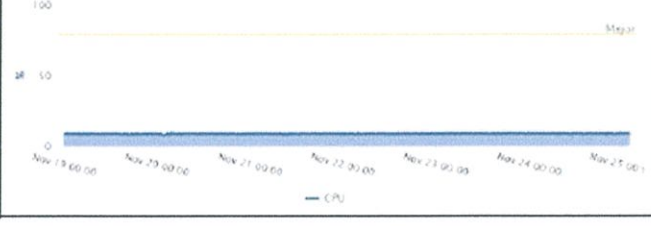
No.	Preventive List		Result			
			Statistic 7 Days	Standard	Average	Status
1	Optical Power (dBm)			> -23.97	-9.32	PASS
2	Traffic	Upload (kbps)		< 2,000	102.39	PASS
		Download (kbps)		< 2,000	51.63	PASS
3	WAN Monitor (msec)			< 50	5	PASS
4	CPU (%)			< 80	11	PASS

Project Name: Preventive Maintenance PTT Project

Customer: 600247 - PTTRM สาขา วิภาวดี เซียร์ กม.27

Non-Mobile Number: 9000017056 **PBL:** 600247

Region: Province: BKK-CWT

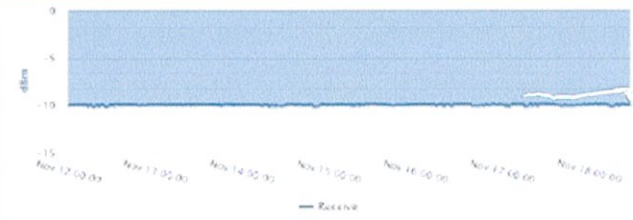
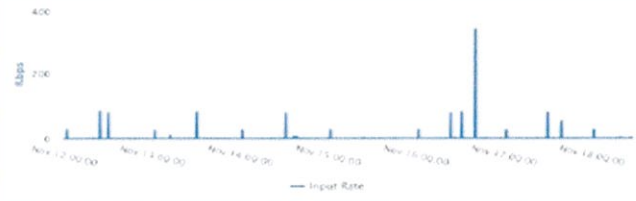
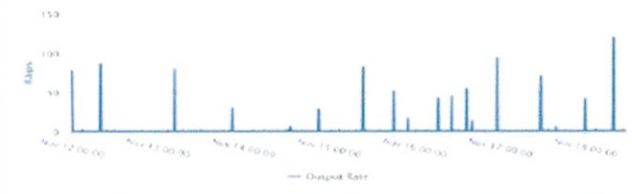
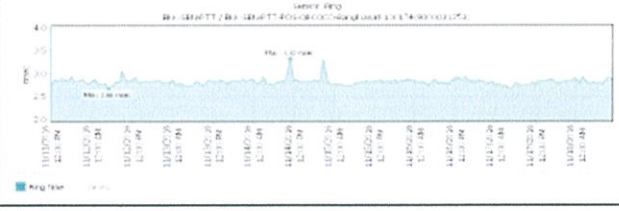
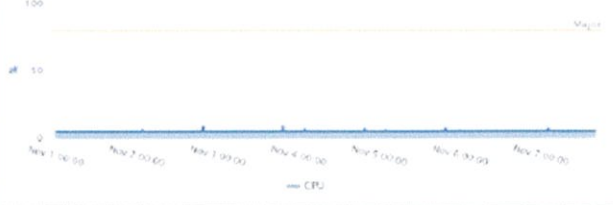
No.	Preventive List		Result			
			Statistic 7 Days	Standard	Average	Status
1	Optical Power (dBm)			> -23.97	-7.35	PASS
2	Traffic	Upload (kbps)		< 2,000	60	PASS
		Download (kbps)		< 2,000	123	PASS
3	WAN Monitor (msec)			< 50	2	PASS
4	CPU (%)			< 80	9	PASS

Project Name: Preventive Maintenance PTT Project

Customer: 600070- PTTRM สาขา กรุงเทพฯ - รามอินทรา 1

Non-Mobile Number: 9000017017 **PBL:** 600070

Region: Province: BKK-CWT

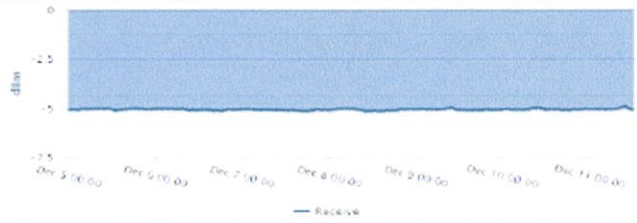
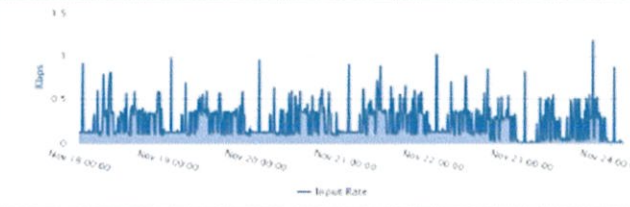
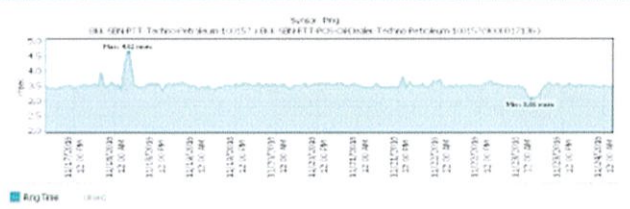
No.	Preventive List		Result			
			Statistic 7 Days	Standard	Average	Status
1	Optical Power (dBm)			> -23.97	-9.87	PASS
2	Traffic	Upload (kbps)		< 2,000	30.77	PASS
		Download (kbps)		< 2,000	29.74	PASS
3	WAN Monitor (msec)			< 50	3	PASS
4	CPU (%)			< 80	5	PASS

Project Name: Preventive Maintenance PTT Project

Customer: 101620- สน.ปตท. ถนนเกษตร - นวมินทร์

Non-Mobile Number: 9000016114 **PBL:** 101620

Region: Province: BKK-CWT

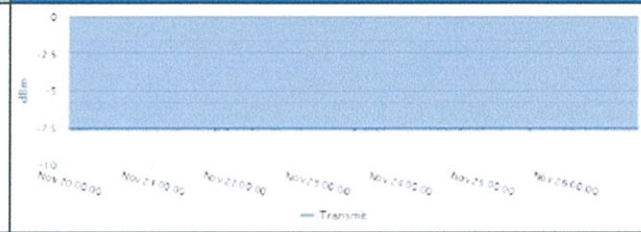
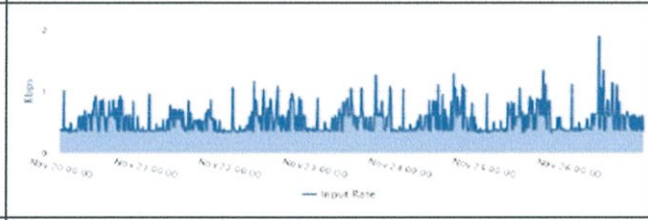
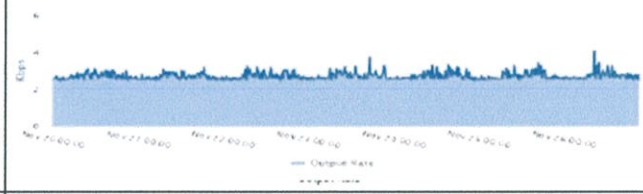
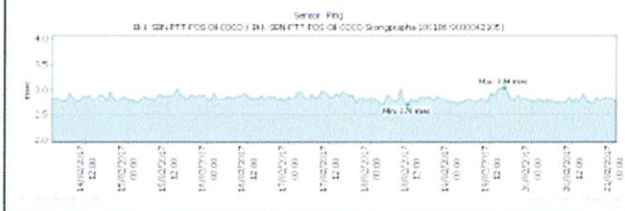
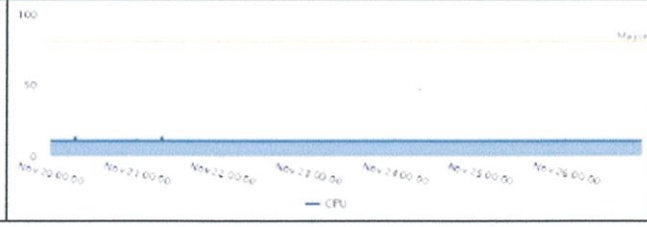
No.	Preventive List		Result			
			Statistic 7 Days	Standard	Average	Status
1	Optical Power (dBm)			> -23.97	-5.06	PASS
2	Traffic	Upload (kbps)		< 2,000	0.43	PASS
		Download (kbps)		< 2,000	0.15	PASS
3	WAN Monitor (msec)			< 50	3	PASS
4	CPU (%)			< 80	0.33	PASS

Project Name: Preventive Maintenance PTT Project

Customer: 600353- PTTRM สาขา กรุงเทพ-พหลโยธิน กม.27

Non-Mobile Number: 9000022837 **PBL:** 600353

Region: Province: BKK-CWT

No.	Preventive List		Result			
			Statistic 7 Days	Standard	Average	Status
1	Optical Power (dBm)			> -23.97	-7.5	PASS
2	Traffic	Upload (kbps)		< 2,000	1.1	PASS
		Download (kbps)		< 2,000	2.5	PASS
3	WAN Monitor (msec)			< 50	3	PASS
4	CPU (%)			< 80	10	PASS