ระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้
เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

นาย ชัชวาล พานวงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
แขนงวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสาขาวิชาวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2563

High Availability Branch Network Backup Systems Using 4G Mobile Network Technology

Mr. Chatchavarn Panworng

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements for
the Degree of Master of Science in Information and Communication Technology
School of Science and Technology
Sukhothai Thammathirat Open University
2020

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

ชื่อและนามสกุล นายชัชวาล พานวงษ์

แขนงวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษา
1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขจิตพรรณ กฤตพลวิมาน
2. อาจารย์ ดร.ศรันย์ นาคถนอม

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2564

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์นัศพ์ชาณัณ ชินปัญช์ธนะ)

....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขจิตพรรณ กฤตพลวิมาน)

....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ศรันย์ นาคถนอม)

....ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร พุทธาพิทักษ์ผล)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

ผู้วิจัย นายชัชวาล พานวงษ์ **รหัสนักศึกษา** 2619600543 **ปริญญา** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร)

อาจารย์ที่ปรึกษา (1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขจิตพรรณ กฤตพลวิมาน
(2) อาจารย์ ดร.ศรันย์ นาคถนอม **ปีการศึกษา** 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบระบบเครือข่ายสำรองโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G โดยพิจารณาร่วมกับต้นทุนระบบ 2) ติดตั้งและตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายสำรองที่ออกแบบด้วยโปรแกรมประยุกต์ PRTG และ 3) วิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการใช้งานด้วยสมการทางคณิตศาสตร์

การวิจัยนี้มีแนวคิดเพิ่มประสิทธิภาพและแก้ไขปัญหาเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแบบเครือข่ายบริเวณกว้างที่ขาดเสถียรภาพจากปัญหาทางกายภาพของเทคโนโลยีสายส่งสัญญาณแบบใยแก้วนำแสง การวิจัยมุ่งเน้นการออกแบบระบบสำรองเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระหว่างสำนักงานใหญ่ที่ตั้งอยู่กรุงเทพมหานคร กับสำนักงานสาขาของบริษัทที่ตั้งอยู่ตามต่างจังหวัดมีระยะทางไกลมากกว่า 50 กิโลเมตร โดยนำเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G มาประยุกต์ร่วมกับระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแบบเทคโนโลยีสายส่งสัญญาณใยแก้วนำแสงเดิมเพื่อแก้ปัญหาจุดอ่อนที่เกิดขึ้นในระบบ

ผลวิจัยพบว่า 1) การออกแบบระบบเครือข่ายประกอบไปด้วยการทำงานของเครือข่ายสองชนิดควบคู่กันโดยมีเครือข่ายใยแก้วนำแสงเป็นเครือข่ายหลักและเครือข่าย 4G เป็นเครือข่ายสำรอง 2) การติดตั้งเครื่องมือตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานสามารถตรวจจับปริมาณการใช้งานได้จากเครือข่ายเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ และ 3) จากการวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของระบบพบว่าเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ทำให้เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขาเฉลี่ยมีความพร้อมใช้งานอยู่ที่ร้อยละ 99.83

คำสำคัญ: ระบบเครือข่ายสำรองสาขา ความพร้อมใช้งานสูง เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

Thesis title: High Availability Branch Network Backup Systems Using 4G Mobile Network Technology

Researcher: Mr. Chatchavarn Panworng; **ID:** 2619600543;

Degree: Master of Science (Information and Communication Technology);

Thesis advisors: (1) Dr. Khajitpan Kritpolviman, Assistant Professor;

(2) Dr. Sarun Nakthanom;

Academic year: 2020

Abstract

This research aims to 1) design network backup systems using 4G mobile network technology by mainly considering system costs, 2) install and test performance of network backup systems designed by PRTG application, and 3) analyze and evaluate performance using mathematical equations.

The concepts of this research are to increase performance and resolve problems of information and communication technology in wide area networks that are lacking instability due to physical problems of optical fiber transmission technology. The research primarily focuses on the design of information and communication technology network backup systems from Bangkok head office and regional branch offices in a distance of more than 50 kilometers. By utilizing a 4G mobile network and optical fiber technologies, this technical solution can solve problematic weaknesses that occurred in the system.

The research results showed that 1) the network design consisted of two types of network operation in parallel, with the fiber-optic network as the core network and the 4G network as the backup network, 2) the implementation of network backup system and test performance can detect network traffic to be used for analyzing system performance, and 3) analysis and evaluation of system performance showed that 4G mobile network technology can improve the availability of information and communication technology networks between the head office and regional branch offices averagely to 99.83 percent of the availability.

Keywords: Branch Network Backup Systems, High Availability, 4G Mobile Network Technology

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขจิตพรรณ กฤตพลวิมาน และอาจารย์ ดร. ศรันย์ นาคถนอม ท่านทั้งสองได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แขนงวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ได้ให้องค์ความรู้ แนวคิด และปลูกฝังคุณธรรมจริยธรรมที่ดีในการดำรงตนในสังคม

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา ภรรยา บุตร รวมถึงเพื่อนๆ และผู้ที่เกี่ยวข้อง ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนการทำวิจัยตลอดมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณตนเองที่ไม่ย่อท้อและยังคงมุ่งมั่นในการทำวิจัยจนสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เพื่อครอบครัว

ชัชวาล พานวงษ์
กุมภาพันธ์ 2564

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... จ
กิตติกรรมประกาศ........ ฉ
สารบัญตาราง .... ฌ
สารบัญภาพ .... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา........ 1
2. วัตถุประสงค์ในการวิจัย 5
3. กรอบแนวคิดในการวิจัย 5
4. สมมติฐานการวิจัย 6
5. ขอบเขตในการวิจัย 7
6. ข้อจำกัดในการวิจัย 8
7. นิยามศัพท์เฉพาะ........ 8
8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ........ 10
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง........ 11
1. พื้นฐานเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร 11
2. การบริหารจัดการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร 27
3. การวิเคราะห์ความต้องการของระบบและการออกแบบเครือข่าย
เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร 31
4. การออกแบบระบบสำรองและการคำนวณต้นทุนและจุดคุ้มทุน 33
5. การทดสอบระบบระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ
และการสื่อสารที่ออกแบบ........ 40
6. การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของระบบ 45
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 49

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 53
1. ออกแบบระบบเครือข่ายสำรองโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G 54
2. ติดตั้งและตรวจสอบผลการทำงานของเครือข่ายสำรองที่ออกแบบ 59
3. วิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของระบบ 61
บทที่ 4 ผลการวิจัย 70
1. ผลการออกแบบระบบเครือข่ายสำรอง โดยใช้เทคโนโลยี
เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G 70
2. ผลการติดตั้งและตรวจสอบผลการทำงานของเครือข่ายสำรองที่ออกแบบ 77
3. ผลการวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน 80
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 126
1. สรุปการวิจัย 126
2. อภิปรายผล 127
3. ข้อเสนอแนะ 128
ภาคผนวก 131
ก บทความตีพิมพ์การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 43 132
ข ขั้นตอนการตั้งค่าโปรแกรมประยุกต์ PRTG เพื่อตรวจจับการทำงานของเครือข่าย 138
ค ชุดคำสั่ง Routing BGP ของแต่ละสาขา 143
ประวัติผู้วิจัย 152

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ใช้อ้างอิงการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของความพร้อมใช้งาน 47
ตารางที่ 4.1 แสดงการออกแบบ As number และ ip network subnet ของระบบ 74
ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดสอบระบบเครือข่ายสำรองโดยใช้เทคโนโลยี
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G 126

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย 6
ภาพที่ 2.1 ภาพมุมตัดของสายใยแก้วนำแสงชนิดซิงเกิลโหมด 13
ภาพที่ 2.2 แบบการเชื่อมต่อด้วยเครือข่ายแบบ Leased Line 15
ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการส่งข้อมูลระหว่างผู้ส่งและผู้รับในระบบเทคโนโลยีเครือข่าย
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 16
ภาพที่ 2.4 แบบการเชื่อมต่อบนเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 16
ภาพที่ 2.5 วิวัฒนาการของเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 19
ภาพที่ 2.6 สถาปัตยกรรมเครือข่ายเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G 20
ภาพที่ 2.7 การเชื่อมต่อแบบ Remote access VPN 22
ภาพที่ 2.8 การเชื่อมต่อแบบ Intranet VPN 22
ภาพที่ 2.9 สถาปัตยกรรมคุณภาพบริการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร 28
ภาพที่ 2.10 โทโพโลยีระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแบบลำดับ 33
ภาพที่ 2.11 ระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระดับชั้นหลัก
เกิดความเสียหาย 34
ภาพที่ 2.12 การทำงานของเส้นทางสำรองของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
ในระดับชั้นหลัก 35
ภาพที่ 2.13 การออกแบบการเข้าถึงระดับชั้นหลักแบบสองจุด 36
ภาพที่ 2.14 การออกแบบการเชื่อมต่อสำรองชั้นกระจาย 37
ภาพที่ 2.15 การออกแบบการเชื่อมต่อสำรองระดับชั้นการเข้าถึง 38
ภาพที่ 2.16 การใช้กราฟวิเคราะห์จุดคุ้มทุน 40
ภาพที่ 2.17 การร้องขอด้วย ICMP ได้รับผลสำเร็จ 41
ภาพที่ 2.18 การร้องขอด้วย ICMP ได้รับผลไม่สำเร็จ 42
ภาพที่ 2.19 การทำงานของโพรโทคอล ICMP ในระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลสารสนเทศ
และการสื่อสาร 43
ภาพที่ 2.20 การทำงานของ SNMP Manager กับ SNMP Agent 44
ภาพที่ 2.21 VPN ผ่านเครือข่าย MPLS แบบสองเกตเวย์ 49

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย.. 53
ภาพที่ 3.2 วิเคราะห์ความต้องการระบบเครือข่ายสำรองโดยใช้เทคโนโลยี
เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G.. 55
ภาพที่ 3.3 การออกแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขา............. 55
ภาพที่ 3.4 แบบการเชื่อมต่อของสำนักงานสาขาที่ระดับชั้นหลัก
ด้วยเทคนิค Dual homing core.. 56
ภาพที่ 3.5 กำหนดเลข BGP As Number ให้เส้นทางเครือข่าย... 56
ภาพที่ 3.6 เราเตอร์เลือกใช้ BGP As Number ที่1... 57
ภาพที่ 3.7 เราเตอร์ เลือกใช้ BGP As Number ที่ 2.. 57
ภาพที่ 3.8 ติดตั้งเราเตอร์ ระบบเครือข่ายสำรองด้วยเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G.................. 60
ภาพที่ 3.9 ติดตั้งเครื่องมือตรวจสอบการทำงานโปรแกรมประยุกต์ PRTG.................................. 61
ภาพที่ 3.10 การทำงานของ PRTG SNMP TRAP INFORMATION.. 62
ภาพที่ 3.11 ตัวอย่างsystem log บนอุปกรณ์เราเตอร์.. 63
ภาพที่ 3.12 ลำดับการตั้งค่าเซนเซอร์ตัวรับในระบบให้โปรแกรม PRTG 64
ภาพที่ 3.13 การตั้งค่าเซนเซอร์ตัวรับSNMP TRAP ในระบบให้โปรแกรม PRTG.......................... 64
ภาพที่ 3.14 กราฟความพร้อมใช้งานของเครือข่าย.. 65
ภาพที่ 3.15 กราฟประสิทธิภาพของเครือข่าย 66
ภาพที่ 3.16 การตรวจจับการทำงานเครือข่ายด้วยโพรโทคอลICMP
จากโปรแกรม Wireshark.. 67
ภาพที่ 3.17 การตรวจจับ SNMP ด้วยโปรแกรม Wireshark.. 67
ภาพที่ 3.18 การ traceroute เส้นทางการเชื่อมต่อเครือข่าย 68
ภาพที่ 3.19 ทดสอบดาวน์โหลดไฟล์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ
ระหว่างเครือข่ายหลักและเครือข่ายสำรอง 69
ภาพที่ 4.1 เครือข่ายสำนักงานใหญ่เชื่อมต่อกับสำนักสาขาผ่านเครือข่ายผู้ให้บริการวงจรเช่า........ 71
ภาพที่ 4.2 การเชื่อมต่อสายใยแก้วนำแสงไปยังผู้ให้บริการ 72
ภาพที่ 4.3 การเชื่อมต่อระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขาด้วยสายใยแก้วนำแสง............. 72
ภาพที่ 4.4 เชื่อมต่อเครือข่ายภายในเข้ากับเราเตอร์ เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G 73

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.5 การเชื่อมต่อเครือข่ายระหว่างสำนักงานใหญ่เข้ากับสำนักงานสาขา
ด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G 73
ภาพที่ 4.6 ผลการออกแบบระบบเครือข่ายในภาพรวม 77
ภาพที่ 4.7 เส้นทางข้อมูลจะถูกส่งผ่านเครือข่ายหลักด้วยการเลือก BGP As number 1 78
ภาพที่ 4.8 เส้นทางข้อมูลจะถูกส่งผ่านเครือข่ายหลักด้วยการเลือก BGP As number 2 78
ภาพที่ 4.9 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศด้วยโปรแกรมประยุกต์ PRTG .. 79
ภาพที่ 4.10 ข้อมูลการใช้งานเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำนักงานสาขา 80
ภาพที่ 4.11 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาเชียงใหม่ 82
ภาพที่ 4.12 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายสาขาเชียงใหม่ 85
ภาพที่ 4.13 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาลำพูน 86
ภาพที่ 4.14 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายสาขาลำพูน 89
ภาพที่ 4.15 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาสมุทรสาคร 91
ภาพที่ 4.16 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายสมุทรสาคร 94
ภาพที่ 4.17 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขานครปฐม 95
ภาพที่ 4.18 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายสาขานครปฐม 98
ภาพที่ 4.19 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาชลบุรี 100
ภาพที่ 4.20 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายสาขาชลบุรี 103
ภาพที่ 4.21 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาสัตหีบ 104
ภาพที่ 4.22 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายสัตหีบ 107
ภาพที่ 4.23 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขานครราชสีมา 109
ภาพที่ 4.24 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายนครราชสีมา 112
ภาพที่ 4.25 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาขอนแก่น 113
ภาพที่ 4.26 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายขอนแก่น 116
ภาพที่ 4.27 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาสุราษฎร์ธานี 118
ภาพที่ 4.28 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายสาขาสุราษฎร์ธานี 121
ภาพที่ 4.29 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาตรัง 122
ภาพที่ 4.30 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายตรัง 125

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารถือเป็นหัวใจสำคัญสำหรับการดำเนินงานขององค์กรหรือบริษัททุกขนาด เพื่อให้การทำธุรกิจเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและคล่องตัวสามารถแข่งขันในภาคธุรกิจที่ตนดำรงอยู่ เนื่องจากการประมวลผลข้อมูลดิจิทัลด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยให้การทำกิจกรรมต่างๆทางธุรกิจมีความรวดเร็วและถูกต้องแม่นยำมากขึ้น หากกล่าวถึงหัวใจสำคัญที่ทำให้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารขับเคลื่อนและเป็นไปได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารถือเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้ผู้ที่ต้องการใช้บริการระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสามารถทำกิจกรรมต่างๆในธุรกิจได้อย่างดีและมีประสิทธิภาพมากที่สุด เนื่องจากหากระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหยุดชะงักลงหรือไม่สามารถให้บริการได้จะสร้างความเสียหายต่อการดำเนินธุรกิจขององค์กรหรือบริษัทเป็นอย่างมาก ขอยกตัวอย่างบริษัทแห่งหนึ่งที่มีสำนักงานสาขาของบริษัททั้งหมด 10 แห่งโดยทุกสำนักงานสาขาต้องมีการใช้งานระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเชื่อมต่อเข้ามาใช้งานระบบการประมวลผลข้อมูลดิจิทัลลูกค้ารวมถึงระบบสื่อสารทางดิจิทัลต่างๆที่ตั้งอยู่ในสำนักงานใหญ่สำหรับการทำกิจกรรมทางธุรกิจในพื้นที่รับผิดชอบของตน หากเกิดปัญหากับระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจนทำให้สำนักงานสาขาไม่สามารถใช้งานระบบประมวลผลข้อมูลดิจิทัลลูกค้าหรือติดต่อลูกค้าได้จากปัญหาการเชื่อมต่อระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ซึ่งจะเห็นได้ว่าสำนักงานสาขานั้นจะเกิดความเสียหายต่อการให้บริการและทำให้มีผลกระทบกับธุรกิจในภาพรวมของบริษัทเป็นอย่างมาก จากที่ได้ยกตัวอย่างมานั้นทำให้เห็นว่าเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีความสำคัญเป็นอย่างมากที่จะต้องมีสภาพพร้อมใช้งานสูงรองรับความต้องการการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารขององค์กรหรือบริษัททุกขนาด เพื่อให้การดำเนินธุรกิจเป็นไปอย่างต่อเนื่องและไม่ได้รับความเสียหายจากระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศที่ไม่มีเสถียรภาพ

ทั้งนี้หากกล่าวถึงระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารการเชื่อมต่อกันระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขานั้นโดยส่วนใหญ่จะมีระยะทางที่ห่างไกลกันข้ามเมือง

หรือข้ามจังหวัด ในทางทฤษฎีการเชื่อมต่อเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในระดับนี้คงต้องกล่าวถึงเครือข่ายบริเวณกว้าง (Wide Area Network: WAN)(จตุชัย แพงจันทร์และอนุโชต วุฒิพรพงษ์, 2546, น.17)การเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายแต่ละส่วนที่อยู่ห่างไกลกันออกไปโดยผ่านทางเครือข่ายของผู้ให้บริการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร[1](Network Service Provider: NSP) การใช้งานเครือข่ายบริเวณกว้างผู้รับผิดชอบที่มีหน้าที่ดูแลเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารขององค์กรหรือบริษัท จะต้องขอใช้บริการกับทางผู้ให้บริการเพื่อทำให้เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่อยู่ห่างออกไปสามารถเชื่อมต่อกันได้ จะเห็นได้ว่าการเชื่อมต่อเครือข่ายบริเวณกว้างนั้น ผู้ที่เป็นเจ้าของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไม่สามารถจัดการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศของตนเองได้ทั้งหมด จะมีทั้งผู้เป็นเจ้าของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจัดหาเอง และต้องใช้บริการผ่านทางผู้ให้บริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่เปิดให้บริการ

วงจรเช่า (Leased line) เป็นบริการจากผู้ให้บริการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ทำให้เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสามารถเชื่อมต่อกันได้ตลอดเวลา ครอบคลุมการให้บริการในรูปแบบเครือข่ายบริเวณกว้างด้วยความสามารถในการรองรับปริมาณข้อมูลจำนวนมากและมีความเร็วในการส่งข้อมูลสูง ที่ได้นำคุณสมบัติของสายส่งแบบใยแก้วนำแสง (Fiber Optic Cable) กับการทำงานควบคู่กับเทคโนโลยีวงจรสื่อสารแบบ เซอร์กิตสวิตชิง[2] (Circuit Switching) เพื่อให้บริการทางเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแก่ผู้ใช้งานที่มีความต้องการบริการที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทั้งนี้เทคโนโลยีสายส่งสัญญาณแบบใยแก้วนำแสงยังคงมีข้อจำกัดทางด้านกายภาพมากมาย หนึ่งในตัวอย่างที่เห็นชัดเจนและเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นได้บ่อยครั้งที่สุดคือสายส่งสัญญาณใยแก้วนำแสงขาด ทั้งจากภัยธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์เองตามแนวสายส่งสัญญาณหรือแนวเดินสายสัญญาณ

---

[1] องค์กรธุรกิจผู้ให้บริการเครือข่ายการสื่อสารข้อมูลทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารโดยเก็บค่าบริการแก่ผู้ที่ต้องการสร้างเครือข่ายสื่อสารข้อมูลระยะไกลแบบเครือข่ายบริเวณกว้าง

[2]กลไกการสื่อสารข้อมูลระหว่างสถานีส่งข้อมูลและสถานีรับข้อมูล เป็นเทคโนโลยีที่ใช้สร้างเส้นทางการสื่อสารเฉพาะผู้ส่งและผู้รับเท่านั้น

จากที่กล่าวมาหากทำการอ้างอิงข้อตกลงในการให้บริการ[3] (Service Level Agreement: SLA) ของผู้ให้บริการรายหนึ่งในประเทศไทย ที่ได้ทำข้อตกลงสำหรับลูกค้านิติบุคคลในบริการที่ชื่อว่า Internet Solution via Leased Line for Business & Small Business[4] ซึ่งในการแก้ไขปัญหาจะใช้ระยะเวลาในการแก้ปัญหามากถึงแปดชั่วโมงสำหรับพื้นที่ต่างจังหวัด ซึ่งในทางธุรกิจหากเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศไม่สามารถให้บริการได้ตามเวลาในเวลาแปดชั่วโมงธุรกิจจะเกิดความเสียหายอย่างสูง จะเห็นได้ว่าระบบสำรองเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องทำให้เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีเสถียรภาพเพื่อการสนับสนุนการดำเนินงานของบริษัทได้อย่างต่อเนื่อง ในการออกแบบเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้งานเป็นระบบเครือข่ายสำรองเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีความสำคัญเนื่องจากหากการสร้างระบบเครือข่ายสำรองเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีข้อจำกัดหรือข้อเสียทางกายภาพเช่นเดียวกับเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ใช้สายส่งสัญญาณแบบใยแก้วนำแสงแบบเดิมก็คงไม่ต่างไปจากการสร้างต้นทุนระบบสำรองที่ไม่ตอบสนองวัตถุประสงค์ความต้องการสภาพพร้อมใช้งานระบบที่ต้องการได้จริง

ปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย[5] (wireless communication) ได้เข้ามามีบทบาทในการทำงานของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นอย่างมากด้วยคุณสมบัติที่ทำให้การสื่อสารข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางปราศจากการเชื่อมต่อในเชิงกายภาพที่ไม่จำเป็นต้องใช้สายสัญญาณเป็นตัวกลางสำหรับการสื่อสาร (non physical wired) เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายจะใช้คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพาหะในการส่งข้อมูลผ่านตัวกลางที่เป็นอากาศ ทำให้มีข้อได้เปรียบเรื่องพื้นที่การให้บริการมากกว่าการใช้สายสัญญาณที่จะต้องทำการวางเครือข่ายสายสัญญาณระหว่างต้นทางไปยังปลายทางจึงจะสามารถทำให้การสื่อสารข้อมูลเกิดขึ้นได้ แต่สำหรับเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายไม่จำเป็นต้องทำ และด้วยข้อได้เปรียบอีกประการหนึ่งคือเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายไม่มีการเชื่อมต่อทางกายภาพจึงไม่มีข้อจำกัดเรื่องสายสัญญาณขาดเสียหาย

เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่มีแนวคิดมาจากเครือข่ายเซลลูลาร์เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายที่เข้ามามีบทบาทในการสื่อสารตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2522 แนวคิด

---

[3]ข้อตกลงระดับการให้บริการเป็นสัญญาการให้บริการ ระหว่างผู้ให้บริการและผู้รับบริการโดยจัดทำขึ้นเป็นลายลักษณ์อักษรและมีผลบังคับใช้ภายในเวลาและเงื่อนไขที่กำหนด

[4] โปรดอ่านรายละเอียดข้อมูลเพิ่มเติมใน http://www3.truecorp.co.th/truebusiness/content/segment/bu_sm

[5] ระบบการสื่อสารที่ใช้คุณสมบัติของคลื่นความถี่วิทยุและคลื่นอินฟราเรดเป็นพาหะในการส่งข้อมูลโดยผ่านตัวกลางเป็นที่อากาศจึงทำให้การสื่อสารชนิดนี้ปราศจากสายส่งสัญญาณ

เริ่มแรกคือการนำมาใช้เป็นเทคโนโลยีเครือข่ายให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับผู้ส่งข้อมูลและผู้รับข้อมูลสามารถสื่อสารกันได้ผ่านทางคลื่นวิทยุ ซึ่งในยุคแรกการส่งข้อมูลจะทำได้เพียงการส่งข้อมูลเสียงระหว่างผู้ส่งและผู้รับเท่านั้น จึงทำให้ในยุคแรกหรือยุค First Generation: 1G เป็นการสื่อสารกันทางเสียงแบบแอนะล็อก เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคแรกหรือยุค 1G เป็นยุคที่มีการกำหนดมาตรฐานที่เป็นรากฐานของการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ขึ้นคือ Advanced Mobile Phone Service: AMPS[6] ที่ประกอบด้วย อุปกรณ์โมบาย, สถานีฐาน และสถานีสลับช่องสัญญาณโมบาย ทั้งนี้เทคโนโลยีเครือข่ายเซลลูลาร์มีการพัฒนาการอย่างต่อเนื่องจนมาถึงในยุคปัจจุบัน เป็นยุคที่ 4 หรือ Fourth Generation: 4G ซึ่งเป็นยุคที่เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถส่งข้อมูลได้ทั้ง เสียง, ตัวอักษร, ภาพ, หรือแม้แต่วิดีโอ เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G เป็นเทคโนโลยีที่สามารถรองรับความต้องการการสื่อสารข้อมูลสารสนเทศที่มีปริมาณสูงได้ ปัจจุบันมีผู้ให้บริการในประเทศไทยหลายรายได้ทำการติดตั้งเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ให้บริการครอบคลุมพื้นที่เพื่อให้บริการในประเทศไทยมากขึ้นเป็นลำดับ แต่อย่างไรก็ดีเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ก็ยังคงมีข้อจำกัดเรื่องสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า (noise) และสัญญาณแทรกสอด (interference) ที่มีรูปแบบไม่แน่นอนสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาและควบคุมได้ยาก

หากนำเทคโนโลยีสายส่งสัญญาณแบบใยแก้วนำแสงกับเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G มาเปรียบเทียบกันแล้วนั้น จะทำให้เห็นได้ว่าเทคโนโลยีสายส่งสัญญาณใยแก้วนำแสงมีข้อดีเรื่องความคงทนต่อสัญญาณรบกวนแต่มีข้อเสียทางด้านกายภาพ ส่วนเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G มีข้อดีทางด้านกายภาพแต่มีข้อเสียเรื่องสัญญาณรบกวน จากข้อดีและข้อเสียของทั้งสองเทคโนโลยีหากเราสามารถนำมาออกแบบสถาปัตยกรรมเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่นำทั้งสองเทคโนโลยีมารวมเข้าด้วยกันโดยการนำเทคโนโลยีสายส่งสัญญาณแบบใยแก้วนำแสงมาทำงานเป็นเครือข่ายหลักและนำเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G มาเป็นระบบเครือข่ายสำรองน่าจะมีความเหมาะสมและเป็นไปได้ในทางปฏิบัติแต่เมื่อกล่าวถึงการติดตั้งระบบสำรองนั้น ต้นทุนดำเนินการที่เกิดเพิ่มขึ้นควรเป็นไปในทิศทางที่จะแก้ปัญหาความเสียหายทางธุรกิจให้กับบริษัทหรือห้างร้าน ที่ได้รับความเสียหายจากปัญหาเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไม่สามารถใช้งานได้ ตัวเลขความเสียหายที่เกิดขึ้นเมื่อคิดเป็นจำนวนเงิน ควรจะต้องมากกว่าต้นทุนของระบบ (ต้นทุนความเสียหาย > ต้นทุน

---

[6]ระบบมาตรฐานสำหรับบริการโทรศัพท์เซลลูลาร์สัญญาณแอนะล็อกพัฒนาโดย AT&T บริษัทโทรคมนาคมสหรัฐอเมริกา

ระบบสำรอง) จึงจะคุ้มต่อการลงทุนในระบบสำรองนั้นๆ งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการออกแบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารโดยมีเครือข่ายหลักเป็นเทคโนโลยีสายส่งสัญญาณแบบใยแก้วนำแสงและระบบเครือข่ายสำรองเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G เพื่อทำให้เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแบบบริเวณกว้างมีสภาพพร้อมใช้งานสูงและมีต้นทุนที่เหมาะสมสามารถนำมาใช้งานได้จริง

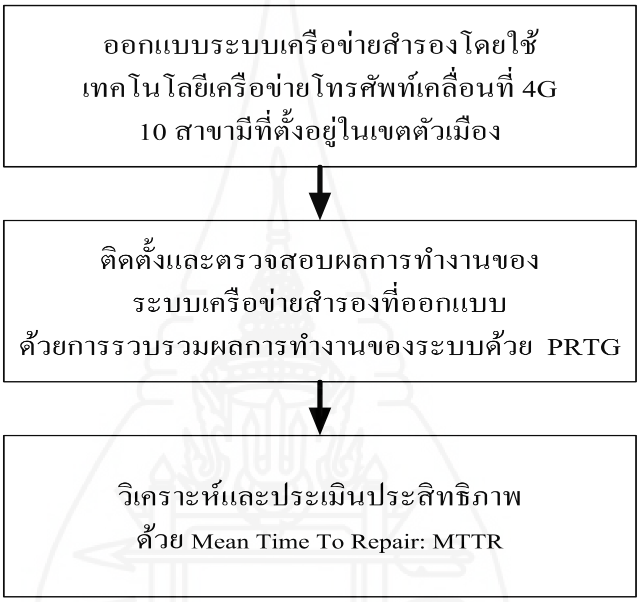
2. วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. ออกแบบระบบเครือข่ายสำรองโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G
2. ติดตั้งและตรวจสอบผลการทำงานของระบบเครือข่ายสำรองที่ออกแบบ
3. วิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยนี้มีแนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพและแก้ไขปัญหาการใช้งานเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่เป็นเครือข่ายบริเวณกว้างที่ใช้งานผ่านสายส่งสัญญาณแบบใยแก้วนำแสง ซึ่งในปัจจุบันขาดความเป็นเสถียรภาพจากปัญหาทางกายภาพ การวิจัยมุ่งเน้นการออกแบบระบบสำรองให้เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระหว่างสำนักงานใหญ่ที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร กับสำนักงานสาขาของบริษัทที่ตั้งอยู่ตามต่างจังหวัดมีระยะทางไกลมากกว่า 50กิโลเมตรด้วยวิธีการที่ออกแบบให้เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ใช้เทคโนโลยีสายส่งสัญญาณแบบใยแก้วนำแสงและเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ทำงานคู่กันโดยให้เครือข่ายแบบใยแก้วนำแสงทำงานเป็นเครือข่ายหลักและให้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ทำงานเป็นเครือข่ายสำรองเพื่อนำมาแก้ปัญหาจุดอ่อนที่เกิดขึ้นในระบบ ในการวิจัยนี้ใช้สำนักงานสาขา 10 สำนักงานของบริษัทมหาชนแห่งหนึ่งด้วยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)โดยทั้ง 10 สาขามีที่ตั้งอยู่ในเขตตัวเมืองตามแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยมีการติดตั้งเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยสายส่งสัญญาณใยแก้วนำแสงและเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G จากนั้นใช้ซอฟต์แวร์ประยุกต์ Paessler Router Traffic Grapher: PRTG ที่มีความสามารถรวบรวมผลการทำงานของระบบที่ได้ทำการออกแบบขึ้นเพื่อนำมาใช้วิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของสำนักงานใหญ่และสำนักสาขาเรื่องการให้บริการที่มี

ประสิทธิภาพการพร้อมใช้งานสูง ในการวิจัยนี้กล่าวถึงการออกแบบระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารทั้งระบบหลักและสำรอง รวมไปถึงการรวบรวมความสามารถในการทำงานของระบบด้วยข้อมูลตัวเลขที่บ่งบอกถึงความพร้อมใช้งานที่เกิดขึ้นด้วยการวัดค่าจากจำนวนเวลานับ ตั้งแต่เมื่อระบบหลักหยุดลงและระบบสำรองทำงานทดแทน จากนั้นจะนำมาประเมินประสิทธิภาพของระบบที่ได้ทำการออกแบบ โดยใช้สมการ Mean Time To Repair: MTTR เพื่ออภิปรายผลการวิจัยซึ่งเนื้อหา MTTR จะอธิบายเพิ่มเติมในบทที่ 2



ภาพที่ 1.1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

4. สมมติฐานการวิจัย

การออกแบบติดตั้งระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4Gจะสามารถทำให้เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของสำนักงานใหญ่และสำนักงานสาขามีสภาพพร้อมใช้งานไม่น้อยกว่า 99.99 % โดยอ้างอิงงานวิจัยของ Ruhani Ab Rahman. (2015). Implementation of High Availability Concept Based on Traffic Segregation Over Mpls-te

5. ขอบเขตในการวิจัย

ขอบเขตที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นการกำหนดจากกลุ่มตัวอย่างที่มีการใช้งานเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่อยู่ในรูปแบบของเครือข่ายบริเวณกว้างข้ามเขตจังหวัดมีสถานที่ตั้งอยู่ในภูมิภาคต่างๆทั่วประเทศ ใช้อุปกรณ์เชื่อมเครือข่ายแบบลำดับชั้นมีอุปกรณ์ทางเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารติดตั้งอยู่ในสำนักงานสาขาเพื่อรวบรวมข้อมูลการใช้งานเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของสำนักงานสาขาส่งข้อมูลมายังอุปกรณ์รวบรวมข้อมูลซึ่งตั้งอยู่ที่สำนักงานใหญ่ในกรุงเทพมหานคร

การวิจัยนี้ใช้สำนักงานสาขาทั้งหมด 10 สาขาซึ่งเป็นสำนักงานสาขาของบริษัทมหาชนแห่งหนึ่งเท่านั้นและไม่มีการวิจัยภายในเครือข่ายของผู้ให้บริการรายใดๆที่นำมาใช้ในงานวิจัย เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นการนำทฤษฎีเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาประยุกต์ใช้งานจริงเพื่อให้เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ออกแบบมีสภาพพร้อมใช้งานสูงที่สุด ลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับธุรกิจที่เกิดจากระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของสำนักงานสาขาไม่สามารถใช้งานได้ โดยมีข้อจำกัดคือสถานที่ตั้งของสำนักงานที่อยู่ในเขตพื้นที่ตัวเมืองใหญ่ที่เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G สามารถให้บริการได้และยังมีขนาดการใช้งานแบนด์วิดท์ในระดับเฉลี่ยอยู่ที่ 2,000 kbps แต่จะมีบางช่วงเวลาที่ใช้งานไปสูงถึง 10 Mbps ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยในปัจจุบันกระบวนการที่ดำเนินการภายใต้ขอบเขตงานประกอบไปด้วยสามขั้นตอนได้แก่

5.1 การออกแบบระบบเครือข่ายสำรอง ดำเนินการภายใต้การออกแบบระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีการเชื่อมต่อกันระยะไกลแบบข้ามจังหวัดหรือเครือข่ายแบบ WAN ระหว่างเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำนักงานใหญ่กับเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำนักงานสาขา โดยมีเส้นทางการสื่อสารข้อมูลเชื่อมต่อเป็นสองเส้นทางคือ 1) เส้นทางการสื่อสารข้อมูลหลักทำงานอยู่บนเครือข่ายแบบวงจรเช่าส่วนบุคคลใช้งาน (Multi Protocol label Switching: MPLS) ในการค้นหาเส้นทางผ่านสื่อสัญญาณแบบใยแก้วนำแสง ทำงานร่วมกับ 2) เส้นทางการสื่อสารข้อมูลสำรองทำงานอยู่บนเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ที่ใช้การสร้างเครือข่ายส่วนบุคคลเสมือน (Virtual Private Network: VPN) ในการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขา ผ่านทางเครือข่ายผู้ให้บริการแบบเครือข่ายสาธารณะซึ่งทั้งสองเส้นทางจะทำงานด้วยหลักการ Active and Standby คือเครือข่ายหลักจะทำงานก่อนหากเกิดความเสียหายเครือข่ายสำรองจะทำงานทดแทน โดยทั้งสองเส้นทางที่กล่าวมาจะใช้ Border Gateway Protocol: BGP ในการประสานการทำงานระหว่างกัน

5.2 ติดตั้งตรวจสอบผลการทำงานของระบบเครือข่ายสำรอง กระบวนการติดตั้งอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ประยุกต์ Paessler Router Traffic Grapher: PRTG ที่ทำงานด้วย Internet Control Message Protocol: ICMP และ Simple Network Management Protocol: SNMP นำมาใช้รวบรวมผลการทำงานของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ได้ทำการออกแบบขึ้น เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลในการนำมาใช้วิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของระบบ

5.3 การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการใช้งานดำเนินการในขอบเขตข้อมูลที่ได้รับจากหัวข้อติดตั้งและตรวจสอบผลการทำงานของระบบเครือข่ายสำรองเพื่อนำมาประเมินประสิทธิภาพเรื่องสภาพพร้อมใช้งานสูง (High Availability: HA) ด้วยเครื่องมือ Mean Time to Repair: MTTR) เพื่ออภิปรายผลการวิจัย

6. ข้อจำกัดในการวิจัย

การวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องการนำเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่มาออกแบบเป็นระบบสำรอง เนื่องด้วย 1) ปัจจุบันช่วงเวลาในการทำงานวิจัยนี้ผู้ให้บริการระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยยังคงได้รับใบอนุญาตในการให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้แค่ 4G เท่านั้น และ 2) การทดสอบการใช้งานเครือข่ายสารสนเทศและการสื่อสารของสำนักงานใหญ่และสาขาที่ร่วมทดสอบเป็นการใช้งานอยู่บนพื้นฐานการทำงานจริงของผู้ใช้งานจึงทำให้การจราจรในเครือข่ายในบางช่วงเวลาสูงและในบางช่วงเวลาต่ำตามสภาวะการทำงานของผู้ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบจึงต้องคิดเป็นค่าเฉลี่ยในการประเมินประสิทธิภาพ 3) เครือข่ายที่นำมาทดสอบ MPLS เป็นการเช่าใช้บริการแบนด์วิดท์ที่ 4Mbps เท่านั้น

7. นิยามศัพท์เฉพาะ

7.1 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คือ ศัพท์ที่มักใช้ในความหมายคล้ายกับเทคโนโลยีสารสนเทศ (ไอที) แต่ขยายขอบเขตเพิ่มขึ้นโดยเน้นเรื่องบทบาทของการสื่อสารแบบรวมศูนย์ กับการบูรณาการของสิ่งต่อไปนี้ได้แก่ เทคโนโลยีโทรคมนาคมทั้งแบบใช้สายส่งสัญญาณและไร้สายส่งสัญญาณ ระบบคอมพิวเตอร์ทั้ง ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ รวมไปถึงหน่วยเก็บข้อมูล และระบบโสตทัศน์แบบต่าง ๆ ช่วยให้ผู้ใช้สามารถประมวลผลเก็บบันทึก ส่งผ่าน และติดต่อสื่อสารด้วยกันได้ผ่านเทคโนโลยีสารสนเทศ

7.2 เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คือ การเชื่อมโยงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้าด้วยกันผ่านเทคโนโลยีและอุปกรณ์ทางเครือข่าย

7.3 เครือข่ายบริเวณกว้าง Wide Area Network: WAN คือข่ายงานที่อยู่ห่างไกลกันมาก อาจจะอยู่ระหว่างเมือง หรือระหว่างประเทศ เช่น การเชื่อมต่อเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของสำนักใหญ่เข้ากับเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของสำนักงานสาขาที่อยู่ห่างไกลมากกว่า 2 กิโลเมตร โดยใช้การส่งข้อมูลสารสนเทศผ่านทางระบบสายส่งสัญญาณหรือระบบไร้สายส่งสัญญาณ เพื่อเชื่อมโยงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้าหากัน

7.4 วงจรเช่า (Leased Line) คือ วงจรสื่อสารโทรคมนาคมที่ผู้ให้บริการ บริการแก่ผู้รับบริการแบบส่วนบุคคลโดยมีการใช้งานระหว่างสองจุดหรือมากกว่าบางครั้งเรียกอีกอย่างว่าวงจรส่วนตัวโดยปกติองค์กรธุรกิจจะใช้เพื่อเชื่อมต่อสำนักงานที่อยู่ห่างไกลออกไปเกินกว่า 2 กิโลเมตรเพื่อทำให้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสามารถติดต่อสื่อสารกันได้

7.5 Multi Protocal Label switching: MPLS โพรโทคอลกำหนดเส้นทางขนส่งข้อมูลชนิดพิเศษที่ใช้เทคนิคการใส่ป้ายชื่อให้แพ็กเก็ตข้อมูลที่ต้องการจะทำงานส่งจากต้นทางไปยังปลายทาง มีความเสถียรและปลอดภัยสูงรองรับแบนด์วิดท์มากถึง 10 Gbpsc

7.6 สายส่งสัญญาณแบบใยแก้วนำแสง คือสายสัญญาณใยแก้วนำแสง หรือ ออปติกไฟเบอร์ หรือ ไฟเบอร์ออปติก ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งแสงจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งด้วยความเร็วแสงนำมาประยุกต์ใช้ในการสื่อสารโทรคมนาคมแบบสายส่งสัญญาณทำให้การส่งข้อมูลและรับข้อมูลมีความเร็วมาก สามารถส่งข้อมูลและรับข้อมูลในระยะทางได้เกิน 100 กิโลเมตรในหนึ่งช่วงสัญญาณแสง

7.7 เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G คือเครือข่ายไร้สายความเร็วสูงชนิดพิเศษที่มีพัฒนาการมาจากเครือข่ายเซลลูลาร์สามารถส่งผ่านข้อมูลแบบไร้สายด้วยระดับความเร็วสูงที่ 100 Mbps ใช้งานย่านความถี่วิทยุเป็นพาหะในการส่งข้อมูลผ่านตัวกลางที่เป็นอากาศ ปัจจุบันในประเทศไทยเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ใช้งานอยู่บนคลื่นความถี่ 850MHz 900MHz 1,800MHz 2,100MHz และ 2,300MHz ขึ้นอยู่กับภูมิภาคและผู้ให้บริการ

7.8 เครือข่ายส่วนบุคคลเสมือน (Virtual Private Network: VPN) เป็นเทคนิคทางเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารทำให้ผู้ที่ทำงานอยู่บนเครือข่ายเครือข่ายสาธารณะที่ต้องการเชื่อมต่อเข้าเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารส่วนบุคคลสามารถทำการเชื่อมต่อเข้าหากันได้ และทำให้ผู้ใช้งานที่อยู่บนเครือข่ายสาธารณะนั้นเมื่อเชื่อมต่อเข้ามาจะกลายเป็นเครือข่ายส่วนบุคคล

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

8.1 ได้แนวทางในการออกแบบ ระบบสำรองเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ให้ผู้ดูแลหรือผู้ให้บริการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

8.2 ได้แนวทางที่จะใช้ตรวจสอบผลการทำงาน ของระบบเครือข่ายสำหรับผู้ดูแลหรือผู้ให้บริการระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

8.3 ได้แนวทางให้ผู้ดูแลหรือผู้ให้บริการ ระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้เป็นการบูรณาการองค์ความรู้ทางเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกับหลักการให้บริการระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ดีตามหลักสากล การคำนวณต้นทุนและจุดคุ้มทุนมาผนวกรวมกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วนำมาปรับใช้ในการออกแบบระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารให้กับองค์กรหรือบริษัทที่ต้องพึ่งพิงการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการดำเนินกิจกรรมหรือธุรกิจเพื่อทำให้มีสภาพพร้อมใช้งานสูงสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจผู้วิจัยจึงแบ่งหมวดหมู่เนื้อหาดังนี้

1. พื้นฐานเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คือ เครือข่ายคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศทางดิจิทัลที่ทำการเชื่อมต่อกันโดยใช้สื่อกลางทั้งแบบมีสายและไม่มีสาย ทำให้สามารถสื่อสารข้อมูลกันได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถใช้ทรัพยากร (Resources) ที่มีอยู่ในเครือข่ายร่วมกันเพื่อทำการสร้าง การนำมาวิเคราะห์เพื่อประมวลผล การรับและส่งข้อมูล การจัดเก็บและนำไปใช้ใหม่ และการเผยแพร่สารสนเทศด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์รวมไปถึงการใช้งานเครือข่ายสื่อสารข้อมูล อุปกรณ์โทรคมนาคมทั้งมีสายและไร้สาย (สมเกียรติ รุ่งเรืองลดา, 2551, น.21) ในการดำเนินการติดตั้งเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร จะคำนึงถึงความต่อเนื่องและรองรับปริมาณการใช้งานเป็นสำคัญ เพื่อให้การสื่อสารข้อมูลสารสนเทศมีความต่อเนื่องและรองรับผู้ใช้บริการได้ตลอดเวลา เช่นการออกแบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำรองเพื่อรองรับเหตุฉุกเฉินในกรณีเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหลักเกิดความเสียหายไม่สามารถให้บริการได้ เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำรองจะทำงานทดแทนเพื่อให้บริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแก่ผู้ใช้บริการ งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเพื่อหาแนวทางปรับปรุงคุณภาพการให้บริการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจในการดำเนินงานผู้วิจัยจึงได้แบ่งพื้นฐานเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารออกเป็น

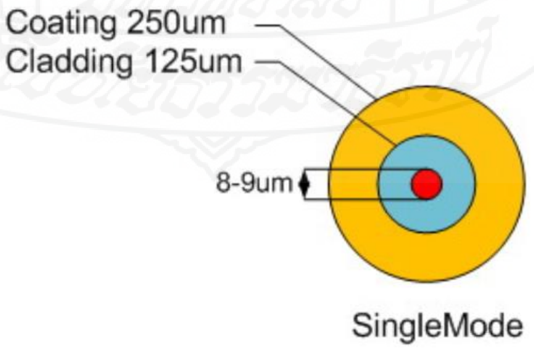
1.1 ประเภทของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ประเภทหรือชนิดของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เป็นการเชื่อมต่อเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารและอุปกรณ์ต่อพ่วงเข้าด้วยกันเพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรของระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารร่วมกันได้ (สมเกียรติ รุ่งเรืองลดา, 2551, น.21) ได้แบ่งเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารตามลักษณะขนาดได้ 4 ประเภทดังนี้

1) เครือข่ายส่วนบุคคล หรือแพน (Personal Area Network: PAN) เป็นเครือข่ายที่ใช้งานส่วนบุคคลมีการเชื่อมต่อกันในวงแคบๆ ระยะครอบคลุมการเชื่อมต่อไม่เกิน 10 เมตรโดยส่วนใหญ่จะเป็นการเชื่อมต่อแบบหนึ่งต่อหนึ่งหรือจุดต่อจุดเช่น การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ต เพื่อทำการแชร์การใช้งานทรัพยากรในวงจำกัดได้แก่ การแชร์ทรัพยากรไฟล์ข้อมูลต่างๆระหว่างกัน การแชร์ทรัพยากรการเข้าถึงเครือข่ายอินเทอร์เน็ตให้กัน โดยส่วนใหญ่เครือข่ายประเภทนี้จะสร้างการเชื่อมต่อด้วยตัวกลางสองประเภทคือ ประเภทสายเคเบิลแบบ ยูเอสบี (Universal Serial Bus: USB) เป็นมาตรฐานของบัสการสื่อสารแบบอนุกรมเพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในปัจจุบันสายยูเอสบีได้พัฒนามาจนอยู่รุ่นที่ 3 หรือ USB 3.0 สามารถส่งข้อมูลได้เร็วสูงสุดที่ 4.8 Gbps และในส่วนประเภทไร้สายแบบ บลูทูธ (bluetooth) เป็นเทคโนโลยีที่รองรับเครือข่ายการสื่อสารระยะใกล้ประมาณ 10 เมตรมีกำลังส่งต่ำสามารถให้บริการการสื่อสารได้ทั้งตัวอักษร เสียง และภาพ จึงนิยมนำมาเป็นเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล ปัจจุบันเทคโนโลยีบลูทูธถูกนำมาพัฒนาขึ้นเป็นเทคโนโลยี ซิกบี (ZigBee) ที่มีอัตราการส่งข้อมูลได้สูงสุดที่ 20 kbps และครอบคลุมการส่งสัญญาณอยู่ที่ 100 เมตร

2) เครือข่ายเฉพาะที่ หรือแลน (Local Area Network: LAN) เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ใช้ในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในพื้นที่รัศมีครอบคลุมไม่ไกลมากนักอาจนับเป็นระยะทางใกล้เคียงกัน เช่น ภายในบ้าน ภายในสำนักงาน และภายในอาคาร ในบางครั้งเรียกเครือข่ายประเภทนี้ว่าเครือข่ายภายใน (Local Network) ลักษณะการทำงานเป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งการเชื่อมต่อเครือข่ายแลนสามารถทำให้การใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารข้อมูลเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและเกิดประสิทธิภาพ เนื่องจากเครือข่ายแลน มีความสามารถในการเชื่อมประสานงานการทำงานและบริหารการจัดการทรัพยากรต่าง ๆ ได้ดีเช่น การแชร์ทรัพยากรทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต่างๆเพื่อให้ผู้ใช้งานในเครือข่ายแลนใช้งานร่วมกันเป็นต้น เนื่องจากอุปกรณ์แต่ละชิ้นจะอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ห่างไกลมากนักจึงทำให้อุปกรณ์ที่นำมาเป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลสามารถทำความเร็วในการสื่อสารข้อมูลได้สูงและมีอัตราการถูกรบกวน

ของสัญญาณน้อย มีเสถียรภาพในการควบคุมการทำงานตามขนาดของพื้นที่ เครือข่ายแบบแลนมีการนำตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลทั้งแบบมีสายและไร้สายมาใช้งาน

3) เครือข่ายนครหลวงหรือแมน (Metropolitan Area Network: MAN) เป็นเครือข่ายที่ใช้เชื่อมโยงเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่อยู่ห่างไกลออกไป เช่น การเชื่อมต่อเครือข่ายระหว่างสำนักงานที่อาจอยู่คนละอาคารและมีระยะทางไกลกันมาก การเชื่อมต่อเครือข่ายชนิดนี้อาจใช้สายใยแก้วนำแสงหรือสายไฟเบอร์ออปติก (fiber optic Cable) ในบางครั้งอาจใช้การส่งสัญญาณแบบไร้สายด้วยการทำงานของเทคโนโลยีคลื่นไมโครเวฟ โดยส่วนใหญ่นิยมใช้เป็นเครือข่ายส่วนบุคคล (private network) และต้องขอใช้บริการผ่านทางผู้ให้บริการเครือข่าย (service provider) เครือข่ายแบบแมน ที่มีการเชื่อมต่อกันครอบคลุมระยะทางมากกว่า 100 กิโลเมตร เป็นการติดต่อระหว่างเมือง เช่น กรุงเทพฯ กับเชียงใหม่ เชียงใหม่กับยะลาหรือเป็นการติดต่อระหว่างรัฐซึ่งตัวอย่างการใช้สื่อสัญญาณในการเชื่อมต่อข้อมูลของเครือข่ายแบบแมนได้แก่สายใยแก้วนำแสงชนิดซิงเกิลโหมด (single-mode fiber: SMF) โครงสร้างภายในคอร์จะเป็นเส้นใยแก้วนำแสงเพียงเส้นเดียวใช้วิธีส่งสัญญาณแสงเป็นแบบเส้นตรงไม่ใช้หลักการหักเหของแสงแบบสายมัลติโหมดจึงทำให้สามารถส่งสัญญาณของแสงได้ไกลมากขึ้นเนื่องจากไม่มีข้อจำกัดเรื่องการกระจายมุมหักเหของแสงสายชนิดนี้มีเส้นผ่านศูนย์กลางแกนกลางเล็กประมาณ 10 ไมครอน ขนาดแกนกลางที่มีขนาดเล็กนี้จึงทำให้สายชนิดซิงเกิลโหมด สามารถเบียดการส่งสัญญาณของแสงได้เป็นเส้นตรง ในส่วนของแสงที่ส่งผ่านด้วยคุณลักษณะของเส้นตรงจึงทำให้คุณภาพความเข้มข้นของแสงมีสูงมากส่งผลให้สามารถส่งไปได้ไกลเกินกว่า 100 กิโลเมตรรองรับความเร็วการส่งข้อมูล 1-10 Gbps ซึ่งสายใยแก้วชนิดนี้เป็นเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหลักระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขาของงานวิจัยนี้

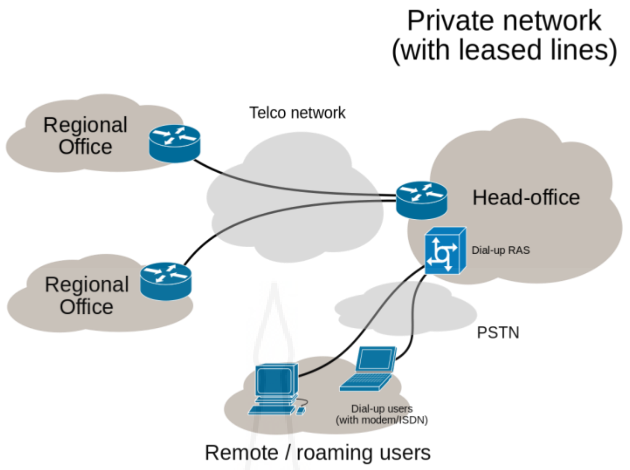


ภาพที่ 2.1 ภาพมุมตัดของสายใยแก้วนำแสงชนิดซิงเกิลโหมด

ที่มา: https://www.ncsnetwork.com/tips_details.php?xid=12 สืบค้นเมื่อ 20/05/2020

4) เครือข่ายวงกว้าง หรือแวน (Wide Area Network: WAN) เป็นการเชื่อมต่อเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระยะไกลคล้ายการทำงานแบบเครือข่ายแมนแต่มีระยะครอบคลุมทั่วโลกมีอุปกรณ์สำคัญทางระบบเครือข่ายเช่น เราเตอร์ (Router) ช่วยในการสร้างเส้นทางในการติดต่อสื่อสารทำให้สามารถนำเครือข่ายแบบแลนมาเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายระยะไกลได้ เช่น การเชื่อมต่อเครือข่ายแลนเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เครือข่ายระบบธนาคาร หรือเครือข่ายขององค์กรและบริษัทต่างๆ เป็นต้น เครือข่าย WAN สามารถแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ คือ

4.1 เครือข่ายส่วนบุคคล (Private network) หรือเครือข่ายวงจรเช่าส่วนบุคคล (Leased Line) เครือข่ายชนิดนี้เป็นเครือข่ายความเร็วสูงที่ให้บริการแบบจุดต่อจุด (point-to-point) เป็นวงจรสื่อสารที่มีเสถียรภาพสูง โดยโครงสร้างของเครือข่ายจะเป็นการติดตั้งสื่อสัญญาณจากผู้ส่งข้อมูลไปยังผู้รับข้อมูลโดยตรงทำให้เครือข่ายที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะแบบเครือข่ายส่วนบุคคลเนื่องด้วย Leased Line เป็นวงจรเช่าจึงทำให้ความสามารถในการทำความเร็วและความสามารถในการรับส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับชนิดและอุปกรณ์ที่ติดตั้งตั้งแต่ต้นทางไปยังปลายทางซึ่งปัจจุบันอุปกรณ์ในเครือข่ายส่วนใหญ่สามารถรองรับความต้องการได้ถึง 1 - 100 Gbps และด้วยการเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุดจึงทำให้เครือข่ายชนิดนี้ต้องมีการกำหนดค่าหมายเลข IP Address ระหว่างผู้ส่งข้อมูลและผู้รับข้อมูลแบบตายตัวทำให้การใช้งานบริการอื่นๆในระบบสารสนเทศที่ใช้การอ้างอิงหมายเลข IP Address ทำได้สะดวก นิยมใช้เครือข่ายประเภทนี้กับผู้ที่ต้องการเครือข่ายภายในที่มีระยะทางห่างไกลมากกว่า 100 กิโลเมตรเช่นองค์กรหรือบริษัทที่ต้องการจะทำการสร้างระบบเครือข่ายแบบแวนเพื่อเชื่อมต่อระหว่างสำนักงานใหญ่กับสาขาให้สามารถแชร์การทำงานหรือทรัพยากรต่างๆในระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ตนมีอยู่เป็นต้น การติดตั้งระบบเครือข่ายส่วนบุคคลแบบนี้มีจุดเด่นในเรื่องการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล และยังมีข้อดีคือสามารถควบคุมดูแลและบริหารจัดการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของตนได้เอง ส่วนข้อเสียคือมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าเครือข่ายแบบสาธารณะเนื่องจากต้องเช่าจองพื้นที่การสื่อสารกับผู้ให้บริการตลอดเวลา และในบางพื้นที่ผู้ให้บริการอาจไม่สามารถให้บริการเครือข่ายส่วนบุคคลได้ เครือข่ายแวนแบบเครือข่ายส่วนบุคคลนี้เป็นเป้าหมายของงานวิจัยนี้ที่ต้องการทำการออกแบบให้มีระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

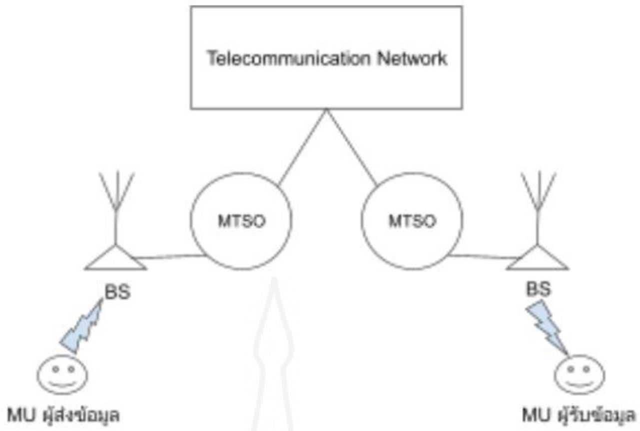


ภาพที่ 2.2 แบบการเชื่อมต่อด้วยเครือข่ายแบบ Leased Line

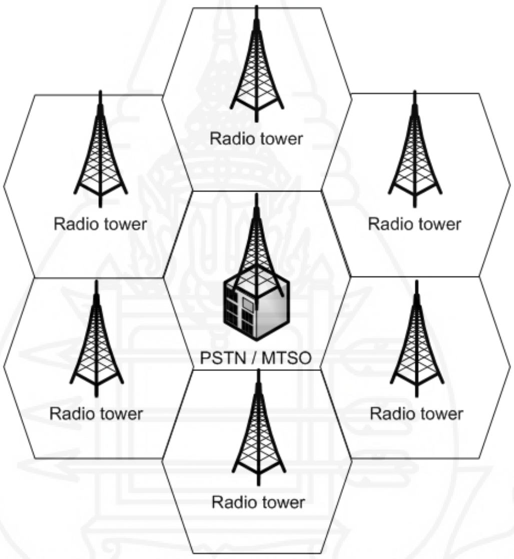
ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Leased_line#/media/File:EPN_Leased_Line_and_dial-up_Network.svg สืบค้นเมื่อ 20/05/2020

4.2 เครือข่ายสาธารณะ (Public Data Network: PDN) หรือนิยมเรียกกันว่าเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet Network) มีบริษัทที่เรียกว่าบริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (Internet Service Provider: ISP) ให้ผู้ที่สนใจทั้งบุคคลทั่วไปหรือองค์กรหรือบริษัทเข้ามาเช่าใช้บริการ โดยรูปแบบจะแชร์ทรัพยากรกัน จึงทำให้มีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าเครือข่ายส่วนบุคคล และผู้ให้บริการมีการวางเครือข่ายครอบคลุมพื้นที่ให้บริการมากกว่า

5) เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย หรือเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายแบบเซลลูลาร์ เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายที่ใช้คลื่นวิทยุเป็นพาหะนำสัญญาณที่เชื่อมต่อกันด้วยหลักการจุดต่อจุดไปเรื่อยๆ เกิดเป็นโครงสร้างเครือข่ายไร้สายขนาดใหญ่โดยหนึ่งจุดการเชื่อมต่อจะทำหน้าที่ทั้งรับและส่งสัญญาณในขณะเดียวกันเรียกว่าเซลลูลาร์กินพื้นที่การรับส่งสัญญาณ 80 กิโลเมตร จึงทำให้การรับส่งข้อมูลจากผู้ส่งไปยังผู้รับหากต้องการระยะทางที่ไกลออกไปจะขึ้นอยู่กับการตั้งจุดบริการเซลลูลาร์ให้ครอบคลุมพื้นที่การใช้บริการนั้นๆซึ่งโครงสร้างของระบบเครือข่ายแบบเซลลูลาร์สามารถแบ่งได้ดังนี้ 1) หน่วยโมบาย (Mobile Unit: MU) ทำหน้าที่เป็นผู้ส่งและผู้รับข้อมูลในเครือข่ายเซลลูลาร์ 2) สถานีฐาน (Base Station: BS) ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลจาก MU เข้าไปยังเครือข่ายเพื่อสร้างช่องสัญญาณการสื่อสารให้ MU ผู้ส่งข้อมูลกับผู้รับข้อมูลเชื่อมต่อกัน 3) สถานีจัดการช่องสัญญาณโมบาย (Mobile Telecommunications Switching Office: MTSO) ทำหน้าที่ส่งข้อมูลจาก MU เข้าไปยังเครือข่ายสื่อสารขนาดใหญ่ที่เป็นโครงข่ายแบบสายนำสัญญาณเพื่อนำส่งไปยังโครงข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสาธารณะ



ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการส่งข้อมูลระหว่างผู้ส่งและผู้รับในระบบเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่



ภาพที่ 2.4 แบบการเชื่อมต่อบนเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

ทั้งนี้เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายมีการพัฒนาการมาอย่างต่อเนื่องโดยแต่ละยุคของพัฒนาการจะให้นิยามว่า Generation: G ในปัจจุบันประเทศไทยได้นำเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่ 4 หรือ Generation 4 หรือ 4G มาใช้อย่างเป็นทางการแล้ว ทั้งนี้พัฒนาการของเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในแต่ละยุคมีด้วยกันดังนี้

5.1 เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายยุคที่ 1 (1G) พ.ศ. 2523 – 2533 ยุคที่ใช้การสื่อสารด้วยระบบโทรศัพท์ที่รองรับการสื่อสารทางเสียงได้อย่างเดียวเป็นยุคของเทคโนโลยี PSTN นำมาพัฒนาให้มีรูปแบบบริการที่เพิ่มขึ้นจากเครือข่ายแบบสายสัญญาณเดิมจนเกิดเป็น

มาตรฐานเทคโนโลยีสำคัญที่ชื่อว่า Advance Mobile Phone Service: AMPS จากผู้ให้บริการสื่อสารและโทรคมนาคมเอทีแอนด์ทีโมบิลิตี (AT&T) ผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์มือถือที่ใหญ่ที่สุดในสหรัฐอเมริกา เป็นการจัดโครงสร้างแบบเซลลูลาร์เป็นครั้งแรกที่มีหน่วยโมบาย สถานีฐาน และสถานีจัดการช่องสัญญาณโมบาย ด้วยโครงสร้างยุค 1G ระบบต่างๆส่วนใหญ่ยังคงเป็นแอนะล็อก ทำให้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลอยู่ในวงจำกัดและมีความปลอดภัยน้อยมาก

5.2 เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายยุคที่ 2 (2G) พ.ศ. 2534 – 2543 ยุคที่ระบบดิจิทัลเริ่มเข้ามามีบทบาทมากขึ้นมีการพัฒนาให้การสื่อสารผ่านคลื่นไมโครเวฟจึงทำให้มีขนาดแบนด์วิดท์มากพอที่จะสามารถส่งข้อความเข้าไปในการสื่อสาร ซึ่งในยุคที่ 2 ยังแบ่งยุคของการพัฒนาย่อย ๆ ลงไปได้อีกได้แก่

ยุค D-AMPS (The Digital Advance Mobile Phone system) เป็นยุคที่ยังใช้เครือข่ายเดิมของเทคโนโลยี AMPS เพื่อการสื่อสารแต่ได้เพิ่มเติมคุณสมบัติการแปลงสัญญาณแอนะล็อกไปเป็นดิจิทัลลงไปในระบบ

ยุค GSM (Global System for Mobile Communication) ยุคของเทคโนโลยีการแบ่งการส่งข้อมูลแบบคาบเวลา (Time Division Multiple Access: TDMA) ใช้ความถี่พาหะในช่องสัญญาณที่ 800 MHz - 1000 MHz ในการส่งข้อมูล

ยุค CDMA (Code Division Multiple Access) ยุคของเทคนิคการมอดูเลตข้อมูลเสียงแบบแอนะล็อกลงในระบบข้อมูลแบบดิจิทัล ส่งเข้าไปในแบนด์วิดท์แบบแคบๆทำให้สถานีส่งและรับข้อมูลใช้คลื่นพาหะในเวลาเดียวกันได้แต่จะต่างข้อมูลกันด้วยเทคนิคการบีบอัดข้อมูลนี้จึงทำให้ขนาดของข้อมูลมีขนาดเล็กลงมากจึงสามารถส่งข้อมูลที่เป็นตัวอักษรได้ปริมาณมากขึ้น

5.3 เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายยุคที่ 2.5 (2.5G) เพื่อการรองรับความต้องการใช้งานของผู้ใช้ต่อมา จึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยี 2G ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เป็นยุคที่เกิดเทคนิคการรับส่งข้อมูลแบบใหม่ๆขึ้นเช่น EMS (Enhanced Messaging Service) MMS (MultimediaService) ที่เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารทางข้อมูลข้อความและรูปภาพ ยุค 2.5ได้เกิดมาตรฐานการสื่อสารผ่านทางเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ขึ้นมาอีกมากมายได้แก่ High-Speed Circuit-Switched Data: HSCSD การใช้งานถ่ายโอนข้อมูล Global System for Mobile Communication: GSM การส่งความเร็วสูงแบบใหม่ และ General Packet Radio Services: GPRS คือระบบบริการเสริมที่รองรับการรับส่งข้อมูลที่เป็นที่นิยมในสมัยก่อนที่อินเทอร์เน็ตความเร็วสูงจะเข้ามาแทนที่

5.4 เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายยุคที่ 3 (3G) พ.ศ. 2543 – 2553 ยุค 3G ยังคงถูกพัฒนาอยู่บนพื้นฐานของระบบ GSM ของยุค 2G แต่ปรับแต่งให้มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้มากขึ้นด้วยการนำเทคโนโลยีแบบแพ็กเก็ตสวิตชิงเข้ามาใช้ในสถานีฐานกับสถานีจัดการช่องสัญญาณโมบาย จากการพัฒนาตามมาตรฐาน IMT-2000 (International Mobile Telecommunication) มาตรฐานโทรศัพท์มือถือในยุคที่ 3 ถูกพัฒนาเพื่อแทนที่ระบบโทรศัพท์ 2G ทำให้การสื่อสารในยุค 3G สามารถเข้าถึงเครือข่าย Internet ได้ตลอดเวลาเนื่องจากสามารถรองรับการส่งข้อมูลขนาดใหญ่ได้ เทคโนโลยี 3G ถูกนำมาพัฒนาในการให้บริการใช้เครือข่ายไร้สายแถบกว้าง (wideband) ซึ่งเพิ่มความเร็วในการรับส่งข้อมูล เพื่อรองรับการให้บริการโทรทัศน์วิดีโอ รวมทั้งบริการ Global Roaming เทคโนโลยีที่ใช้ในการสื่อสารยุค 3G ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น

เทคโนโลยีแบบ UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) เป็นเทคโนโลยีการรับส่งข้อมูลในมาตรฐาน 3G ที่ส่งผ่านสัญญาณเครือข่ายแบบ WCDMA มีความเร็วสูงสุดอยู่เพียง 384 kbps ใช้ในทวีปยุโรป

เทคโนโลยีแบบ WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) เป็นระบบเครือข่าย 3G มาตรฐานที่ใช้วิธีการเข้าถึงแบบ DS-CDMA (direct-sequence code division multiple access) และใช้วิธีการ รวมแบบแบ่งความถี่ (frequency-division duplexing : FDD) เพื่อรองรับบริการที่ต้องการความเร็วสูงและความจุสูง

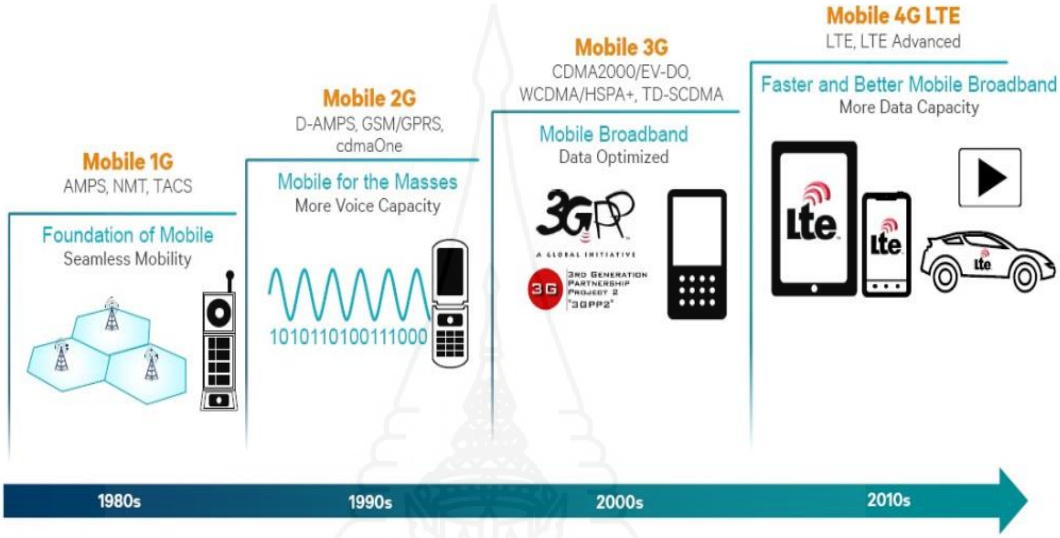
เทคโนโลยี HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) คือเทคโนโลยีการรับส่งข้อมูลที่พัฒนามาจากระบบ UMTS โดยสามารถรับส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงถึง 14.4 Mbps (downlink) ซึ่งขึ้นอยู่กับโทรศัพท์มือถือและผู้ให้บริการเครือข่าย 3G

เทคโนโลยีแบบ HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access) คือเทคโนโลยีการรับส่งข้อมูลที่พัฒนามาจาก UMTS เช่นกัน HSUPA มีความเร็วสูงสุดในการส่งข้อมูลคือ 5.76 Mbps ใช้ในการให้บริการอินเทอร์เน็ตตามบ้านส่วนใหญ่ความเร็วในการส่งข้อมูลจะอยู่ที่ 512 kbps

เทคโนโลยีแบบ HSPA (High-Speed Packet Access) เป็นการรวมเอาเทคโนโลยีแบบ HSDPA และ HSUPA เข้าด้วยกันทำให้ได้ประสิทธิภาพทั้งรับ-ส่งที่ดีกว่า

5.5 เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายยุคที่ 4 (4G) พ.ศ. 2553 ถึงปัจจุบัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ขอใช้คำว่า “เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 4” เพื่อแสดงให้เห็นถึงต้นกำเนิดของการนำเครือข่ายแบบไร้สายมาใช้งานเป็นระบบโทรศัพท์ตั้งแต่ในยุคที่ 1 เป็นยุคที่เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ถูกพัฒนามาจนสามารถเลือกมาตรฐานการใช้งานได้อย่างหลากหลายขึ้นอยู่กับรูปแบบการนำมาใช้งานระหว่างหน่วยโมบายและสถานีฐานจากการกำหนดกลไกในการสื่อสารระหว่างผู้ส่งข้อมูลและผู้รับข้อมูล จึงทำให้การส่งข้อมูลเกิดการผสมผสานเทคโนโลยีการ

สื่อสารของระบบเครือข่ายไร้สายเข้าด้วยกัน (Network Convergence) โดยการกำหนดมาตรฐานการสื่อสารขึ้นมาใหม่ต่อจากเดิมคือ IMT-Advance ข้อกำหนดที่ออกโดย International Telecommunication Union: ITU ทำให้หน่วยโมบายมีความเร็วในการสื่อสารขั้นต่ำมากขึ้นไปที่ 100 Mbps และหน่วยติดตั้งคงที่หรือหน่วยโมบายเคลื่อนที่ช้ามีความเร็วในการสื่อสารที่ 1 Gbps



ภาพที่ 2.5 วิวัฒนาการของเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

ที่มา: https://techspaceofatul.files.wordpress.com/2016/09/gen.jpg?w=1024&h=432

เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขข้อจำกัดในการรับ-ส่งข้อมูลด้วยเทคโนโลยี GSM/ GPRS/ EDGE ให้สามารถใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงขึ้นที่ 100 Mbps และยังช่วยลดความล่าช้า (Latency) ในการส่งและรับข้อมูลระบบโดยรวมอย่างมีประสิทธิภาพใช้ความถี่ใน 2 ลักษณะคือ

5.5.1 Frequency Division Duplex (FDD) วิธีจัดการการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับเครือข่ายตามความถี่ที่กำหนด ผู้ส่งข้อมูลกับผู้รับข้อมูลต้องมีการตั้งค่าความถี่ที่ชัดเจนตามมาตรฐาน Global Standard เหมาะสำหรับการให้บริการเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ผ่านระบบบรอดแบรนด์ขณะอยู่กับที่เช่น สถานีฐานส่งและรับข้อมูล

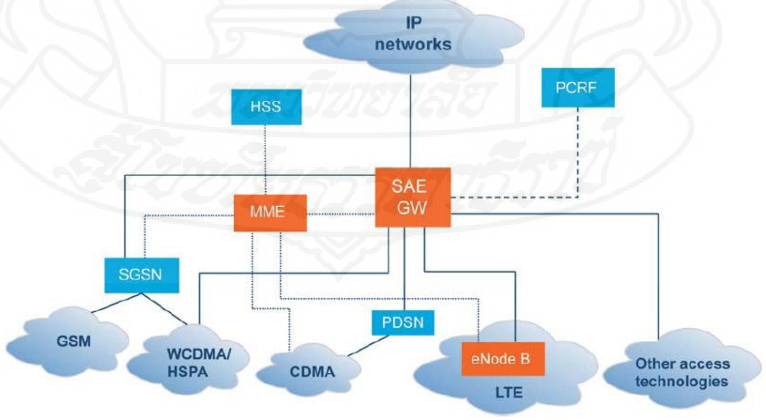
5.5.2 Time Division Duplex (TDD) วิธีจัดการการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับเครือข่ายโดยใช้ช่วงระยะเวลาที่มีการใช้งาน เหมาะสำหรับการให้บริการเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ขณะกำลังเคลื่อนที่ (Mobility) ซึ่งผู้ให้บริการส่วนใหญ่ที่มีการเปิดให้บริการเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G มักจะใช้การประสานการทำงานระหว่างเทคโนโลยี

โทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G ที่ส่วนใหญ่ครอบคลุมบริเวณโดยกว้างอยู่ก่อนแล้วและให้บริการเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ในพื้นที่เฉพาะ (Specific Area) ที่มีความต้องการบรอดแบนด์ไร้สายความเร็วสูง (Broadband Wireless Access: BWA) เช่น ตัวเมืองที่มีแหล่งชุมชนมีความหนาแน่นของประชากรสูงสถาปัตยกรรมเครือข่ายเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักๆ เพียง 3 ประเภทได้แก่

1) อุปกรณ์สถานีฐานซึ่งมีชื่อเรียกเป็นการเฉพาะว่า eNodeB เป็นอุปกรณ์ที่จะมีการติดตั้งครอบคลุมพื้นที่ให้บริการเป้าหมาย

2) อุปกรณ์ System Architecture Evolution Gateway: SAE GW โดยมีการเชื่อมต่อระหว่างกันผ่านทางจุดเชื่อมต่อมาตรฐาน S1 นอกจากนี้ผู้ให้เครือข่ายเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ที่มีการให้บริการผ่านเครือข่าย GSM, WCDMA/HSPA หรือ CDMA อยู่เดิมแล้วนั้นก็จะสามารถวางแผนการให้บริการร่วมกันได้เพียงทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Mobility Management Entity: MME

3) Mobility Management Entity: MME เป็นอุปกรณ์รับส่งสัญญาณควบคุมจากอุปกรณ์ Serving GPRS Support Node: SGSN ภายในเครือข่าย GSM และ WCDMA/HSPA เข้ากับสถาปัตยกรรม SAE จากนั้นข้อมูลต่างๆ ก็จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ SAE GW โดยตรง สำหรับการเชื่อมต่อกับเครือข่าย CDMA ก็จะเป็นไปในลักษณะเดียวกัน กล่าวคือเชื่อมต่ออุปกรณ์ Packet Data Service Node: PDSA ของเครือข่าย CDMA เข้ากับอุปกรณ์ MME สำหรับการรับส่งสัญญาณควบคุม ส่วนข้อมูลต่างๆ จะถูกรับส่งโดยตรงกับอุปกรณ์ SAE GW



ภาพที่ 2.6 สถาปัตยกรรมเครือข่ายเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

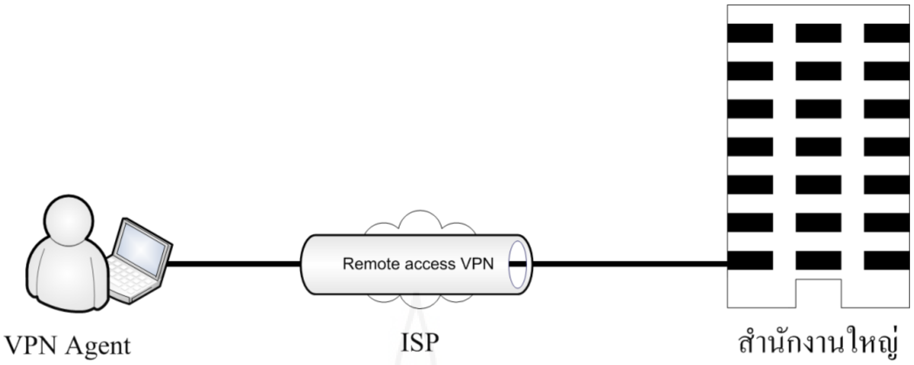
ที่มา: https://khunpai.wordpress.com/ สืบค้นเมื่อ 21/05/2020

อุปกรณ์ MME จะทำหน้าที่บริหารจัดการสัญญาณควบคุมที่ใช้ตรวจสอบและปรับตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้บริการทั้งที่เป็นเครื่องลูกข่ายของเครือข่ายเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G และเครื่องลูกข่ายในเครือข่ายอื่นๆ ที่เชื่อมต่ออยู่ร่วมกับสถาปัตยกรรม SAE โดย MME จะเชื่อมต่อและทำงานร่วมกับอุปกรณ์ Home Subscriber Server: HSS ผ่านทางมาตรฐานเชื่อมต่อแบบ Diameter ซึ่งรองรับสัญญาณควบคุม (Network Signaling) ที่เกี่ยวข้องกับกลไก Policy control และ Charging โดยมิได้ใช้มาตรฐานระบบสัญญาณควบคุม Signaling System Number 7: SS7 เหมือนในกรณีของเครือข่าย 2G และ 3G อื่นๆ

นอกจากนั้นสถาปัตยกรรมร่วมเครือข่ายเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ยังได้รับการออกแบบให้สามารถบริหารจัดการปรับเปลี่ยนการจัดสรรทรัพยากรเครือข่ายเพื่อให้สอดรับประเภทและรูปแบบของการสื่อสารข้อมูล มีผลทำให้การใช้งานทรัพยากรเครือข่ายทั้งทางภาคการสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุและการเชื่อมต่อภายในเครือข่าย IP เป็นไปตามพฤติกรรมการสื่อสารข้อมูลภายในเครือข่ายในขณะนั้น ๆ มากที่สุด ซึ่งสามารถบริหารจัดการและกำหนดระดับคุณภาพของการให้บริการ (Class-based QoS) ได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

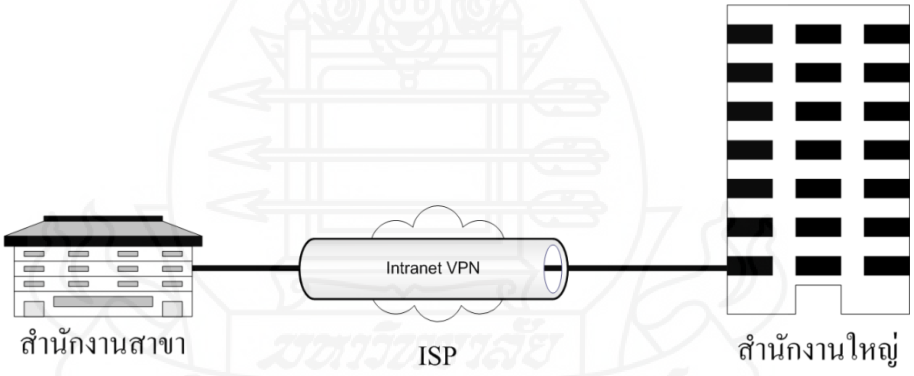
ประเทศไทยได้มีการให้บริการเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ตั้งแต่ปี 2558 แต่มีน้อยรายที่จะทราบว่าเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G นอกจากการให้บริการแก่บุคคลทั่วไปที่มุ่งเน้นการสื่อสารข้อมูลทางด้านมัลติมีเดียบนสมาร์ตโฟนหรืออุปกรณ์แท็บเล็ตแล้วนั้นความสามารถที่ดีอีกประการหนึ่งคือการใช้งานในแบบเครือข่ายส่วนบุคคล (private network) ด้วยคุณสมบัติเรื่องการรองรับปริมาณข้อมูลและความสามารถเรื่องความเร็วในการส่งและรับข้อมูลรวมเข้ากันกับเทคนิคการสร้างเครือข่ายส่วนบุคคลเสมือน (Virtual Private Network: VPN) โดยอ้างอิงสถาปัตยกรรมเครือข่ายเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ที่ทำให้การติดตั้งเครือข่ายแบบ VPN บนเครือข่ายเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G มีลักษณะการทำงานบนเส้นทางของเครือข่ายสาธารณะแต่จะทำการสร้างเครือข่ายจำลองส่วนบุคคลขึ้นมาอีกชั้นหนึ่งได้ ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการทำงานของเครือข่ายแบบ VPN ได้ดังนี้

Remote access VPN เป็นการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานภายนอกที่ไม่ได้อยู่ที่องค์กรหรือบริษัทโดยผ่านทาง ISP (Internet Service Provider) เข้ามาใช้งานทรัพยากรเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารขององค์กรหรือบริษัท Remote access VPN มีโครงสร้างการเชื่อมต่อแบบแม่ข่ายและลูกข่ายโดยที่ตัวองค์กรหรือบริษัทจะมีหน้าที่สร้างเครื่องแม่ข่าย VPN หรือ VPN server และผู้ใช้งานที่ต้องการจะทำการเชื่อมต่อต้องติดตั้งลูกข่าย VPN หรือ VPN agent จึงจะสามารถทำการเชื่อมต่อกันได้ VPN



ภาพที่ 2.7 การเชื่อมต่อแบบ Remote access VPN

Intranet VPN การสร้างวงจรการเชื่อมต่อข้อมูลแบบเสมือนระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขาต่างๆ ขององค์กรหรือบริษัทเข้าด้วยกันทำให้เสมือนหนึ่งเป็นวงจรเช่าส่วนบุคคล (Leased Line) ทำให้สำนักงานสาขาสามารถใช้งานทรัพยากรเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารขององค์กรหรือบริษัทได้ตลอดเวลาซึ่งเทคนิคนี้จะนำมาใช้ในการสร้างระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ต่อไป



ภาพที่ 2.8 การเชื่อมต่อแบบ Intranet VPN

จากคุณสมบัติของเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ที่ได้กล่าวมานั้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบให้นำมาใช้เป็นเส้นทางเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำรองและวัดผลในทางปฏิบัติขึ้น ปัจจุบันในประเทศไทยมีผู้ให้บริการเครือข่ายเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ได้แก่

TrueMove H: ให้บริการที่ย่านความถี่ต่ำ 850, 900 MHz | ย่านความถี่สูง 1800, 2100 MHz

AIS: ให้บริการที่ย่านความถี่ต่ำ 900 MHz | ย่านความถี่สูง 1800, 2100 MHz

Dtac: ให้บริการที่ย่านความถี่สูง 1800, 2100, 2300 MH

6) เทคโนโลยีการค้นหาเส้นทางเครือข่ายระยะไกล คือการกำหนดเส้นทางที่ถูกต้องให้ผู้ส่งข้อมูลต้นทางไปยังผู้รับข้อมูลปลายทางโดยใช้อุปกรณ์ทางเครือข่ายที่ชื่อเราเตอร์ (router) มีการทำงานโดยการอ้างอิงถึงระบบ IP Address (Internet Protocal Address) หมายเลขประจำเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องในระบบเครือข่ายที่ใช้โพรโทคอลแบบ TCP/IP ในการสร้างเส้นทางในการส่งข้อมูลซึ่งมีวิธีการทำงานอยู่สองประเภทได้แก่

6.1 การสร้างเส้นทางแบบคงที่ (Static Routing) เป็นวิธีกำหนดเส้นทางให้กับต้นทางและปลายทางแบบตรงตัวไม่มีการเปลี่ยนแปลงเส้นทางใหม่มีรูปแบบฐานข้อมูลเส้นทางแบบตาราง (routing table) เก็บบันทึกไว้เป็นบรรทัดต่อๆกันเรียงลงมาโดยการอ่านค่าใช้วิธีอ่านเส้นทางแบบบนลงล่าง โดยการระบุ IP ให้ผู้ส่งข้อมูลและผู้รับข้อมูลว่าต้องไปทางเส้นทางใดโดยผ่านจุดเชื่อมต่อเครือข่ายโหนด (Node) หน่วยเรียกจุดเชื่อมต่อเครือข่ายสารสนเทศในหนึ่งโหนดอาจจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลายชนิด การส่งข้อมูลชนิดนี้ไม่มีความยืดหยุ่นในการกำหนดเส้นทางใหม่หากเส้นทางที่ได้ถูกกำหนดไว้เสียหายลง การสร้างเส้นทางแบบคงที่ใช้โพรโทคอล Administrative Distance: AD ทำหน้าที่เลือกเส้นทางให้ผู้ส่งข้อมูลโดยการอ่านค่าในแต่ละโหนดที่ตนเองได้ทำการเชื่อมต่ออยู่จากนั้นสร้างเส้นทางให้การสื่อสารข้อมูลนั้นเกิดขึ้นซึ่งจะเห็นได้ว่าการกำหนดเส้นทางแบบคงที่นี้ อุปกรณ์เครือข่ายจะต้องทำการอ่านค่าในโหนดที่ตนเองเชื่อมต่ออยู่เท่านั้นการส่งข้อมูลจึงอยู่ในรูปแบบการส่งข้อมูลระหว่างโหนดหนึ่งไปยังโหนดหนึ่งและทำการส่งกันต่อๆไปจนถึงที่อยู่ของผู้รับข้อมูลเทคนิครูปแบบนี้จะเห็นได้ว่าไม่เหมาะสมกับเครือข่ายที่มีความซับซ้อนที่มีการเชื่อมต่อระหว่างผู้ส่งและผู้รับมากกว่าหนึ่งเส้นทางการส่งข้อมูล

6.2 การสร้างเส้นทางแบบเคลื่อนที่ (Dynamic Routing) เป็นวิธีการกำหนดเส้นทางที่มีการเคลื่อนที่ได้ตลอดเวลาจากการค้นหาเส้นทางแบบอัตโนมัติ (autonomous system: AS) ด้วยโพรโทคอลชนิดพิเศษที่ถูกออกแบบขึ้นโดยสามารถแบ่งตามขอบเขตการใช้งานได้แก่

1) เราติ้งโพรโทคอลประเภทภายใน (Interior gateway Protocol: IGP**)** โพรโทคอลที่ทำงานภายใต้ขอบเขตของความน่าเชื่อถือเดียวกัน อุปกรณ์ทุกตัวที่ติดตั้งเร้าติ้งโพรโทคอลประเภทนี้จะให้ความเชื่อถือกับอุปกรณ์ที่อยู่ข้างเคียงตนเอง (neighbor) อย่างเต็มที่ เร้าติ้งโพรโทคอลที่ถูกนำมาใช้งานได้แก่ RIP IGRP EIGRP และ OSPF ซึ่งเป็นโพรโทคอลที่ใช้เพื่อแลกเปลี่ยนฐานข้อมูลเครือข่ายระหว่างเราเตอร์ ภายในเครือข่ายเดียวกันโดยการประกาศของระบบโดยโพรโทคอลที่อยู่ในเราติ้งโพรโทคอลประเภท Interior มีคุณสมบัติดังนี้ 1) Routing Information Protocol: RIP เป็นโพรโทคอลใช้ระบบการคำนวณแบบโหนดระยะทางการทำงานของระบบ AS

จะใช้ค่าโหนดที่สั้นที่สุดเพื่อหาเส้นทางในการส่งข้อมูลโดยไม่คำนึงถึงตัวแปรอื่นๆเช่น แบนด์วิดท์ (bandwidth) และเวลาหน่วงของเครือข่าย (delay) เพราะเป็นเราติ้งโพรโทคอลชนิด Distance Vector ที่อาศัยหลักการของการส่งตารางเราติ้งทั้งหมดให้เราเตอร์ข้างเคียงจึงทำให้เราเตอร์ที่อยู่ตัวแรกมองเห็นเส้นทางที่ดีที่สุดคือเราเตอร์ข้างเคียงตัวต่อๆไปเท่านั้นหากเราเตอร์ที่อยู่ข้างเคียงตนเองมีมากกว่าหนึ่งจะใช้วิธีการสร้างค่าใช้จ่าย (cost) กับเราเตอร์ที่มีความน่าเชื่อถือดีที่สุดให้มีค่าน้อยกว่าเราเตอร์ตัวถัดไปเพื่อใช้ในการกำหนดเส้นทาง RIP ซึ่งมีข้อดีเรื่องความง่ายต่อการกำหนดค่าเส้นทางของเครือข่ายให้กับอุปกรณ์เราเตอร์ แต่มีข้อเสียเรื่องที่ใช้เวลาในการอ่านค่าเครือข่ายถัดไปจากค่า cost ที่เกิดขึ้นและไม่สามารถอ่านค่าตัวแปรที่สำคัญอื่นๆเพื่อสร้างเส้นทางที่ดีที่สุดได้ 2) Internet Gateway Routing: IGRP เป็นโพรโทคอลชนิดสร้างเส้นทางจากเกตเวย์ภายใน (Interior Routing Protocol) ที่ใช้หลักการแจ้งที่อยู่ของเครือข่ายต้นทางและปลายทางไปยังโหนดข้างเคียงต่อๆกันไปเพื่อให้แต่ละโหนดที่อยู่ในเครือข่ายทราบถึงข้อมูลเส้นทางที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับ RIP โดยการทำงานของ IGRP จะใช้วิธีคำนวณค่าแบนด์วิดท์ (bandwidth) และเวลาหน่วงของเครือข่าย (delay) เพื่อสร้างเส้นทางที่ดีที่สุดให้การส่งข้อมูล ซึ่งข้อดีของ IGRP เมื่อเปรียบเทียบกับ RIP คือสามารถนำค่าตัวแปรเรื่องแบนด์วิดท์และเวลาหน่วงของเครือข่ายมาคำนวณในการค้นหาเส้นทางได้ดีกว่า RIP ที่มีการคำนวณเส้นทางด้วยค่า cost เพียงตัวแปรเดียว ทั้งนี้ IGRP ก็ยังคงมีข้อเสียเมื่อเทียบกับ RIP คือค่าเวลาในการจัดการเราติ้งที่เกิดขึ้นใหม่ที่ IGRP จะทำงานนานกว่า RIP เนื่องจากขั้นตอนการคำนวณเส้นทางที่มีตัวแปรที่มากกว่านั้นเอง 3) Enhanced Internet Gateway Routing: EIGRP เป็นเราติ้งโพรโทคอลอีกชนิดหนึ่งที่ทำงานแบบการสร้างเส้นทางจากเกตเวย์ภายในคล้ายกับ IGRP แต่ EIGRP มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นกว่า IGRP คือสามารถปรับปรุงเส้นทางเฉพาะจุดที่ต้องการเปลี่ยนแปลงได้ ทำให้ EIGRP สามารถรองรับการทำงานของเครือข่ายขนาดใหญ่ได้เนื่องจากไม่จำเป็นต้องเก็บรวบรวมเส้นทางทั้งหมดเพื่อนำมาใช้คำนวณในการส่งข้อมูล EIGRP มีลักษณะการทำงานแบบผสมระหว่างการคำนวณระยะทางของเครือข่าย (cost) กับจุดเชื่อมโยงเครือข่าย (node) เข้าไว้ด้วยกันทำให้การค้นหาเส้นทางมีประสิทธิภาพสูงกว่า IGRP และ RIP มาก 4) Open Shortest Path First: OSPF เป็นเราติ้งโพรโทคอลที่ใช้ในเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารขององค์กรหรือบริษัทส่วนใหญ่ สามารถทำงานได้รวดเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงเส้นทางบนเครือข่ายเนื่องจากโพรโทคอลมีการส่งข้อมูลให้อุปกรณ์เราเตอร์ที่อยู่ในกลุ่มทุก ๆ 30 นาทีและมีกลไกการตรวจสอบเราเตอร์ข้างเคียงหรือ “hello mechanism” ด้วย ทำให้ OSPF ได้รับความนิยมในเครือข่ายขนาดใหญ่เช่นเดียวกับ EIGRP การคำนวณเส้นทางของ OSPF ใช้คุณสมบัติการตรวจจับค่า cost ของโหนดตั้งแต่ต้นทางไปจนถึงโหนดปลายทางโดยการนำขนาดของแบนด์วิดธ์ที่คำนวณผกผันกับอัตราส่วนของเครือข่าย ซึ่ง OSPF จะให้ความสนใจกับเส้นทางที่มีค่า cost ต่ำที่สุดก่อนเพื่อทำ

การสร้างเส้นทางการส่งข้อมูล จากที่กล่าวมาแล้วข้อดีของ OSPF คือมีความเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงเครือข่าย แต่มีข้อเสียคือสามารถคำนวณตัวแปรของการกำหนดเส้นทางเครือข่ายด้วยการคำนวณจากแบนด์วิดท์ได้เท่านั้น

2) เราติ้งโพรโทคอลประเภทภายนอก (Exterior gateway Protocol: EGP) เป็นโพรโทคอลแบบแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครือข่ายที่แตกต่างกันมีการทำงานในรูปแบบอัตโนมัติ AS ซึ่ง EGP มีการใช้โดยทั่วไประหว่างเครือข่ายแบบอินเทอร์เน็ตเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลเครือข่ายระหว่างผู้ส่งและผู้รับข้อมูลมีรูปแบบเป็นตารางค้นหาเส้นทาง ซึ่งภายในจะประกอบด้วยรายการข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละเครือข่ายที่ถูกกำหนดอยู่ในกลุ่มและมีค่า cost ของแต่ละเครือข่ายเพื่อการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดกลุ่มของเราเตอร์ใน EGP แต่ละกลุ่มจะใช้เวลาภายใน 120 วินาที ถึง 480 วินาทีในการส่งตารางข้อมูลเครือข่ายทั้งหมดไปยังเครือข่ายอื่น EGP เป็นโพรโทคอลที่ทำให้เราเตอร์ที่อยู่ต่างเครือข่ายสามารถเข้าถึงและใช้เส้นทางกันได้โดยผ่าน EGP AS Number เป็นกระบวนการแบบระบุเจาะจงไม่มีการนำตัวแปรอื่น ๆ มาคำนวณเส้นทางเครือข่าย จึงทำให้การกำหนดเส้นทางข้อมูลระหว่างโหนดหนึ่งไปยังโหนดถัดไปมีความสำคัญเป็นอย่างมากจากการระบุการใช้งานหมายเลขระบบอัตโนมัติ AS Number ปัจจุบัน EGP ที่นิยมนำมาใช้งานมากมีชื่อว่า Border Gateway Protocol: BGP ซึ่งเป็นโพรโทคอลเลือกเส้นทางประเภท Exterior Gateway Routing ที่ใช้เพื่อการเชื่อมต่อเราเตอร์ และเครือข่ายที่อยู่ต่างโดเมน (Domain) กันบนอินเทอร์เน็ต คุณสมบัติของ BGP คือความสามารถในการกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของเส้นทางการเชื่อมต่อด้วยการกำหนดค่าหมายเลขระบบอัตโนมัติ AS Number ให้กับเครือข่ายในเส้นทางที่ต้องการเป็นลำดับซึ่ง AS Number นี้จะถูกแลกเปลี่ยนข้อมูลกันเมื่อเส้นทางเครือข่ายที่ถูกกำหนดไว้ในลำดับสำคัญกว่าเสียหายหรือไม่สามารถกำหนดเส้นทางได้ จะเห็นได้ว่าในระบบเครือข่ายขนาดใหญ่ที่มีเครือข่ายหลายเส้นทางทั้งภายในและภายนอกมีความความจำเป็นต้องออกแบบ คำนวณและรวมไปจนถึงการออกแบบเราติ้งโพรโทคอลที่เหมาะสมกับการใช้งานให้เหมาะกับคุณลักษณะในแต่ละเครือข่ายเพื่อทำให้การสร้างเส้นทางสำหรับการสื่อสารข้อมูลมีประสิทธิภาพสูงที่สุด ซึ่งคุณสมบัติที่ดีของ BGP จะถูกนำมาออกแบบให้กลไกการทำงานของการค้นหาเส้นทางให้ระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

6.3 เอ็มพีแอลเอส (Multiprotocol Label Switching: MPLS) กลไกในเครือข่ายโทรคมนาคมที่มีประสิทธิภาพสูงโดยใช้เทคนิคการส่งข้อมูลด้วยป้ายบอกเส้นทางแทนการใช้หมายเลขของที่อยู่ไอพีแอดเดรส เพื่อหลีกเลี่ยงความซับซ้อนในตารางค้นหาเส้นทางของเราเตอร์ออกไปแทนที่จะบอกเส้นทางการเชื่อมต่อแบบจุด MPLS สามารถบรรจุชั้นของข้อมูล

(encapsulate)แพ็กเก็ตของโพรโทคอลเครือข่ายต่าง ๆ ได้มากมายและMPLS ยังสนับสนุนเทคโนโลยีการเข้าถึงเช่น T1/E1, ATM, Frame Relay และ DSLMPLS เป็นโพรโตคอลที่สามารถปรับขนาดได้ รูปแบบการทำงานเป็นแพ็กเก็ตข้อมูลที่จะถูกกำหนดเป็นป้ายข้อความเพื่อทำการส่งไปยังผู้รับการตัดสินใจในการส่งต่อแพ็กเก็ตจะขึ้นอยู่กับข้อความบนป้ายแต่เพียงอย่างเดียวโดยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบแพ็กเก็ตภายในชั้นของข้อมูล วิธีการนี้ช่วยให้สามารถสร้างวงจรแบบจุดต่อจุด(end-to-end) ไปยังประเภทของสื่อกลางการขนส่งทุกรูปแบบ ที่มีการใช้โพรโตคอลมาตรฐานเดียวกันซึ่งประโยชน์ก็คือการกำจัดการพึ่งพาเทคโนโลยีของ OSI ในระดับชั้น data link เช่น ATM (Asynchronous Transfer Mode), Frame Relay, Synchronous Optical Networking (SONET) หรืออีเธอร์เน็ตและขจัดความจำเป็นสำหรับเครือข่ายที่หลากหลายในชั้น 2 เพื่อตอบสนองชนิดที่แตกต่างของการจราจร MPLS เป็นรูปแบบเดียวกับเครือข่ายแพ็กเก็ตสวิตชิงMPLS นั้นมีการทำงานตาม OSI โมเดลในระดับชั้นที่2 (data link layer) และระดับชั้นที่3 (network layer) จึงทำให้ MPLS ถูกออกแบบมาเพื่อให้บริการข้อมูลแบบครบวงจรทั้ง circuit-based clients และ packet-switching clients ซึ่งให้บริการแบบดาต้าแกรม ซึ่งมันสามารถใช้ในการดำเนินการในการจราจรที่มีหลายชนิดแตกต่างกัน รวมทั้ง IP แพ็กเก็ต, native ATM, SONET และอีเธอร์เน็ตเฟรม

7. การออกแบบและคำนวณแอดเดรส หมายเลข IP Address เป็นแอดเดรสที่ผู้ติดตั้งเครือข่ายจำเป็นต้องกำหนดให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่รันโพรโทคอล TCP/IP เพื่อใช้บ่งบอกตำแหน่งที่อยู่ของเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบ (เอกสิทธิ์ วิริจารี, 2548, น. 82) ตามมาตรฐาน IP Address เวอร์ชัน4.0 ได้กำหนดให้ IP Address มีทั้งหมด 4 ไบต์ 4 ชุดซึ่งในแต่ละชุดจะถูกคั่นด้วยจุด (.) ตัวอย่างเช่น 192.xxx.1.1 การทำงานของ IP address จะมีการทำงานแยกออกจากกันเป็น 2 ส่วนคือ1) ส่วน Network Address เป็นส่วนที่บอกถึงกลุ่ม Host Address ที่ตนเองมีอยู่ 2) Host Address เป็นเลข IP address ที่อยู่ในกลุ่มของ Network Address นั้น ๆ การกำหนดหรือแบ่งขนาดของ IP Addessทำด้วยพารามิเตอร์ที่ชื่อว่า Subnet Mask ทำหน้าที่แยกแยะ Network Address กับ Host Addressโดยในปัจจุบันเราสามารถแบ่ง IP address เป็นตามชั้น (Class) จะได้ดังนี้

Class A มีตัวเลข 0.0.0.0 ถึง 127.255.255.255 เหมาะสำหรับองค์กรขนาดใหญ่ มีผู้ใช้งานจำนวนมาก สามารถกำหนดเลข IP address ได้ถึง 16 ล้านหมายเลข

Class B มีตัวเลข 128.0.0.0 ถึง 191.255.255.255 เหมาะสำหรับองค์กรขนาดกลาง กำหนดเลขสำหรับผู้ใช้งานประมาณ 65,000 หมายเลข

Class C มีตัวเลข 192.0.0.0 ถึง 223.255.255.255 เหมาะสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ภายในเครือข่ายได้จำนวนหมายเลข 254 หมายเลข

Class D มีตัวเลข 224.0.0.0 ถึง 239.255.255.255 จะใช้ในเครือข่ายแบบ Multitask เท่านั้น

Class E เป็น Class สำหรับอนาคต จึงยังไม่ได้กำหนดรูปแบบการใช้งาน

ตัวอย่างการเขียนตำแหน่งไบต์ที่ถูกนำไปทำเป็น Network Address และ Host Address ใน Class A, B, C

Class A: w.x.y.z

w คือ Network Address

x.y.z คือ Host Address

Class B: w.x.y.z

w.x คือ Network Address

y.z คือ Host Address

Class C: w.x.y.z

w.x.y คือ Network Address

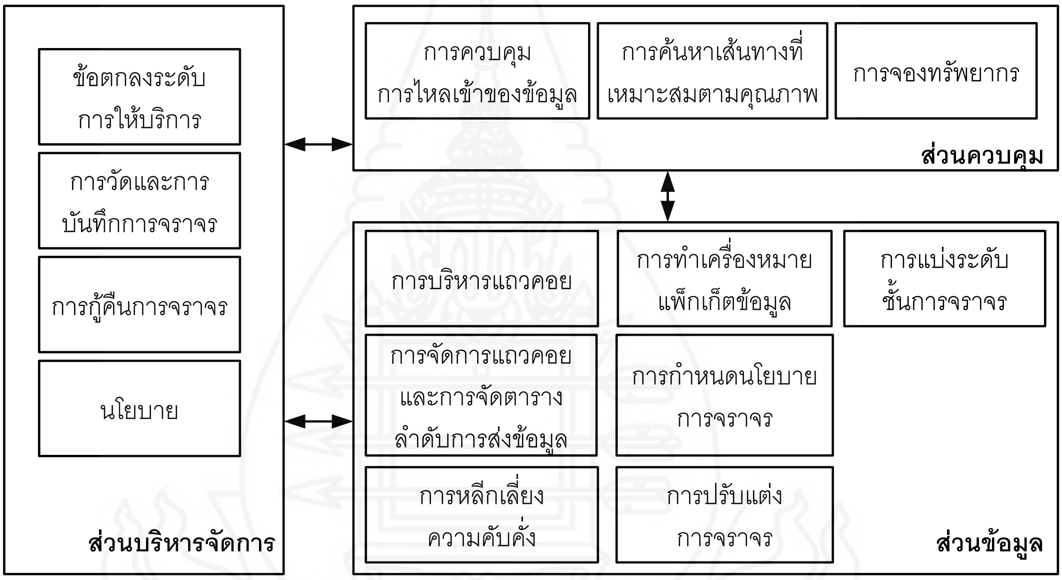
z คือ Host Address

2. การบริหารจัดการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบเครือข่ายที่มีปริมาณแบนด์วิดท์ที่จำกัด คือ การบริหารทรัพยากรหรือปรับปรุงคุณภาพบริการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Quality of Service: QOS) (ขจิตพรรณ กฤตพลวิมาน, 2560, น. 13-71) การแบ่งประเภทการให้บริการระบบเครือข่ายตามลำดับความสำคัญ เช่น ความสำคัญสูง (gold) ความสำคัญปานกลาง (silver) ความสำคัญต่ำ (bronze) เพื่อบริหารจัดการการให้บริการแก่เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแก่ผู้ใช้บริการเมื่อเกิดปัญหากับเครือข่ายขึ้นในบางกรณีนั้นหมายถึงการให้ความสำคัญแก่ผู้ใช้งานเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีความสำคัญสูงให้สามารถใช้งานได้ก่อน ซึ่งอาจจะต้องให้ผู้ใช้งานเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีความสำคัญต่ำหยุดใช้บริการ การวิเคราะห์เส้นทางจราจรของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศถือเป็นแนวทางสำคัญในการทำให้ระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารขององค์กรหรือบริษัททำงานได้ไม่ติดขัด นอกจากการบริหารจัดการการจราจรในเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแล้วนั้น สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือการสร้างระบบรับประกันการให้บริการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารให้สามารถบริการแก่ผู้ที่ต้องการใช้งานได้ตลอดเวลา ระบบเครือข่าย

สำรองเทคโนโลยีสารสนเทศจึงเป็นสิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ผู้ดูแลเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารขององค์กรหรือบริษัทต้องคำนึงถึง

ทั้งนี้ โครงสร้างที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวอ้างอิงการให้บริการที่ดีของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้แก่ สถาปัตยกรรมคุณภาพบริการ (architectural framework for QoS support) ที่พัฒนาโดยสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Union: ITU) จากหัวข้อการกำหนดมาตรฐานโทรคมนาคม (Telecommunication standardixation sector) หรือ ITU-T ได้ออกแบบกลไกการให้บริการระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไว้ 3 ส่วนได้แก่ 1) ส่วนข้อมูล (data plane) 2) ส่วนควบคุม (control plane) 3) ส่วนบริหารจัดการ (management plane)



ภาพที่ 2.9 สถาปัตยกรรมคุณภาพบริการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

2.1 ส่วนข้อมูล (Data plane) เกี่ยวข้องกับกลไกการไหลของข้อมูลที่ประกอบไปด้วย

1) การบริหารแถวคอย (Queue management) มีอัลกอริทึมสำหรับจัดการความยาวของแพ็กเก็ตข้อมูล สามารถวิเคราะห์การปล่อยผ่านแพ็กเก็ตข้อมูลหรือทิ้งแพ็กเก็ตข้อมูลเมื่อจำเป็นได้ เพื่อหลีกหนีความคับคั่งของการจราจรในเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในขณะนั้น เรียกเทคนิคดังกล่าวว่า เทลดรอป (tail drop)

2) การจัดการแถวคอยและการจัดตารางลำดับการส่งข้อมูล (Queue management and scheduling) ตารางอัลกอริทึมสำหรับกำหนดลำดับแถวคอยให้แพ็กเก็ตข้อมูลมีความสำคัญในการบริหารความจุข้อมูลในเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

3) การหลีกเลี่ยงความคับคั่ง (Congestion avoidance) กระบวนการควบคุมความจุเพื่อลดภาระงานให้เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ให้สามารถทำงานได้หากเกิดสภาวะหนาแน่นของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศขึ้น

4) การทำเครื่องหมายแพ็กเก็ตข้อมูล (Packet marking) การทำเครื่องหมายแพ็กเก็ตข้อมูลเพื่อแสดงรูปแบบคุณภาพการให้บริการที่ถูกทำขึ้นระหว่างจุดการส่งข้อมูลในแต่ละจุดที่เชื่อมต่อกันโดยอุปกรณ์เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อให้จุดที่รับข้อมูลรับรู้ถึงความต้องการคุณภาพในการให้บริการแพ็กเก็ตนั้น ๆ

5) การกำหนดนโยบายการจราจร (Traffic policing) การกำหนดนโยบายการปล่อยผ่านแพ็กเก็ตข้อมูล แพ็กเก็ตข้อมูลที่ไม่อยู่ตามเงื่อนไขจะถูกนำทิ้งออกไปจากการจราจรเพื่อให้การจราจรในเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารทำงานได้ตามข้อกำหนด

6) การปรับแต่งการจราจร (Traffic shaping) การควบคุมอัตราและปริมาณของการจราจรที่เคลื่อนที่ในระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ใช้การกำหนดขนาดของแพ็กเก็ตข้อมูลให้มีขนาดที่เหมาะสมตามการรับบริการทำให้แพ็กเก็ตที่เข้ามารับบริการในเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีอัตราของขนาดเครือข่ายที่เหมาะสม

7) การแบ่งระดับชั้นการจราจร (Traffic classification) การแบ่งระดับชั้นตามปริมาณแพ็กเก็ตของข้อมูล เส้นทางการสื่อสารจะถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้แพ็กเก็ตข้อมูลใช้สื่อสารไปในทิศทางเดียวกัน

2.2. ส่วนควบคุม (Control plane) เกี่ยวข้องกับการจัดการเส้นทางการไหลของข้อมูลซึ่งในหัวข้อส่วนควบคุมจะถูกหยิบยกไปใช้ในการออกแบบระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ต่อไป ส่วนควบคุมประกอบไปด้วย

1) การควบคุมการไหลเข้าของข้อมูล (Admission control) มีหน้าที่จัดการและควบคุมการเข้ามาภายในเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารตามระบบควบคุมคุณภาพที่โดนร้องขอมา (QoS request) จากอุปกรณ์เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

2) การค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมตามคุณภาพ (QoS routing) มีหน้าที่ค้นหาเส้นทางตามเทคนิคของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่เหมาะสมเพื่อตอบสนองความต้องการให้กับแพ็กเก็ตข้อมูลที่ร้องขอคุณภาพบริการ

3) การจองทรัพยากร (Resource reservation) การรักษาการใช้ทรัพยากรเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารให้สามารถรองรับการจราจรในระบบสื่อสารให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

2.3 ส่วนบริหารจัดการ (Management plane) เป็นส่วนที่มีกระบวนการทำงานสัมพันธ์กับทั้งส่วนข้อมูลและส่วนควบคุม เกี่ยวข้องตั้งแต่การปฏิบัติการ การควบคุมดูแล และการบริหารจัดการ ส่วนบริหารจัดการเป็นส่วนสำคัญที่สุดที่ใช้ในการออกแบบระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ซึ่งในหัวข้อบริหารจัดการประกอบไปด้วย

1) ข้อตกลงระดับการให้บริการ (Service Level Agreement: SLA) ข้อตกลงที่ทำระหว่างผู้ให้บริการกับผู้ขอรับบริการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้บริการและความต้องการบริการ SLA ส่วนใหญ่จะถูกวัดด้วยจำนวนร้อยละของความสามารถในการให้บริการที่ทำได้ซึ่งในการทำงานวิจัยฉบับนี้ได้ออกแบบสมการในการวัดความสามารถในการให้บริการของระบบไว้เป็นจำนวนร้อยละของความสามารถที่ทำให้ระบบเครือข่ายใช้งานได้หลังจากเครือข่ายหลักหยุดการทำงานลง

2) การวัดและการบันทึกการจราจร (Traffic metering and recording) การบันทึกการเปลี่ยนแปลงการทำงานแบบเคลื่อนที่ตลอดเวลา โดยใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้สามารถตรวจพบความเปลี่ยนแปลงหรือความเสียหายจากระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ลงระบบฐานข้อมูลทำให้ผู้ดูแลระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสามารถวิเคราะห์ วางแผน และแก้ไขเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศได้ทันเวลาก่อนเกิดความเสียหาย ทั้งนี้งานวิจัยนี้มีการนำโปรแกรมระบบตรวจจับการทำงานของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อใช้งานการวิเคราะห์ผลงานวิจัยด้วยเช่นกัน

3) การกู้คืนการจราจร (Traffic restoration) กระบวนการในการตอบสนองหากระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไม่สามารถทำงานได้ โดยใช้กระบวนการทางด้านเทคนิคต่าง ๆ เข้าช่วย เช่นงานวิจัยนี้ที่ได้ทำการออกแบบระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G เพื่อให้การจราจรของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

4) นโยบาย (Policy) กฎระเบียบและข้อกำหนดที่มีต่อการบริการโดยส่วนใหญ่องค์กรหรือบริษัทจะอ้างอิงถึงความสูญเสียที่เกิดขึ้นแล้วนำมาคำนวณเป็นตัวเงินเพื่อให้สามารถวัดผลได้อย่างชัดเจน ซึ่งในงานวิจัยนี้มีการคำนวณต้นทุนและจุดคุ้มทุนของระบบเพื่อให้สามารถใช้

วัดผลของระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ว่าสามารถทำให้องค์กรหรือบริษัทได้เท่าใด

3. การวิเคราะห์ความต้องการของระบบและการออกแบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

กล่าวได้ว่าในการออกแบบระบบใด ๆ ก็ตามการวิเคราะห์ความต้องการเป็นหัวใจสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรกการศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการด้านเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก็เช่นเดียวกัน การออกแบบและหรือพัฒนาเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในบางครั้งมีความจำเป็นต้องวิเคราะห์การทำงานร่วมกับเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเดิมร่วมด้วย การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี โพรโทคอล หรือระบบแอปพลิเคชันต่าง ๆ เพื่อจัดทำใหม่หรือเพิ่มขีดความสามารถเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารนั้นซึ่งสามารถตั้งหัวข้อในการพิจารณาได้ 6 หัวข้อดังนี้

3.1 การปรับขนาด (Scaling dependency) ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการปรับเปลี่ยนขนาดของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอาจจะทำให้เครือข่ายเดิมเกิดความเสียหายเช่น การรับภาระงานของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศที่เพิ่มขึ้นทำให้เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเดิมรับไม่ไหว

3.2 การปรับตำแหน่ง (Location dependency) ผลกระทบจากการเคลื่อนย้ายตำแหน่งของอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอาจส่งผลให้เกิดภาระงานในเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารขึ้นได้เช่น หากมีการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีการทำการประกันคุณภาพบริการ (QoS) จากจุดเดิมไปในเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ไม่มีการประกันคุณภาพบริการ จะทำให้เพิ่มภาระการจราจรในเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ได้ทำการย้ายอุปกรณ์นั้นไป

3.3 ข้อจำกัดทางด้านประสิทธิภาพ (Performance constraint) การเพิ่มอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้าไปในระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเดิมย่อมเป็นการเพิ่มภาระแก่เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร การพิจารณาถึงประสิทธิภาพและความสามารถในการรองรับบริการจึงถือเป็นเรื่องที่ต้องคำนึงถึง

3.4 การปรับเครือข่ายและการสนับสนุน (Network and Support Dependency) ความสามารถในการจัดตั้งหมายเลขที่อยู่อุปกรณ์ โพรโทคอล ความมั่นคงปลอดภัย การตรวจสอบ

การทำงาน รวมไปถึงค่าใช้จ่ายทางเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร อยู่ในสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาด้วยเช่นกัน

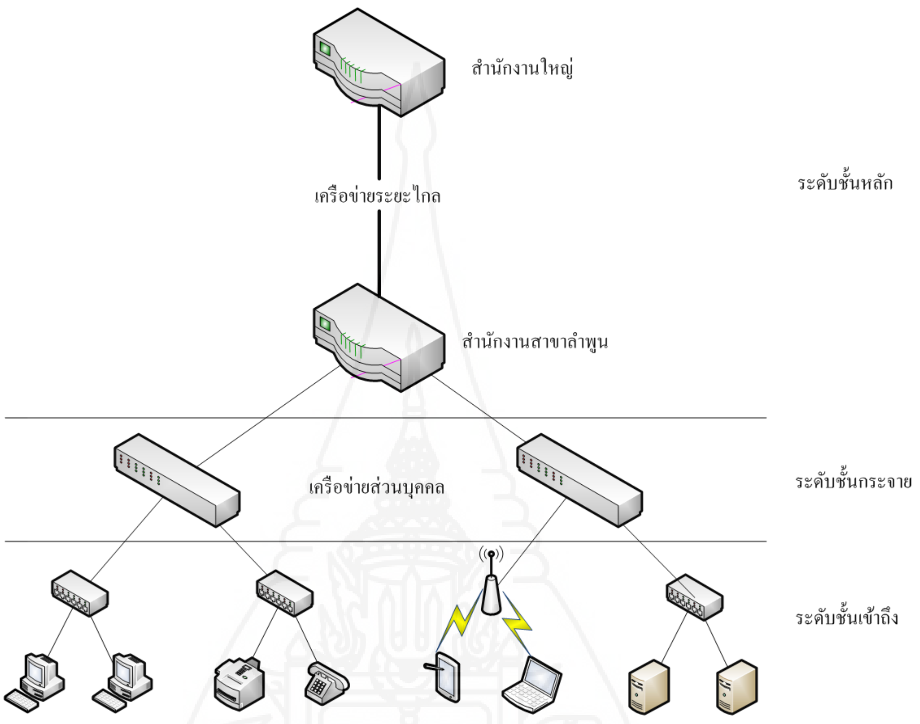
3.5 การปฏิบัติงานร่วม (Interoperability dependency) การทำงานร่วมกันระหว่างเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเดิมและเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศที่เพิ่มเข้าไปใหม่ต้องมีความสามารถประสานเข้าด้วยกันได้โดยเฉพาะจุดเชื่อมต่อหลัก

3.6 ความล้าสมัย (Obsolescence)ในการพิจารณาความต้องการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารนั้นหากต้องทำงานควบคู่กับเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเดิมอาจเกิดปัญหาความล้าสมัยของเทคโนโลยีขึ้นได้ จึงควรมีการจัดทำแผนในการเปลี่ยนอุปกรณ์ทดแทนด้วยเช่นกันเมื่อได้พิจารณาถึงความต้องการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแล้วนั้นขั้นตอนต่อมาคือขั้นตอนการออกแบบระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารให้สามารถทำงานได้ตามวัถุประสงค์ ว่าด้วยหลักการในการออกแบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารการออกแบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารตามระดับชั้นเป็นเครื่องมือที่ทำให้การออกแบบระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศทำได้ง่ายและลดความซับซ้อนของงานสามารถกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบให้แต่ละระดับชั้นได้อย่างชัดเจน และการออกแบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศตามระดับชั้นยังสามารถช่วยให้ทำการวิเคราะห์ปัญหา ปรับปรุง และแก้ไขเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้ดีอีกด้วย ดัดแปลง ขจิตพรรณ กฤตพลวิมาน (2560, น. 13-35) “โดยปกติโทโพโลยีระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแบบระดับชั้นถูกแบ่งเป็น 3 ชั้น” ได้แก่

1) ระดับชั้นหลัก (Core layer) ทำหน้าที่เชื่อมต่อเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจากพื้นที่หนึ่งไปยังพื้นที่หนึ่งด้วยการทำงานของอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและสามารถกำหนดเส้นทางของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้เช่น Router เน้นการสื่อสารด้วยความเร็วสูงและคุณสมบัติทางสภาพพร้อมใช้งาน (Availabity) ซึ่งระดับชั้นหลักนี้เป็นหัวใจหลักในงานวิจัยนี้ที่จะทำการออกแบบระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G เพื่อให้ตอบสนองสภาพพร้อมใช้งานดังที่กล่าวมา

2) ระดับชั้นกระจาย (Distribution layer) ทำหน้าที่กระจายการเชื่อมต่อของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจากระดับชั้นหลักลงไประดับชั้นการเข้าถึง ระดับชั้นนี้เน้นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่กระจายเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีคุณภาพสูงเช่น Network Switching แบบ High performance

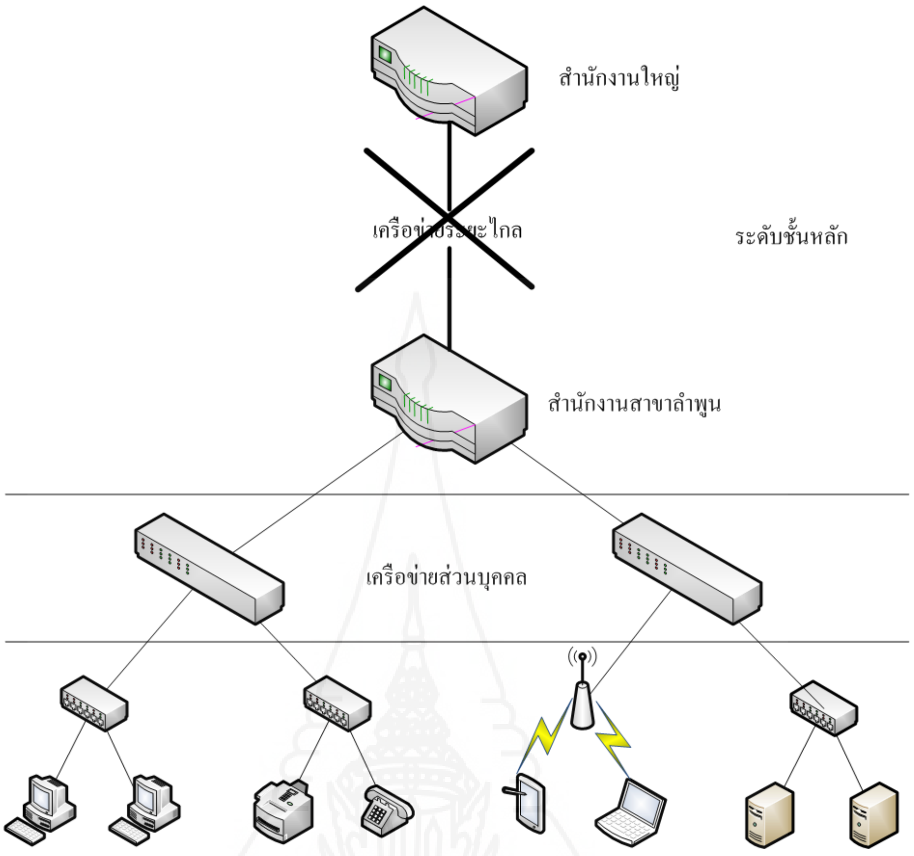
3) ระดับชั้นการเข้าถึง (Access layer) ทำหน้าที่เป็นจุดให้บริการแก่ผู้ใช้งานอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่จะเข้ามาเชื่อมต่อกับระบบมีอุปกรณ์ที่รองรับให้บริการเช่น Switch, Hub, WiFi



ภาพที่ 2.10 โทโพโลยีระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแบบลำดับ

4. การออกแบบระบบสำรองและการคำนวณต้นทุนและจุดคุ้มทุน

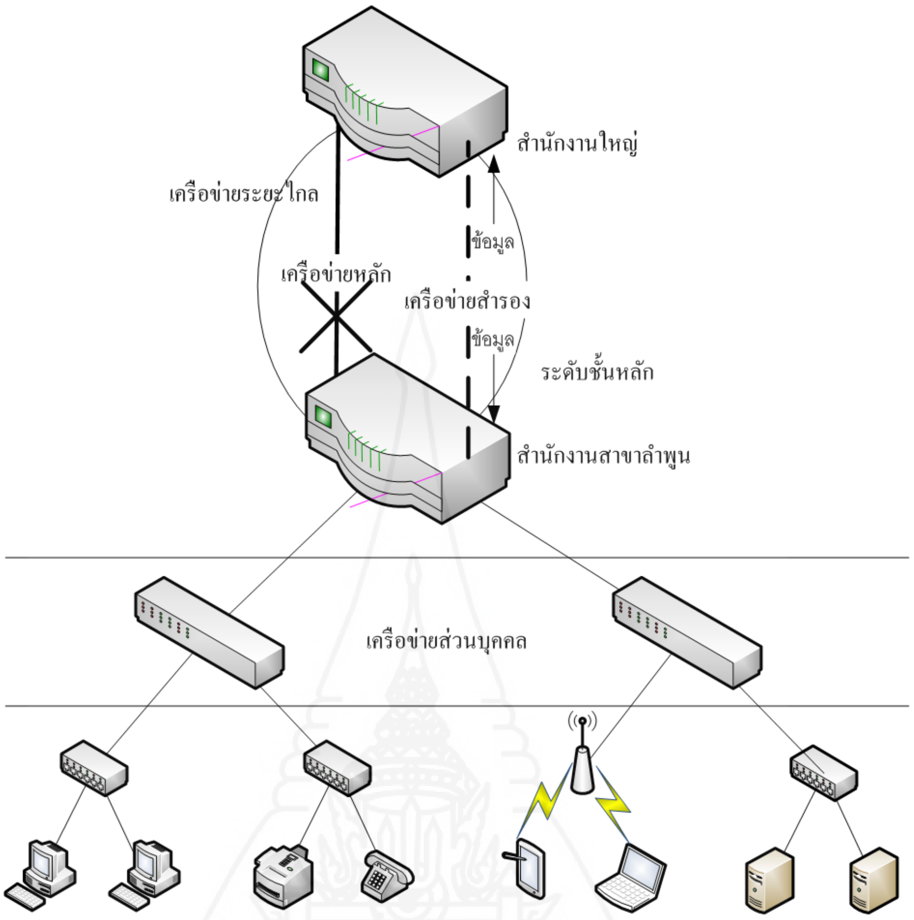
ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการออกแบบระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีรูปแบบตายตัวมีเส้นทางการเชื่อมต่อของโทโพโลยีเดียวย่อมมีความเสี่ยงที่จะเกิดความล้มเหลวของระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศได้ง่ายเช่น เส้นทางการเชื่อมต่อในระดับชั้นหลักที่จะทำการเชื่อมต่อจากสำนักงานสาขาเข้าไปยังสำนักงานใหญ่มีเส้นทางเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศเพียงเส้นทางเดียวหากเครือข่ายนั้นไม่สามารถใช้งานได้จะทำให้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในสำนักงานสาขานั้นไม่สามารถเข้ามาใช้ทรัพยากรระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่สำนักงานใหญ่ได้ทั้งหมด



ภาพที่ 2.11 ระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระดับชั้นหลักเกิดความเสียหาย

การออกแบบระบบเครือข่ายสำรองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสามารถแบ่งได้ตามโทโพโลยีระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแบบระดับชั้นได้ทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบระดับชั้นหลัก แบบระดับชั้นกระจาย และแบบระดับชั้นการเข้าถึง โดยมีลักษณะดังนี้

4.1 การออกแบบระบบเครือข่ายสำรองระดับชั้นหลัก (Core redundancy) เทคนิคการออกแบบโดยสร้างเส้นทางเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีมากกว่าหนึ่งเส้นทางเพื่อป้องกันความเสี่ยงของการทำงานเครือข่ายในระดับชั้นหลักที่มีเพียงเส้นทางเดียว เป็นหลักการที่ว่าด้วยการออกแบบและติดตั้งเส้นทางเสริมให้ระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีอยู่เดิมด้วยการเพิ่มอุปกรณ์และสื่อสัญญาณเข้าไปอีกหนึ่งชุดหรือมากกว่าเพื่อใช้เป็นระบบเครือข่ายสำรองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารให้ผู้ใช้งานระบบที่อาจจะอยู่ห่างไกลออกไปเช่น สำนักงานสาขาสามารถเชื่อมต่อเข้ามาใช้ทรัพยากรเทคโนโลยีสารสนเทศที่ถูกให้บริการอยู่ที่สำนักงานใหญ่ได้หากเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศหลักเสียหายหรือไม่สามารถให้บริการได้



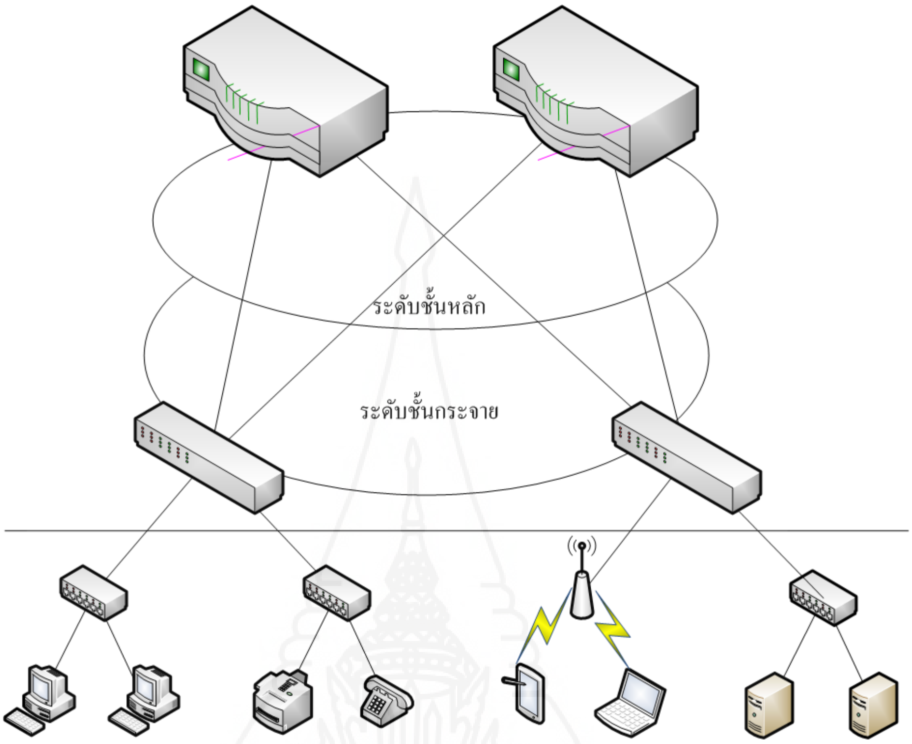
ภาพที่ 2.12 การทำงานของเส้นทางสำรองของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในระดับชั้นหลัก

จากภาพที่ 2.12 เมื่อเส้นทางของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหลักเสียหายลงแพ็กเก็ตข้อมูลจะมาใช้งานผ่านเส้นทางของระบบเครือข่ายสำรองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำรองทดแทนเพื่อให้สำนักงานสาขาสามารถทำการเชื่อมต่อกับเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของสำนักงานใหญ่ได้ต่อไป ทั้งนี้การออกแบบระบบเครือข่ายสำรองเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในระดับชั้นหลักนี้ได้ถูกนำมาเป็นแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัยระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G นี้

4.2 การออกแบบระบบเครือข่ายสำรองระดับชั้นกระจาย (Distribution redundancy) ในระดับชั้นกระจายมีหลักการด้วยกัน 2 วิธีคือ

1) แบบการเข้าถึงระดับชั้นหลักแบบสองจุด (Dual homing core) เป็นวิธีที่ทำให้เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศในลำดับชั้นกระจายสามารถเข้าถึงเส้นทางในระดับชั้นหลักมากกว่า

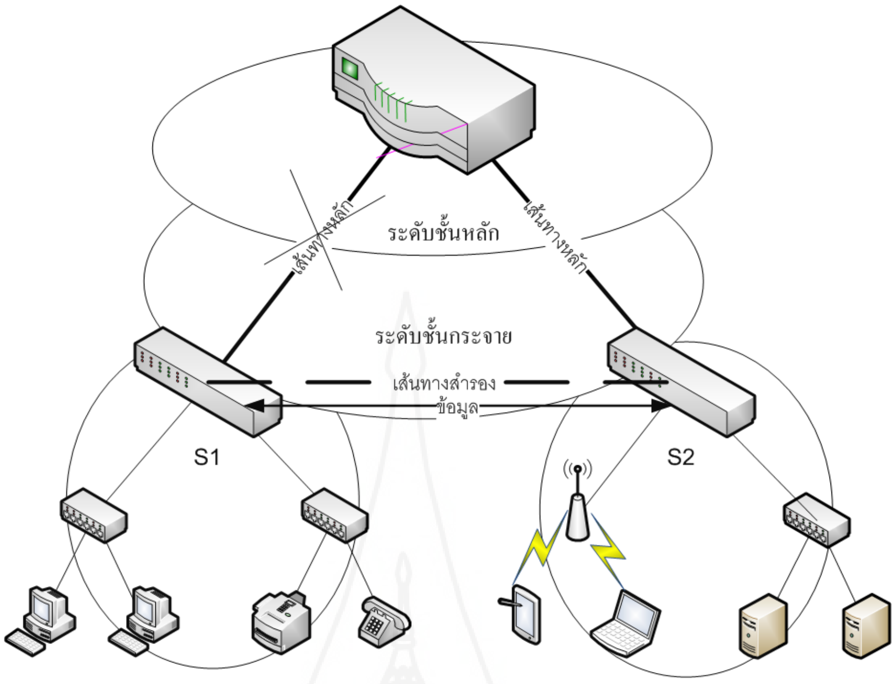
หนึ่งเส้นทาง ทำให้ลดความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในระดับชั้นหลักที่จุดใดจุดหนึ่งอาจได้รับความเสียหายขึ้น



ภาพที่ 2.13 การออกแบบการเข้าถึงระดับชั้นหลักแบบสองจุด

ในภาพที่ 2.13 เห็นได้ว่าการออกแบบการเข้าถึงระดับชั้นหลักแบบสองจุดจะมีเส้นทางของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ที่อยู่ในระดับชั้นกระจายกับระดับชั้นหลักสองเส้นทาง

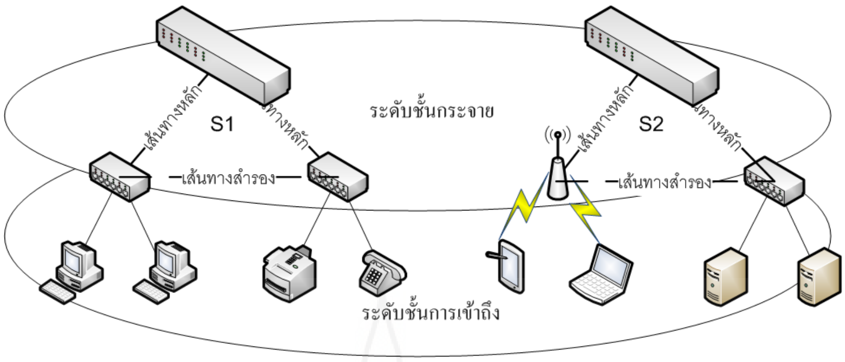
2) แบบการเชื่อมต่อสำรองชั้นกระจาย (Distribution link backup) เป็นวิธีสร้างเส้นทางเชื่อมต่อสำรองในระดับชั้นกระจายเข้าด้วยกันเพื่อลดความเสี่ยงของเส้นทางที่เชื่อมต่อไปยังระดับชั้นหลักเป็นเทคนิคการนำอุปกรณ์ในระดับชั้นกระจายแต่ละกลุ่มช่วยเหลือการทำงานของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารซึ่งกันและกัน



ภาพที่ 2.14 การออกแบบการเชื่อมต่อสำรองชั้นกระจาย

ภาพที่ 2.14 เมื่อเส้นทางเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกลุ่ม S1 เสียหายลงในระดับชั้นกระจายแพ็กเก็ตข้อมูลจากกลุ่ม S1 จะถูกส่งให้อุปกรณ์เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่อยู่ในระดับชั้นกระจายของกลุ่ม S2 เพื่อทำให้แพ็กเก็ตข้อมูลในกลุ่ม S1 เชื่อมต่อไปยังระดับชั้นหลักได้ต่อไป ทั้งนี้ในการออกแบบการเชื่อมต่อสำรองชั้นกระจายมีข้อพิจารณาที่สำคัญคือปริมาณการจราจรที่อุปกรณ์ในระดับชั้นกระจายด้วยกัน เนื่องจากอุปกรณ์เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่นำมาเป็นอุปกรณ์รองรับการเชื่อมต่อสำรองชั้นกระจายต้องรับภาระงานที่เพิ่มขึ้นจากแพ็กเก็ตข้อมูลของเครือข่ายกลุ่มอื่น ๆ ที่เข้ามาใช้งานตนเป็นเครือข่ายสำรอง

4.3 การออกแบบระบบเครือข่ายสำรองระดับชั้นการเข้าถึง (Access redundancy) ในการออกแบบระบบเครือข่ายสำรองระดับชั้นการเข้าถึงนั้นมีการใช้เทคนิคเดียวกับเครือข่ายระดับชั้นกระจายทั้งหมด



ภาพที่ 2.15 การออกแบบการเชื่อมต่อสำรองระดับชั้นการเข้าถึง

4.4 การคำนวณต้นทุนและจุดคุ้มทุน สำหรับระบบสำรองที่เพิ่มขึ้นมาสิ่งที่มีตามมาย่อมหนีไม่ได้คือต้นทุนของระบบสำรอง องค์กรหรือบริษัทที่มีสำนักงานสาขาในการสร้างรายได้และสนับสนุนการบริการแก่ลูกค้า การใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในกระบวนการทำงานถือเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้องค์กรหรือบริษัทดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพการลงทุนในระบบสำรองจึงถือเป็นสิ่งจำเป็น ต้นทุนและจุดคุ้มทุนจึงมีผลต่อการตัดสินใจในการวางแผนการติดตั้งระบบสำรอง

หากกล่าวถึงคำว่าต้นทุนและจุดคุ้มทุนตัวเลขที่สามารถใช้ในการวัดผลและสามารถเข้าใจได้ง่ายที่สุดคงเป็นตัวเลขทางบัญชีการเงิน อุทัยวรรณ จรุงวิภู (2556, น. 9-5) การวิเคราะห์ต้นทุน ปริมาณ กำไร (Cost Volume Profit Analysis) หรือนิยมเรียกกันย่อๆว่า การวิเคราะห์ CVP เป็นเครื่องมือหรือเทคนิคที่สำคัญที่จะช่วยให้ผู้บริหารเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุน ปริมาณ กำไร ตามหลักการทางบัญชีสามารถแบ่งประเภทของต้นทุนได้ 3 แบบคือ

1) ต้นทุนผันแปร (Variable cost) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณราคาหรือค่าใช้จ่ายต่างๆที่แปรผันโดยตรงกับเวลาหรือจำนวน

2) ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นครั้งแรกและจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3) ต้นทุนผสม (Mixed cost) เป็นต้นทุนที่เกิดรวมกันระหว่างต้นทุนผันแปรและต้นทุนคงที่การวิเคราะห์ CVP เป็นเครื่องมือที่จำแนกการวิเคราะห์ต้นทุนได้ 2 แบบคือแบบผันแปรและแบบคงที่ หากต้องการทราบต้นทุนผสมจะต้องทำการแยกการวิเคราะห์ต้นทุนผันแปรกับต้นทุนคงที่ออกจากกัน

จุดคุ้มทุน (Break even point) หมายถึงระดับปริมาณรายได้อยู่ในจุดที่พอดีกับค่าใช้จ่ายพอดี การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือที่จะทำให้สามารถทราบถึงความคุ้มค่าในการลงทุน

หรือไม่ โดยทั่วไปการประเมินผลของจุดคุ้มทุนจะใช้ตัวชี้วัดด้วยตัวเลขทางการเงินที่แสดงให้เห็นจุดตัดของตัวเลขรายได้และค่าใช้จ่ายที่มีหน่วยเป็นเวลาเช่น กี่วัน กี่เดือน หรือกี่ปี เพื่อชี้ให้เห็นว่าการลงทุนนั้นเหมาะสมหรือไม่และจะได้รับผลตอบแทนการลงทุนนั้นกลับมาเมื่อใด โดยทั่วไปการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

การใช้สมการวิเคราะห์ (Equation Method) เป็นวิธีที่นำมาใช้วิเคราะห์จุดคุ้มทุนจากปริมาณการทำกำไรแบบเส้นตรงทำให้สามารถรู้ถึงจุดคุ้มทุนของระบบ

$$\text{กำไร} = \text{ยอดขาย} - \text{ต้นทุน} \qquad (2.1)$$

จากสมการ Equation Method จุดคุ้มทุนคือจุดที่กำไรเท่ากับ 0 ทั้งนี้ในการใช้พารามิเตอร์ของยอดขายและต้นทุนสามารถใช้เป็นหน่วย หรือคาบเวลาเพิ่มเติมเข้ามาในการคำนวณได้แก่

$$\text{กำไรต่อเวลา} = (\text{ยอดขาย} \times \text{คาบเวลา}) - (\text{ต้นทุน} \times \text{คาบเวลา}) \qquad (2.2)$$

ตัวอย่างเช่น บริษัทแห่งหนึ่งมียอดขายต่อ 1 นาทีเท่ากับ 1,000 บาทมีต้นทุนของระบบขายต่อ 1 นาทีเท่ากับ 500 บาท

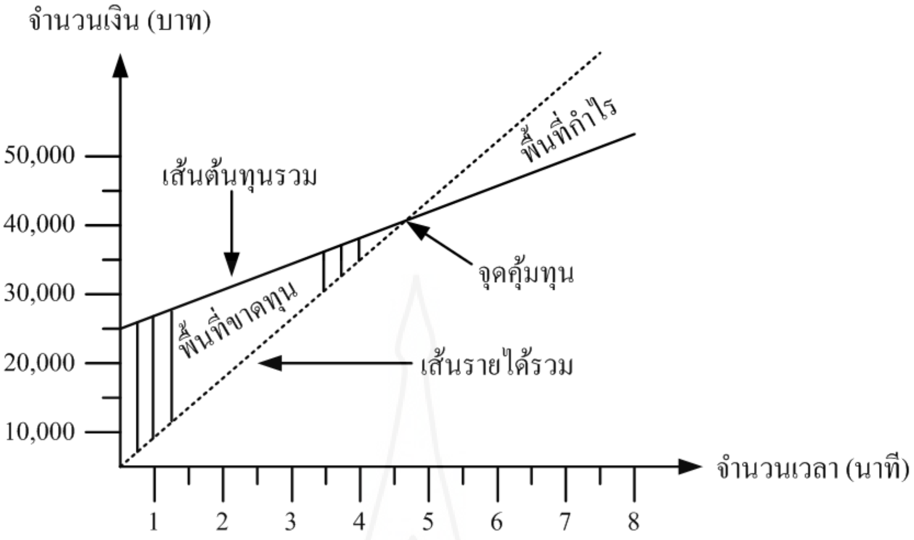
แทนค่าในสมการ

$$\text{กำไร} = (1{,}000 \times 1) - (500 \times 1)$$

$$\text{กำไร} = 500 \ \text{ต่อนาที}$$

จากคำตอบของตัวอย่างแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำให้บริษัททำกำไรได้ภายใน 1 นาที ซึ่งเท่ากับว่าบริษัทสามารถทำจุดคุ้มทุนได้ต่ำกว่า 1 นาที

จากสมการที่ 2 ทำให้เห็นได้ว่ายอดขายและต้นทุนมีการแปรผันโดยตรง (direct variation) ยิ่งราคาต้นทุนถูกลงเท่าใดอัตราการทำกำไรก็จะเร็วขึ้นเท่านั้นจึงทำให้การออกแบบระบบมีความจำเป็นต้องคำนึงถึงต้นทุนของระบบเป็นอย่างมาก



ภาพที่ 2.16 การใช้กราฟวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

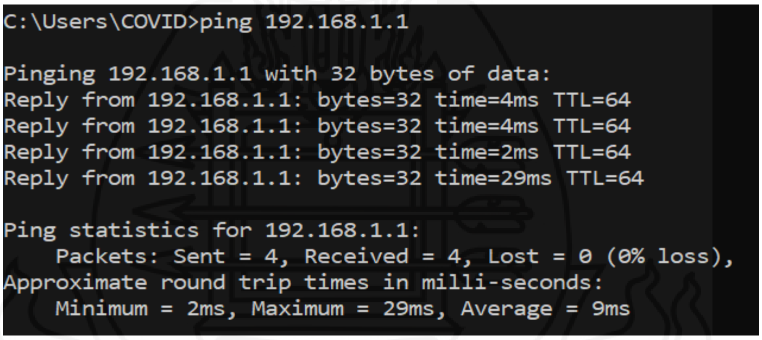
ในงานวิจัยนี้มีการนำแนวคิดการวิเคราะห์ต้นทุนมาวิเคราะห์ความเหมาะสมของระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G เพื่อให้สามารถทราบถึงความเหมาะสมหรือความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริงในทางปฏิบัติ ซึ่งการวิเคราะห์ต้นทุนของระบบจะใช้ในส่วนของเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยสมการมาใช้เพื่อให้ทราบถึงตัวเลขทางบัญชีที่เกิดขึ้นและจะใช้การวิเคราะห์ด้วยกราฟเพื่อแสดงให้เห็นภาพของต้นทุนระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G มากยิ่งขึ้น

5. การทดสอบระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ออกแบบ

หลังจากได้ติดตั้งระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแล้วนั้นประเด็นหนึ่งที่สำคัญไม่น้อยไปกว่าการติดตั้งคือ การทดสอบระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร การตรวจสอบการทำงานจริงของระบบที่ออกแบบว่าสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์หรือไม่ ในการทดสอบระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารโดยส่วนใหญ่จะใช้โพรโทคอลและเครื่องมือที่ทำงานที่อยู่บนระดับชั้นเครือข่ายเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยหลายชนิดเพื่อทำหน้าที่จัดการและแสดงสถานะต่างๆให้ผู้ดูแลระบบทราบถึงข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์ที่ได้รับการติดตั้งไป ทั้งนี้ โพรโทคอลและเครื่องมือที่นำมาใช้มีหลายชนิดเช่น

5.1 โพรโทคอลไอซีเอ็มพี (Internet Control Message Protocol: ICMP) โพรโทคอลที่ทำงานอยู่ในโปรแกรมการตรวจสอบเครือข่ายที่ชื่อว่า Ping ใช้ในการตรวจสอบโฮสต์ปลายทางและใช้ในการนำมาเป็นเครื่องมือสำหรับการทดสอบการเชื่อมต่อของงานวิจัยระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G มีประโยชน์สำหรับการตรวจสอบสถานะของเน็ตเวิร์กและโฮสต์อื่นๆที่ต้องการติดตาม การทำงานของ ICPM จะทำการส่งการร้องขอสถานะไปยังโฮสต์ปลายทางที่ตนเองต้องการทราบสถานะการคงอยู่เรียกว่า ICMP Echo Request ลงไปในระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อรอการตอบกลับจากโฮสต์ปลายทาง เมื่อโฮสต์ปลายทางได้รับการร้องขอ ICMP Echo Request จะทำการตอบกลับสถานะการคงอยู่ด้วย ICMP Echo Response แต่หาก ICMP Echo Request ไม่ได้รับการตอบรับจาก ICMP Echo Response กลับมา ICMP Protocol จะทำการรายงานผลผิดพลาดให้ทราบว่าการร้องขอนั้นมีปัญหา ICMP Error Message ซึ่งตัวอย่างการใช้งาน ICMP มีดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 การร้องขอ ICMP ได้รับผลสำเร็จ เมื่อทำการส่ง ICMP Echo Request ร้องขอไปยังโฮสต์ 192.xxx.1.1 และได้รับ ICMP Echo Response กลับ ดังภาพที่ 2.17



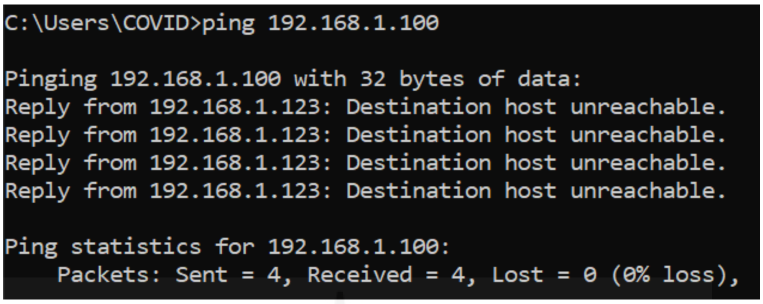
```
C:\Users\COVID>ping 192.168.1.1

Pinging 192.168.1.1 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=4ms TTL=64
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=4ms TTL=64
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=2ms TTL=64
Reply from 192.168.1.1: bytes=32 time=29ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.1.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 2ms, Maximum = 29ms, Average = 9ms
```

ภาพที่ 2.17 การร้องขอด้วย ICMP ได้รับผลสำเร็จ

ตัวอย่างที่ 2 การร้องขอ ICMP ได้รับผลไม่สำเร็จเมื่อทำการส่ง ICMP Echo Request ร้องขอไปยังโฮสต์ 192.168.1.1 และได้รับ ICMP Echo Response กลับ ดังภาพที่ 2.18

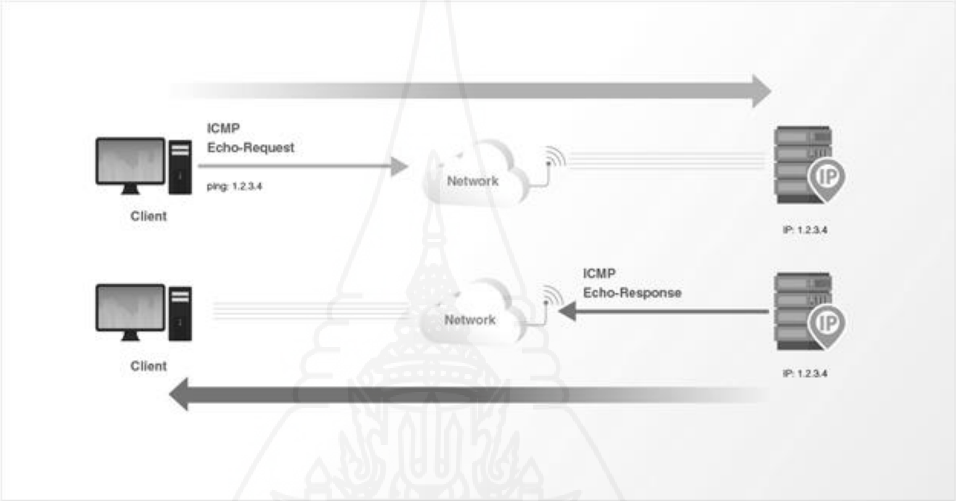


```
C:\Users\COVID>ping 192.168.1.100

Pinging 192.168.1.100 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.123: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.1.123: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.1.123: Destination host unreachable.
Reply from 192.168.1.123: Destination host unreachable.

Ping statistics for 192.168.1.100:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
```

ภาพที่ 2.18 การร้องขอด้วย ICMP ได้รับผลไม่สำเร็จ



ภาพที่ 2.19 การทำงานของโพรโทคอล ICMP ในระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร ที่มา: https://www.layerstack.com/resources/tutorials/How-to-enable-Ping-in-Windows-Server-2019-Firewall สืบค้นเมื่อ 2/06/2020

ทั้งนี้อาจจะกล่าวได้ว่า Ping เป็นเครื่องมือที่สำคัญเป็นลำดับต้นๆในการใช้ตรวจสอบสถานะการทำงานของระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ด้วยรูปแบบการใช้งานที่ไม่ซับซ้อนและมีการติดตั้งมากับระบบปฏิบัติการทั้ง Microsoft windows และระบบปฏิบัติการ Linux ทำให้ผู้ดูแลระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารส่วนใหญ่ใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการวิเคราะห์ปัญหาของระบบขั้นต้นในเครือข่ายที่ทำงานด้วย TCP/IP จากตัวอย่างการใช้งานในภาพที่ 2.17 และ 2.18 Ping นอกจากจะทำให้เราทราบถึงสถานะการมีอยู่ของโฮสต์ปลายทางว่ายังอยู่หรือไม่ Ping ยังสามารถทำให้เราทราบถึงระยะเวลาของการส่งข้อมูลระหว่างโฮสต์ต้นทางและโฮสต์ปลายทางได้อีกด้วย Time Latency ระยะเวลาหน่วงของการทำงานเครือข่ายจะบ่งบอกถึงความเร็วในการรับส่งข้อมูลและปัญหาที่เกิดขึ้นหากมีระยะเวลาผิดปกติไปจากค่าที่เป็นอยู่เช่นเวลาที่ทำการ Ping จากโฮสต์ต้นทางไปยังปลายทางมี Time สูงมากหรือมีคาบเวลาที่ต่างกันออกไปไม่มี

ขนาดที่เท่ากันนั้นอาจสามารถบ่งบอกถึงสถานะความผิดปกติของระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารนั้น ทั้งนี้นอกจากค่าเวลาที่สามารถบ่งบอกถึงสถานะการทำงานของเครือข่ายได้แล้ว Ping ยังสามารถแสดงถึงจำนวนจุดเชื่อมต่อของเครือข่าย (Network Hop) ที่แพ็กเก็ต Ping ได้ถูกส่งออกไปด้วยค่า Time To Live: TTL ซึ่ง Traffic ที่แพ็กเก็ตของ Ping ทำการกระโดดข้ามไปนั้นจะมีค่าแตกต่างกันออกไปในแต่ละชนิดของอุปกรณ์ดังนี้

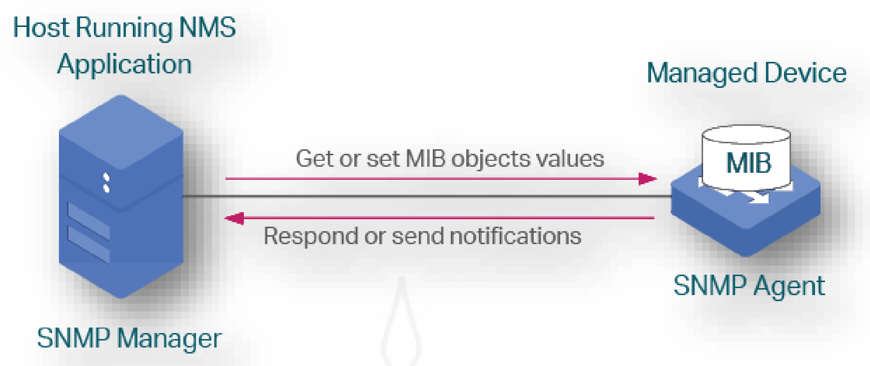
- สำหรับ TTL 64 จะเป็น ระบบ Linux หรือ Router ขนาดเล็กๆ
- สำหรับ TTL 128 เป็น OS พวก X86 เช่น Windows ต่างๆ
- สำหรับ TTL 254 เป็น Router ขนาดกลางและใหญ่

5.2 โพรโทคอลเอสเอ็นเอ็มพี (Simple Network Management Protocol: SNMP) คือมาตรฐานโพรโทคอลชนิดหนึ่งสำหรับรวบรวมและจัดเรียงข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารทำงานร่วมกันกับโพรโทคอล TCP/IP ช่วยในการรายงานและจัดการข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์ในเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โดยองค์ประกอบของ SNMP จะประกอบไปด้วย

1) SNMP Manager ติดตั้งอยู่บนเครื่องแม่ข่ายทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูลเพื่อจัดการ (Management Information Base: MIB) ทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลจาก SNMP Agent ที่โดนติดตั้งไว้ที่อุปกรณ์เครือข่ายปลายทาง

2) SNMP Agent ติดตั้งอยู่กับอุปกรณ์เครือข่ายที่ต้องการให้รายงานผลการทำงาน ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ที่ได้ติดตั้งโพรโทคอลส่งไปให้ SNMP server เพื่อวิเคราะห์ผลการทำงาน

หลักการทำงานของ SNMPในการติดตั้ง SNMP server และ SNMP Agent นั้นต้องกำหนดกลุ่มแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันที่เรียกว่า SNMP communities จากนั้นในกลุ่มจะต้องทำการตั้งรหัสผ่านเพื่อให้สมาชิกในกลุ่มใช้พิสูจน์ตัวตนเพื่อการส่งและการรับข้อมูลระหว่างกัน SNMP สามารถกำหนดสิทธิในการจัดการข้อมูลของอุปกรณ์เครือข่ายได้สองรูปแบบคือ รูปแบบอ่านข้อมูลทางเดียว (Read Only) ในการรายงานผลแบบทางเดียวจาก SNMP Agent และรูปแบบอ่านเขียนข้อมูลได้ (Read Write) ทำให้ SNMP manager สามารถเข้าไปจัดการชุดคำสั่งบางตัวที่อยู่บนอุปกรณ์ในเครือข่ายที่เป็นสมาชิก SNMP communities ได้ ปัจจุบัน SNMP ได้ถูกพัฒนามาถึงรุ่นที่ 3 ที่สามารถรองรับการกำหนดประเภทของชนิดข้อมูลจากอุปกรณ์ชนิดใหม่ๆ ได้มากขึ้น



ภาพที่ 2.20 การทำงานของ SNMP Manager กับ SNMP Agent

ที่มา: https://www.tp-link.com/us/configuration-guides/configuring-snmp-rmon/?configurationId=22466#_idTextAnchor001สืบค้นเมื่อ 2/06/2020

SNMP ถูกนำมาใช้งานในระบบตรวจสอบการทำงานของระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Network Management System: NMS) โดยการพัฒนาเป็นโปรแกรมสำเร็จเพื่อการบริหารจัดการอุปกรณ์ในเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สามารถรายงานผลและจัดการค่าความเปลี่ยนแปลงของการทำงานได้ทั้งอุปกรณ์ Router, Switch, Firewall, IPS/IDS หรือแม้แต่เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

5.3 PRTG TrafficeGrapher หนึ่งในโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีการนำ SNMP มาพัฒนาเพื่อเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบการใช้งานของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ PRTG นอกจากจะแสดงสถานะการทำงานของระบบเครือข่ายแบบทันทีแล้ว ยังสามารถจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลสถิติจากการใช้งานคุณสมบัติ SNMP manager กับ SNMPAgent ในการแสดงผลข้อมูล PRTG จะแสดงผลข้อมูลการใช้งานเครือข่ายให้อยู่ในรูปแบบกราฟแบบทันทีมีคาบเวลาในการเปลี่ยนแปลงผลที่เกิดขึ้นขั้นต่ำสุดที่ 5 นาที และหากต้องการเก็บบันทึกการใช้งานออกมาเป็นฐานข้อมูลภายนอกยังสามารถจัดเก็บออกมาเป็นรูปแบบไฟล์นามสกุล CSV หรือ PDF

5.4 WireShark โปรแกรมประยุกต์ที่ใช้ในการดักจับข้อมูลบนเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Packet Sniffer) ใช้วิเคราะห์และอ่านค่าการทำงานของแพ็กเก็ตข้อมูลเพื่อแสดงถึงปัญหาหรือความผิดปกติที่เกิดขึ้นในเครือข่ายเมื่อเกิดปัญหาการทำงานขึ้น ส่วนใหญ่นิยมใช้งานควบคู่กับโปรแกรมประยุกต์ทางการตรวจสอบเครือข่ายต่างๆ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ถูกต้องมากขึ้น เนื่องด้วย WireShark สามารถวิเคราะห์ได้ลงไปถึงในระดับของการส่งแพ็กเก็ตระหว่างต้นทางและปลายทาง

6. การวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของระบบ

การวิเคราะห์และประเมินผลลัพธ์ของระบบที่ได้รับการติดตั้งเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อให้ผู้ติดตั้งสามารถวางแนวทางพัฒนาระบบหรือเข้าใจปัญหาของระบบได้ชัดเจนขึ้น ทั้งนี้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบต้องเป็นมาตรฐานที่มีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับเพื่อให้การประเมินประสิทธิภาพของระบบมีผลที่น่าเชื่อถือและนำไปเป็นเครื่องมือในการทำงานได้จริง

คุณภาพในการให้บริการ (Quality of Service: QoS) และข้อตกลงในการให้บริการ (Service Level Agreement: SLA) มีพื้นฐานจากข้อตกลงที่เป็นไปโดยยึดโยงกับการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการแก้ไขช่องโหว่ในการให้บริการเช่น การสร้างระบบสำรองที่สามารถทำงานได้ทันทีหากระบบหลักเสียหาย การทำข้อตกลงจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้กระบวนการในการให้บริการที่ดี ทั้งนี้ในข้อเท็จจริงของ QoS ที่เกิดขึ้นในการให้บริการคงหนีไม่พ้น ความเร็ว (speed) ความจุ (capacity) และสภาพพร้อมใช้งานสูง (High Availability: HA) หลักการที่เหมาะสมสำหรับการสร้างตัวชี้วัดที่ดีที่สุดคงต้องกล่าวถึงเรื่อง วิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability engineering) หนึ่งในวิชาสาขาย่อยของวิศวกรรมระบบที่เน้นความสามารถของอุปกรณ์ในการทำงานโดยไม่เกิดความผิดพลาด ความน่าเชื่อถืออธิบายถึงความสามารถของระบบหรือส่วนประกอบในการทำงานภายใต้เงื่อนไขที่ระบุไว้ในช่วงเวลาที่กำหนด ให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องซึ่งจะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความพร้อมใช้งานซึ่งโดยทั่วไปจะอธิบายว่าเป็นความสามารถของส่วนประกอบหรือระบบในการทำงาน สามารถรองรับการทำงานได้ดีเท่าใดในช่วงเวลาที่กำหนด ทำให้วิศวกรรมความน่าเชื่อถือเกี่ยวข้องกับการคาดการณ์การป้องกันและการจัดการระดับความสำคัญของระบบ ในความไม่แน่นอนทางวิศวกรรม ผู้ที่มีหน้าที่ดูแลจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญตั้งแต่กระบวนการออกแบบ เฝ้าระวัง ไปจนถึงขั้นตอนการบำรุงรักษาระบบสำหรับระบบใด ๆ งานแรกของวิศวกรรมความน่าเชื่อถือคือการระบุข้อกำหนดด้านความน่าเชื่อถือจากความพร้อมใช้งานโดยรวมและเพียงพอต่อความต้องการและที่สำคัญกว่านั้นมาจากการวิเคราะห์ความล้มเหลวที่จะส่งผลต่อความเสียหายในรูปแบบต่างๆ เพื่อการออกแบบที่เหมาะสมให้ได้ผลการทดสอบต้นแบบเบื้องต้นและมีข้อกำหนดที่ชัดเจน

การกำหนดเป้าหมายตัวชี้วัดในรูปเชิงปริมาณเป็นสิ่งที่ง่ายที่สุดสำหรับการออกแบบระบบ แนวคิดทางสถิติหนึ่งที่มีการนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดความสามารถในการให้บริการของระบบคือ เวลาเฉลี่ยก่อนความล้มเหลว (Mean time between failures: MTBF) และเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมระบบ (Mean time to repair: MTTR)และเป็นมาตรการพื้นฐานของการบำรุงรักษาของสิ่งของที่ซ่อมแซมได้ แสดงถึงเวลาเฉลี่ยที่ต้องใช้ในการซ่อมแซมส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ที่ล้มเหลวในการ

ออกแบบระบบที่ป้องกันความผิดปกติ MTTR มักจะถือว่ารวมเวลาที่เกิดความผิดพลาดเป็นเวลาจากที่ความล้มเหลวเกิดขึ้นจนตรวจพบ MTTR มักเป็นส่วนหนึ่งของสัญญาการบำรุงรักษาซึ่งโดยทั่วไประบบที่ MTTR จะใช้มาตรฐานเวลาเป็น 24 ชั่วโมง หรือตามข้อตกลงที่ผู้ใช้บริการกับผู้ให้บริการตกลงกัน อย่างไรก็ตามในบริบทของสัญญาการบำรุงรักษาสิ่งสำคัญคือต้องแยกแยะว่า MTTR หมายถึงการวัดเวลาเฉลี่ยระหว่างจุดที่พบความล้มเหลวเป็นครั้งแรกจนถึงจุดที่อุปกรณ์กลับสู่การทำงาน โดยปกติเรียกว่า "เวลาเฉลี่ยในการกู้คืนระบบ" หรือเป็นเพียงการวัดระยะเวลาที่ผ่านไประหว่างจุดที่เริ่มการซ่อมแซมจริงจนถึงจุดที่อุปกรณ์กลับสู่การทำงาน ตัวอย่างเช่นระบบที่มีสัญญาบริการซึ่งรับประกันเวลาเฉลี่ยในการ "กู้คืนระบบ" เป็นเวลา 4ชั่วโมง แต่ระยะเวลาในการใช้จริงคือ 8 ชั่วโมง จะทำให้ระบบ MTTR ออกแบบไว้เป็นระบบที่ล้มเหลว

สำหรับ MTBF และ MTTR เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้คำนวณสภาพความพร้อมของระบบ (Availability) ด้วยวิธีคำนวณอัตราส่วนของเวลาเฉลี่ยระหว่างความล้มเหลว (MTBF) และเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซม (MTTR) แบบเส้นตรงดังตัวอย่าง

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \qquad (2.3)$$

โดย

A = สภาพความพร้อมของระบบ (Availability)

MTBF = เวลาเฉลี่ยก่อนความล้มเหลว (Mean time between failures)

MTTR = เวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมระบบ (Mean time to repair)

จากสมการที่ 1 เราสามารถนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์สภาพความพร้อมของระบบได้ดังนี้

$$A = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}\right) x\ 100 \qquad (2.4)$$

แนวคิดการวัดความพร้อมใช้งานขึ้นอยู่กับการตีความในระดับข้อตกลงเช่น 24 ชั่วโมงจะแสดงความหมายความพร้อมเป็นจำนวนความพร้อมระหว่างวันหรือใช้การกำหนดข้อตกลงในปี จะแสดงความหมายความพร้อมเป็นจำนวนความพร้อมระหว่าง365 วัน และใช้ตัวชี้วัดความล้มเหลวคิดเป็นจำนวนเปอร์เซ็นต์จากระยะเวลาในข้อตกลงดังกล่าวอย่างไรก็ตามจากคำจำกัดความที่แท้จริงของความพร้อมใช้งานระบบจะใช้งานได้ประมาณ 99.9% หรือ 8751 ชั่วโมงของเวลาที่พร้อมใช้

งานจาก 8760 ชั่วโมงต่อปี จึงทำให้ไม่ครบด้วยจำนวน 100% (ไม่นับปีที่มีการเพิ่มหนึ่งวัน เพื่อให้ปีปฏิทินสอดคล้องกับปีดาราศาสตร์หรือปีฤดูกาล) นอกจากนี้ระบบที่ประสบปัญหาด้านประสิทธิภาพมักถือว่าผู้ใช้ไม่สามารถใช้งานได้บางส่วนหรือทั้งหมดแม้ว่าระบบจะยังคงทำงานต่อไปก็ตาม ในทำนองเดียวกันความไม่พร้อมใช้งานของฟังก์ชันแอปพลิเคชันที่เลือกอาจไม่มีใครสังเกตเห็นโดยผู้ดูแลระบบ แต่ก็สร้างความเสียหายให้กับผู้ใช้จึงต้องใช้การวัดความพร้อมใช้งานที่แท้จริงเป็นแบบองค์รวม

ทั้งนี้ความพร้อมใช้งานมักแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของเวลาพร้อมใช้งานในปีหนึ่ง ๆ ตารางต่อไปนี้แสดงการหยุดทำงานที่จะได้รับอนุญาตสำหรับเปอร์เซ็นต์ความพร้อมใช้งานโดยสันนิษฐานว่าระบบจำเป็นต้องทำงานอย่างต่อเนื่องอ้างถึงการหยุดทำงานรายเดือนหรือความพร้อมใช้งานเพื่อคำนวณเครดิตในการให้บริการให้ตรงกับรายเดือน ตารางที่ 2.1 แสดงการแปลจากเปอร์เซ็นต์ความพร้อมใช้งานที่กำหนดไปจนถึงระยะเวลาที่สอดคล้องกันซึ่งระบบจะไม่สามารถใช้งานได้

ตารางที่ 2.1 ใช้อ้างอิงการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของความพร้อมใช้งาน

ความพร้อมใช้งาน%	**การหยุดทำงานต่อปี**	**เวลาหยุดทำงานต่อไตรมาส**	**การหยุดทำงานต่อเดือน**	**การหยุดทำงานต่อสัปดาห์**	**การหยุดทำงานต่อวัน**
90% ("หนึ่งเก้า")	36.53 วัน	9.13 วัน	73.05 นาที	16.80 นาที	2.40 ชั่วโมง
95% ("หนึ่งเก้าครึ่ง")	18.26 วัน	4.56 วัน	36.53 นาที	8.40 นาที	1.20 ชั่วโมง
97%	10.96 วัน	2.74 วัน	21.92 นาที	5.04 ชั่วโมง	43.20 นาที
98%	7.31 วัน	43.86 นาที	14.61 นาที	3.36 ชั่วโมง	28.80 นาที
99% ("สองเก้า")	3.65 วัน	21.9 ชม	7.31 นาที	1.68 ชั่วโมง	14.40 นาที
99.5% ("สองครึ่งเก้า")	1.83 วัน	10.98 นาที	3.65 ชั่วโมง	50.40 นาที	7.20 นาที
99.80%	17.53 นาที	4.38 ชั่วโมง	87.66 นาที	20.16 นาที	2.88 นาที
99.9% ("สามเก้า")	8.77 นาที	2.19 ชั่วโมง	43.83 นาที	10.08 นาที	1.44 นาที
99.95% ("สามและครึ่งเก้า")	4.38 ชั่วโมง	65.7 นาที	21.92 นาที	5.04 นาที	43.20 วินาที
99.99% ("สี่เก้า")	52.60 นาที	13.15 นาที	4.38 นาที	1.01 นาที	8.64 วินาที
99.995% ("สี่ครึ่งเก้า")	26.30 นาที	6.57 นาที	2.19 นาที	30.24 วินาที	4.32 วินาที
99.999% ("ห้าเก้า")	5.26 นาที	1.31 นาที	26.30 วินาที	6.05 วินาที	864.00 มิลลิวินาที
99.9999% ("หกเก้า")	31.56 วินาที	7.89 วินาที	2.63 วินาที	604.80 มิลลิวินาที	86.40 มิลลิวินาที
99.99999% ("เจ็ดเก้า")	3.16 วินาที	0.79 วินาที	262.98 มิลลิวินาที	60.48 มิลลิวินาที	8.64 มิลลิวินาที

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ความพร้อมใช้งาน%	การหยุดทำงานต่อปี	เวลาหยุดทำงานต่อไตรมาส	การหยุดทำงานต่อเดือน	การหยุดทำงานต่อสัปดาห์	การหยุดทำงานต่อวัน
99.999999% ("แปดเก้า")	315.58 มิลลิวินาที	78.89 มิลลิวินาที	26.30 มิลลิวินาที	6.05 มิลลิวินาที	864.00 ไมโครวินาที
99.9999999% ("เก้าเก้า")	31.56 มิลลิวินาที	7.89 มิลลิวินาที	2.63 มิลลิวินาที	604.80 ไมโครวินาที	86.40 ไมโครวินาที

ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/High_availability#cite_note-1 สืบค้นเมื่อ 3/06/2020

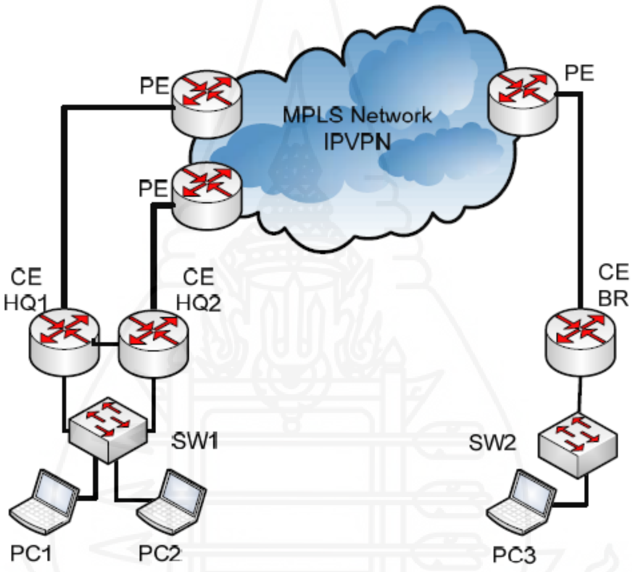
การทดสอบความน่าเชื่อถือสามารถติดตามได้จากการวิเคราะห์ใด ๆ ที่ต้องมีการประเมินความน่าจะเป็นของความล้มเหลวการทดสอบความล้มเหลวหรือผลกระทบครั้งแรกสามารถสร้างหลักฐานได้ด้วยความมั่นใจในระดับหนึ่งโดยการทดสอบด้วยระบบที่ใช้กระบวนการทางซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ซึ่งการกำหนดการทดสอบความน่าเชื่อถือเป็นปัญหาจากหลายสาเหตุ ในกรณีส่วนใหญ่การทดสอบเพียงครั้งเดียวไม่เพียงพอที่จะสร้างข้อมูลทางสถิติที่เพียงพอได้ การทดสอบหลายครั้งหรือการทดสอบระยะยาวมีราคาแพงมาก การทดสอบบางอย่างไม่สามารถทำได้จริงและสภาพแวดล้อมอาจคาดเดาได้ยากในวงจรชีวิตของระบบวิศวกรรมความน่าเชื่อถือจึงได้ใช้การออกแบบโปรแกรมทดสอบที่สมจริงและราคาไม่แพงซึ่งแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ว่าระบบตรงตามข้อกำหนดด้านความน่าเชื่อถือ ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติใช้เพื่อจัดการกับข้อกังวลเหล่านี้ พารามิเตอร์บางอย่างจะแสดงพร้อมกับระดับความเชื่อมั่นที่สอดคล้องกัน

ระดับความเชื่อมั่นที่ใช้การประมาณค่าแบบช่วงสามารถนำมาเทียบเคียงด้วยพารามิเตอร์ประชากรที่น่าสนใจตัวอย่างเช่นค่าเฉลี่ยของปริมาณบางส่วน การประมาณช่วงเวลาที่ต้องการระบุแทนช่วงเวลาที่ต้องทดสอบทั้งหมด โดยทั่วไปจะมีการรายงานช่วงความเชื่อมั่นในตารางหรือกราฟพร้อมกับค่าประมาณจุดของพารามิเตอร์เดียวกันเพื่อแสดงความน่าเชื่อถือของค่าประมาณ

ตัวอย่างเช่นสามารถใช้ช่วงความเชื่อมั่นจากตัวอย่างที่เลือกขึ้นมาแบบมีนัยสำคัญเพื่อนำมาทดสอบตามเงื่อนไขและข้อกำหนดต่างๆที่ได้ตั้งขึ้นเพื่อใช้เป็นผลชี้วัดความเชื่อมั่นของระบบสำหรับสัดส่วนในประชากรทั้งหมดแทนการนำประชากรทั้งหมดมาทดสอบ

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ruhani Ab Rahman (2015) Implementation of High Availability Concept Based on Traffic Segregation over MPLS-TE แนวคิดความพร้อมใช้งานสูงโดยพิจารณาจากการแยกการเข้าชมผ่าน Multi-Protocol Label Switching: MPLS ร่วมกับ Traffic Engineering: TEบนการทำงานแบบVirtual Public Network: VPNผ่านเครือข่าย MPLSการปรับใช้นี้เป็นประโยชน์ต่อองค์กรหรือกลุ่มของเครือข่ายส่วนบุคคลของตนเองด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่ามากเมื่อเทียบกับลิงก์ส่วนตัวแบบจุดต่อจุด (P2P) แบบเดิม



ภาพที่ 2.21VPNผ่านเครือข่าย MPLS แบบสองเกตเวย์

ที่มา: Ruhani Ab Rahman (FEBRUARY 2015) IMPLEMENTATION OF HIGH AVAILABILITY CONCEPT BASED ON TRAFFIC SEGREGATION OVER MPLS-TE

ประโยชน์ขององค์กรจากการทำ VPN ในการลดต้นทุนเพิ่มความสามารถในการปรับขนาดและเพิ่มผลผลิตโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ความปลอดภัยของเครือข่าย ความต้องการขั้นพื้นฐานของระบบในปัจจุบันบนเครือข่ายองค์กรในการออกแบบมีความพร้อมใช้งานสูง เพื่อการปรับใช้ความพร้อมในการทำโหลดบาลานซ์และการสำรองบนระบบเครือข่ายหลักของผู้ให้บริการที่มีอยู่ยังคงเป็นงานที่ท้าทาย เอกสารนี้นำเสนอหลักการใช้งานที่ทำให้มั่นใจในการรับส่งข้อมูลเครือข่าย ด้วยโพรโทคอลของเราเตอร์ เสมือน (VRRP) ที่ได้รับการกำหนดค่าให้รองรับความพร้อมใช้งานสูง ที่มี

การทำงานแบบสองเกตเวย์บนเราเตอร์ของลูกค้าหนึ่งตัวได้รับเลือกให้เป็นเกตเวย์หลัก และเราเตอร์อีกหนึ่งตัวเป็นเกตเวย์สำรองจากนั้นจะทำการจำลองสถานการณ์ในสถานการณ์ที่เกตเวย์หลักไม่ทำงาน ซึ่งแนวคิดของการรับส่งข้อมูลถูกนำมาใช้โดยที่ Policy Based Routing: PBRจะจัดการกับการแยกการรับส่งข้อมูลเพื่อใช้ประโยชน์จากการตั้งค่าเราเตอร์ทั้งสอง ผลการวิเคราะห์การใช้งานแนวคิดความพร้อมใช้งานสูงตามการแยกการรับส่งข้อมูลผ่าน MPLS-TE ซึ่งได้ผลการทดสอบสภาพพร้อมใช้งานสูงถึง 99.99% ด้วยการคำนวณจากหลักการ Mean Time To Repair: MTTR

Fidel Krasniqi (2018) Performance analysis of mobile 4G/LTE networksการให้บริการบรอดแบนด์ที่มีประสิทธิภาพสูง เครือข่ายมือถือ (4G/LTE) ได้รับการพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้โดยนำเสนอบริการถ่ายโอนข้อมูลความเร็วสูง จำเป็นต้องใช้ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพหลัก (KPI) เพื่อตรวจสอบและเพิ่มประสิทธิภาพเครือข่ายมือถือเพื่อให้บริการที่มีคุณภาพสูงและเพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรที่ดีขึ้น ตัวบ่งชี้เหล่านี้ได้รับการกำหนดมาตรฐานโดย Third Generation Partnership Project : 3GPP ซึ่งโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็นหมวดหมู่ย่อยต่อไปนี้ 1) ความสามารถในการเข้าถึง 2) ความคล่องตัว 3) ความพร้อมใช้งาน ตัวบ่งชี้เหล่านี้บางตัววัดที่ระดับเครือข่าย ที่ระดับกลุ่มเซลล์ สำหรับการศึกษานี้เราได้ใช้กรณีศึกษาของผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ Telecom of Kosovo (TK) การวัดและการวิเคราะห์มุ่งเน้นไปที่จุดกระจายเครือข่าย 24 เซลล์ของเครือข่าย 4G / LTE ที่ใช้งานใน TK ซึ่งในบทความนี้พยายามค้นหาว่าประสิทธิภาพของเครือข่าย 4G / LTE ทำงานได้ตามค่าที่แนะนำของมาตรฐาน 3GPP หรือไม่โดยผลที่ได้รับจากงานวิจัยพบว่า ตัวชี้วัดประสิทธิภาพหลักที่เราวิเคราะห์สำหรับเครือข่ายมือถืออยู่ในค่าจากมาตรฐานของ 3GPP ผลลัพธ์ที่วัดได้แสดงให้เห็นถึงความสามารถการเข้าถึงเครือข่ายได้มากกว่า 99.6 %

Aparna Bhat (2015) Evolution of 4G study ระบบการสื่อสารไร้สายรุ่นที่สี่ (4G) ได้ถูกมองว่าครอบคลุมเทคโนโลยีเครือข่ายเซลลูลาร์และเครือข่ายไร้สายจำนวนมากซึ่งรวมถึงเครือข่ายส่วนบุคคลไร้สาย (WPAN) เครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) และเครือข่ายเซลลูลาร์ (Cellular) เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายเหล่านี้เชื่อมอย่างไร้รอยต่อด้วยการใช้งาน Internet Protocol (IP) โดยพื้นฐานแล้ว 4G มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปลี่ยนสถาปัตยกรรมการสื่อสารจากเดิมที่ใช้วิธีการใช้งานสายส่งสัญญาณเป็นระบบบูรณาการแบบไร้สายส่งสัญญาณ โดยมีข้อกำหนดบริการในเครือข่าย 2G เช่น GSM เป็นพื้นฐานมาจากบริการด้านเสียงเป็นหลักการสนับสนุนรูปแบบบริการของผู้ให้บริการเนื่องจากบริการที่นำเสนอมีจำนวนจำกัด ในความเป็นจริงการให้บริการโทรศัพท์มือถือกำลังเผชิญกับความก้าวหน้าที่สำคัญในรูปแบบธุรกิจที่ยืดหยุ่นมากขึ้นด้วยบริการที่แปลกใหม่และเหมือนอินเทอร์เน็ตด้วยการเปิดตัวระบบสื่อสารมือถือรุ่นใหม่ 2.5G / 3G เช่น GPRS, UMTS และ CDMA

น่าเสียดายที่เครือข่าย 2.5 / 3G เหล่านี้มีข้อจำกัด ในการปฏิบัติตามความต้องการของผู้ใช้มือถือในปัจจุบันโดยเฉพาะกับประเภทการให้บริการแบบ“ทุกที่ทุกเวลากับใครก็ได้”ซึ่งในข้อกำหนดเหล่านี้เราสามารถพูดถึง 1) การทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ 'ทุกที่ทุกเวลา' 2) บริการและการปรับแต่งอินเทอร์เฟซการสื่อสารที่หลากหลายข้อมูลและ3) การเข้าถึงการควบคุมการกำหนดค่าใช้จ่ายบริการกับคุณภาพบริการ(QoS) ซึ่งทำให้เครือข่ายที่มีบริการมัลติมีเดียมีมูลค่าเพิ่มขึ้นจากความเร็วในการเข้าถึงและดาวน์โหลด ความคล่องตัวความปลอดภัยการรับรู้ตำแหน่งการเรียกเก็บเงินและความสามารถในการทำงานร่วมกัน เพื่อให้เกิดระบบการสื่อสารที่ทันสมัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเข้าถึงโลกแห่งความเป็นจริงจากโลกเสมือนจริงผ่านการเชื่อมต่อทรัพยากรระหว่างกันผ่านระบบโซเชียลเน็ตเวิร์ก กระบวนการสื่อสารถูกทำให้รุนแรงขึ้น มีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ เพื่อให้บริการบรอดแบนด์มือถือและอินเทอร์เน็ตด้วยอัตราข้อมูลความเร็วสูง เอกสารวิจัยนี้นำเสนอภาพรวมของแนวโน้มเทคโนโลยี 4G ในตลาดเทคโนโลยีไร้สายภาพรวมแบบสถาปัตยกรรมและแอปพลิเคชันผลพบว่า ในขณะที่เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ในการวิจัยล่าสุดได้เปลี่ยนไปมุ่งเน้นที่การพัฒนาระบบมือถือรุ่นที่สี่ (4G) แทนที่จะพัฒนามาตรฐานใหม่ แต่ใช้วิธีการพัฒนาระบบการสื่อสารไร้สายเดิมที่มีอยู่ให้เชื่อมต่อและใช้งานร่วมกันโดยผ่านการใช้งาน Internet Protocol (IP)

Mohamed Tawfik Moubarak (2017) Design and Implementation of BGP Novel Control Mechanism (BGP-NCM) Based on Network Performance Parameters Border Gateway Protocol: BGP เป็นโพรโทคอลการกำหนดเส้นทางที่บกพร่องของอินเทอร์เน็ตและทำหน้าที่หลักสำหรับการกำหนดเส้นทางเชิงตรรกะเพื่อให้การเชื่อมต่อเครือข่ายได้ทั่วโลก น่าเสียดายที่BGP ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับปัจจัยด้านประสิทธิภาพของเครือข่ายเช่นเวลาในการตอบสนองเส้นทางที่ไม่อยู่ในการตัดสินใจ ข้อจำกัดของการกำหนดเส้นทาง BGP เหล่านี้มีผลอย่างมากต่อบริการอินเทอร์เน็ตหรือเครือข่ายที่ให้บริการ โดยเฉพาะแอปพลิเคชันที่มีความไวต่อการใช้งานแบนด์วิดท์ซึ่งBGP จะไม่แจกจ่ายการรับส่งข้อมูลผ่านลิงก์ที่แตกต่างกันโดยอัตโนมัติ ในบทความนี้มีการเสนอกลไกการควบคุมแบบใหม่สำหรับ BGP (BGP-NCM) ซึ่ง BGP-NCM เป็นตัวควบคุมซอฟต์แวร์ที่ได้รับการพัฒนาและนำเข้าไปใช้งานในเครือข่าย BGP multihomed ขององค์กรหรือผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตเพื่อบังคับให้มีการกระจายการรับส่งข้อมูลผ่านเส้นทางที่มีอยู่ตามการใช้งานเส้นทางหรือเวลาแฝง BGP-NCM ได้รับการพัฒนาโดยใช้ภาษาการเขียนโปรแกรม Python และประกอบด้วยโมดูลสามโมดูลซึ่งได้แก่ โมดูลการตรวจสอบการคำนวณปริมาณการใช้งานและการกำหนดค่า BGP-NCM จะคอยจับตาดูการใช้ลิงก์โดยการตรวจสอบบันทึกเครื่องมือการตรวจสอบและเมื่อการใช้งานลิงก์ถึงค่าที่กำหนดไว้ล่วงหน้าโมดูลการคำนวณทราฟฟิก BGP-NCM จะถูกทริกเกอร์เพื่อกำหนด

ปริมาณการรับส่งข้อมูลและคำนำหน้า IP ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งลิงก์เป้าหมายด้วย แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานเพื่อรองรับการรับส่งข้อมูลที่แจกจ่าย ซึ่งผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า BGP-NCM สามารถแก้ไขปัญหาการกระจายการรับส่งข้อมูลโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ทั้งในโพรโทคอล BGP และโครงสร้างพื้นฐานทางอินเทอร์เน็ตที่ใช้งานอินเทอร์เน็ต

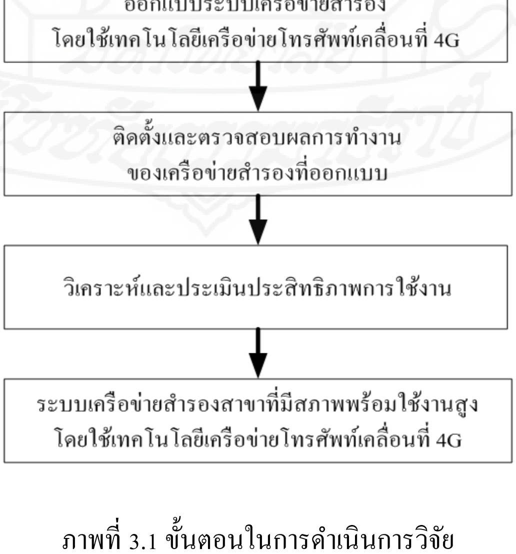
ไพโรจน์ ไววานิชกิจ (2559) 4G Voice over LTE สมรภูมิการแข่งขัน ระหว่างผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ กับผู้ประกอบการ OTT พบว่าปัจจุบันผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั่วโลกกำลังได้รับการกดดันจากการแข่งขัน การให้บริการสื่อสารทางเสียงและแอปพลิเคชันต่างๆจากผู้ประกอบการประเภท Over The Top (OTT) บนโลกอินเทอร์เน็ต ทำให้เกิดความเป็นไปได้ว่าผู้ประกอบการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จะเสียรายได้หลักในส่วนนี้ลงอย่างมากในอนาคต ประกอบกับความต้องการพัฒนาขีดความสามารถของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ให้มีต้นทุนการสร้างเครือข่ายและการบำรุงรักษาที่ลดลง พร้อมกับการขยายขีดความสามารถของเครือข่ายให้สามารถรองรับการสื่อสารทางเสียงผ่านทางเครือข่ายสื่อสารไร้สายอื่นๆ เทคโนโลยี Voice over LTE (VoLTE) จึงเป็นยุทธศาสตร์สำคัญก้าวแรกที่จะสร้างความแข็งแกร่งทางการตลาด ให้กลับคืนมายังผู้ประกอบการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้นำงานวิจัยข้างต้นมาปรับใช้ต่อยอดในหลายประการได้แก่ การวิเคราะห์ความสามารถในการให้บริการของผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ในประเทศไทยของ ไพโรจน์ ไววานิชกิจ เรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการแข่งขันในธุรกิจบริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่งานวิจัย4G Voice over LTE สมรภูมิการแข่งขันทางธุรกิจของผู้ให้บริการเครือข่ายการสื่อสารข้อมูลเพื่อสามารถรองรับขีดความสามารถของมัลติมีเดียเป็นรูปแบบผ่านโครงข่าย IP หรือการสื่อสารแบบแพ็กเก็ตสวิตช์ การรับรองคุณภาพ (QoS) การเชื่อมต่อเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเครือข่ายชนิดอื่น (interworking) จึงทำให้ผู้วิจัยเกิดความมั่นใจว่าการทำงานวิจัยนี้สามารถเป็นไปได้จริงในทางปฏิบัติ งานของ Ruhani Ab Rahman ที่ได้มีการออกแบบระบบที่มีความพร้อมใช้งานสูงด้วยโพรโทคอล MPLS-TE ซึ่งใช้เป็นต้นแบบของการออกแบบระบบในงานวิจัยนี้และใช้ในการเปรียบเทียบผลที่ Fidel Krasniqi. (2018). Performance analysis of mobile 4G/LTE ได้ทำขึ้นทำให้ผู้วิจัยสามารถเข้าใจถึงความสามารถของระบบ 4G LTE ได้มากขึ้น Aparna Bhat ที่กล่าวถึงการรวมระบบเครือข่ายไร้สายเข้าด้วยกันทำให้ผู้วิจัยสามารถเข้าใจและต่อยอดการวิจัยต่อไปได้ขณะที่ Mohamed Tawfik Moubarak. (2017). Design and implementation of BGP ผู้วิจัยได้นำมาเป็นต้นแบบในการกำหนดวิธีออกแบบการทำงานร่วมของเครือข่ายที่ได้ออกแบบ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง "ระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G" เป็นการวิจัยประยุกต์ที่จะออกแบบและติดตั้งระบบสำรองให้เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G เพื่อให้เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารขององค์กรหรือบริษัทมีสภาพพร้อมใช้งานสูง ทำให้สามารถดำเนินกิจกรรมต่างๆ ที่ต้องใช้ระบบสารสนเทศเป็นเครื่องมือได้อย่างต่อเนื่อง การดำเนินการวิจัยเน้นการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบเครือข่ายที่มีอยู่ในปัจจุบัน มาประกอบเข้าด้วยกันและสรรหาเทคนิคใหม่ ๆ ในการให้บริการความต่อเนื่องของระบบเครือข่ายสารสนเทศผลดำเนินการจะถูกวัดและประเมินผลตั้งแต่ขั้นตอนแรกเพื่อให้สามารถบอกได้ถึงการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของภาคธุรกิจได้ สำหรับขั้นตอนการดำเนินงานต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการดำเนินการวิจัยและทราบถึงผลการวิจัยจะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ออกแบบระบบเครือข่ายสำรองโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G
2. ติดตั้งและตรวจสอบผลการทำงานของเครือข่ายสำรองที่ออกแบบ
3. วิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

1. ออกแบบระบบเครือข่ายสำรองโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

การออกแบบระบบเครือข่ายสำรองโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G เป็นการนำหลักการวิเคราะห์ความต้องการของระบบและการออกแบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาใช้เพื่อจัดทำความต้องการของระบบที่สามารถนำไปใช้ได้ตรงวัตถุประสงค์ที่แท้จริงของการวิจัยโดยแบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1.1 วิเคราะห์ความต้องการ

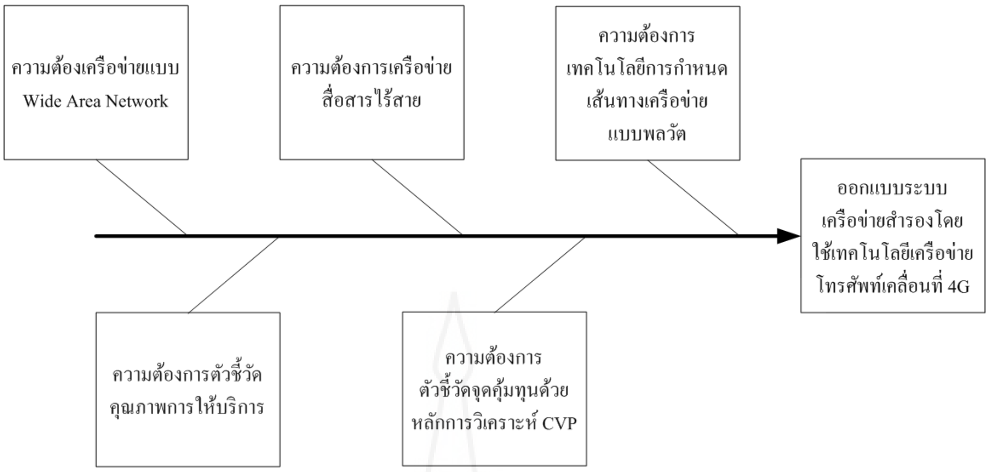
1) ความต้องการเครือข่ายระยะไกลแบบ WAN ซึ่งเป็นพื้นฐานความต้องการเบื้องต้นของงานวิจัยนี้ด้วยรูปแบบสถาปัตยกรรมของระบบเครือข่ายที่งานวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการแรกคือทำให้เครือข่ายสาขามีสภาพพร้อมใช้งานสูงที่สุดนั้นหมายความถึงการกำหนดความต้องการรูปแบบเครือข่ายระหว่างเขตเมืองที่ต้องใช้สื่อสารระยะไกลมากว่าสิบกิโลเมตร

2) ความต้องการเครือข่ายสื่อสารไร้สายเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ที่สามารถทำงานรวมกันกับเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเดิมได้ สามารถทำงานแบบเครือข่าย Wide Area Network ได้เพื่อนำมาทำเป็นเครือข่ายสำรองให้มีประสิทธิภาพสูงและปิดกั้นข้อจำกัดของเครือข่ายแบบสายส่งสัญญาณเดิมของสำนักงานสาขา

3) ความต้องการเทคโนโลยีการกำหนดเส้นทางเครือข่ายแบบพลวัต (dynamic routing) ที่สามารถทำงานแบบอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอุปกรณ์เครือข่ายการสื่อสารระหว่างเครื่องจักรกับเครื่องจักร (Machine to Machine: M2M) เป็นการสื่อสารข้อมูลที่ไม่จำเป็นต้องมีปฏิสัมพันธ์หรือการแทรกแซงของมนุษย์ในขั้นตอนหรือกระบวนการทำงานต่างๆของอุปกรณ์เพื่อให้ระบบสามารถทำงานแบบอัตโนมัติเมื่อเกิดความเสียหายกับเครือข่ายหลักตามความต้องการเครือข่ายสาขามีสภาพพร้อมใช้งานสูงนั้นหมายถึงหากเกิดปัญหากับเครือข่ายหลักขึ้นระบบสำรองจะต้องทำงานได้เองด้วยตนเองโดยใช้เทคนิคระหว่างอุปกรณ์ด้วยกันเท่านั้น

4) ความต้องการตัวชี้วัดคุณภาพการให้บริการด้วยการสร้างสมการคำนวณสภาพพร้อมใช้งาน และสร้างสมการความสามารถในการทำงานทดแทนระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศหลัก

5) ความต้องการตัวชี้วัดจุดคุ้มทุนด้วยหลักการวิเคราะห์ CVP การสร้างสมการคำนวณจุดคุ้มทุนและแสดงผลในแผนภาพเพื่อแสดงให้เห็นจุดคุ้มทุนและกำไรที่จะเกิดขึ้นจากการลงทุนในระบบสำรองเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร



ภาพที่ 3.2 วิเคราะห์ความต้องการระบบเครือข่ายสำรองโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

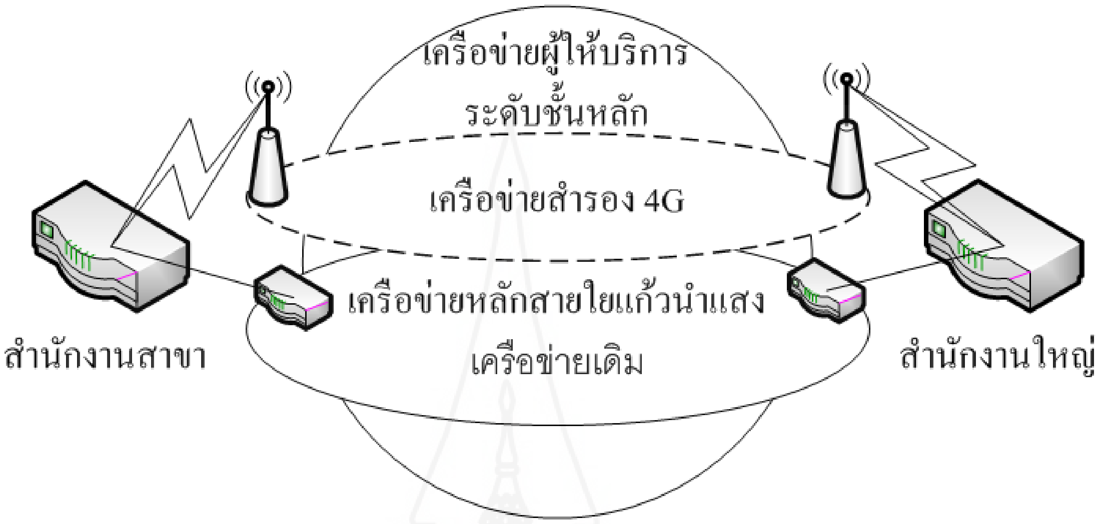
1.2 ออกแบบระบบ

1) ออกแบบเครือข่ายแบบ Wide Area Network ออกแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขา โดยรูปแบบการเชื่อมต่อจะเป็นลักษณะเครือข่ายระยะไกล (WAN) มีผู้ให้บริการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (service provider) เป็นผู้วางเครือข่ายการเชื่อมต่อระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขาในระดับชั้นหลัก (Core layer) ทั้งเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศหลักและเครือข่ายสำรองสาขาด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ดังภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3 การออกแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขา

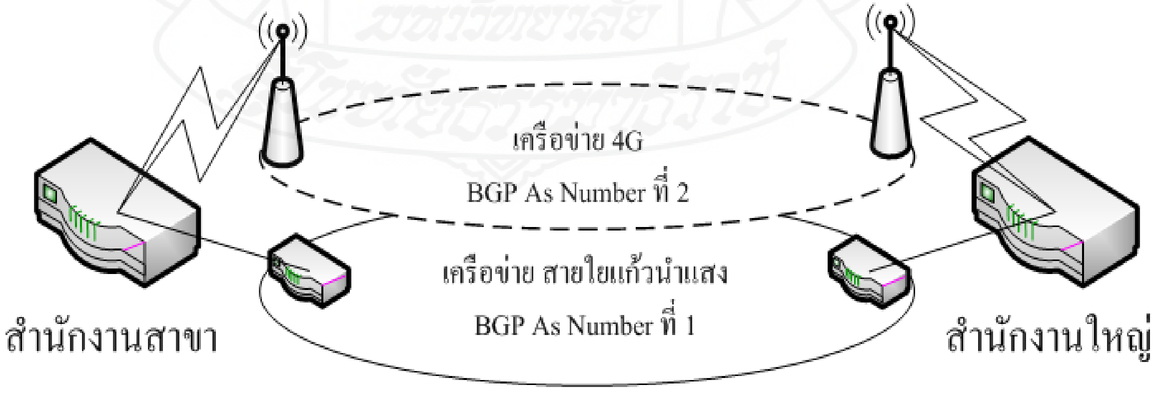
2) ออกแบบเครือข่ายสื่อสารไร้สายเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ที่สามารถทำการเชื่อมต่อกับเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศเดิมได้บนระดับชั้นหลัก โดยรูปแบบการเชื่อมต่อจะเป็นลักษณะเครือข่ายระยะไกล (WAN) มีผู้ให้บริการเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (service provider) เป็นผู้วางเครือข่ายการเชื่อมต่อระหว่างสำนักงานใหญ่กับ

สำนักงานสาขาในระดับชั้นหลัก (Core layer) ด้วยการนำเทคนิคการเข้าถึงระดับชั้นหลักแบบสองจุด (Dual homing core) ของระดับชั้นกระจายมาประยุกต์ใช้ ดังภาพที่ 3.4



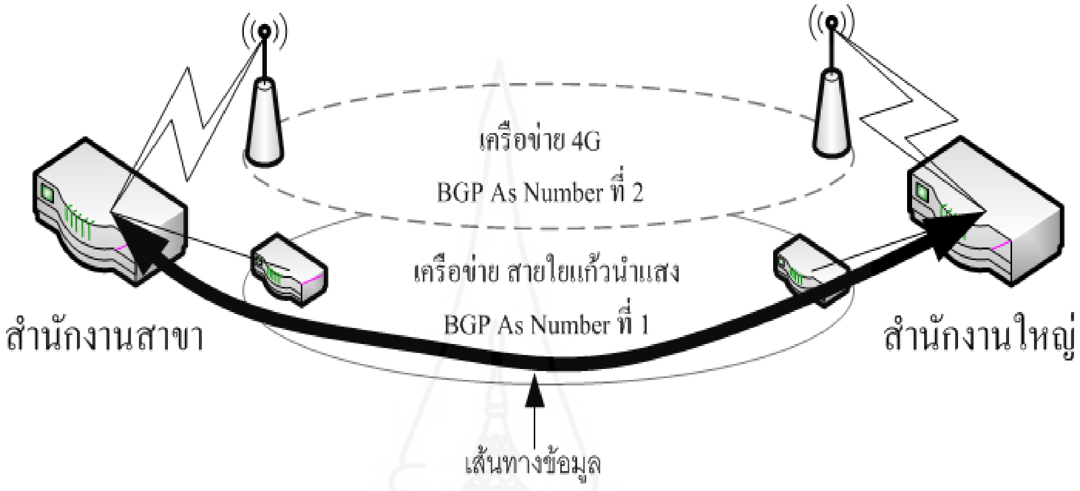
ภาพที่ 3.4 แบบการเชื่อมต่อของสำนักงานสาขาที่ระดับชั้นหลักด้วยเทคนิค Dual homing core

3) ออกแบบเทคโนโลยีการกำหนดเส้นทางเครือข่ายแบบพลวัต ทำการออกแบบชุดคำสั่งการค้นหาเส้นทางให้อุปกรณ์เราเตอร์ กำหนดเส้นทางเครือข่ายในระดับชั้นหลักด้วยเราติ้งโพรโทคอลประเภทภายนอกแบบ Border Gateway Protocol: BGP โดยการสร้าง AS Number ให้กับเส้นทางหลักและเส้นทางสำรอง เพื่อให้เครือข่ายหลักและเครือข่ายสำรองทำการเรียนรู้เส้นทางระหว่างกันผ่านเราเตอร์ ของสำนักงานสาขาดังภาพที่ 3.5

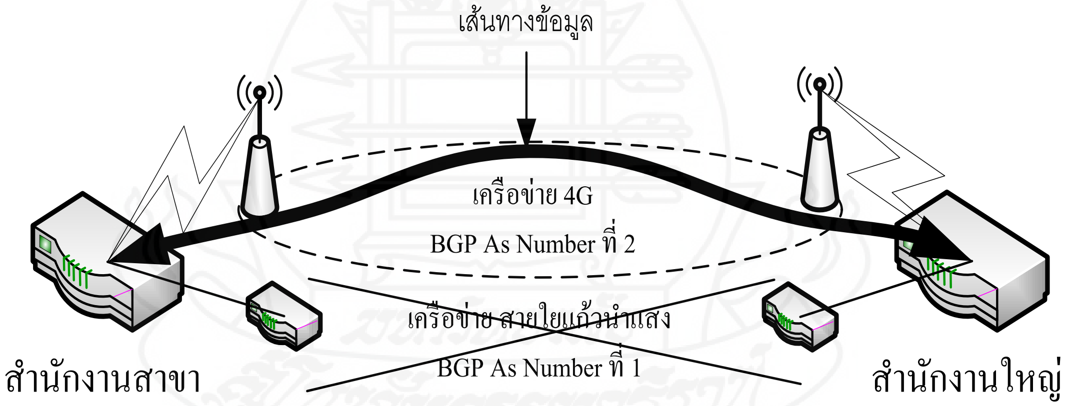


ภาพที่ 3.5 กำหนดเลข BGP As Number ให้เส้นทางเครือข่าย

ภาพที่ 3.5 ในการทำงานของอุปกรณ์เราเตอร์ จะทำการใช้งานเส้นทาง BGP As Number ที่ 1 ก่อน เมื่อเส้นทางการเชื่อมต่อใน BGP As Number ที่ 1 เสียหายลงอุปกรณ์เราเตอร์ จะไปเรียกใช้งาน BGP As Number ที่ 2 ทดแทนดังภาพที่ 3.6 และ 3.7



ภาพที่ 3.6 เราเตอร์ เลือกใช้ BGP As Number ที่ 1



ภาพที่ 3.7 เราเตอร์ เลือกใช้ BGP As Number ที่ 2

4) ออกแบบตัวชี้วัดคุณภาพการให้บริการ ออกแบบสมการตัวเลขที่ใช้เปรียบเทียบการให้บริการได้ตลอดเวลา 100 % กับความสามารถที่ให้บริการได้จริงหน่วยเทียบเวลาเป็นวัน และสร้างสมการคำนวณประสิทธิภาพของเครือข่ายสำรองสาขาด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ดังนี้

จากสมการ

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

โดย

A = สภาพความพร้อมของระบบ (Availability)

MTBF = เวลาเฉลี่ยก่อนความล้มเหลว (Mean time between failures)

MTTR = เวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมระบบ (Mean time to repair)

ทั้งนี้ด้วยการวิจัยนี้ตั้งเป้าหมายการให้บริการต่อนาทีภายในหนึ่งวันคิดเป็น 100% การให้บริการจึงนำมาแทนค่าในตัวแปรMTBF และ MTTR ได้ดังนี้

MTBF = 1,440 นาที (คิดที่สภาพพร้อมใช้งาน 100 % ใน 1วัน)

MTTR = เวลาที่เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหยุดการทำงานจนกลับมาใช้งานได้

$$A = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}\right) \times 100$$

ในสมการสภาพความพร้อมของระบบ จะเห็นได้ว่าตัวแปรที่สำคัญที่จะทำให้ความความพร้อมใช้มีค่ามากหรือน้อยคือค่า MTTR ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดมาตรฐานความน่าเชื่อถือให้งานวิจัยนี้

5) ออกแบบตัวชี้วัดจุดคุ้มทุนด้วยหลักการวิเคราะห์ CVP ออกแบบสมการและกราฟเพื่อหาค่าจุดคุ้มทุนโดยให้ต้นทุนจากการนำค่าเสียหายจากการขายบวกกับค่าเช่าใช้บริการระบบเครือข่ายสำรองด้วยเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ดังนี้

จากสมการจุดคุ้มทุนCVP

กำไร = ยอดขาย – ต้นทุน

และ

กำไรต่อเวลา = (ยอดขาย x คาบเวลา) – (ต้นทุน x คาบเวลา)

นำมาสร้างเป็นสมการจุดคุ้มทุนระบบเครือข่ายสำรองด้วยเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

กำไร = (ยอดขายจากระบบสำรอง x เวลาใช้งานระบบสำรอง) – (ต้นทุนระบบสำรองรวม) (3.1)

โดยยอดขายเมื่อใช้งานระบบสำรองเป็นยอดขายที่ได้จากการนำระบบเครือข่ายสำรองด้วยเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4Gใช้งานเพื่อลดภาระค่าเสียหายที่เกิดขึ้นจากระบบเครือข่ายไม่สามารถใช้งานได้

ต้นทุนระบบสำรองรวมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการใช้งานระบบเครือข่ายสำรองด้วยเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G สามารถคิดได้เป็น รายปี รายเดือน รายวัน รายชั่วโมง หรือรายนาที เพื่อการคำนวณให้สอดคล้องกับยอดขายจากการใช้งานระบบสำรอง

2. ติดตั้งและตรวจสอบผลการทำงานของเครือข่ายสำรองที่ออกแบบ

2.1 ระบุสำนักงานสาขาที่จะนำมาวิจัย ทำการเลือกสำนักงานสาขาตามภูมิภาคของประเทศไทยเพื่อให้การวิจัยสามารถครอบคลุมเครือข่ายระยะไกลตามภูมิศาสตร์ที่จัดโครงสร้างการให้บริการแบ่งตามภูมิภาคการให้บริการได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้โดยมีข้อตกลงกับผู้ให้บริการเรื่องการเช่าขนาดของปริมาณแบนด์วิดท์ 4 Mbps ได้แก่

ภาคเหนือ2 สาขา 1) เชียงใหม่ 2) ลำพูน

ภาคกลาง 2 สาขา1) สมุทรสาคร 2) นครปฐม

ภาคตะวันออก2 สาขา 1) ชลบุรี 2) สัตหีบ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมี 2 สาขา 1) นครราชสีมา 2) ขอนแก่น

ภาคใต้ 2 สาขา 1) สุราษฎร์ธานี 2) ตรัง

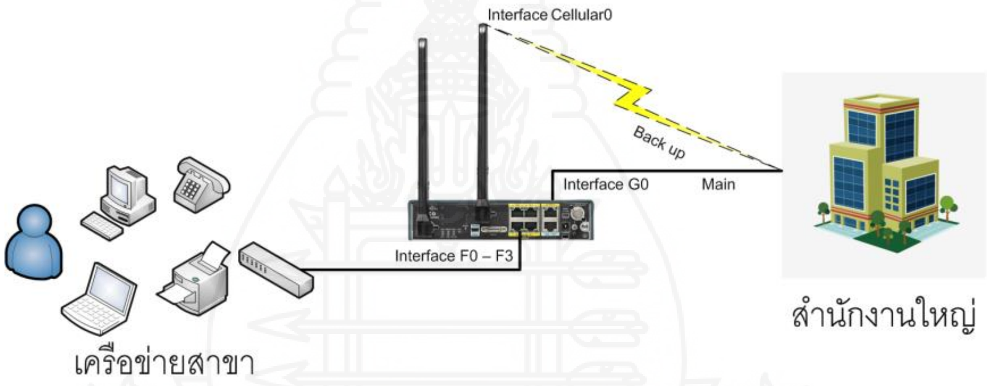
โดยมีการจับปริมาณการใช้งานไว้เบื้องต้นดังนี้

เชียงใหม่	ใช้ปริมาณการจราจรเฉลี่ยในเวลางานตั้งแต่ 8:00- 17:30 เท่ากับ 1,145kbps
ลำพูน	ใช้ปริมาณการจราจรเฉลี่ยในเวลางานตั้งแต่ 8:00- 17:30 เท่ากับ 914kbps
สมุทรสาคร	ใช้ปริมาณการจราจรเฉลี่ยในเวลางานตั้งแต่ 8:00- 17:30 เท่ากับ 963 kbps
นครปฐม	ใช้ปริมาณการจราจรเฉลี่ยในเวลางานตั้งแต่ 8:00- 17:30 เท่ากับ 851 kbps
ชลบุรี	ใช้ปริมาณการจราจรเฉลี่ยในเวลางานตั้งแต่ 8:00- 17:30 เท่ากับ 1,769kbps
สัตหีบ	ใช้ปริมาณการจราจรเฉลี่ยในเวลางานตั้งแต่ 8:00- 17:30 เท่ากับ 1,172kbps
นครราชสีมา	ใช้ปริมาณการจราจรเฉลี่ยในเวลางานตั้งแต่ 8:00- 17:30 เท่ากับ 1,465kbps
ขอนแก่น	ใช้ปริมาณการจราจรเฉลี่ยในเวลางานตั้งแต่ 8:00- 17:30 เท่ากับ 1,316kbps
สุราษฎร์ธานี	ใช้ปริมาณการจราจรเฉลี่ยในเวลางานตั้งแต่ 8:00- 17:30 เท่ากับ 2,638kbps
ตรัง	ใช้ปริมาณการจราจรเฉลี่ยในเวลางานตั้งแต่ 8:00- 17:30 เท่ากับ 1,666kbps

จะเห็นได้ว่าในบางสำนักงานสาขามีค่าเฉลี่ยการจราจรไม่มากนัก แต่ในทางปฏิบัติที่เกิดขึ้นจริงบางช่วงเวลาการจราจรในสำนักงานสาขาจะเพิ่มสูงขึ้นแบบมีนัยสำคัญเช่น มีผู้ใช้งานทำการส่งข้อมูลเข้ามาในเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารพร้อมๆกันในเวลาใกล้เคียงกันมีผลทำให้ปริมาณการใช้งานสูงขึ้นไปจากนั้นก็จะลดลง ในการออกแบบสำหรับเครือข่ายสำรองสาขาด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G เพื่อให้ระบบเครือข่ายมีประสิทธิภาพเพียงพอจึงได้ทำการคำนวณปริมาณความต้องการไว้เพื่อการใช้งานจริงเพิ่มเติมไว้เป็น 4 Mbps ซึ่งเป็นข้อตกลงสำหรับการขอใช้งานรองรับปริมาณจราจรระหว่างการวิจัยกับผู้ให้บริการ

2.2 ติดตั้งอุปกรณ์และระบบที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อการออกแบบ ได้แก่

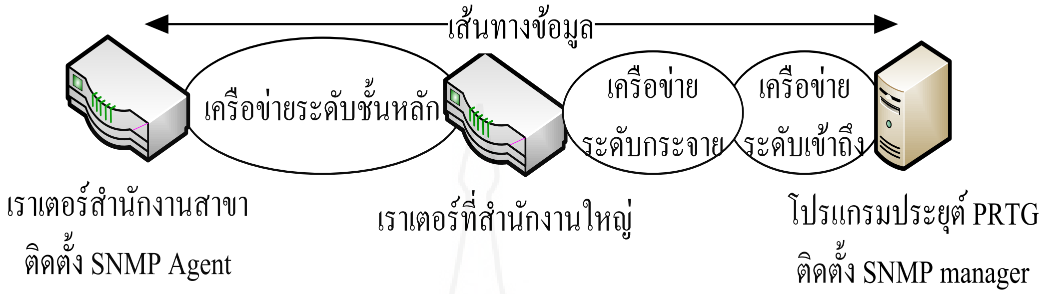
1) ติดตั้งเราเตอร์ ระบบเครือข่ายสำรองด้วยเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ให้เชื่อมต่อเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระหว่างสำนักงานใหญ่เข้ากับสำนักงานสาขาดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ติดตั้งเราเตอร์ ระบบเครือข่ายสำรองด้วยเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

2) ติดตั้งเครื่องมือตรวจสอบการทำงานของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการวิจัยนี้ได้นำโปรแกรมประยุกต์ที่ชื่อว่า PRTG Network Monitorเป็นซอฟต์แวร์ตรวจสอบเครือข่ายแบบไม่ใช้เอเจนต์จากบริษัท Paessler AG สามารถตรวจสอบการทำงานของระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศได้ตามเงื่อนไขหลากหลายประเภทเช่น การใช้งานแบนด์วิดท์หรือการตัดขาดจากการเชื่อมต่อเครือข่าย มีระบบจัดเก็บสถิติการใช้งานต่างๆในเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอื่น ๆ จากอุปกรณ์ สวิตช์ เราเตอร์ เซิร์ฟเวอร์ และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่รองรับการทำงานของโพรโทคอล SNMP โปรแกรมประยุกต์ PRTG ใช้หลักการทำงานของโพรโทคอลเอสเอ็นเอ็มพี (SNMP) โดยทำการติดตั้ง SNMP Manager ลงบนโปรแกรม PRTG ที่ตั้งอยู่ที่สำนักงานใหญ่เพื่อเก็บบันทึกและรวบรวมผลการทำงานของเครือข่าย จากนั้นทำการติดตั้ง

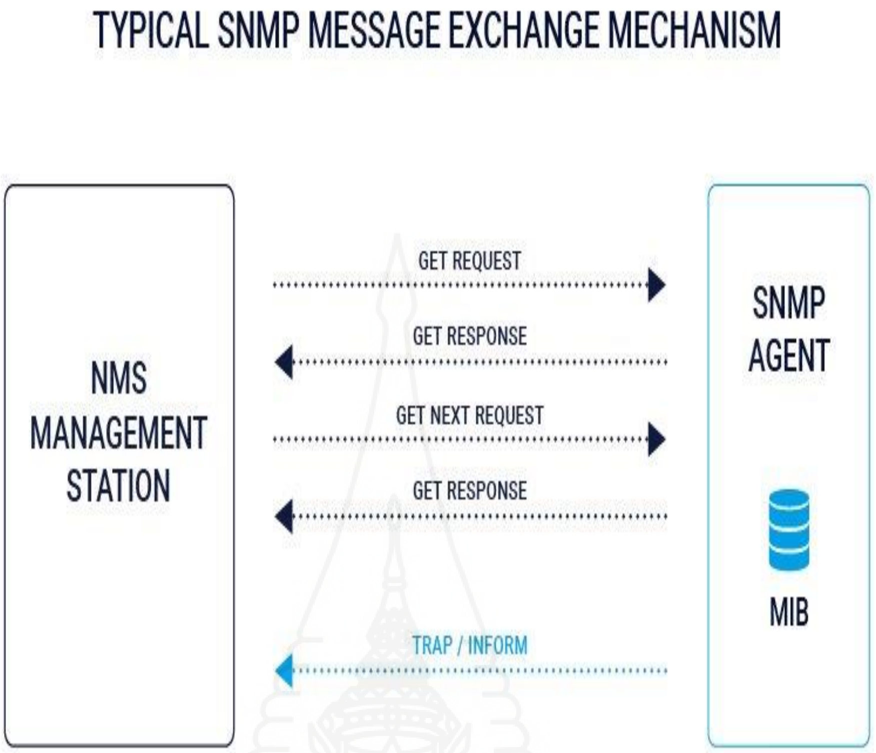
SNMP Agent เข้ากับเราเตอร์ที่สาขาเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันผ่านเครือข่ายในระดับชั้นต่างๆ ดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 ติดตั้งเครื่องมือตรวจสอบการทำงานโปรแกรมประยุกต์ PRTG

3. วิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของระบบ

นำข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้มาในกระบวนการติดตั้งระบบมาวิเคราะห์เพื่อประเมินประสิทธิภาพที่ได้จากการเก็บข้อมูลผ่านโปรแกรมประยุกต์ PRTG ในรูปแบบของตัวเลขปริมาณการใช้งานเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศสำนักงานสาขาโดยโปรแกรม PRTG จะรับค่า traffic information ภายใต้ interfaces ของอุปกรณ์เราเตอร์ ที่ได้มีการติดตั้งSNMP โพรโทคอลแล้วนำมาเปลี่ยนให้เป็น graphic information ที่แสดงให้เห็นถึงการทำงานของข้อมูลภายใต้ interfaces ที่เราต้องการตรวจสอบในการคำนวณ traffic information โปรแกรม PRTG จะใช้เครื่องมือที่เรียกว่าSNMP Traps



ภาพที่ 3.10 การทำงานของ PRTG SNMP TRAP INFORMATION

SNMP TRAPบน PRTG ทำงานด้วยเซนเซอร์ตัวรับแบบส่งผ่านข้อความขาเข้าจาก system log อุปกรณ์และรวบรวมเข้ามาเก็บไว้ในฐานข้อมูลของตนเอง SNMP TRAP จะรับค่าเป็นจำนวนการเปลี่ยนแปลง system log ต่อวินาทีเพื่อทำการสร้างรายงานแบบตัวเลขและ graphic information ให้เข้าใจง่ายขึ้น

```
GigabitEthernet0 is up, line protocol is up
  Hardware is PQ3_TSEC, address is 009e.1e34.dde1 (bia 009e.1e34.dde1)
  Description: <<< Connect to TRUE MPLS CID:U86890 >>>
  Internet address is 10.202.223.2/30
  MTU 1500 bytes, BW 4096 Kbit/sec, DLY 100 usec,
     reliability 255/255, txload 129/255, rxload 129/255
  Encapsulation ARPA, loopback not set
  Keepalive set (10 sec)
  Full Duplex, 100Mbps, media type is RJ45
  output flow-control is unsupported, input flow-control is unsupported
  ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
  Last input 00:00:00, output 00:00:00, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters never
  Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 2673
  Queueing strategy: fifo
  Output queue: 0/40 (size/max)
  30 second input rate 2079000 bits/sec, 453 packets/sec
  30 second output rate 2085000 bits/sec, 558 packets/sec
     286444715 packets input, 211845652057 bytes, 0 no buffer
     Received 2467 broadcasts (0 IP multicasts)
     0 runts, 0 giants, 0 throttles
     0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored
     0 watchdog, 0 multicast, 0 pause input
     375534870 packets output, 201087194238 bytes, 0 underruns
     0 output errors, 0 collisions, 3 interface resets
     0 unknown protocol drops
     0 babbles, 0 late collision, 0 deferred
 --More--
```

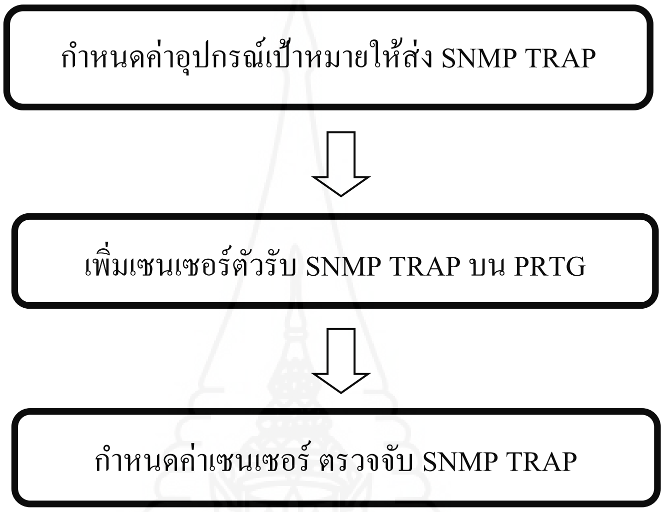
ภาพที่ 3.11 ตัวอย่างsystem log บนอุปกรณ์เราเตอร์

เพื่อทำการสร้างรายงานแบบตัวเลขและ Graphicinformation ให้เข้าใจง่ายขึ้นทั้งนี้ในการที่จะใช้งาน SNMP TRAP บน PRTG ได้นั้นต้องมีการตั้งค่าให้เซนเซอร์ตัวรับในระบบให้โปรแกรม PRTG เสียก่อนดังนี้

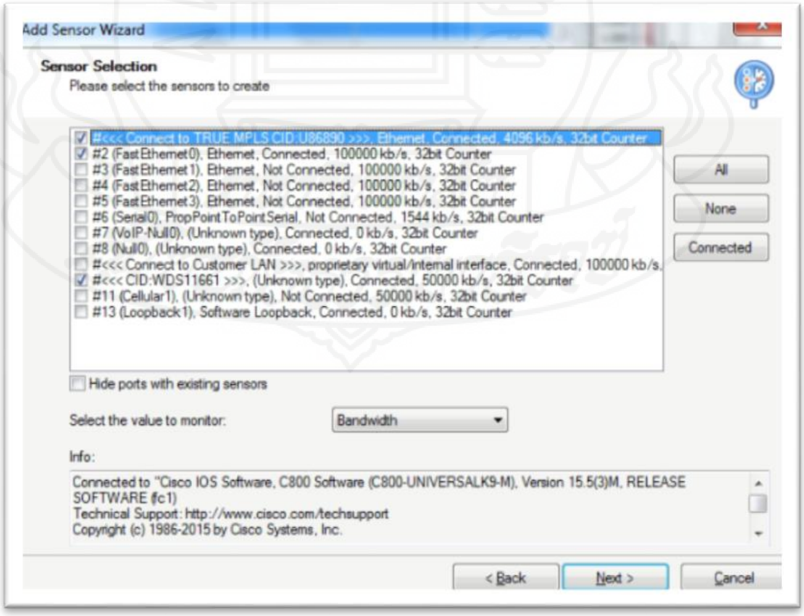
ขั้นตอนที่ 1: กำหนดค่าอุปกรณ์เป้าหมายให้ส่ง SNMP TRAP เข้ามาในระบบเครือข่ายโดยการติดตั้ง SNMP agent และ SNMP Commutity Name เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารกับ SNMP server

ขั้นตอนที่ 2: เพิ่มเซนเซอร์ตัวรับ SNMP TRAP บน PRTG จากอุปกรณ์ที่ต้องการตรวจจับการทำงานโดยให้มี SNMP Commutity Name เดียวกัน

ขั้นตอนที่ 3: กำหนดค่าเซนเซอร์สำหรับการตรวจจับ SNMP TRAP โดยสามารถเลือกได้ตามความจำเป็นในการพิจารณาความผิดพลาดของระบบที่ต้องการ



ภาพที่ 3.12 ลำดับการตั้งค่าเซนเซอร์ตัวรับในระบบให้โปรแกรม PRTG



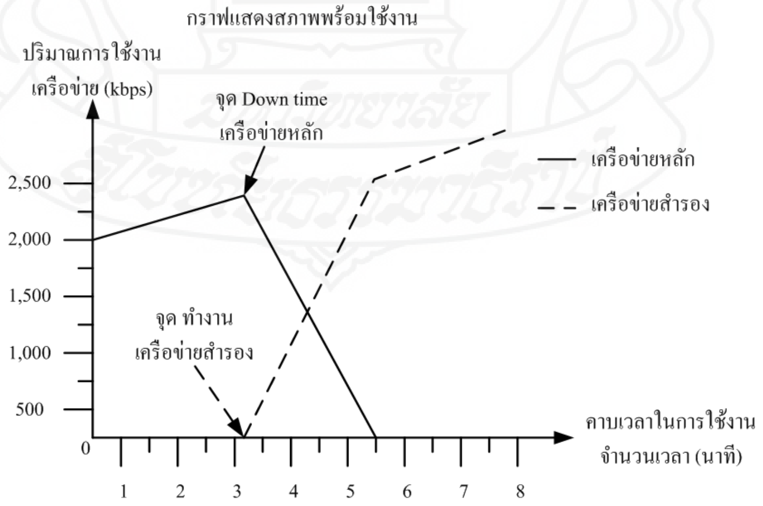
ภาพที่ 3.13 การตั้งค่าเซนเซอร์ตัวรับ SNMP TRAP ในระบบให้โปรแกรม PRTG

PRTG เป็นเครื่องมือพารามิเตอร์ที่จะใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบซึ่งจะทำให้ทราบถึงสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ตามที่ได้ออกแบบขึ้นเป็นจริงหรือไม่โดยการอ้างอิงจากเอกสารเครื่องมือในหัวข้อ 3.1 และ 3.2 การประเมินประสิทธิภาพของระบบสำรองสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ที่ได้ออกแบบนี้สามารถรองรับการให้บริการได้เครื่องมือวัดผลประสิทธิภาพของงานวิจัยด้วยโปรแกรมประยุกต์ PRTG ทดสอบดังนี้

ประสิทธิภาพเครือข่ายตามความสามารถของการให้บริการเครือข่ายของ เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G มีคุณภาพพอหรือไม่ด้วยการทดสอบการกู้คืนระบบเครือข่ายสำนักงานสาขาโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G สามารถทำให้เครือข่ายสาขากลับมาพร้อมใช้งานได้เร็วที่สุดหากเครือข่ายหลักหยุดลง

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้หลักการของค่าความเร็วในการกู้คืนระบบหากเกิดปัญหาจากเครือข่ายหลักของสาขาหยุดทำงานลงโดยการคำนวณด้วยสมการการพร้อมใช้งานที่ได้ออกแบบขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ผลจากสมการจะแสดงผลให้สามารถรับทราบได้ถึงสภาพความพร้อมใช้งานของระบบโดยการตีความแบ่งเป็น 2 ประเภทได้แก่

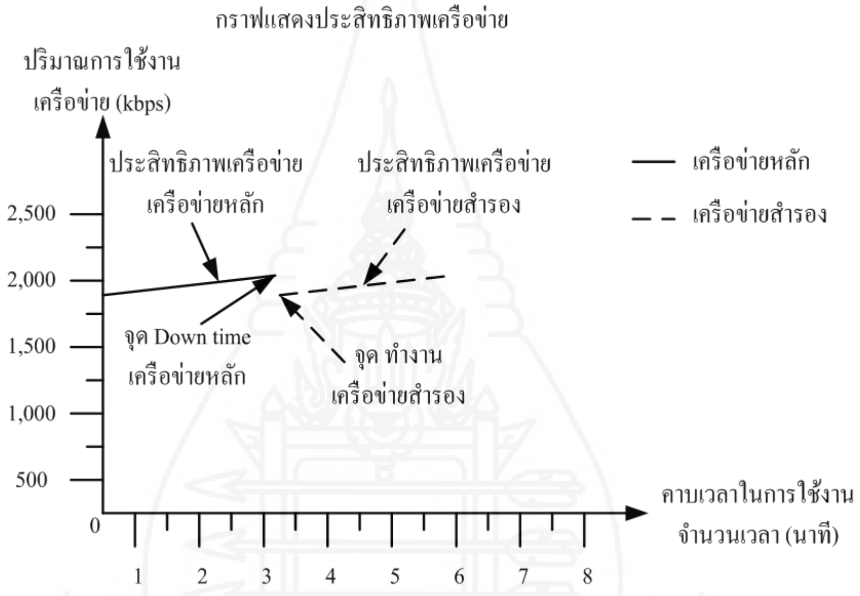
3.1 การตีความผลทดสอบความพร้อมใช้งานสูง ใช้การตีความจากข้อมูลการทำงานและการหยุดทำงาน (up times and down times) ของเครือข่ายหลักและเครือข่ายสำรองเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G เมื่อเครือข่ายหลักหยุดทำงานเครือข่ายสำรองจะต้องทำงานทดแทนในคาบเวลา ดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 กราฟความพร้อมใช้งานของเครือข่าย

ภาพที่ 3.14 แสดงให้เห็นเวลาในความพร้อมใช้งานของระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เป็นการวัดค่าการนับเวลาหน่วยเป็นนาทีที่นับจากเมื่อเครือข่ายหลักหยุดทำงานเครือข่ายสำรองจะทำงานทดแทนในเวลากี่นาที

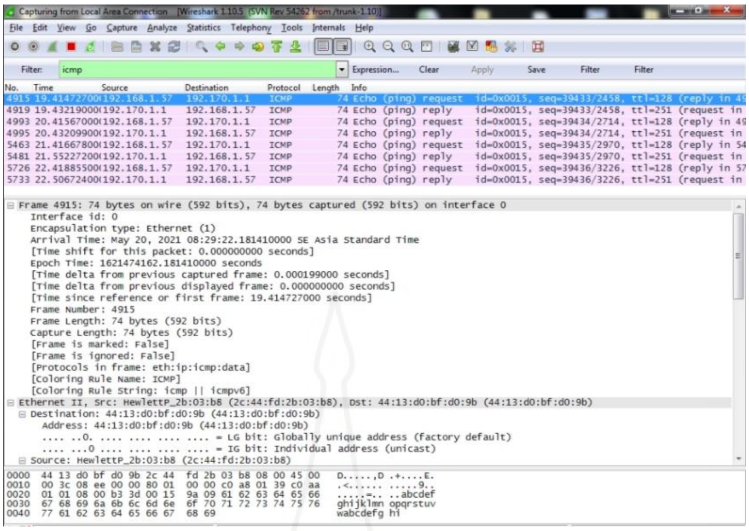
3.2 การตีความผลทดสอบประสิทธิภาพเครือข่าย ตีความจากข้อมูลปริมาณการจราจรและขนาดของการรับส่งข้อมูลในเครือข่ายที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกันระหว่างเครือข่ายหลักและเครือข่ายสำรองด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ทำงาน ควรเป็นปริมาณที่ใกล้เคียงกันในคาบเวลาใกล้เคียงกันแตกต่างช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล ดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 กราฟประสิทธิภาพของเครือข่าย

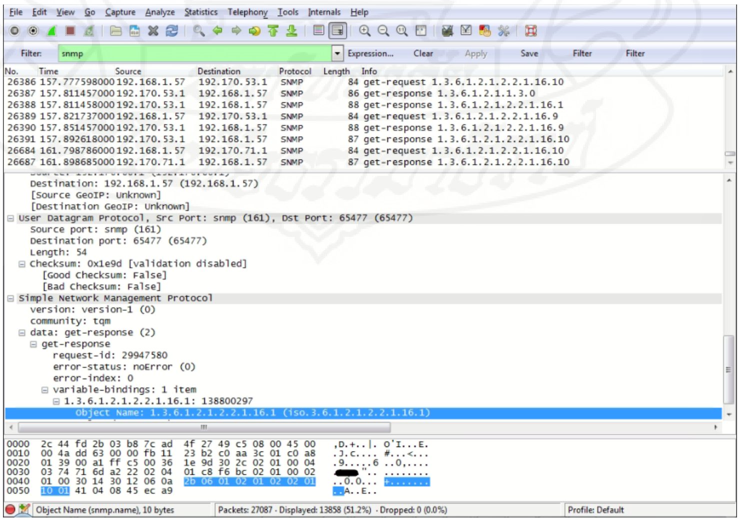
ภาพที่ 3.15 แสดงให้เห็นประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารวัดค่าการนับเวลาหน่วยเป็นนาทีที่นับจากเมื่อเครือข่ายหลักหยุดทำงานลงเครือข่ายสำรองจะสามารถใช้งานได้ใกล้เคียงกันเท่าใด

3.3 การวิเคราะห์การทำงานของเครือข่ายด้วย ICMP และ SNMP ด้วยโปรแกรม Wireshark สำหรับการทดสอบการทำงานของระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G



ภาพที่ 3.16 การตรวจจับการทำงานเครือข่ายด้วยโพรโทคอล ICMP จากโปรแกรม Wireshark

ภาพที่ 3.16 แสดงให้เห็นการทำงานของโพรโทคอล ICMP ที่เกิดการรับส่งข้อมูลจากต้นทางและปลายทางแสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่อกันระหว่างโฮสต์ทั้งสองที่อยู่ต่างเครือข่ายกัน Source แสดงให้เห็นถึงโฮสต์ต้นทางที่ทำการส่ง ICMP ไปยัง Destination โฮสต์ปลายทางโดยใช้ข้อมูลเป็น Echo request และ Echo reply ระหว่างกันและยังแสดงให้เห็นถึงข้อมูลที่เป็น sequence ของการทำงานทั้งหมดอีกด้วยซึ่งการทำงานของโปรแกรม Wireshark สามารถทำให้ทราบถึงการส่งผ่านข้อมูลต่างๆในแพ็กเก็ตที่ทำการเชื่อมต่อกันระหว่างโฮสต์ทั้งสองซึ่ง SNMP ก็เช่นเดียวกันสามารถใช้งานโปรแกรม Wireshark ในการทำงานของแพ็กเก็ตว่ามีความสมบูรณ์หรือไม่



ภาพที่ 3.17 การตรวจจับ SNMP ด้วยโปรแกรม Wireshark

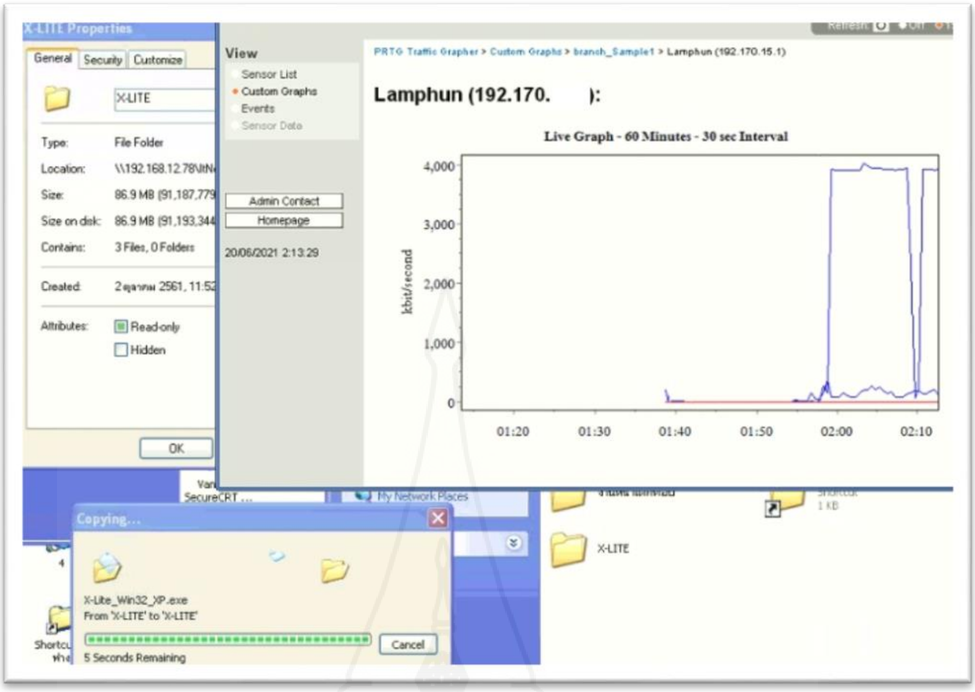
ภาพที่ 3.17 แสดงให้เห็นถึงการทำงานของ SNMP ระหว่างโฮสต์ทั้งสองผ่านโปรแกรม Wireshark ที่ Source แสดงถึงโฮสต์ต้นทางที่มีการร้องขอไปยัง Destination โฮสต์ปลายทางเมื่อโฮสต์ต้นทางส่ง get-request ไปยังโฮสต์ปลายทางเมื่อโฮสต์ปลายทางได้รับค่า object ของข้อมูลที่ถูกต้องก็จะส่ง get-response และ object info กลับมายังโฮสต์ต้นทางที่ร้องขอ

3.4 การประเมินประสิทธิภาพของระบบระหว่างเครือข่ายหลักและเครือข่ายสำรองด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ผ่านการออกแบบการประเมินประสิทธิภาพการเชื่อมต่อเครือข่ายด้วยคำสั่ง traceroute เพื่อแสดงเส้นทางการเชื่อมต่อของเครือข่ายหลักที่เป็น MPLS และเครือข่ายสำรองที่เป็น 4G เวลาในการเดินทางของ Packet ข้อมูลตั้งแต่ต้นทางไปยังปลายทาง

```
  -Chiangmai#traceroute 192.168.12.78
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.168.12.78
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
  1 10.202.223.  0 msec 4 msec 4 msec
  2 10.202.213.    [AS 64   ] 20 msec 20 msec 16 msec
  3 10.202.213.    [AS 64   ] 12 msec 16 msec 12 msec
  4 192.168.2.   [AS 65   ] 16 msec 16 msec 12 msec
  5 192.168.12.78 [AS 65   ] 16 msec 12 msec 16 msec
```

ภาพที่ 3.18 การ traceroute เส้นทางการเชื่อมต่อเครือข่าย

จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพของแบนด์วิดท์เครือข่ายทั้งสองด้วยการทดสอบดาวน์โหลดไฟล์ขนาด 86.9 MB เพื่อดูประสิทธิภาพของเครือข่ายว่าเครือข่ายหลักและเครือข่ายสำรองใช้เวลาและแบนด์วิดท์แตกต่างกันหรือไม่



ภาพที่ 3.19 ทดสอบดาวน์โหลดไฟล์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบระหว่างเครือข่ายหลักและเครือข่ายสำรอง

ทั้งนี้การทดสอบประสิทธิภาพของเครือข่ายหลักและเครือข่ายสำรองนั้นจะแยกการทดสอบและนำมาเปรียบเทียบกันในรูปแบบตัวเลขโดยจะนำตัวเลขประสิทธิภาพของทั้งสองระบบมาเปรียบเทียบกันในรูปแบบตารางเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางปฏิบัติให้เกิดผลใช้เป็นระบบเครือข่ายสำรองให้สำนักงานสาขาของธุรกิจมีสภาพพร้อมใช้งานสูงที่สุดในการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยนี้จัดทำขึ้นอยู่บนพื้นฐานข้อมูลค่าเฉลี่ยปริมาณแบนด์วิดท์เครือข่ายสำนักงานสาขาที่เป็นไปตามสาขากลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิจัยเพื่อนำมาวิเคราะห์โดยใช้รูปภาพของระบบ ตารางการทำงานของเครือข่ายและกราฟเส้นแสดงตัวเลขปริมาณแบนด์วิดท์การรับส่งข้อมูลของเครือข่าย เพื่อแสดงให้เห็นถึงข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการทดสอบการทำงานของระบบโดยแบ่งการรายงานผลการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. ผลการออกแบบระบบเครือข่ายสำรองโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G
2. ผลการติดตั้งและตรวจสอบผลการทำงานของเครือข่ายสำรองที่ออกแบบ
3. ผลการวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน

1. ผลการออกแบบระบบเครือข่ายสำรองโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

จากบทที่ 3 ขั้นตอนดำเนินการผลการออกแบบระบบเครือข่ายสำรองโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G แบ่งออกเป็น

1.1 ผลการวิเคราะห์ความต้องการของระบบ

1) ได้ระบบเครือข่ายระยะไกล WAN ที่เชื่อมต่อเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขาผ่านเครือข่ายของผู้ให้บริการต้องเสียค่าเช่าใช้เครือข่ายและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องแบบรายเดือน

2) ได้เครือข่ายสื่อสารไร้สายเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ที่ทำการเชื่อมต่อเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขาผ่านเครือข่ายของผู้ให้บริการต้องเสียค่าเช่าใช้เครือข่ายและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องแบบรายเดือน

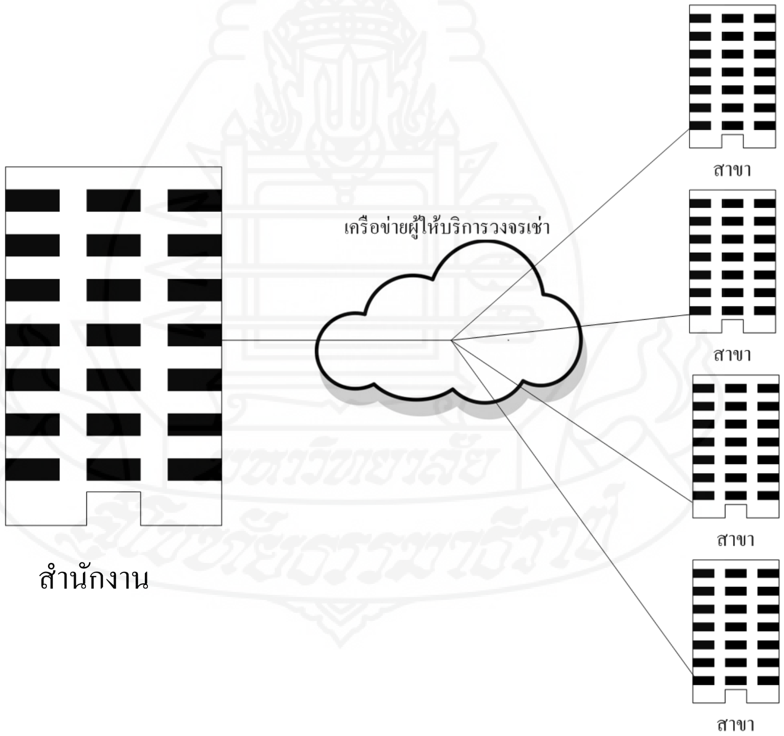
3) ได้เทคโนโลยีการกำหนดเส้นทางเครือข่ายแบบพลวัต (dynamic routing) ที่เป็นเราติ้งโพรโทคอลประเภทภายนอกแบบ Border Gateway Protocol: BGP

4) ได้ตัวชี้วัดคุณภาพการให้บริการสมการความพร้อมใช้งานต่อวัน ตัวชี้วัดอัตราเวลาการเรียกหาเส้นทางของเครือข่ายด้วย ICMP โพรโทคอล รวมถึงอัตตราการ Download data ระหว่างเครือข่ายสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขาวิจัย

5) ได้ตัวชี้วัดกำไรของระบบ แสดงให้เห็นถึงความสามารถของการทำกำไรทดแทนของระบบสำรองเครือข่ายสื่อสารไร้สายเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

1.2 ผลการออกแบบระบบ

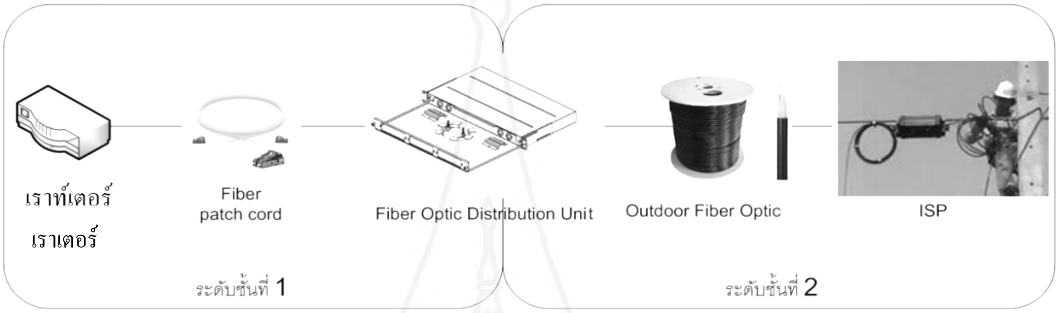
1) ผลการออกแบบเครือข่ายระยะไกลแบบ WAN ได้แบบการเชื่อมต่อเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขาผ่านเครือข่ายผู้ให้บริการด้วยลักษณะ โทโพโลยีแบบดาว (Star Topology) มีสำนักงานใหญ่เป็นศูนย์กลางและมีสำนักงานสาขาเชื่อมต่อเข้ามาแบบอิสระ ดังภาพ 4.1



ภาพที่ 4.1 เครือข่ายสำนักงานใหญ่เชื่อมต่อกับสำนักสาขาผ่านเครือข่ายผู้ให้บริการวงจรเช่า

ภาพที่ 4.1 จะแสดงการเชื่อมต่อระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขาด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายแบบวงจรเช่ากับผู้ให้บริการเครือข่าย เพื่อเชื่อมเครือข่ายระหว่างสำนักงานใหญ่กับสาขา

โดยตรงแบบเครือข่ายส่วนบุคคล (Private Network) ทำให้เครือข่ายมีความปลอดภัยและมีเสถียรภาพในการส่งขนาดของข้อมูล ทั้งนี้ในการเชื่อมต่อจะเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายของผู้ให้บริการที่ทำหน้าที่เป็นสถานีเชื่อมต่อส่วนกลางที่จะเชื่อมระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขาที่อยู่ห่างกันออกไปตามภูมิภาคต่าง ๆ ด้วยการเชื่อมต่อสายส่งสัญญาณคุณภาพสูงจะใช้เทคโนโลยีแบบสายใยแก้วนำแสงชนิดซิงเกิลโหมด (SMF)



ภาพที่ 4.2 การเชื่อมต่อสายใยแก้วนำแสงไปยังผู้ให้บริการ

การเชื่อมต่อด้วยสายใยแก้วนำแสงจะแบ่งเป็นสองระดับชั้นได้แก่

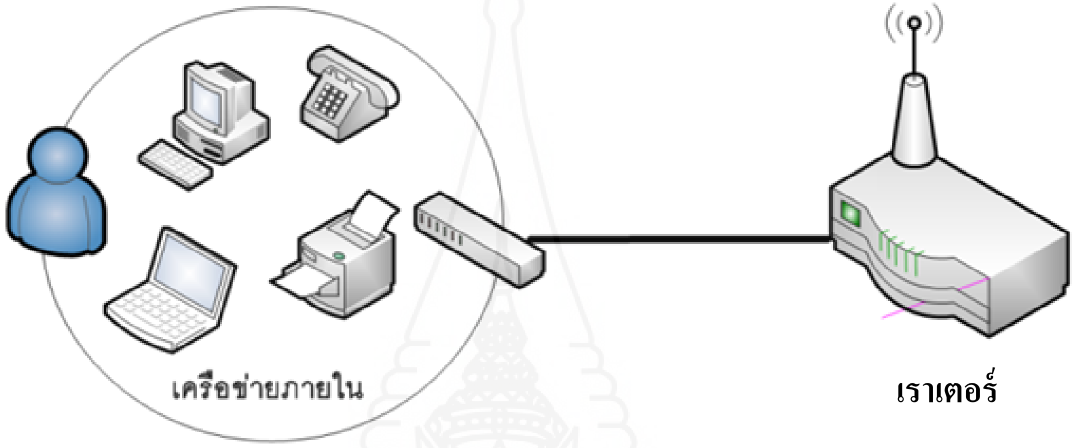
ระดับชั้นที่ 1 การเชื่อมต่อระหว่างเราเตอร์ ไปยัง Fiber Optic Distribution Unit เพื่อทำการเชื่อมต่อสายใยแก้วนำแสงชนิดภายใน (Fiber patch cord) ไปยังสายใยแก้วนำแสงชนิดภายนอก (Outdoor Fiber Optic Cable)

ภาพที่ 4.3 การเชื่อมต่อระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขาด้วยสายใยแก้วนำแสง

ระดับชั้นที่ 2 การเชื่อมต่อระหว่าง Fiber Optic Distribution Unit ไปยังเครือข่ายผู้ให้บริการด้วยสายใยแก้วนำแสงชนิดภายนอก (Outdoor Fiber Optic Cable) ทำให้เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารทั้งสำนักงานใหญ่และสำนักงานสาขาเชื่อมต่อกันได้ ดังภาพที่ 4.3

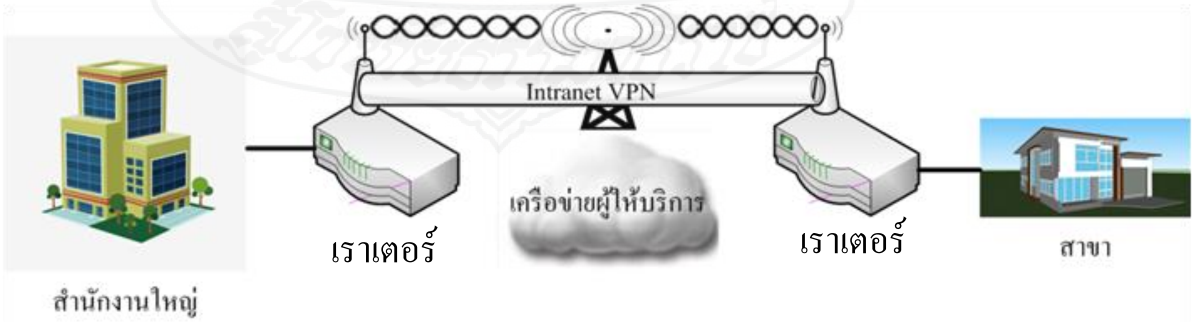
2) ผลการออกแบบเครือข่ายสื่อสารไร้สายเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ทำการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายแบบเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ด้วยการเชื่อมต่อในรูปแบบสองระดับชั้นโดยแบ่งเป็น

2.1 ระดับชั้นกระจาย นำเครือข่ายภายในเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์เราเตอร์ในระดับชั้นหลักและใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G เชื่อมต่อไปยังผู้ให้บริการเครือข่ายใช้ทำหน้าที่เป็นเครือข่ายสำรอง ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 เชื่อมต่อเครือข่ายภายในเข้ากับเราเตอร์ เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

2.2 ระดับชั้นหลักใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G เชื่อมต่อระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขาผ่านผู้ให้บริการเครือข่ายวงจรเช่าเครือข่ายแบบ Intranet VPN ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 การเชื่อมต่อเครือข่ายระหว่างสำนักงานใหญ่เข้ากับสำนักงานสาขาด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

3) ผลการออกแบบเทคโนโลยีการกำหนดเส้นทางเครือข่ายแบบพลวัต ได้แบบที่แสดงการกำหนดชุดคำสั่งควบคุมการทำงานให้ระบบเครือข่ายหลักและเครือข่ายสำรองสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างต่อเนื่องด้วยการวางโครงสร้าง As number ในแต่ละวงจรการเชื่อมต่อเพื่อให้ชุดคำสั่งทำงานร่วมกันในภาพรวม As number ที่ได้ออกแบบจะใช้เชื่อมต่อกันระหว่างสำนักงานใหญ่กับสาขาโดยตัว As number จะเป็นตัวกำหนดกลุ่ม IP network subnet ของวงจรตามนโยบายการเชื่อมต่อของเครือข่ายที่ได้กำหนดไว้จากการออกแบบ

ตารางที่ 4.1 แสดงการออกแบบ As number และ IP network subnet ของระบบ
(ตัวเลข Asnumber และ IP netwoek subnet เป็นตัวเลขที่สมมติขึ้นเพื่ออธิบายงานวิจัยเท่านั้น)

สาขา	BGP main	BGP backup	WAN	4G	LAN
สำนักงานใหญ่	102 - 111	200 - 210	10.1.x.1 /24	10.2.x.1 /24	192.xxx.1.0 /24
เชียงใหม่	102	202	10.1.x.2 /24	10.2.x.2 /24	192.xxx.2.0 /24
ลำพูน	103	203	10.1.x.3 /24	10.2.x.3 /24	192.xxx.3.0 /24
สมุทรสาคร	104	204	10.1.x.4 /24	10.2.x.4 /24	192.xxx.4.0 /24
นครปฐม	105	205	10.1.x.5 /24	10.2.x.5 /24	192.xxx.5.0 /24
ชลบุรี	106	206	10.1.x.6 /24	10.2.x.6 /24	192.xxx.6.0 /24
สัตหีบ	107	207	10.1.x.7 /24	10.2.x.7 /24	192.xxx.7.0 /24
นครราชสีมา	108	208	10.1.x.8 /24	10.2.x.8 /24	192.xxx.8.0 /24
ขอนแก่น	109	209	10.1.x.9 /24	10.2.x.9 /24	192.xxx.9.0 /24
สุราษฎร์ธานี	110	210	10.1.x.10 /24	10.2.x.10 /24	192.xxx.10.0 /24
ตรัง	111	211	10.1.x.11 /24	10.2.x.11 /24	192.xxx.11.0 /24

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นการออกแบบการกำหนดเลข As number และ IP address ให้สำนักงานสาขาแบ่งเป็นคอลัมน์ข้อมูลสำคัญทั้งหมดหกคอลัมน์ได้แก่

คอลัมน์สาขา ใช้แสดงข้อมูลรายชื่อสาขาตัวอย่างที่นำมาทำการทดสอบโดยเรียงลำดับตามขั้นตอนการติดตั้งหัวข้อนำเข้าสำนักงานสาขาที่จะนำมาเป็นตัวอย่างวิจัย

คอลัมน์ BGP main ใช้แสดงข้อมูล As number ของเครือข่ายหลักที่ใช้สร้างกลไกการเชื่อมต่อเครือข่ายสำนักงานใหญ่กับเครือข่ายสำนักงานสาขาตามนโยบายการค้นหาเส้นทางของเครือข่ายที่ได้ออกแบบไว้

คอลัมน์ BGP backup ใช้แสดงข้อมูล As number ของเครือข่ายสำรองที่ใช้สร้างกลไกการเชื่อมต่อเครือข่ายสำนักงานใหญ่กับเครือข่ายสำนักงานสาขาตามนโยบายค้นหาเส้นทางของเครือข่ายที่ได้ออกแบบไว้

คอลัมน์ WAN ใช้แสดงข้อมูล IP network subnet ของเครือข่ายภายนอกในระบบ Leased Line Network ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขาผ่านเครือข่าย ISP

คอลัมน์ 4G ใช้แสดงข้อมูล IP network subnet ของเครือข่ายภายนอกในระบบ เครือข่ายเซลลูลาร์แบบ 4G ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขาผ่านเครือข่าย ISP

คอลัมน์ LAN ใช้แสดงข้อมูล IP network subnet ของเครือข่ายภายในของสำนักงานสาขาที่เป็นผู้ใช้งานระบบสารสนเทศ ผลข้อมูล As number และ IP network subnet ที่ได้จะนำไปดำเนินการในชุดคำสั่งที่จะติดตั้งให้ในตัวอุปกรณ์ router สำนักงานใหญ่ประกอบไปด้วยชุดคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดเส้นทางเพื่อเชื่อมโยงไปในแต่ละสาขาตัวอย่าง

4) ผลการออกแบบตัวชี้วัดคุณภาพการให้บริการ ได้สมการความพร้อมใช้งานต่อวันและสมการประสิทธิภาพเครือข่าย

$$A = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}\right) \times 100$$

โดย

A = สภาพความพร้อมของระบบ (Availability)

MTBF = 1,440 นาที (คิดที่สภาพพร้อมใช้งาน 100 % ใน 1วัน)

MTTR = เวลาที่เครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหยุดการทำงานจนกลับมาใช้งานได้

จะเห็นได้ว่าจำนวนนาทีของ MTTR มีผลโดยตรงกับสภาพพร้อมใช้งานของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระหว่างงสำนักงานใหญ่กับสาขาค่า MTTRนี้จะใช้ในการวัดผลของระบบเครือข่ายที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งในการออกแบบระบบสำรองสิ่งที่สำคัญที่สุดคือการทำให้จำนวนนาทีของMTTRมีค่าน้อยที่สุดและจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์สภาพพร้อมใช้งานมีค่าสูงขึ้นตามลำดับ

ตัวชี้วัดคุณภาพความหน่วงเส้นทางเครือข่ายด้วยการวัดอัตราเวลาการเรียกหาเส้นทางของเครือข่ายด้วย ICMP โพรโทคอล วัดจากอัตราค่าเวลาเรียกหาปลายทางจากต้นทางเพื่อตรวจสอบความหน่วงของเส้นทางเครือข่ายว่าเกิดขึ้นเท่าใดเมื่อใช้งานเปรียบเทียบกันระหว่างเครือข่ายหลักที่เป็น MPLS กับเครือข่ายสำรองที่เป็น 4G ด้วยคำสั่ง ping จาก router สาขามายัง router สำนักงานใหญ่ด้วยจำนวน 500 packet ทดสอบ

ตัวชี้วัดคุณภาพของอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายด้วยการDownload ข้อมูลขนาด 86.9 MBที่อยู่ที่สำนักงานใหญ่ไปยัง computer สาขาเพื่อตรวจสอบความความเร็วและในการ Download ข้อมูลของเส้นทางเครือข่ายว่าเกิดขึ้นเท่าใดเมื่อใช้งานเปรียบเทียบกันระหว่างเครือข่ายหลักที่เป็น MPLS กับเครือข่ายสำรองที่เป็น 4G

5) ผลการออกแบบสมการจุดคุ้มทุน ได้สมการจุดคุ้มทุนอ้างอิงหลักการ CVP ดังนี้

จากสมการจุดคุ้มทุน CVP

กำไร = ยอดขาย – ต้นทุน

และ

กำไรต่อเวลา = (ยอดขาย x คาบเวลา) – (ต้นทุน x คาบเวลา)

นำมาสร้างเป็นสมการจุดคุ้มทุนระบบเครือข่ายสำรองด้วยเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

กำไร = (ยอดขายจากระบบสำรอง x เวลาใช้งานระบบสำรอง) – (ต้นทุนระบบสำรองรวม)

โดย

ยอดขายเมื่อใช้งานระบบสำรองเป็นยอดขายที่ได้จากการนำระบบเครือข่ายสำรองด้วยเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ใช้งานเพื่อลดภาระค่าเสียหายที่เกิดขึ้นจากระบบเครือข่ายไม่สามารถใช้งานได้

ตัวอย่างการวิเคราะห์กำไรของระบบ

1 วัน = 1,440 นาที

สาขามียอดขายที่ 100,000 บาทต่อนาที = 69.4 บาทต่อนาที

ช่วงเวลาที่ใช้งานระบบสำรองคิดเริ่มที่ 1 นาทีแรก

ต้นทุนระบบ 10,000 บาทต่อเดือนคิดเป็นต้นทุน= 0.23 บาทต่อนาที

แทนค่าสมการ

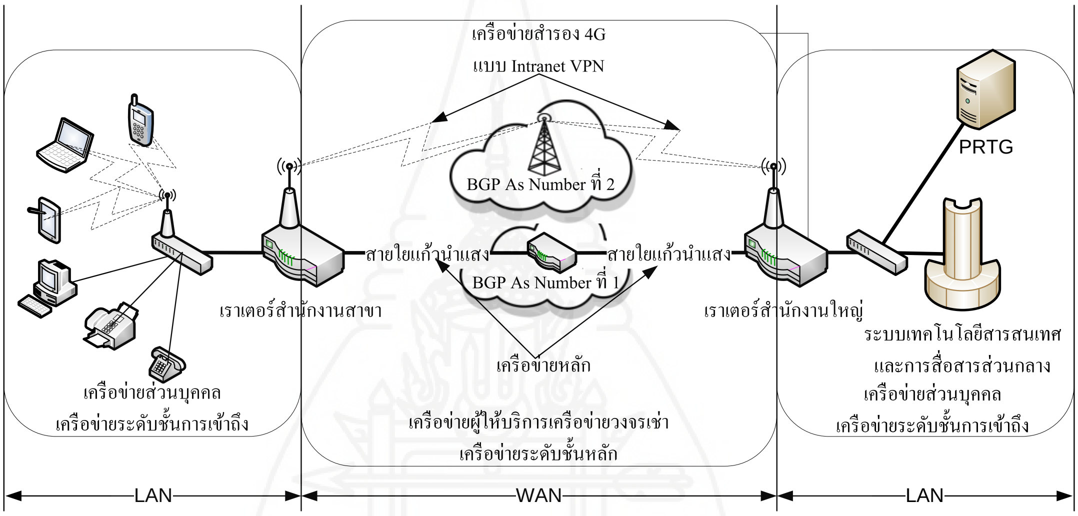
กำไรของระบบ = $(69.4 \times 1) - 0.23$

กำไรของระบบ = 69.17 บาทต่อนาที

ฉนั้น หากมีต้นทุนของระบบ 10,000 บาทต่อเดือนระบบจะสามารถทำกำไรได้ 69.17 บาทต่อนาที

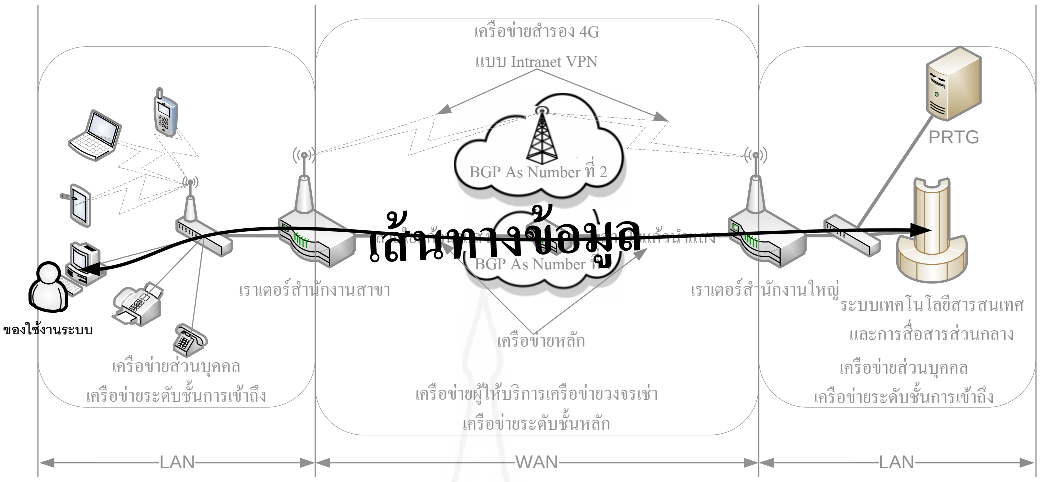
2. ผลการติดตั้งและตรวจสอบผลการทำงานของเครือข่ายสำรองที่ออกแบบ

จากผลการออกแบบในหัวข้อที่ 4.1 จะได้แบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระหว่างสำนักงานใหญ่เชื่อมต่อกับสำนักงานสาขาดังภาพที่ 4.6



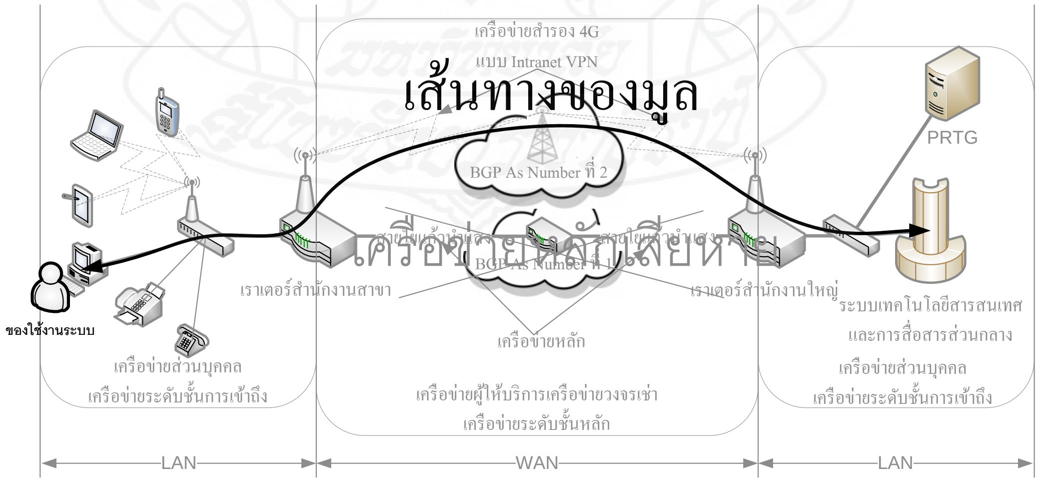
ภาพที่ 4.6 ผลการออกแบบระบบเครือข่ายในภาพรวม

ภาพที่ 4.6 แสดงผลของการออกแบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระหว่างสำนักงานใหญ่และสำนักงานสาขาที่มีเครือข่ายหลักและเครือข่ายสำรองทำงานอยู่บนเครือข่ายแบบ WAN โดยการเช่าใช้เครือข่ายแบบวงจรเช่ามีสายใยแก้วนำแสงเป็นเส้นทางการส่งข้อมูลหลักและมีเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4 G โดยการเชื่อมต่อแบบ intranet VPN เป็นเครือข่ายสำรองโดยมีการทำงานคู่กันโดยการอ้างอิง BGP As number ที่เราเตอร์ สำนักงานสาขาจะเป็นตัวกำหนดเส้นทางหลักและเส้นทางสำรอง



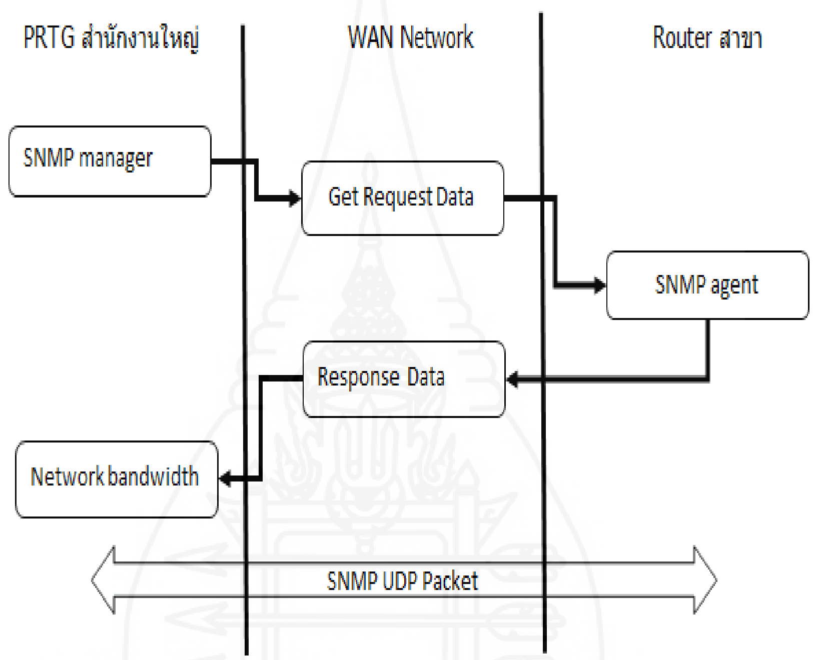
ภาพที่ 4.7 เส้นทางข้อมูลจะถูกส่งผ่านเครือข่ายหลักด้วยการเลือก BGP As number 1

ภาพที่ 4.7 แสดงเส้นทางการไหลของข้อมูลเมื่อมีผู้ขอใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ตั้งอยู่สำนักงานสาขาเราเตอร์ จะทำการสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อให้ผู้ขอใช้ระบบผ่านเส้นทางสายใยแก้วนำแสงที่เป็นเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศหลัก ด้วยกระบวนการของ BGP As number ไปรับบริการระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่สำนักงานใหญ่ แต่หากเส้นทางเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหลักเสียหายลงเราเตอร์ จะทำการเปลี่ยนเส้นทางการสื่อสารข้อมูลไปยังเครือข่ายสำรองด้วยเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G เพื่อทำให้ผู้ขอใช้งานระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่อยู่สำนักงานสาขายังสามารถใช้บริการจากระบบเทคโนโลยีสารสนเทศที่สำนักงานใหญ่ได้อย่างต่อเนื่องดังภาพที่ 4.8



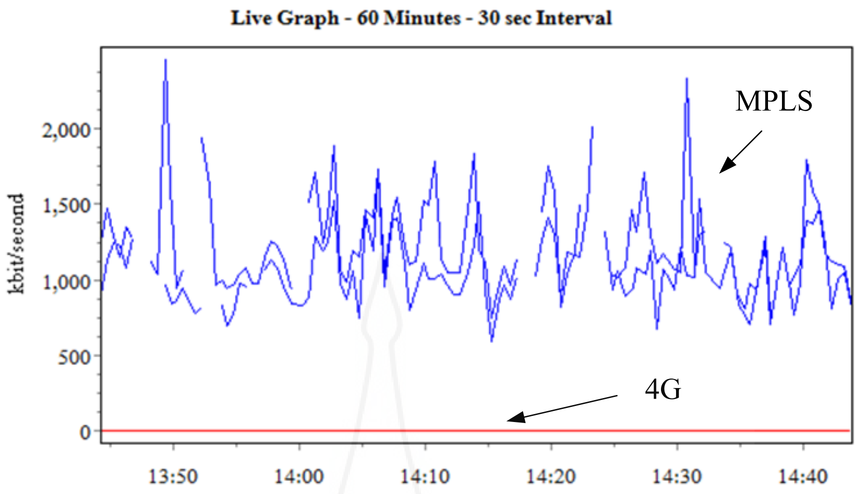
ภาพที่ 4.8 เส้นทางข้อมูลจะถูกส่งผ่านเครือข่ายหลักด้วยการเลือก BGP As number 2

จากภาพที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าเมื่อเส้นทางข้อมูลที่ส่งผ่านเครือข่ายหลักที่เป็นสายใยแก้วนำแสงเสียหายลงเราเตอร์จะทำการสร้างเส้นทางการส่งข้อมูลใหม่ด้วยการเลือกค่า BGP As number ที่ 2 มาทำงานทดแทนและทำการสร้างเส้นทางข้อมูลใหม่ผ่านทางเครือข่ายสำรองด้วยเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ทดแทน เมื่อได้แบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศระหว่างสำนักงานใหญ่กับสาขาเรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไปคือการติดตั้งระบบตรวจสอบผลการทำงานของเครือข่ายสำรองที่ออกแบบด้วยโปรแกรมประยุกต์ PRTG ที่ทำงานด้วย โพรโทคอล SNMP โดยมีผลดังรูปที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศด้วยโทรแกรมประยุกต์ PRTG

ภาพที่ 4.9 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ PRTG ในการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ผลของระบบ เมื่อ PRTG ที่ติดตั้งอยู่ที่สำนักงานใหญ่ต้องการเก็บข้อมูลการจราจรเครือข่าย (Network bandwidth) ของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่เชื่อมต่อระหว่างสำนักงานใหญ่กับสำนักงานสาขา จะสร้าง SNMP Manager เพื่อส่งคำร้องขอข้อมูล (Get Request Data) ไปยังเครือข่าย WAN จนถึงเราเตอร์สาขาที่มี SNMP Agent ติดตั้งอยู่ จากนั้นเราเตอร์จะตอบกลับข้อมูล (Response Data) ที่ PRTG ร้องขอกลับมายัง PRTG ผ่านทางเครือข่าย WAN เมื่อ PRTG ได้ข้อมูลจากเราเตอร์แล้วจะทำการเก็บรวบรวมไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรมและแสดงผลออกมาในรูปแบบกราฟ และตารางปริมาณการใช้งานเครือข่ายดังภาพที่ 4.10 เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลของระบบต่อไป



ภาพที่ 4.10 ข้อมูลการใช้งานเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำนักงานสาขา

ภาพที่ 4.10 เป็นการแสดงการเก็บข้อมูลของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของสำนักงานสาขาและทำการแสดงผลด้วยกราฟซึ่งแกน X จะแสดงช่วงเวลาในการใช้งานและแกน Y จะแสดงปริมาณความเร็วในการส่งข้อมูลมีหน่วยเป็น kbps ทั้งนี้ในตัวอย่างของกราฟที่นำมาแสดงเป็นบางช่วงเวลาเท่านั้นไม่ใช่กราฟที่แสดงการใช้งานทั้งหมดและปริมาณการใช้งานที่กราฟนำมาแสดงเป็นตัวอย่างของการเก็บรวบรวมเท่านั้นจึงอาจทำให้เห็นได้ว่ามีการใช้งานน้อยกว่าประสิทธิภาพของเครือข่ายที่ทำการออกแบบไว้ ซึ่งสามารถรองรับปริมาณการใช้งานได้สูงกว่าตัวอย่าง

3. ผลการวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน

จากผลของขั้นตอนติดตั้งและตรวจสอบผลการทำงานของเครือข่ายสำรองที่ออกแบบ จะนำมาวิเคราะห์ผลและประเมินประสิทธิภาพด้วยการใช้ข้อมูลจาก PRTG ร่วมกับสมการความต่อเนื่องเพื่อใช้รายงานผลประสิทธิภาพของระบบ การวิเคราะห์จะแบ่งแยกการวิเคราะห์ออกเป็นสาขาตามภูมิภาคและทำการประเมินผลแบบแยกผลได้แก่

3.1 ผลทดสอบสภาพความพร้อมใช้งานเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กู้คืนเครือข่าย (Network Recovery) จะใช้วิธีประเมินอัตราความเร็วการรับส่งข้อมูลในเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่เครือข่ายสำรองสามารถทำงานได้ทดแทนเครือข่ายหลักที่

หยุดทำงานลงโดยจะใช้หน่วยในการประเมินผลเป็นจำนวนนาทีและนำเข้าสมการความต่อเนื่องเพื่อคิดเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ในการให้บริการเครือข่าย และแสดงเส้นทางของเครือข่ายระหว่างสำนักงานใหญ่กับสาขาด้วยคำสั่งแสดงเส้นทางเครือข่าย

3.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพเครือข่ายคุณภาพในการให้บริการเครือข่ายสำรอง แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ

1) ผลของตัวชี้วัดคุณภาพความหน่วงเส้นทางเครือข่ายด้วยการวัดอัตราเวลาการเรียกหาเส้นทางด้วยการ ping

2) ตัวชี้วัดคุณภาพของอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายด้วยการ Download ข้อมูลขนาด 86.9 MB

3.3 ผลทดสอบประสิทธิภาพเครือข่ายคุณภาพในการให้บริการเครือข่ายสำรองทั้ง 10 สำนักงานสาขา

1) ผลของสาขาเชียงใหม่ผลการตรวจสอบแพ็กเก็ตข้อมูลด้วย Wireshark แสดงการส่งข้อมูล ICMP และ SNMP ระหว่าง PRTG กับ Routerสาขาเชียงใหม่

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	192.xxx.12.78	192.xxx.1.1	SNMP	get-request

Frame 1 (133 bytes on wire, 133 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.1.1 (192.xxx.1.1)

User Datagram Protocol, Src Port: 4521 (4521), Dst Port: snmp (161)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
2	0.011515	192.xxx.1.1	192.xxx.12.78	SNMP	get-response

Frame 2 (179 bytes on wire, 179 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.1.1 (192.xxx.1.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

User Datagram Protocol, Src Port: snmp (161), Dst Port: 4521 (4521)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
7	14.999051	192.xxx.12.78	192.xxx.1.1	ICMP	Echo (ping) request

Frame 7 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.1.1 (192.xxx.1.1)

Internet Control Message Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
8	15.034172	192.xxx.1.1	192.xxx.12.78	ICMP	Echo (ping) reply

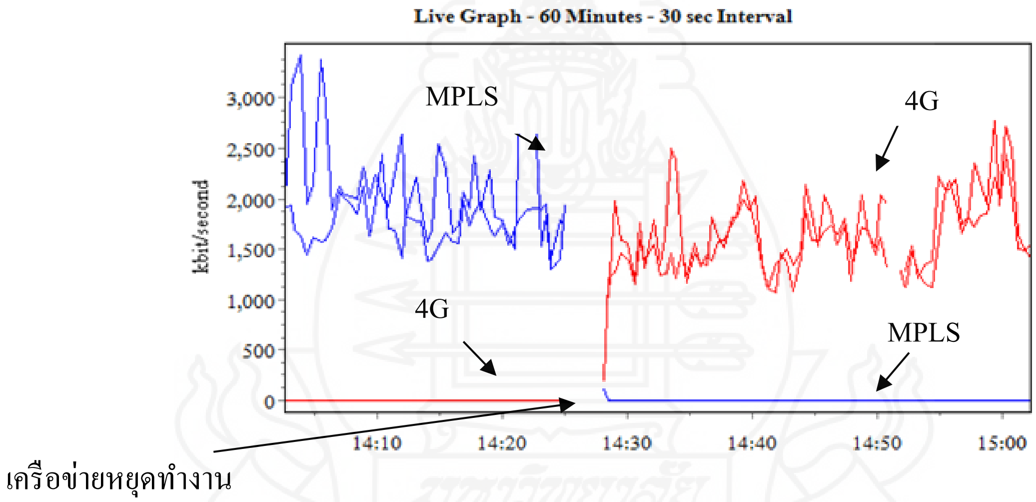
Frame 8 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.1.1 (192.xxx.1.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

Internet Control Message Protocol

ผลการวิเคราะห์ความพร้อมใช้งานของเครือข่ายสาขาเชียงใหม่



ภาพที่ 4.11 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาเชียงใหม่

ทดสอบความพร้อมใช้งานสูงความสามารถในการกู้คืนเครือข่ายสำนักงานสาขาเชียงใหม่ จากกราฟแสดงการกู้คืนเครือข่ายแสดงคาบเวลาที่เครือข่ายกลับมาใช้งานได้อีกครั้งในเวลา 2นาที เมื่อนำมาคำนวณด้วยสมการความพร้อมใช้งานได้ดังนี้

Down Time เกิดขึ้น 2 นาที

MTBF = 1,440 นาที

MTTR = 2 นาที

แทนค่าในสมการ

$$A = \left(\frac{1,440}{1,440 + 2} \right) \times 100$$

A = 99.86%

ความพร้อมใช้งานสูงของสาขาเชียงใหม่ด้วยระบบสำรอง 4G คือ 99.82%

แสดงเส้นทางของเครือข่ายด้วยคำสั่ง traceroute และ show bgp all neighbors

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

```
Chiangmai#traceroute 192.xxx.2.11
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.xxx.2.11
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
  1 10.xxx.223.1 0 msec 0 msec 0 msec
  2 10.xxx.213.169 [AS 64549] 16 msec 12 msec 16 msec
  3 10.xxx.213.170 [AS 64549] 12 msec 24 msec 12 msec
  4 192.xxx.2.11 [AS 65058] 16 msec *  12 msec
Chiangmai#sh bgp all neighbors
For address family: IPv4 Unicast
BGP neighbor is 10.xxx.223.1,  remote AS 64549, external link
  BGP version 4, remote router ID 10.xxx.16.2
  BGP state = Established, up for 2d07h
```

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

```
Chiangmai#traceroute 192.xxx.2.11 so 192.xxx.1.1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.xxx.2.11
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
  1 58.xxx.93.114 56 msec 44 msec 40 msec
  2 192.xxx.2.11 40 msec *  52 msec
Chiangmai#sh bgp all neighbors
```

For address family: IPv4 Unicast

BGP neighbor is 10.xxx.223.1, remote AS 64549, external link

BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0

BGP state = Idle

ผลทดสอบคุณภาพในการให้บริการเครือข่ายสาขาเชียงใหม่

ผลของตัวชี้วัดคุณภาพความหน่วงเส้นทางเครือข่ายด้วยการวัดอัตราเวลาการเรียกหาเส้นทางด้วยการ ping

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

Chiangmai#ping 192.xxx.2.11 source 192.xxx.1.1 repeat 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 12/12/56 ms

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

Chiangmai#ping 192.xxx.2.11 so 192.xxx.1.1 re 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.1.1

!!

!!

!!

!!

!!

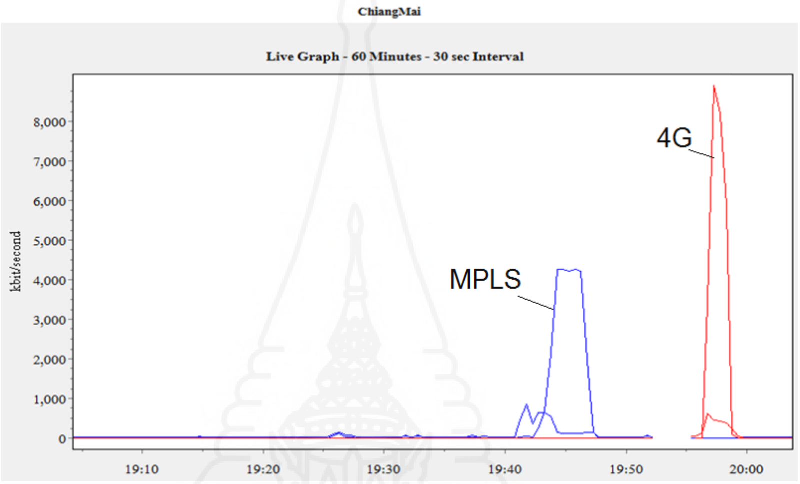
!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 32/41/72 ms

ผลคุณภาพของอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายด้วยการ Download ข้อมูลขนาด 86.9 MB



ภาพที่ 4.12 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายสาขาเชียงใหม่

MPLS ใช้เวลาในการ Download 5 นาที

4G ใช้เวลาในการ Download 2 นาที

2) ผลของสาขาลำพูนผลการตรวจสอบแพ็กเก็ตข้อมูลด้วย Wireshark แสดงการส่งข้อมูล ICMP และ SNMP ระหว่าง PRTG กับ Router สาขาลำพูน

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	192.xxx.12.78	192.xxx.15.1	SNMP	get-request

Frame 1 (133 bytes on wire, 133 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.15.1 (192.xxx.15.1)

User Datagram Protocol, Src Port: 4556 (4556), Dst Port: snmp (161)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info

2	0.112513	192.xxx.15.1	192.xxx.12.78	SNMP	get-response

Frame 2 (165 bytes on wire, 165 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.15.1 (192.xxx.15.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

User Datagram Protocol, Src Port: snmp (161), Dst Port: 4556 (4556)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
7	15.005947	192.xxx.12.78	192.xxx.15.1	ICMP	Echo (ping) request

Frame 7 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.15.1 (192.xxx.15.1)

Internet Control Message Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
8	15.018080	192.xxx.15.1	192.xxx.12.78	ICMP	Echo (ping) reply

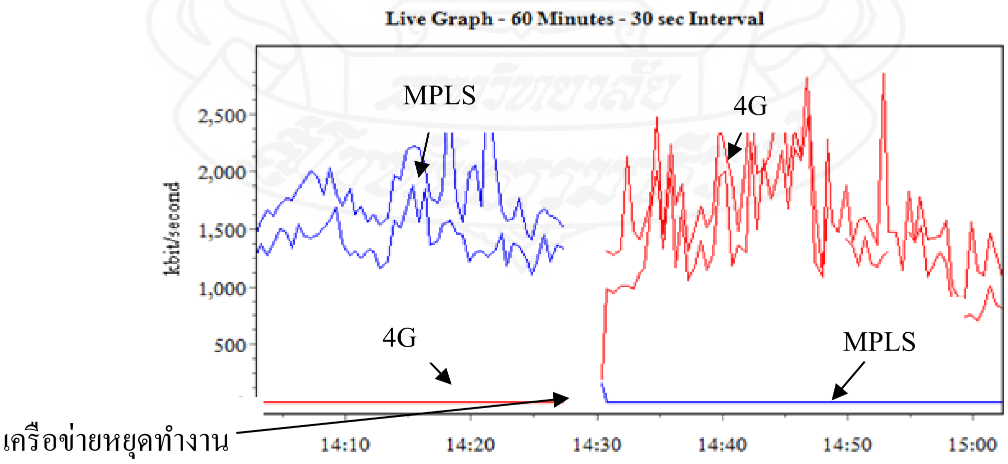
Frame 8 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.15.1 (192.xxx.15.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

Internet Control Message Protocol

ผลการวิเคราะห์ความพร้อมใช้งานของเครือข่ายสาขาลำพูน



ภาพที่ 4.13 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาลำพูน

ทดสอบความพร้อมใช้งานสูงความสามารถในการกู้คืนเครือข่ายสำนักงานสาขาลำพูน

จากกราฟแสดงการกู้คืนเครือข่ายแสดงคาบเวลาที่เครือข่ายกลับมาใช้งานได้อีกครั้งในเวลา 3 นาที เมื่อนำมาคำนวณด้วยสมการความพร้อมใช้งานได้ดังนี้

Down Time เกิดขึ้น 3 นาที

MTBF = 1,440 นาที

MTTR = 3 นาที

แทนค่าในสมการ

$$A = \left(\frac{1,440}{1,440 + 3}\right) \times 100$$

A = 99.79%

ความพร้อมใช้งานสูงของสาขาลำพูนด้วยระบบสำรอง 4G คือ 99.79 %

แสดงเส้นทางของเครือข่ายด้วยคำสั่ง traceroute และ show bgp all neighbors

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

```
Lamphun#traceroute 192.xxx.2.11
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.xxx.2.11
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
  1 10.xxx.223.125 0 msec 4 msec 0 msec
  2 10.xxx.213.169 [AS 64549] 16 msec 12 msec 16 msec
  3 10.xxx.213.170 [AS 64549] 16 msec 16 msec 12 msec
  4 192.xxx.2.11 [AS 65058] 12 msec *  12 msec
Lamphun#sh bgp all neighbors
For address family: IPv4 Unicast
BGP neighbor is 10.xxx.223.125,  remote AS 64549, external link
  BGP version 4, remote router ID 10.xxx.20.1
  BGP state = Established, up for 3w3d
```

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

```
Lamphun#traceroute 192.xxx.2.11 so 192.xxx.15.1
Type escape sequence to abort.
```

Tracing the route to 192.xxx.2.11

VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)

1 58.xxx.93.114 44 msec 44 msec 40 msec

2 192.xxx.2.11 40 msec * 52 msec

Lamphun#sh bgp all neighbors

For address family: IPv4 Unicast

BGP neighbor is 10.xxx.223.125, remote AS 64549, external link

BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0

BGP state = Idle

ผลทดสอบคุณภาพในการให้บริการเครือข่ายลำพูน

ผลของตัวชี้วัดคุณภาพความหน่วงเส้นทางเครือข่ายด้วยการวัดอัตราเวลาการเรียกหาเส้นทางด้วยการ ping

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

Lamphun#ping 192.xxx.2.11 source 192.xxx.15.1 repeat 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.15.1

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 12/20/140 ms

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

Lamphun#ping192.xxx.2.11 so 192.xxx.15.1 re 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.15.1

!!

!!

!!

!!

!!

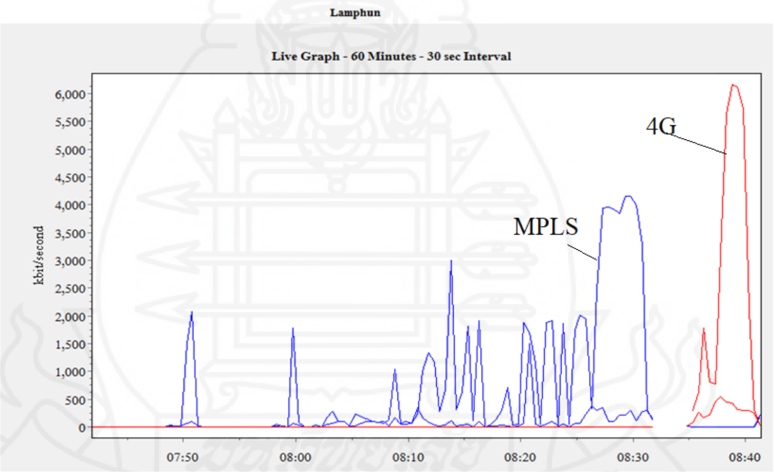
!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 36/44/84 ms

ผลคุณภาพของอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายด้วยการ Download ข้อมูลขนาด 86.9 MB



ภาพที่ 4.14 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายสาขาลำพูน

MPLS ใช้เวลาในการ Download 5 นาที

4G ใช้เวลาในการ Download 3 นาที

3) ผลของสาขาสมุทรสาครผลการตรวจสอบแพ็กเก็ตข้อมูลด้วย Wireshark แสดงการส่งข้อมูล ICMP และ SNMP ระหว่าง PRTG กับ Router สาขาสมุทรสาคร

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info

1	0.000000	192.xxx.12.78	192.xxx.54.1	SNMP	get-request

Frame 1 (133 bytes on wire, 133 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.54.1 (192.xxx.54.1)

User Datagram Protocol, Src Port: 3550 (3550), Dst Port: snmp (161)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
2	0.059962	192.xxx.54.1	192.xxx.12.78	SNMP	get-response

Frame 2 (188 bytes on wire, 188 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.54.1 (192.xxx.54.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

User Datagram Protocol, Src Port: snmp (161), Dst Port: 3550 (3550)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
3	4.995514	192.xxx.12.78	192.xxx.54.1	ICMP	Echo (ping) request

Frame 3 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.54.1 (192.xxx.54.1)

Internet Control Message Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
4	4.999487	192.xxx.54.1	192.xxx.12.78	ICMP	Echo (ping) reply

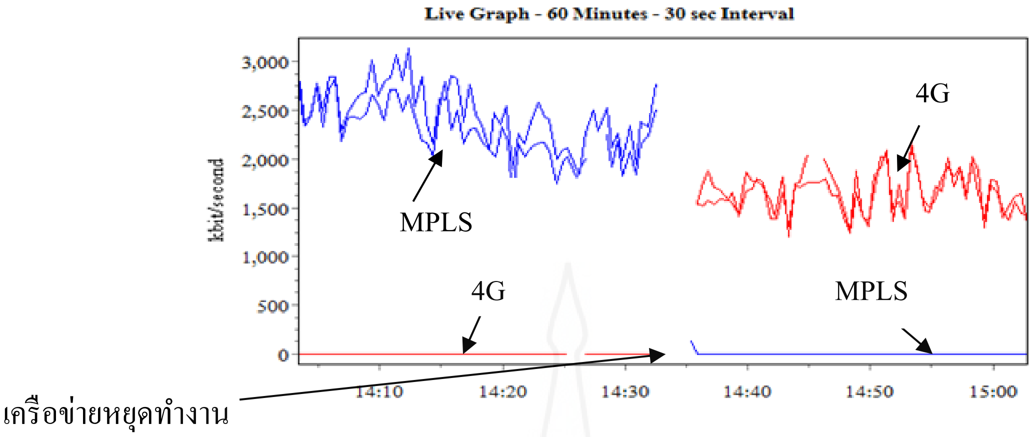
Frame 4 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.54.1 (192.xxx.54.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

Internet Control Message Protocol

ผลการวิเคราะห์ความพร้อมใช้งานของเครือข่ายสาขาสมุทรสาคร



ภาพที่ 4.15 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาสมุทรสาคร

ทดสอบความพร้อมใช้งานสูงความสามารถในการกู้คืนเครือข่ายสำนักงานสาขาสมุทรสาคร

จากกราฟแสดงการกู้คืนเครือข่ายแสดงคาบเวลาที่เครือข่ายกลับมาใช้งานได้อีกครั้งในเวลา 3 นาที เมื่อนำมาคำนวณด้วยสมการความพร้อมใช้งานได้ดังนี้

Down Time เกิดขึ้น 3 นาที

MTBF = 1,440 นาที

MTTR = 3 นาที

แทนค่าในสมการ

$$A = \left(\frac{1,440}{1,440 + 3} \right) \times 100$$

A = 99.79%

ความพร้อมใช้งานสูงของสาขาสมุทรสาครด้วยระบบสำรอง 4G คือ 99.79%

แสดงเส้นทางของเครือข่ายด้วยคำสั่ง traceroute และ show bgp all neighbors

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

Samutsakhon#traceroute 192.xxx.2.11

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 192.xxx.2.11

VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)

1 10.xxx.223.77 4 msec 4 msec 0 msec

2 10.163.247.9 [AS 64549] 76 msec 4 msec 4 msec

3 10.xxx.213.169 [AS 64549] 4 msec 8 msec 4 msec

4 10.xxx.213.170 [AS 64549] 4 msec 4 msec 8 msec

5 192.xxx.2.11 [AS 64549] 4 msec * 4 msec

Samutsakhon#sh bgp all neighbors

For address family: IPv4 Unicast

BGP neighbor is 10.xxx.223.77, remote AS 64549, external link

BGP version 4, remote router ID 10.167.62.33

BGP state = Established, up for 4w6d

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

Samutsakhon#traceroute 192.xxx.2.11 so 192.xxx.54.1

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 192.xxx.2.11

VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)

1 58.xxx.93.114 36 msec 36 msec 28 msec

2 192.xxx.2.11 32 msec * 40 msec

Samutsakhon#sh bgp all nei

For address family: IPv4 Unicast

BGP neighbor is 10.xxx.223.77, remote AS 64549, external link

BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0

BGP state = Idle

ผลทดสอบคุณภาพในการให้บริการเครือข่ายสาขาสมุทรสาคร

ผลของตัวชี้วัดคุณภาพความหน่วงเส้นทางเครือข่ายด้วยการวัดอัตราเวลาการเรียกหาเส้นทางด้วยการ ping

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

Samutsakhon# ping 192.xxx.2.11 source 192.xxx.54.1 repeat 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.54.1

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 4/9/308 ms

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

Samutsakhon#ping 192.xxx.2.11 so 192.xxx.54.1 re 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.54.1

!!

!!

!!

!!

!!

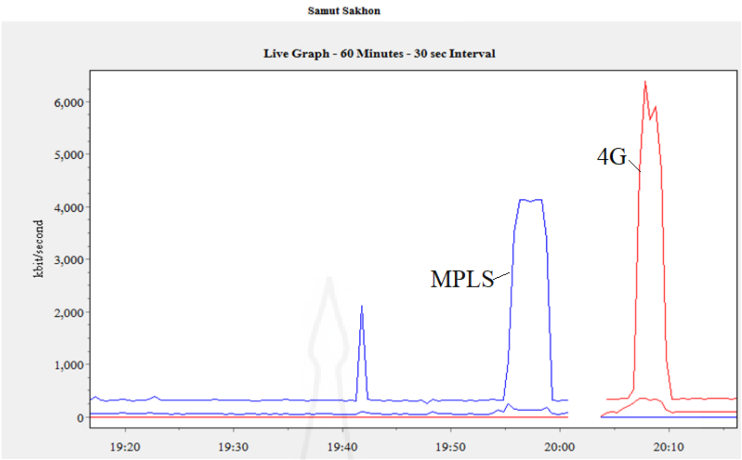
!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 24/34/92 ms

ผลคุณภาพของอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายด้วยการ Download ข้อมูลขนาด 86.9 MB



ภาพที่ 4.16 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายสมุทรสาคร

MPLS ใช้เวลาในการ Download 5 นาที

4G ใช้เวลาในการ Download 3 นาที

4) ผลของสาขานครปฐมผลการตรวจสอบแพ็กเก็ตข้อมูลด้วย Wireshark แสดงการส่งข้อมูล ICMP และ SNMP ระหว่าง PRTG กับ Router สาขานครปฐม

No. Time Source Destination Protocol Info

1 0.000000 192.xxx.12.78 192.xxx.51.1 SNMP get-request

Frame 1 (133 bytes on wire, 133 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.51.1 (192.xxx.51.1)

User Datagram Protocol, Src Port: 1263 (1263), Dst Port: snmp (161)

Simple Network Management Protocol

No. Time Source Destination Protocol Info

2 0.004780 192.xxx.51.1 192.xxx.12.78 SNMP get-response

Frame 2 (165 bytes on wire, 165 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.51.1 (192.xxx.51.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

User Datagram Protocol, Src Port: snmp (161), Dst Port: 1263 (1263)

Simple Network Management Protocol

No. Time Source Destination Protocol Info

7 15.005437 192.xxx.12.78 192.xxx.51.1 ICMP Echo (ping) request

Frame 7 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.51.1 (192.xxx.51.1)

Internet Control Message Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
8	15.046380	192.xxx.51.1	192.xxx.12.78	ICMP	Echo (ping) reply

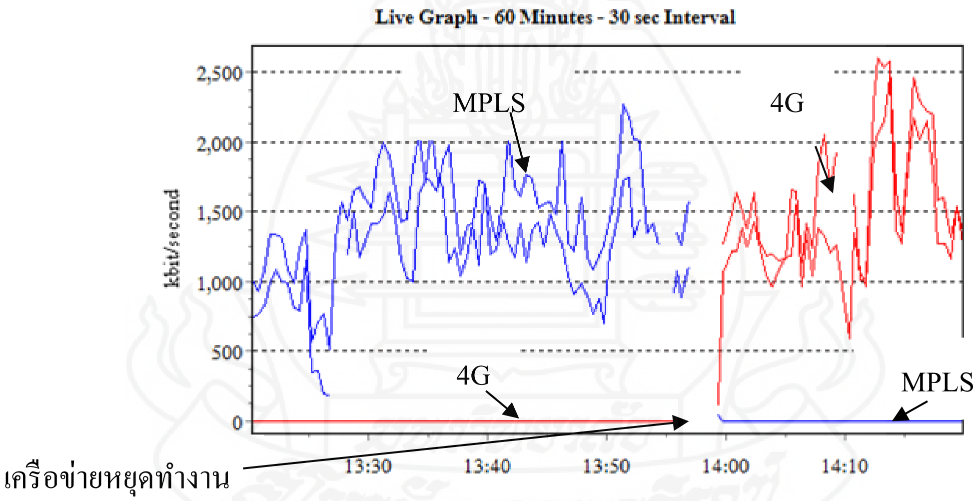
Frame 8 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.51.1 (192.xxx.51.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

Internet Control Message Protocol

ผลการวิเคราะห์ความพร้อมใช้งานของเครือข่ายสาขานครปฐม



ภาพที่ 4.17 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขานครปฐม

ทดสอบความพร้อมใช้งานสูงความสามารถในการกู้คืนเครือข่ายสำนักงานสาขานครปฐม จากกราฟแสดงการกู้คืนเครือข่ายแสดงคาบเวลาที่เครือข่ายกลับมาใช้งานได้อีกครั้งในเวลา 2 นาที เมื่อนำมาคำนวณด้วยสมการความพร้อมใช้งานได้ดังนี้

Down Time เกิดขึ้น 2 นาที

MTBF = 1,440 นาที

MTTR = 2 นาที

แทนค่าในสมการ

$$A = \left(\frac{1,440}{1,440 + 2} \right) \times 100$$

A = 99.86%

ความพร้อมใช้งานสูงของสาขานครปฐมด้วยระบบสำรอง 4G คือ 99.86%

แสดงเส้นทางของเครือข่ายด้วยคำสั่ง traceroute และ show bgp all neighbors

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

```
Nakhonpathom#traceroute192.xxx.2.11
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.xxx.2.11
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
  1 10.xxx.223.65 4 msec 4 msec 0 msec
  2 10.163.247.3 [AS 64549] 0 msec 0 msec 4 msec
  3 10.xxx.213.169 [AS 64549] 8 msec 0 msec 4 msec
  4 10.xxx.213.170 [AS 64549] 4 msec 4 msec 4 msec
  5 192.xxx.2.11 [AS 64549] 4 msec *  0 msec
Nakhonpathom#sh bgp all neighbors
For address family: IPv4 Unicast
BGP neighbor is 10.xxx.223.65,  remote AS 64549, external link
  BGP version 4, remote router ID 10.167.61.43
  BGP state = Established, up for 2w3d
```

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

```
Nakhonpathom#traceroute192.xxx.2.11 so 192.xxx.51.1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.xxx.2.11
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
```

1 58.xxx.93.114 40 msec 32 msec 32 msec

2 192.xxx.2.11 36 msec * 40 msec

Nakhonpathom#sh bgp all nei

For address family: IPv4 Unicast

BGP neighbor is 10.xxx.223.65, remote AS 64549, external link

BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0

BGP state = Idle

ผลทดสอบคุณภาพในการให้บริการเครือข่ายนครปฐม

ผลของตัวชี้วัดคุณภาพความหน่วงเส้นทางเครือข่ายด้วยการวัดอัตราเวลาการเรียกหาเส้นทางด้วยการ ping

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

Nakhonpathom#ping192.xxx.2.11 source 192.xxx.51.1 repeat 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.51.1

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 1/4/68 ms

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

Nakhonpathom#ping192.xxx.2.11 so 192.xxx.51.1 repeat 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

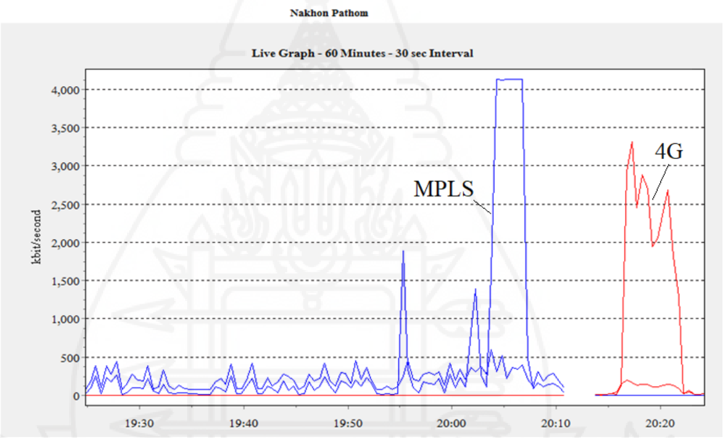
Packet sent with a source address of 192.xxx.51.1

!!

!!
!!
!!
!!
!!
!!
!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 28/35/64 ms

ผลคุณภาพของอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายด้วยการ Download ข้อมูลขนาด 86.9 MB



ภาพที่ 4.18 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายสาขานครปฐม

MPLS ใช้เวลาในการ Download 5 นาที

4G ใช้เวลาในการ Download 7 นาที

5) ผลของสาขาชลบุรีผลการตรวจสอบแพ็กเก็ตข้อมูลด้วย Wireshark แสดงการส่งข้อมูล ICMP และ SNMP ระหว่าง PRTG กับ Router สาขาชลบุรี

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	192.xxx.12.78	192.xxx.56.1	SNMP	get-request

Frame 1 (133 bytes on wire, 133 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.56.1 (192.xxx.56.1)

User Datagram Protocol, Src Port: 4478 (4478), Dst Port: snmp (161)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
2	0.034754	192.xxx.56.1	192.xxx.12.78	SNMP	get-response

Frame 2 (161 bytes on wire, 161 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.56.1 (192.xxx.56.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

User Datagram Protocol, Src Port: snmp (161), Dst Port: 4478 (4478)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
7	15.002088	192.xxx.12.78	192.xxx.56.1	ICMP	Echo (ping) request

Frame 7 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.56.1 (192.xxx.56.1)

Internet Control Message Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
8	15.109413	192.xxx.56.1	192.xxx.12.78	ICMP	Echo (ping) reply

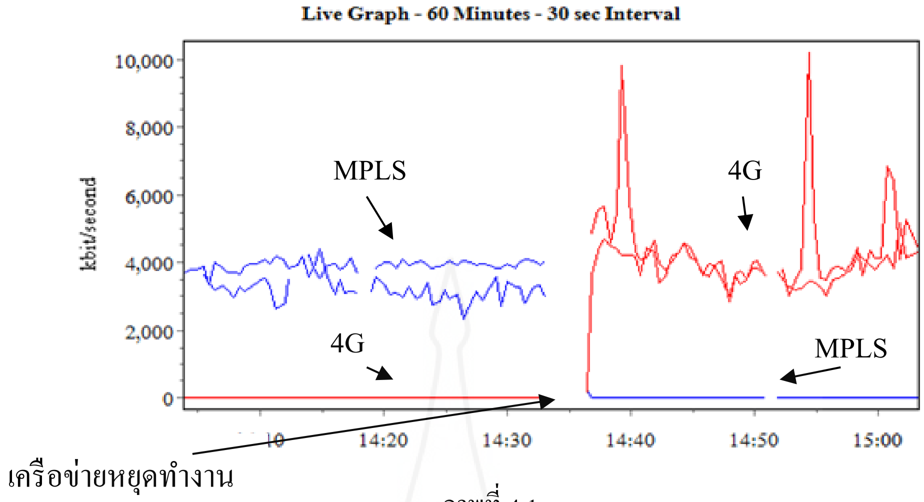
Frame 8 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.56.1 (192.xxx.56.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

Internet Control Message Protocol

ผลการวิเคราะห์ความพร้อมใช้งานของเครือข่ายสาขาชลบุรี



ภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.19 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาชลบุรี

ทดสอบความพร้อมใช้งานสูงความสามารถในการกู้คืนเครือข่ายสำนักงานสาขาชลบุรีจากกราฟแสดงการกู้คืนเครือข่ายแสดงคาบเวลาที่เครือข่ายกลับมาใช้งานได้อีกครั้งในเวลา 2 นาทีเมื่อนำมาคำนวณด้วยสมการความพร้อมใช้งานได้ดังนี้

Down Time เกิดขึ้น 2 นาที

MTBF = 1,440 นาที

MTTR = 2 นาที

แทนค่าในสมการ

$$A = \left(\frac{1,440}{1,440 + 2}\right) \times 100$$

A = 99.86%

ความพร้อมใช้งานสูงของสาขาชลบุรีด้วยระบบสำรอง 4G คือ 99.86%

แสดงเส้นทางของเครือข่ายด้วยคำสั่ง traceroute และ show bgp all neighbors

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

Chonburi#traceroute 192.xxx.2.11

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 192.xxx.2.11

VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)

1 10.xxx.223.169 88 msec 88 msec 92 msec

2 10.xxx.213.169 [AS 64549] 104 msec 20 msec 4 msec

3 10.xxx.213.170 [AS 64549] 4 msec 8 msec 8 msec

4 192.xxx.2.11 [AS 65058] 4 msec * 4 msec

Chonburi#sh bgp all neighbors

For address family: IPv4 Unicast

BGP neighbor is 10.xxx.223.169, remote AS 64549, external link

BGP version 4, remote router ID 10.xxx.40.2

BGP state = Established, up for 10w2d

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

Chonburi#traceroute192.xxx.2.11 so 192.xxx.56.1

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 192.xxx.2.11

VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)

1 58.xxx.93.114 32 msec 32 msec 36 msec

2 192.xxx.2.11 28 msec * 48 msec

Chonburi#sh bgp all nei

For address family: IPv4 Unicast

BGP neighbor is 10.xxx.223.169, remote AS 64549, external link

BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0

BGP state = Idle

ผลทดสอบคุณภาพในการให้บริการเครือข่ายชลบุรี

ผลของตัวชี้วัดคุณภาพความหน่วงเส้นทางเครือข่ายด้วยการวัดอัตราเวลาการเรียกหาเส้นทางด้วยการ ping

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

Chonburi#ping 192.xxx.2.11 source 192.xxx.56.1 re 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.56.1

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 4/12/152 ms

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

Chonburi#ping 192.xxx.2.11 so 192.xxx.56.1 re 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.56.1

!!

!!

!!

!!

!!

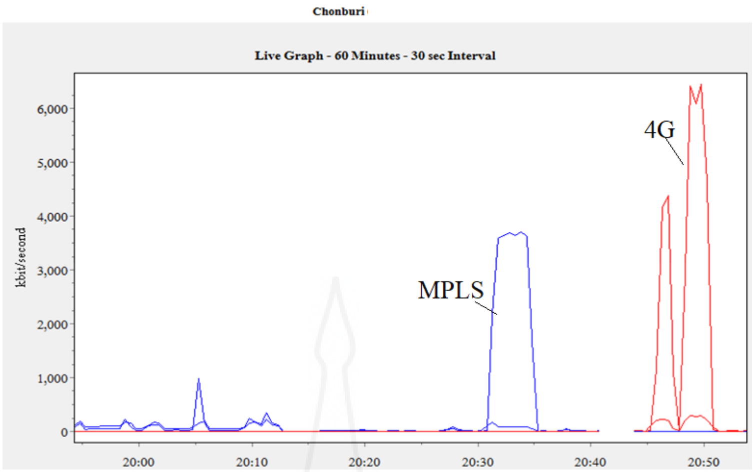
!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 24/32/68 ms

ผลคุณภาพของอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายด้วยการ Download ข้อมูลขนาด 86.9 MB



ภาพที่ 4.20 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายสาขาชลบุรี

MPLS ใช้เวลาในการ Download 5 นาที

4G ใช้เวลาในการ Download 7 นาที

6) ผลของสาขาสัตหีบ ผลการตรวจสอบแพ็กเก็ตข้อมูลด้วย Wireshark แสดงการส่งข้อมูล ICMP และ SNMP ระหว่าง PRTG กับ Router สาขาสัตหีบ

No. Time Source Destination Protocol Info

1 0.000000 192.xxx.12.78 192.xxx.70.1 SNMP get-request

Frame 1 (133 bytes on wire, 133 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.70.1 (192.xxx.70.1)

User Datagram Protocol, Src Port: 3383 (3383), Dst Port: snmp (161)

Simple Network Management Protocol

No. Time Source Destination Protocol Info

2 0.007155 192.xxx.70.1 192.xxx.12.78 SNMP get-response

Frame 2 (165 bytes on wire, 165 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.70.1 (192.xxx.70.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

User Datagram Protocol, Src Port: snmp (161), Dst Port: 3383 (3383)

Simple Network Management Protocol

No. Time Source Destination Protocol Info

7 14.992078 192.xxx.12.78 192.xxx.70.1 ICMP Echo (ping) request

Frame 7 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.70.1 (192.xxx.70.1)

Internet Control Message Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
8	14.997340	192.xxx.70.1	192.xxx.12.78	ICMP	Echo (ping) reply

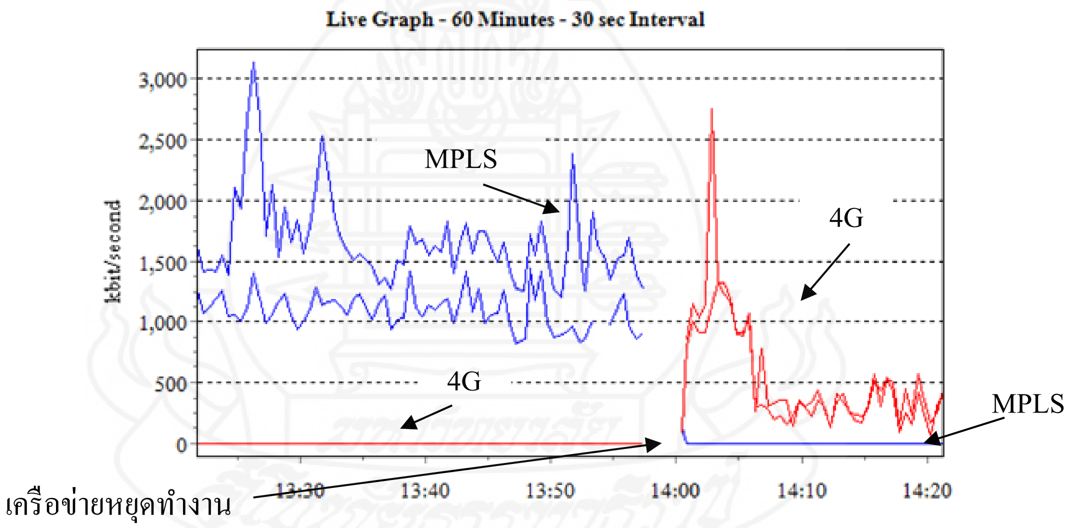
Frame 8 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.70.1 (192.xxx.70.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

Internet Control Message Protocol

ผลการวิเคราะห์ความพร้อมใช้งานของเครือข่ายสาขาสัตหีบ



ภาพที่ 4.21 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาสัตหีบ

ทดสอบความพร้อมใช้งานสูงความสามารถในการกู้คืนเครือข่ายสำนักงานสาขาสัตหีบ จากกราฟแสดงการกู้คืนเครือข่ายแสดงคาบเวลาที่เครือข่ายกลับมาใช้งานได้อีกครั้งในเวลา 3 นาที เมื่อนำมาคำนวณด้วยสมการความพร้อมใช้งานได้ดังนี้

Down Time เกิดขึ้น 3 นาที

MTBF = 1,440 นาที

MTTR = 3 นาที

แทนค่าในสมการ

$$A = \left(\frac{1,440}{1,440 + 3}\right) \times 100$$

A = 99.79 %

ความพร้อมใช้งานสูงของสาขาสัตหีบด้วยระบบสำรอง 4G คือ 99.79 %

แสดงเส้นทางของเครือข่ายด้วยคำสั่ง traceroute และ show bgp all neighbors

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

```
Suttahib#traceroute 192.xxx.2.11
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.xxx.2.11
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
  1 10.xxx.223.225 4 msec 0 msec 4 msec
  2 10.xxx.213.169 [AS 64549] 4 msec 8 msec 8 msec
  3 10.xxx.213.170 [AS 64549] 4 msec 4 msec 8 msec
  4 192.xxx.2.11 [AS 65058] 4 msec *  4 msec
Suttahib#sh bgp all nei
For address family: IPv4 Unicast
BGP neighbor is 10.xxx.223.225,  remote AS 64549, external link
  BGP version 4, remote router ID 10.xxx.40.6
  BGP state = Established, up for 3d19h
```

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

```
Suttahib# traceroute 192.xxx.2.11 so 192.xxx.70.1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.xxx.2.11
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
  1 58.xxx.93.114 36 msec 32 msec 40 msec
  2 192.xxx.2.11 36 msec *  40 msec
```

Suttahib#sh bgp all nei

For address family: IPv4 Unicast

BGP neighbor is 10.xxx.223.225, remote AS 64549, external link

BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0

BGP state = Idle

ผลทดสอบคุณภาพในการให้บริการเครือข่ายสาขาสัตหีบ

ผลของตัวชี้วัดคุณภาพความหน่วงเส้นทางเครือข่ายด้วยการวัดอัตราเวลาการเรียกหาเส้นทางด้วยการ ping

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

Suttahib#ping 192.xxx.2.11 so 192.xxx.70.1 re 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.70.1

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 4/5/20 ms

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

Suttahib#ping192.xxx.2.11 so 192.xxx.70.1 re 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.70.1

!!

!!

!!

!!

!!

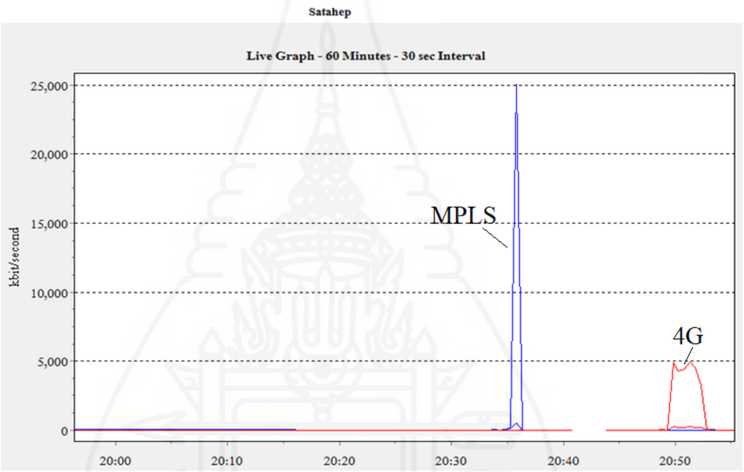
!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 24/33/116 ms

ผลคุณภาพของอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายด้วยการ Download ข้อมูลขนาด 86.9 MB



ภาพที่ 4.22 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายสัตหีบ

MPLS ใช้เวลาในการ Download 1นาที

4G ใช้เวลาในการ Download 4นาที

7) ผลของสาขานครราชสีมาผลการตรวจสอบแพ็กเก็ตข้อมูลด้วย Wireshark แสดงการส่งข้อมูล ICMP และ SNMP ระหว่าง PRTG กับ Router สาขานครราชสีมา

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	192.xxx.12.78	192.xxx.102.1	SNMP	get-request

Frame 1 (133 bytes on wire, 133 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.102.1 (192.xxx.102.1)

User Datagram Protocol, Src Port: 3161 (3161), Dst Port: snmp (161)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
2	0.007549	192.xxx.102.1	192.xxx.12.78	SNMP	get-response

Frame 2 (166 bytes on wire, 166 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.102.1 (192.xxx.102.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

User Datagram Protocol, Src Port: snmp (161), Dst Port: 3161 (3161)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
7	15.007371	192.xxx.12.78	192.xxx.102.1	ICMP	Echo (ping) request

Frame 7 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.102.1 (192.xxx.102.1)

Internet Control Message Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
8	15.013818	192.xxx.102.1	192.xxx.12.78	ICMP	Echo (ping) reply

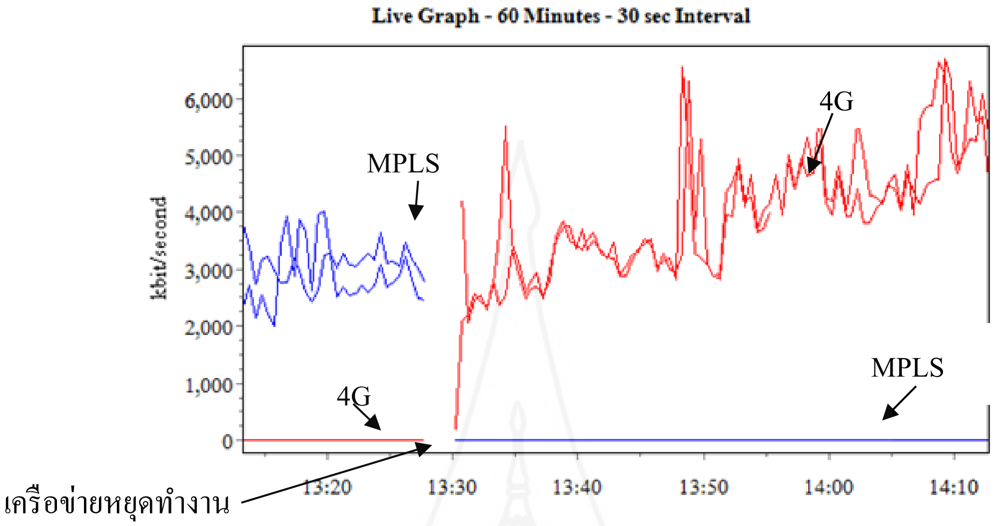
Frame 8 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.102.1 (192.xxx.102.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

Internet Control Message Protocol

ผลการวิเคราะห์ความพร้อมใช้งานของเครือข่ายสาขานครราชสีมา



ภาพที่ 4.23 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขานครราชสีมา

ทดสอบความพร้อมใช้งานสูงความสามารถในการกู้คืนเครือข่ายสำนักงานสาขานครราชสีมา

จากกราฟแสดงการกู้คืนเครือข่ายแสดงคาบเวลาที่เครือข่ายกลับมาใช้งานได้อีกครั้งในเวลา 2 นาที เมื่อนำมาคำนวณด้วยสมการความพร้อมใช้งานได้ดังนี้

Down Time เกิดขึ้น 2 นาที

MTBF = 1,440 นาที

MTTR = 2 นาที

แทนค่าในสมการ

$$A = \left(\frac{1,440}{1,440 + 2} \right) \times 100$$

A = 99.86%

ความพร้อมใช้งานสูงของสาขานครราชสีมาด้วยระบบสำรอง 4G คือ 99.86%

แสดงเส้นทางของเครือข่ายด้วยคำสั่ง traceroute และ show bgp all neighbors

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

Korat#traceroute 192.xxx.2.11 so 192.xxx.102.1

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 192.xxx.2.11

VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)

1 10.202.223.245 4 msec 0 msec 4 msec

2 10.202.213.169 [AS 64549] 4 msec 8 msec 4 msec

3 10.202.213.170 [AS 64549] 8 msec 8 msec 8 msec

4 192.xxx.2.11 [AS 65058] 8 msec * 320 msec

Korat#sh bgp all neighbors

For address family: IPv4 Unicast

BGP neighbor is 10.202.223.245, remote AS 64549, external link

BGP version 4, remote router ID 10.xxx.91.1

BGP state = Established, up for 1d21h

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

Korat#trace192.xxx.2.11 so 192.xxx.102.1

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 192.xxx.2.11

VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)

1 58.97.93.114 44 msec 28 msec 32 msec

2 192.xxx.2.11 32 msec * 44 msec

Korat#sh bgp all nei

For address family: IPv4 Unicast

BGP neighbor is 10.202.223.245, remote AS 64549, external link

BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0

BGP state = Idle

ผลทดสอบคุณภาพในการให้บริการเครือข่ายสาขานครราชสีมา

ผลของตัวชี้วัดคุณภาพความหน่วงเส้นทางเครือข่ายด้วยการวัดอัตราเวลาการเรียกหาเส้นทางด้วยการ ping

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

Korat#ping 192.xxx.2.11 so 192.xxx.102.1 re 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.102.1

!!

!!

!!

!!

!!

!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!.!!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 99 percent (499/500), round-trip min/avg/max = 4/26/264 ms

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

Korat#ping 192.xxx.2.11 so 192.xxx.102.1 re 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.102.1

!!

!!

!!

!!

!!

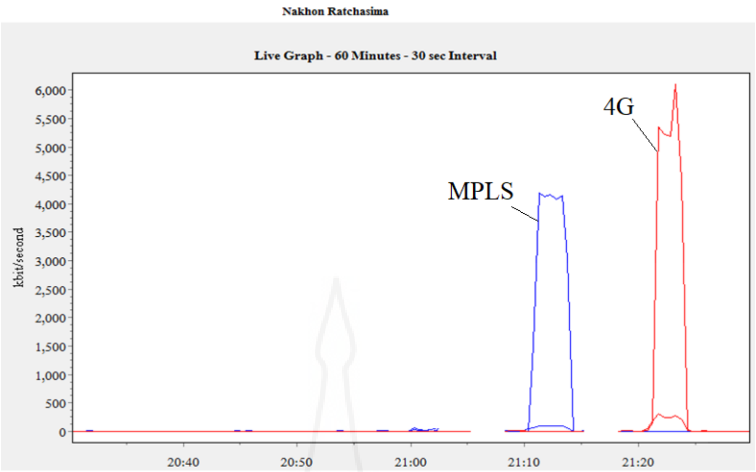
!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 24/34/56 ms

ผลคุณภาพของอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายด้วยการ Download ข้อมูลขนาด 86.9 MB



ภาพที่ 4.24 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายนครราชสีมา

MPLS ใช้เวลาในการ Download 5นาที

4G ใช้เวลาในการ Download 2 นาที

8) ผลของสาขาขอนแก่ผลการตรวจสอบแพ็กเก็ตข้อมูลด้วย Wireshark แสดงการส่งข้อมูล ICMP และ SNMP ระหว่าง PRTG กับ Router สาขาขอนแก่น

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	192.xxx.12.78	192.xxx.101.1	SNMP	get-request

Frame 1 (133 bytes on wire, 133 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.101.1 (192.xxx.101.1)

User Datagram Protocol, Src Port: 4483 (4483), Dst Port: snmp (161)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
2	0.009931	192.xxx.101.1	192.xxx.12.78	SNMP	get-response

Frame 2 (166 bytes on wire, 166 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.101.1 (192.xxx.101.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

User Datagram Protocol, Src Port: snmp (161), Dst Port: 4483 (4483)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
7	15.005005	192.xxx.12.78	192.xxx.101.1	ICMP	Echo (ping) request

Frame 7 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.101.1 (192.xxx.101.1)

Internet Control Message Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
8	15.013668	192.xxx.101.1	192.xxx.12.78	ICMP	Echo (ping) reply

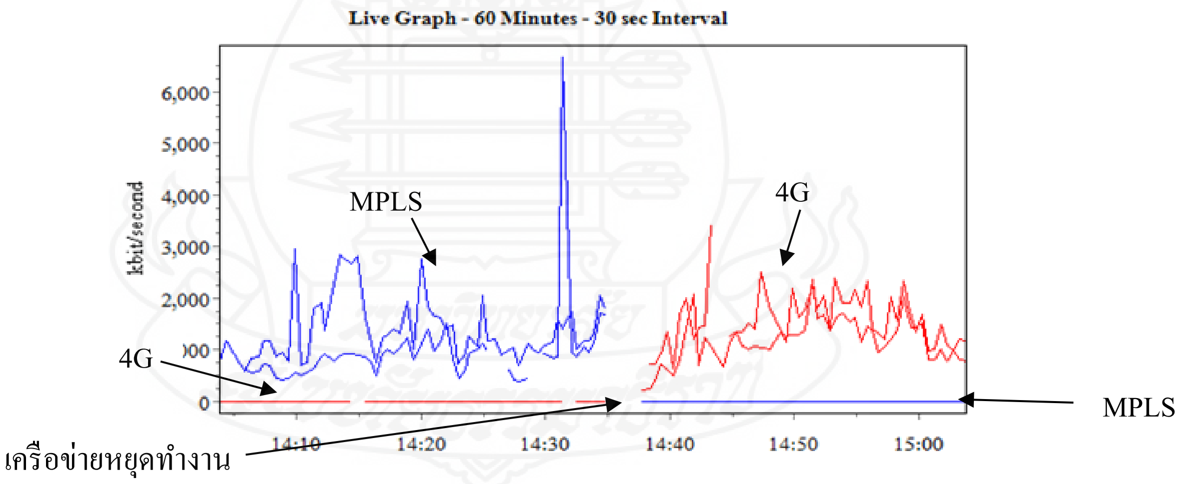
Frame 8 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.101.1 (192.xxx.101.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

Internet Control Message Protocol

ผลการวิเคราะห์ความพร้อมใช้งานของเครือข่ายสาขาขอนแก่น



ภาพที่ 4.25 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาขอนแก่น

ทดสอบความพร้อมใช้งานสูงความสามารถในการกู้คืนเครือข่ายสำนักงานสาขาขอนแก่น จากกราฟแสดงการกู้คืนเครือข่ายแสดงคาบเวลาที่เครือข่ายกลับมาใช้งานได้อีกครั้งในเวลา 3 นาที เมื่อนำมาคำนวณด้วยสมการความพร้อมใช้งานได้ดังนี้

Down Time เกิดขึ้น 3 นาที

MTBF = 1,440 นาที

MTTR = 3 นาที

แทนค่าในสมการ

$$A = \left(\frac{1,440}{1,440 + 3} \right) \times 100$$

A = 99.79 %

ความพร้อมใช้งานสูงของสาขาขอนแก่นด้วยระบบสำรอง 4G คือ 99.79 %

แสดงเส้นทางของเครือข่ายด้วยคำสั่ง traceroute และ show bgp all neighbors

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

KhonKhen#traceroute192.xxx.2.11 so 192.xxx.101.1

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 192.xxx.2.11

VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)

1 10.202.223.221 0 msec 0 msec 4 msec

2 10.202.213.169 [AS 64549] 8 msec 8 msec 8 msec

3 10.202.213.170 [AS 64549] 8 msec 4 msec 8 msec

4 192.xxx.2.11 [AS 65058] 8 msec * 4 msec

KhonKhen#sh bgp all nei

For address family: IPv4 Unicast

BGP neighbor is 10.202.223.221, remote AS 64549, external link

BGP version 4, remote router ID 10.xxx.46.2

BGP state = Established, up for 4d21h

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

KhonKhen#traceroute192.xxx.2.11 so 192.xxx.101.1

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 192.xxx.2.11

VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)

1 58.97.93.114 32 msec 36 msec 36 msec

2 192.xxx.2.11 36 msec * 32 msec

KhonKhen#sh bgp all nei

For address family: IPv4 Unicast

BGP neighbor is 10.202.223.221, remote AS 64549, external link

BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0

BGP state = Idle

ผลทดสอบคุณภาพในการให้บริการเครือข่ายสาขาสัตหีบ

ผลของตัวชี้วัดคุณภาพความหน่วงเส้นทางเครือข่ายด้วยการวัดอัตราเวลาการเรียกหาเส้นทางด้วยการ ping

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

KhonKhen#ping192.xxx.2.11 so 192.xxx.101.1 re 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.101.1

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 4/6/36 ms

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

KhonKhen#ping192.xxx.2.11 so 192.xxx.101.1 re 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.101.1

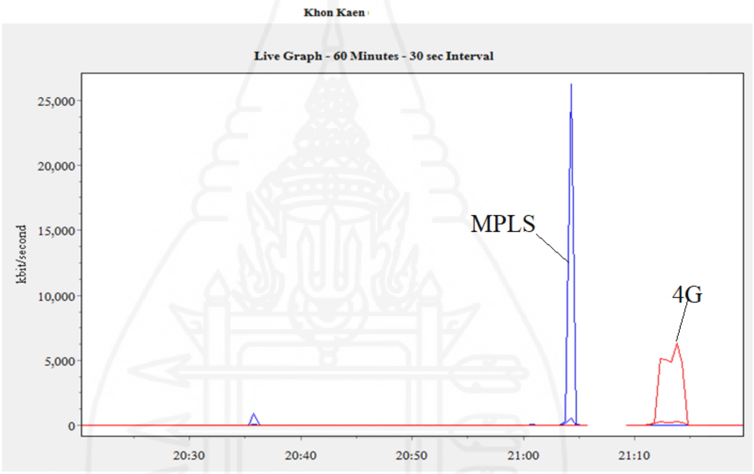
!!

!!

!!
!!
!!
!!
!!
!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 24/35/68 ms

ผลคุณภาพของอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายด้วยการ Download ข้อมูลขนาด 86.9 MB



ภาพที่ 4.26 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายขอนแก่น

MPLS ใช้เวลาในการ Download 0.5 นาที

4G ใช้เวลาในการ Download 4 นาที

9) ผลของสาขาสุราษฎร์ธานีผลการตรวจสอบแพ็กเก็ตข้อมูลด้วย Wireshark แสดงการส่งข้อมูล ICMP และ SNMP ระหว่าง PRTG กับ Router สาขาสุราษฎร์ธานี

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	192.xxx.12.78	192.xxx.155.1	SNMP	get-request

Frame 1 (133 bytes on wire, 133 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.155.1 (192.xxx.155.1)

User Datagram Protocol, Src Port: 2418 (2418), Dst Port: snmp (161)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
2	0.128844	192.xxx.155.1	192.xxx.12.78	SNMP	get-response

Frame 2 (164 bytes on wire, 164 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.155.1 (192.xxx.155.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

User Datagram Protocol, Src Port: snmp (161), Dst Port: 2418 (2418)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
7	15.008590	192.xxx.12.78	192.xxx.155.1	ICMP	Echo (ping) request

Frame 7 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.155.1 (192.xxx.155.1)

Internet Control Message Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
8	15.169201	192.xxx.155.1	192.xxx.12.78	ICMP	Echo (ping) reply

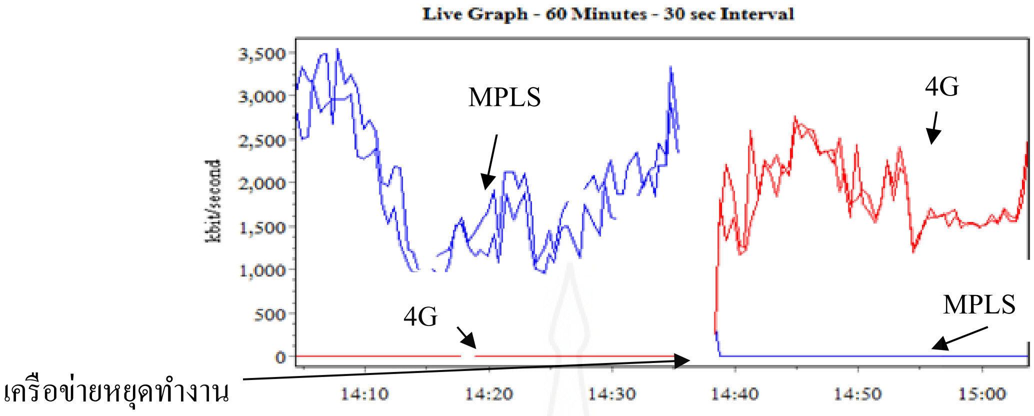
Frame 8 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.155.1 (192.xxx.155.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

Internet Control Message Protocol

ผลการวิเคราะห์ความพร้อมใช้งานของเครือข่ายสาขาสุราษฎร์ธานีทดสอบความพร้อมใช้งานสูง ความสามารถในการกู้คืนเครือข่ายสำนักงานสาขาสุราษฎร์ธานี



ภาพที่ 4.27 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาสุราษฎร์ธานี

จากกราฟแสดงการกู้คืนเครือข่ายแสดงคาบเวลาที่เครือข่ายกลับมาใช้งานได้อีกครั้งในเวลา 2 นาที

เมื่อนำมาคำนวณด้วยสมการความพร้อมใช้งานได้ดังนี้

Down Time เกิดขึ้น 2 นาที

MTBF = 1,440 นาที

MTTR = 2 นาที

แทนค่าในสมการ

$$A = \left(\frac{1,440}{1,440 + 2} \right) \times 100$$

A = 99.86 %

ความพร้อมใช้งานสูงของสาขาสุราษฎร์ธานีด้วยระบบสำรอง 4G คือ 99.82 %

แสดงเส้นทางของเครือข่ายด้วยคำสั่ง traceroute และ show bgp all neighbors

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

```
Surat#traceroute192.xxx.2.11 so 192.xxx.155.1
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
  1 10.xxx.224.81 4 msec 0 msec 4 msec
  2 10.202.213.169 [AS 64549] 8 msec 12 msec 12 msec
```

3 10.202.213.170 [AS 64549] 84 msec 80 msec 84 msec

4 192.xxx.2.11 [AS 65058] 80 msec * 76 msec

Surat#sbgp all nei

For address family: IPv4 Unicast

BGP neighbor is 10.xxx.224.81, remote AS 64549, external link

BGP version 4, remote router ID 10.xxx.121.2

BGP state = Established, up for 3w1d

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

Surat#traceroute192.xxx.2.11 so 192.xxx.155.1

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 192.xxx.2.11

VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)

1 58.97.93.114 44 msec 56 msec 44 msec

2 192.xxx.2.11 56 msec * 52 msec

Surat#sh bgp all neighbors

For address family: IPv4 Unicast

BGP neighbor is 10.xxx.224.81, remote AS 64549, external link

BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0

BGP state = Idle

ผลทดสอบคุณภาพในการให้บริการเครือข่ายสาขาสุราษฎร์ธานี

ผลของตัวชี้วัดคุณภาพความหน่วงเส้นทางเครือข่ายด้วยการวัดอัตราเวลาการเรียกหาเส้นทางด้วยการ ping

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

Surat#ping 192.xxx.2.11 so 192.xxx.155.1 re 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.155.1

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 8/89/188 ms

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

Surat#ping 192.xxx.2.11 so 192.xxx.155.1 re 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.155.1

!!

!!

!!

!!

!!

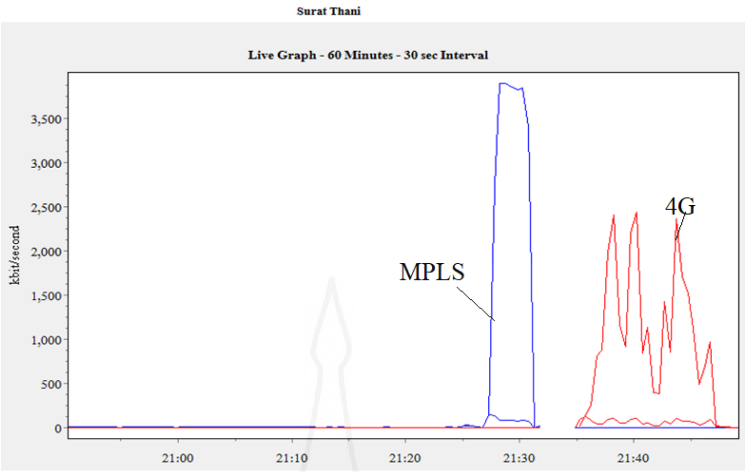
!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 36/52/104 ms

ผลคุณภาพของอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายด้วยการ Download ข้อมูลขนาด 86.9 MB



ภาพที่ 4.28 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายสาขาสุราษฎร์ธานี

MPLS ใช้เวลาในการ Download 3 นาที

4G ใช้เวลาในการ Download 13 นาที

10) ผลของสาขาตรังผลการตรวจสอบแพ็กเก็ตข้อมูลด้วย Wireshark แสดงการส่งข้อมูล ICMP และ SNMP ระหว่าง PRTG กับ Router สาขาตรัง

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	192.xxx.12.78	192.xxx.154.1	SNMP	get-request

Frame 1 (133 bytes on wire, 133 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.154.1 (192.xxx.154.1)

User Datagram Protocol, Src Port: 4780 (4780), Dst Port: snmp (161)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
2	0.051743	192.xxx.154.1	192.xxx.12.78	SNMP	get-response

Frame 2 (165 bytes on wire, 165 bytes captured)

Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.154.1 (192.xxx.154.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

User Datagram Protocol, Src Port: snmp (161), Dst Port: 4780 (4780)

Simple Network Management Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
7	15.005923	192.xxx.12.78	192.xxx.154.1	ICMP	Echo (ping) request

Frame 7 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

Ethernet II, Src: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc), Dst: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78), Dst: 192.xxx.154.1 (192.xxx.154.1)

Internet Control Message Protocol

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
8	15.022059	192.xxx.154.1	192.xxx.12.78	ICMP	Echo (ping) reply

Frame 8 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)

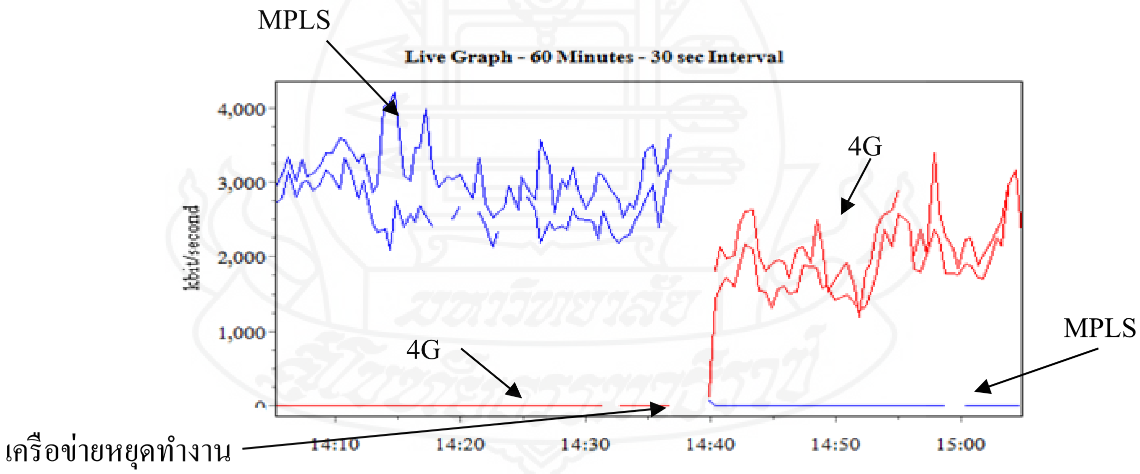
Ethernet II, Src: 7c:ad:4f:27:49:e3 (7c:ad:4f:27:49:e3), Dst: 00:21:9b:fa:a5:cc (00:21:9b:fa:a5:cc)

Internet Protocol, Src: 192.xxx.154.1 (192.xxx.154.1), Dst: 192.xxx.12.78 (192.xxx.12.78)

Internet Control Message Protocol

ผลการวิเคราะห์ความพร้อมใช้งานของเครือข่ายสาขาตรังทดสอบความพร้อมใช้งานสูง

ความสามารถในการกู้คืนเครือข่ายสำนักงานสาขาตรัง



ภาพที่ 4.29 กราฟข้อมูลการใช้งานเครือข่ายสำนักงานสาขาตรัง

จากกราฟแสดงการกู้คืนเครือข่ายแสดงคาบเวลาที่เครือข่ายกลับมาใช้งานได้อีกครั้งในเวลา 2 นาที

เมื่อนำมาคำนวณด้วยสมการความพร้อมใช้งานได้ดังนี้

Down Time เกิดขึ้น 2 นาที

MTBF = 1,440 นาที

MTTR = 2 นาที

แทนค่าในสมการ

$$A = \left(\frac{1,440}{1,440 + 2} \right) \times 100$$

A = 99.86 %

ความพร้อมใช้งานสูงของสาขาตรังด้วยระบบสำรอง 4G คือ 99.86 %

แสดงเส้นทางของเครือข่ายด้วยคำสั่ง traceroute และ show bgp all neighbors

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

```
Trang#traceroute 192.xxx.2.11 so 192.xxx.154.1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.xxx.2.11
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
  1 10.xxx.224.25 0 msec 4 msec 0 msec
  2 10.202.213.169 [AS 64549] 16 msec 20 msec 16 msec
  3 10.202.213.170 [AS 64549] 56 msec 52 msec 52 msec
  4 192.xxx.2.11 [AS 65058] 60 msec *  56 msec
Trang#sh bgp all nei
For address family: IPv4 Unicast
BGP neighbor is 10.xxx.224.25,  remote AS 64549, external link
  BGP version 4, remote router ID 10.xxx.112.1
  BGP state = Established, up for 1d07h
```

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

```
Trang#traceroute 192.xxx.2.11 so 192.xxx.154.1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.xxx.2.11
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
```

1 58.97.93.114 56 msec 60 msec 60 msec

2 192.xxx.2.11 60 msec * 60 msec

Trang#sh bgp all nei

For address family: IPv4 Unicast

BGP neighbor is 10.xxx.224.25, remote AS 64549, external link

BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0

BGP state = Idle

ผลทดสอบคุณภาพในการให้บริการเครือข่ายสาขาตรัง

ผลของตัวชี้วัดคุณภาพความหน่วงเส้นทางเครือข่ายด้วยการวัดอัตราเวลาการเรียกหาเส้นทางด้วยการ ping

เส้นทางบนเครือข่าย MPLS

Trang#ping 192.xxx.2.11 so 192.xxx.154.1 re 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

Packet sent with a source address of 192.xxx.154.1

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!

!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 16/23/144 ms

เส้นทางบนเครือข่าย 4G

Trang#ping 192.xxx.2.11 so 192.xxx.154.1 re 500

Type escape sequence to abort.

Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.xxx.2.11, timeout is 2 seconds:

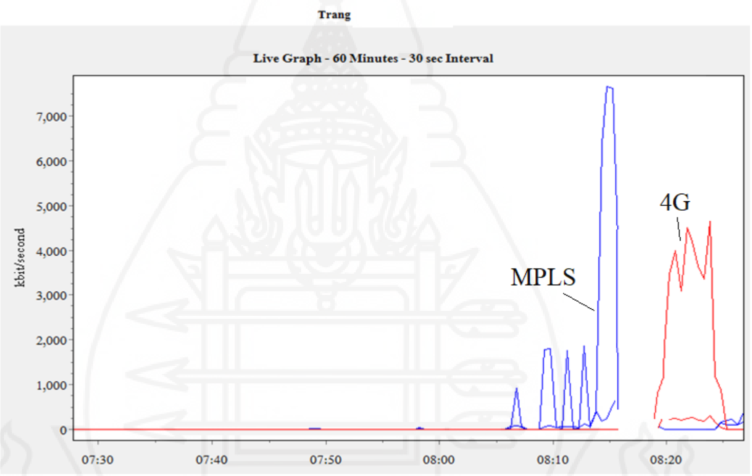
Packet sent with a source address of 192.xxx.154.1

!!

!!
!!
!!
!!
!!
!!
!!!!!!!!!!

Success rate is 100 percent (500/500), round-trip min/avg/max = 44/60/108 ms

ผลคุณภาพของอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายด้วยการ Download ข้อมูลขนาด 86.9 MB



ภาพที่ 4.30 กราฟอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายตรัง

MPLS ใช้เวลาในการ Download 1 นาที

4G ใช้เวลาในการ Download 5 นาที

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปการวิจัย

ผลการทดสอบการออกแบบและติดตั้งระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G กับสาขาตัวอย่างทั้งสิบสาขาสามารถเมื่อคิดเป็นค่าเฉลี่ยนอยู่ที่ 99.83% สรุปได้ดังตารางสรุปผลการทดสอบด้านล่างดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดสอบระบบเครือข่ายสำรองโดยใช้เทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

สาขาทดสอบ	**ความพร้อมใช้งานเครือข่ายสำรอง**		**ค่าเฉลี่ยวามหน่วงของเครือข่าย**		**ความเร็วในการDownload ไฟล์ขนาด 86.9 MB**	
	นาที	เปอร์เซ็นต์	MPLS	4G	MPLS	4G
เชียงใหม่	2 นาที	99.86%	12 ms	41 ms	5 นาที	2 นาที
ลำพูน	3 นาที	99.79%	20 ms	44 ms	5 นาที	3 นาที
สมุทรสาคร	3 นาที	99.79%	9 ms	34 ms	5 นาที	3 นาที
นครปฐม	2 นาที	99.86%	4 ms	35 ms	5 นาที	7 นาที
ชลบุรี	2 นาที	99.86%	12 ms	32 ms	5 นาที	7 นาที
สัตหีบ	3 นาที	99.79%	5 ms	33 ms	1 นาที	4 นาที
นครราชสีมา	2 นาที	99.86%	26 ms	34 ms	5 นาที	2 นาที
ขอนแก่น	3 นาที	99.79%	6 ms	35 ms	0.5 นาที	4 นาที
สุราษฎร์ธานี	2 นาที	99.86%	89 ms	52 ms	3 นาที	13 นาที
ตรัง	2 นาที	99.86%	23 ms	60 ms	1 นาที	5 นาที

จากตารางที่ 5.1 เมื่อทำการทดสอบระบบสำรองเครือข่ายสาขาด้วยเทคโนโลยี 4G พบว่าในแต่ละ

สาขามีสภาพพร้อมใช้อยู่ในช่วง 2-3 นาทีหรือ 99.79% - 99.86% ต่างกันออกไปโดยค่าเฉลี่ยของความหน่วงของเส้นทางเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันระหว่าง MPLS กับ 4G โดยส่วนใหญ่เครือข่าย 4G จะมีความหน่วงเวลาสูงกว่า และในส่วนการทดสอบ Download ไฟล์ขนาด 86.9 MB เครือข่าย 4G จะทำเวลาได้ดีกว่า

2. อภิปรายผล

จากการทดสอบพบว่าระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G สามารถทำให้เครือข่ายสาขามีสภาพพร้อมใช้งานสูงจากการทดสอบหากเกิดปัญหากับเครือข่ายหลักที่เป็น MPLS เครือข่าย 4G จะพร้อมทำงานในเวลา 2-3 นาทีเท่านั้น แต่ในการทดสอบเรื่องประสิทธิภาพของการให้บริการเครือข่ายเปรียบเทียบกันระหว่างเครือข่ายที่เป็น MPLS กับ 4G พบว่าความหน่วงเวลาของเครือข่าย 4G สาขา 7 ใน 10 สาขามีค่าเยอะกว่าถึงเท่าตัว และเมื่อทดสอบการDownload ไฟล์ขนาด 86.9 MBพบว่าเครือข่ายที่เป็น MPLS มีเสถียรภาพมากกว่าโดยหากพิจารณาจากกราฟการ Download ข้อมูลจะเห็นได้ว่าสาขา 7 ใน 10 สาขาจะใช้เวลาที่ใกล้เคียงกันและมีปริมาณแบนด์วิดท์ที่เท่ากันจากการควบคุมการให้บริการจากเครือข่ายผู้ให้บริการตามเนื้อหาในข้อ 3.2 ในการขอเปิดใช้บริการเช่าช่องสัญญาณวงจรเช่ากับผู้ให้บริการแต่หากพิจารณาลงไปอีก 3 สาขาได้แก่สัตหีบ ขอนแก่น ตรัง จะพบว่าหากผู้ให้บริการไม่ได้ควบคุมการให้บริการแบนด์วิดท์จะทำให้อัตราการ Download เพิ่มขึ้นและใช้เวลาลดลงทันที แต่ในส่วนของเครือข่าย 4G นั้น อัตราการ Download ไม่มีความเสถียรถึงแม้จะดูว่ามีอัตรา download ที่ดีกว่าแต่ในความเป็นจริงหากนำผลการ tracerouteของแต่ละสาขามาพิจารณาจะพบว่าเครือข่าย 4G เป็นเครือข่ายที่เชื่อมโยงกันในโครงข่าย internetwork ทำให้การส่งผ่านข้อมูลไม่สามารถควบคุมได้แบบเครือข่าย MPLS และผลการ Download ในบางสาขาเช่นสาขาสุราษฎร์ธานีก็แสดงผลให้เห็นถึงความไม่มีเสถียรภาพนั้น

ทั้งนี้หากนำข้อจำกัดของเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ที่เกิดขึ้นหลายประการ เช่น พื้นที่ที่สามารถให้บริการ ข้อจำกัดของสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า ข้อจำกัดของจุดอับสัญญาณ และขนาดของความเร็วเมื่อต้องการความเร็วที่สูงมากขึ้นให้เทียบเท่าสายใยแก้วนำแสง เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G สามารถให้บริการความเร็วได้สูงสุดที่ 1 Gbps ในช่วง low mobility แต่สายใยแก้วนำแสงสามารถให้บริการการสื่อสารข้อมูลรวดเร็วถึงที่ 10 Gbps ทุกช่วงเวลาจะเห็นได้ว่าหากนำมาใช้จริงข้อจำกัดต่างๆที่เกิดขึ้นยังคงเป็นพารามิเตอร์ที่ต้องพิจารณา

ถึงแม้ว่าผลของงานวิจัยนี้จะได้ผลออกมาดีในทั้งความเร็วในการกู้คืนระบบ ความสามารถในการรองรับปริมาณการใช้งานทั้งขนาดและความเร็ว แต่ในความเป็นจริงผู้ที่จะนำผลของงานวิจัยนี้ไปใช้ยังคงจำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัยอีกหลายประการ ทั้งมุมของทางเทคโนโลยี มุมมองของงบประมาณ หรือแม้กระทั่งมุมมองของการบำรุงรักษาระบบที่บางจุดยังคงต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญในระบบเครือข่าย และหากจะพิจารณาถึงเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลสารสนเทศในปัจจุบันเทคโนโลยีสื่อสารทางเครือข่ายมีมากมายที่ผู้ใช้งานสามารถพิจารณาถึงความเหมาะสมสำหรับธุรกิจและองค์กรของตนได้

แต่ด้วยปริมาณการใช้งานเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของสำนักงานสาขายังมีการใช้งานในปริมาณน้อยกว่ามาตรฐานของการออกแบบระบบด้วยหลายปัจจัยเช่น ช่วงเวลาการทำงาน รูปแบบการทำงาน หรือแม้แต่ต้นทุนราคาของเทคโนโลยีถูกลงมากทำให้การขอใช้บริการเครือข่ายวงจรเช่ามีต้นทุนของขนาดแบนด์วิดท์ที่ใหญ่กว่าไม่ต่างจากราคาของช่องสัญญาณที่เล็กกว่า ด้วยปัจจัยเหล่านี้จึงทำให้ไม่สามารถทดสอบความสามารถของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศไว้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพที่ควรจะเป็น

3. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำขึ้นภายใต้ข้อจำกัดของสถาปัตยกรรมเครือข่ายของบริษัทมหาชนแห่งหนึ่งซึ่งมีที่ตั้งสำนักงานอยู่ในเขตตัวเมืองที่มีเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ครอบคลุมการให้บริการ มีปริมาณการใช้งานที่แน่นอนและไม่สูงมากนัก จึงอยากให้ผู้สนใจในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิจัยเพิ่มเติมกว่าข้อจำกัดที่ผ่านมาแล้วขั้นต้นทั้งนี้ในรูปแบบงานวิจัยนี้ทำอยู่บนเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ยังไม่ได้ทำการทดสอบกับเครือข่ายไร้สายแบบอื่นๆ เพื่อนำมาเป็นระบบสำรอง หากในอนาคตเทคโนโลยีไร้สายเปลี่ยนไปผู้วิจัยมีความประสงค์ให้มีงานวิจัยที่คล้ายกันนี้เกิดขึ้นอีก

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

Khunpai's Blog. (2013). มหากาพย์ 3G ประเทศไทย บทเรียนในอดีต สู่ปัจจุบัน และก้าวย่างต่อไปในอนาคต.สืบค้นจากhttps://khunpai.wordpress.com/

กรกช วิไลลักษณ์. (2563). การสื่อสารข้อมูลและระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์. (พิมพ์ครั้งที่ 3). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เกศรินทร์ กลัดกุ่ม. (2559). “ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้งานเทคโนโลยีเครือข่ายมือถือ 4G ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์”. NBTC Journal, 2 (December 2016), 445-465.

โกสินทร์ จำนงไทย. (2560). การทำวิจัยและเขียนบทความวิจัย ในสายงานวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และวิทยาศาสตร์. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จตุชัย แพงจันทร์, และ อนุโชต วุฒิพรพงษ์ (2546). เจาะระบบ Network ฉบับสมบูรณ์. นนทบุรี: ไอดีซี.

พงศ์พันธุ์ ปริยวงศ์. (2555). เครือข่ายโมบายล์แบ็กฮอลล์ 3G/4G. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพโรจน์ ไววานิชกิจ. (2555). 3.5 สู่ 4G จากเทคโนโลยีสู่โลกธุรกิจ กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ไพโรจน์ ไววานิชกิจ. (2559). "4G Voice over LTE สมรภูมิการแข่งขันระหว่างผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ กับผู้ประกอบการ OTT" .NBTC Journal, 2 (December 2016), 252-281.

มาโนช วงศ์ธนกุญชร. (2552, มีนาคม 8). โทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 4. สืบค้นจาก http://oknation.nationtv.tv/blog/itm0132/2009/03/08/entry-3

วิวัฒนาการของเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่. (2016). สืบค้นเมื่อ พฤษภาคม 20, 2563, จาก https://techspaceofatul.files.wordpress.com/2016/09/gen.jpg?w=1024&h=432.

สมเกียรติ รุ่งเรืองลดา. (2551). คู่มือดูแลระบบ Network ฉบับมืออาชีพ. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.

อุทัยวรรณ จรุงวิฎู.(2556). ระบบสารสนเทศทางการบัญชี. (พิมพ์ครั้งที่ 10).นนทบุรี: สุโขทัยธรรมาธิราช.

เอกสิทธิ์ วิริยาจารี. (2548). เรียนรู้ระบบเน็ตเวิร์กจากอุปกรณ์ของ Cisco ภาคปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เอ็นซีเอส เน็ทเวิร์ค คอมมูนิเคชั่น โซลูชั่น. (ม.ป.ป.). สายใยแก้วนำแสง (Fiber Optic Cable) คืออะไร. สืบค้นจากhttps://www.ncsnetwork.com/tips_details.php?xid=12.

Aaron. (2020). How to Enable & Disable Ping (ICMP Echo Requests) in Windows Server 2019 Firewall. Retrieved fromhttps://www.layerstack.com/resources/tutorials/How-to-enable-Ping-in-Windows-Server-2019-Firewall.

Apana Bhat. (2015). "EVOLUTION OF 4G: A STUDY". International Journal of Innovative Research in Computer Science & Engineering (IJIRCSE), 1(3), 18-23.

Bin Wang .(2011, August). The research of BGP convergence time. Paper presented at 6th IEEE Joint International Information Technology andArtificial Intelligence Conference,Chongqing, China. Abstract retrieved from https://www.researchgate.net/publication/252047565_The_research_of_BGP_convergence_time

Ludovicferre. (2010). Enterprise private network with leased lines and dial-up. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Leased_line#/media/File:EPN_Leased_Line_and_dial-up_Network.svg .

Ruhani Ab Rahman, Farah Adwina Alias, Murizah Kassim, Mat Ikram Yusof and Habibah Hashim. (2015). "Implementation of High Availability Concept Based on Traffic Segregation Over Mpls-te". ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 10(3), 1295-1301.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

บทความตีพิมพ์การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 43

ระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

High Availability Branch Network Backup Systems Using 4G Mobile Network Technology

ชัชวาล พานวงษ์, ขจิตพรรณ กฤตพลวิมาน และ ศรันย์ นาคนอม
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แขนงวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
chatchavarn.pan@mystou.net

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G กระบวนการวิจัยประกอบด้วย 1) ออกแบบระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงด้วยเทคโนโลยี 4G โดยพิจารณาร่วมกับต้นทุนระบบ 2) ติดตั้งและทดสอบระบบเครือข่ายสำรองสาขาด้วย 4G ผ่านระบบ PRTG และ 3) ประเมินผลความพร้อมใช้งานสูงของระบบโดยการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความพร้อมใช้งานระบบ ผลการวิจัยพบว่าระบบเครือข่ายสำรองที่นำเสนอสามารถทำงานทดแทนเครือข่ายหลักตามการคำนวณได้ 99.79%

คำสำคัญ: ระบบเครือข่ายสำรองสาขา ความพร้อมใช้งานสูง เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G

Abstract

This research paper presented the high availability branch network backup systems using 4G mobile network technology. The research methodology consisted of 1) designing high availability branch network backup systems with 4G technology regarding business cost, 2) installing and testing the Branch network backup systems based 4G with PRTG system, and 3) evaluating high availability of systems based on system availability percentage calculation. The results showed that the proposed network backup systems were able to replace the main network according to the calculation at 99.79% benchmark.

Keywords: Branch Network Backup Systems, High Availability, 4G Mobile Network Technology

1. บทนำ

สำหรับองค์กร ที่ให้บริการเครือข่าย ขนาดใหญ่ที่มีสำนักงานสาขาทั่วประเทศ มีการ ใช้งาน โครงสร้าง พื้นฐานสำหรับให้บริการเครือ ข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นเครือ ข่ายบริเวณกว้างหรือเครือข่ายแบบ WAN ครอบคลุมพื้นที่ข้ามจังหวัดมีการติดตั้งระบบเครือข่าย Leased Line ให้สามารถรองรับความต้องการใช้งานแบนด์วิดท์ที่สูงโดยใช้เทคโนโลยีใยแก้วนำแสงระบบเครือข่าย Leased Line ที่ใช้ใยแก้วนำแสงปัจจุบันเมื่อเกิดปัญหาทางกายภาพ เช่น สายใยแก้วขาด จะใช้เวลาในการแก้ไข 6-8 ชั่วโมง[1] ในพื้นที่ต่างจังหวัดหรือตามสาขาต่างจังหวัดโดยมีการอ้างอิงมาตรฐานข้อตกลงการให้บริการเครือข่าย Leased Line ของผู้ให้บริการเครือข่ายแห่งหนึ่งในประเทศไทย

ซึ่งหากนำมาวิเคราะห์ค่าเสียหายต่อธุรกิจแล้วทำให้เห็นว่าระบบ เครือข่าย สำรองสาขา เป็นสิ่งสำคัญ ที่สามารถสร้างความพร้อม ใช้งานสูง ให้แก่เครือข่าย สารสนเทศ แต่ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากระบบเครือ ข่ายสำรองสาขา ควรมีค่าใช้จ่าย ที่ต่ำกว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นเพื่อ ให้การลงทุนในระบบเครือข่ายสำรองมีจุดคุ้มทุนหรือ B.E.P (Break Even Point) ทำให้ระบบเครือข่ายสำรองสามารถติดตั้งและนำมาใช้งานได้ในทางธุรกิจ

งานวิจัยนี้นำเสนอการใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G สำหรับใช้เป็นระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่สามารถรองรับความต้องการใช้งานเครือข่ายปริมาณมากได้โดยไม่ติดข้อจำกัดทางด้านกายภาพเช่นเดียวกับเครือข่าย Leased Line ใยแก้วนำแสงและมีต้นทุนบริการต่ำเนื่องจากสภาวะการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบัน งานวิจัยนี้ใช้แนวทางการทำงานบนระบบเครือข่ายแบบ MPLS (Multiprotocol Label Switching)[2] ที่สามารถตัดสินใจในการส่งต่อและปรับขนาดข้อมูลแบบ end to end ร่วมกับโพรโทคอลสำหรับการกำหนดเส้นทางภายนอกแบบ BGP (Border Gateway Protocol) ทำให้เครือข่าย Leased Line ใยแก้วนำแสงกับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G สามารถเชื่อมประสานเข้าด้วยกันสามารถพัฒนาเป็นระบบเครือข่ายสำรองสาขาได้

2. กรอบแนวคิดและกระบวนการวิจัย

การวิจัยนี้ ได้ทำการ ออกแบบ ระบบเครือข่ายสำรองสาขา ให้มีความพร้อมใช้งาน สูงโดยใช้เทคโนโลยี เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G โดยใช้ หลักการทำงานของ MPLS และ BGP ออกแบบ และติดตั้งระบบเครือข่ายสำรองสาขา ให้แก่สำนักงานสาขา 10 สาขา ซึ่งตั้งอยู่ใน 5 ภูมิภาค ของประเทศไทย ได้มีการคัดเลือก 2 สาขาแรก ของแต่ละภูมิภาค ที่มีการใช้งานเครือข่ายเฉลี่ยมากที่สุด แล้วนำมาเปรียบเทียบ ผลด้วยเครื่องมือ

CP-12

ซอฟต์แวร์ตรวจสอบเครือข่าย PRTG (Paessler Router Traffic Grapher) มีการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณ การใช้งานเครือข่ายจากอุปกรณ์ Router 4G ที่ตั้งอยู่ตามสาขากลุ่มตัวอย่างด้วยโพรโทคอลสำหรับการรับส่งข้อมูลบนเครือข่าย SNMP (Simple Network Management Protocol) [3] จากนั้นนำมาวิเคราะห์สภาพพร้อมใช้งานสูงของ ระบบเครือข่ายสำรองสาขาด้วย เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย 3 ขั้นตอนได้แก่

2.1 การออกแบบระบบเครือข่ายสำรองสาขา

ดำเนินการโดยรวมระบบเครือข่าย Leased Line ใยแก้วนำแสงเข้ากับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G โดยใช้เทคนิคการสวิตชิงเครือข่ายแบบ MPLS ทำงานภายใต้ BGP routing เพื่อให้เครือข่ายหลักและเครือข่ายสำรองตรวจสอบสถานะการทำงานกันสามารถคำนวณและ เปลี่ยนเส้นทาง เครือข่ายกันแบบ อัตโนมัติ [4 - 6] จากนั้นคำนวณจุดคุ้มทุนตามสมการที่ (1)

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ยอดขาย (ต่อนาทีในเวลางาน 8 ชั่วโมง)}}{\text{ยอดขาย (ต่อเฉลี่ยนาที) - ต้นทุนระบบสำรอง (ต่อนาที)}} \quad (1)$$

ยอดขาย = ค่าเสียหายจากการขายเมื่อระบบเครือข่ายไม่สามารถให้บริการได้ในเวลางานคิดที่ 8 ชั่วโมง

ต้นทุนระบบสำรอง = ต้นทุนคงที่ค่าเช่าใช้ระบบรายเดือนหารเป็นจำนวนนาที

2.2 การตรวจสอบระบบเครือข่ายสำรองสาขา

มีการติดตั้งซอฟต์แวร์ตรวจสอบเครือข่ายที่ได้ออกแบบและติดตั้ง แล้วโดยใช้ PRTG ที่สำนักงานใหญ่และ Router ระบบเครือข่ายสำรองที่สำนักงานสาขากลุ่มตัวอย่าง ทั้ง 10 สาขาที่ได้รับการคัดเลือกตามปริมาณการใช้งาน ทั้ง 5 ภูมิภาค ภาคเหนือได้แก่ เชียงใหม่ ลำพูน ภาคกลางได้แก่ สมุทรสาคร สุพรรณบุรี ภาคตะวันออกได้แก่ ชลบุรี ระยอง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้แก่ นครราชสีมา ขอนแก่น ภาคใต้ได้แก่
สุราษฎร์ธานี ตรัง

2.3 การวิเคราะห์ผลและประสิทธิภาพการใช้งาน

งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่พัฒนาขึ้นว่ามีสภาพพร้อมใช้งานสูงเพียงใดโดยอ้างอิงตารางการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความพร้อมใช้งานระบบหรือ HA (High Availability) [5] โดยคิดเปอร์เซ็นต์ความพร้อมใช้งานของระบบต่อวันหน่วยเป็นนาทีดังสมการที่ (2) และ (3)

$$\text{ความพร้อมใช้งานต่อวัน} = \frac{(A - Q) \times 100}{A} \quad (2)$$

โดย

A = สภาพพร้อมใช้งาน 100% ใน 1 วันคิดเป็น 1,440 นาที

Q = ค่าเฉลี่ย Down Time ที่เกิดขึ้นจากระบบ PRTG ต่อวัน

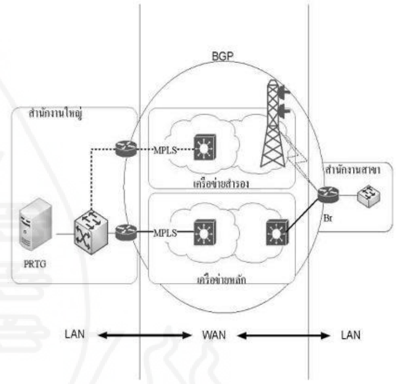
$$Q = \left(\sum \text{down time (นาที)} \div \sum \text{down time (ครั้ง)} \right) \quad (3)$$

3. ผลการวิจัย

จากกรอบแนวคิดและกระบวนการวิจัยตามขั้นตอนดำเนินงานทั้ง 3 ขั้นตอนได้ผลการวิจัยดังนี้

3.1 ผลการออกแบบระบบเครือข่ายสำรองสาขา

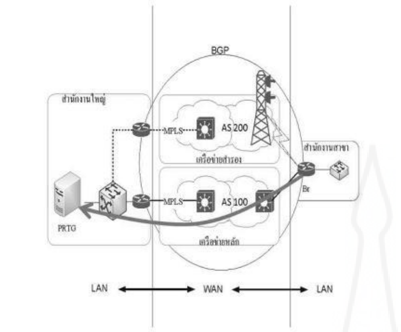
ระบบเครือข่ายหลักและระบบเครือข่ายสำรองได้ถูกออกแบบให้แบ่งการทำงานเป็นเครือข่ายเป็นสองประเภทโครงสร้างได้แก่ สำนักงานใหญ่และสาขาเป็นโครงสร้างแบบเครือข่ายท้องถิ่นหรือแลนโดยมีเครือข่าย Leased Line ที่ใช้ใยแก้วนำแสง กับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ทำงานอยู่บนโครงสร้างเครือข่ายแบบเครือข่ายบริเวณกว้างหรือเครือข่าย WAN ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ออกแบบเครือข่ายหลักและสำรองสาขา

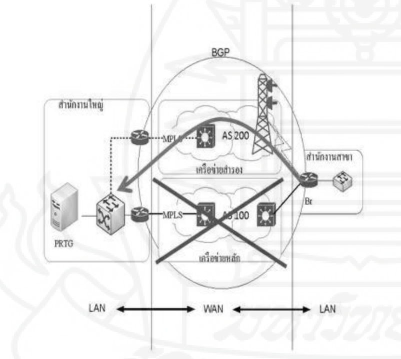
จากรูปที่ 1 แสดงรูประหว่างเครือข่ายท้องถิ่นทั้งสองเครือข่าย เชื่อม กัน ผ่าน เครือ ข่าย บริเวณ กว้าง ทำงาน อยู่บนเทคโนโลยีเครือข่ายแบบ MPLS โดยทั้งสองเครือข่ายถูกควบคุมเส้นทาง ข้อมูล ด้วย BGP routing อีกชั้น หนึ่ง ด้วยการ ค้นหาเส้นทางตามคุณสมบัติของกลไกการควบคุมเส้นทางที่อยู่ในฐานข้อมูล BGP Routing Table และเลือกเส้นทางที่ถูกกำหนดตามนโยบาย AS Number ในการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลต่อไปยัง Node ที่มีตาราง AS Number ที่ถูกตั้งนโยบายไว้เหมือนกัน

CP-12



รูปที่ 2 แสดงการส่งข้อมูลจากสาขาและสำนักงานใหญ่ผ่านเครือข่ายหลัก

จากรูปที่ 2 จะเห็นเส้นแสดงการส่งข้อมูลสีเขียวผ่านเส้นทางเครือข่ายหลักที่มีการตั้งค่า BGP AS number 100 ตามนโยบายที่กำหนดค่าไว้ในฐานข้อมูล BGP routing เป็นเส้นทางหลัก และตั้งค่า BGP AS number 200 ให้เครือข่ายสำรอง เมื่อ Router สาขาตรวจสอบพบเส้นทางตามการกำหนดนโยบาย BGP AS number จึงส่งข้อมูลมายังเส้นทางหลัก ที่เป็นใยแก้วนำแสงตามกลไก และเมื่อเส้นทางเครือข่ายหลักหยุดทำงานลง ค่า BGP AS number จะถูกตั้งค่าใหม่และคำนวณเส้นทางตาม BGP AS number เมื่อกลไก BGP ตรวจพบว่ายังคงมี BGP AS number 200 เป็นเส้นทางของเครือข่ายตาม Routing table ของตนเองจะทำการส่งข้อมูลไปยังเส้นทางของเครือข่ายสำรองสาขาด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G



รูป 3 แสดงการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายสำรอง 4G ที่มีค่า BGP AS number 200

จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าเมื่อเครือข่ายหลักหยุดการทำงานลงกลไกของ BGP จะแจ้งให้ Router ส่งข้อมูลไปทางเครือข่ายสำรองดังแสดงด้วยเส้นสีเขียวแทนเครือข่ายหลัก

เมื่อระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่ออกแบบเรียบร้อยแล้วจะถูกนำมาวิเคราะห์ต้นทุนระบบเครือข่ายสำรองโดยยอดขายคิดจากขั้นต่ำของสาขา 100,000 บาทต่อวัน คิดรวมที่ 8 ชั่วโมงทำงาน และต้นทุนระบบคิดจากต้นทุนการเช่าใช้บริการเครือข่ายหลักพร้อมเครือข่ายสำรอง 4G ราคา 20,000 ต่อเดือน ดังแสดงในสมการที่ (4) อ้างอิงสมการที่ (1)

ตารางที่ 1 แสดงต้นทุนเปรียบเทียบค่าเสียหายกับระบบเครือข่ายสำรอง

จำนวนนาที	ยอดขาย (บาทต่อนาที)	ต้นทุนระบบสำรอง (บาทต่อนาที)
นาทีที่ 1	405	0.46
นาทีที่ 2	810	0.92
นาทีที่ 3	1,215	1.38
นาทีที่ 4	1,620	1.84

ใช้ตารางที่ 1 อ้างอิงนาทีที่ 1 ในการคำนวณ

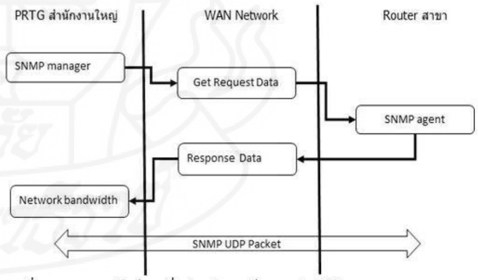
$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{405 บาท (ต่อนาทีในเวลางาน 8 ชั่วโมง)}}{\text{405 บาท (ต่อเฉลี่ยนาที) - 0.46 บาท (ต่อนาที)}} \quad (4)$$

จุดคุ้มทุน = 1.001 นาที

เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนค่าเสียหายจากระบบหยุดการทำงาน ผู้วิจัยผลพบว่า ต้นทุนระบบมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่หนึ่งนาทีแรกดังนั้น ระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G ที่ได้ออกแบบสามารถนำไปติดตั้งเพื่อการวิเคราะห์ผลและประสิทธิภาพการใช้งาน

3.2 การตรวจสอบระบบเครือข่ายสำรองสาขา

ผลจากการติดตั้ง PRTG และ Router สาขาโดย PRTG สำนักงานใหญ่ที่มี SNMP manager ติดตั้งอยู่จะส่งการร้องขอข้อมูลการใช้งานแบนด์วิทด์ผ่านไปยังเครือข่ายWANเพื่อไปขอข้อมูลจาก Router ที่มี SNMP agent ติดตั้งอยู่จากนั้น SNMP agent จะส่งข้อมูลกลับมายัง SNMP manager ผ่านเครือข่าย WAN ดังภาพที่ 2

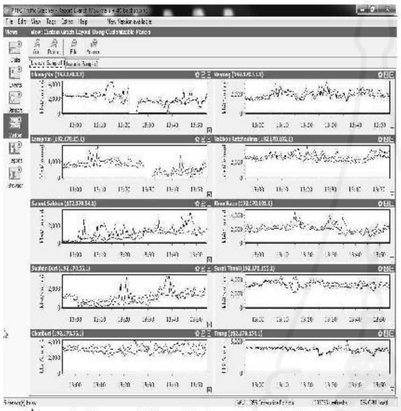


รูปที่ 4 ระบบ PRTG ดึงข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลและประสิทธิภาพระบบ

จากรูปที่ 4 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ PRTG ในการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ผลของระบบ โดย PRTG ที่ติดตั้งอยู่ที่สำนักงานใหญ่จะสร้าง SNMP Manager เพื่อส่งคำร้องขอข้อมูล

CP-12

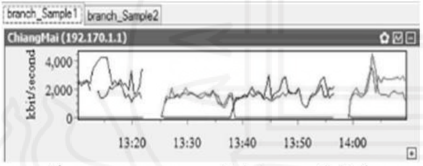
(Get Request Data) ลงไปยังเครือข่าย WAN เมื่อถึง Router สาขาที่มี SNMP Agent ติดตั้งอยู่ Router จะส่งข้อมูล (Response Data) ที่ PRTG ร้องขอกลับมายัง PRTG (Network bandwidth) เมื่อ PRTG ได้ข้อมูลจาก Router จะเก็บรวบรวมไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรมและแสดงผลออกมาในรูปแบบกราฟดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การวัดปริมาณการใช้งานเครือข่ายของสาขากลุ่มตัวอย่างด้วย PRTG

3.3 การวิเคราะห์ผลและประสิทธิภาพการใช้งาน

เมื่อประเมินผลประสิทธิภาพ ระบบเครือข่ายสาขาเชียงใหม่ ซึ่งเป็น 1 ใน 10 ตัวอย่างพบว่าระบบเครือข่ายสำรองสาขาโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G พบว่าเมื่อทำให้เครือข่ายหลักหยุดทำงานระบบเครือข่ายสาขาจะหยุดการเชื่อมต่อกับสำนักงานใหญ่เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเครือข่ายสำรองสาขาจะทำงานขึ้นมาทดแทนดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงผลการทดสอบระบบเครือข่ายสำรองสาขาเชียงใหม่

จากรูปที่ 6 ในการทดสอบครั้งที่หนึ่งจะเห็นเส้นสีน้ำเงินแสดงปริมาณการใช้งานเครือข่ายหลักในเวลา 13:20 - 13:22 มีปริมาณแบนด์วิดท์เฉลี่ยอยู่ที่ 2,000 kbit/sec เมื่อเครือข่ายหลักหยุดทำงานเครือข่ายสำรอง 4G จะทำงานในเวลา 13:25 แสดงในรูปกราฟเส้นสีแดง มีปริมาณแบนด์วิดท์เฉลี่ยอยู่ที่ 2,000 kbit/sec เมื่อเครือข่ายหลักกลับมาทำงานในเวลา 13:38 เครือข่ายสำรองจะหยุดทำงานลงทันทีในช่วงเวลาเดียวกัน ในการทดสอบครั้งที่สองในเวลา 13:56 เมื่อเครือข่ายหลักหยุดทำงานลงเครือข่ายสำรองจะทำงานทดแทนในเวลา 13:59 และมีปริมาณการใช้งานแบนด์วิดเฉลี่ยอยู่ที่ 2,000 Kbit/sec ใกล้เคียงกับเครือข่ายหลักก่อนหยุดทำงานสามารถนำมาคำนวณสภาพพร้อมใช้งานตามสมการที่ (5) และ (6) อ้างอิงสมการที่ (2) และ (3) ได้ดังนี้

A = 1,440 นาที

Q = 3 นาที (Down Time ที่ระบบ PRTG ตรวจสอบพบ 2 ครั้ง)

Q = $\sum$ down time (นาที) ÷ $\sum$ down time (ครั้ง))

แทนค่า

$$Q = (3+3) \div 2$$

$$Q = 3 \qquad (5)$$

$$\text{สภาพพร้อมใช้งานต่อวัน} = \frac{(1{,}440 - 3) \times 100}{1{,}440} \qquad (6)$$

สภาพพร้อมใช้งานต่อวัน = 99.79 %

4. สรุปผลการวิจัย

สรุปผลระบบเครือข่ายสำรองสาขาที่มีสภาพพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 4G มีสภาพพร้อมใช้งานในเวลา 3 นาที และมีประสิทธิภาพการใช้งานใกล้เคียงกับเครือข่ายหลักโดยอ้างอิงผลตามหลักความพร้อมใช้งานอยู่ในระดับ 99.79 % ต่อวันเมื่อทดสอบให้เกิด Down Times 2 ครั้ง

จากการวิจัยนี้พบข้อจำกัดของเครือข่าย 4G ขึ้นในหลายประการ เช่น พื้นที่ที่สามารถให้บริการ , ข้อจำกัดของสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า , ข้อจำกัดของจุดอับสัญญาณ และขนาดของความเร็วเมื่อต้องการความเร็วที่สูงมากขึ้นให้เทียบเท่า Leased Line ใยแก้วนำแสง เนื่องจากปัจจุบันเครือข่าย 4G สามารถให้บริการความเร็วได้สูงสุดที่ 1Gbps ในช่วง low mobility แต่ใยแก้วให้บริการการสื่อสารข้อมูลรวดเร็วถึง ที่ 10Gbps ทุกช่วงเวลา จะเห็นได้ว่าหากนำมาใช้จริงข้อจำกัดต่างๆที่เกิดขึ้นยังคงเป็นพารามิเตอร์ที่ต้องพิจารณา

เอกสารอ้างอิง

[1] Service Level Agreement (SLA) MPLS, Ethernet Fiber and DDN. True Corporation Public Company Limited. http://www3.truecorp.co.th/truebusiness สืบค้น 05/02/2020

[2] พงศ์พันธุ์ ปริยวงศ์ (2555). เครือข่ายโมบายล์แบ็กฮอลล์ 3G/4G (พิมพ์ครั้งที่ 1 สนพ.จุฬาฯ). บทที่ 4 เครือข่ายโมบายล์แบ็กฮอลล์บนโพรโทคอล T-MPLS และ MPLS-T

[3] Technical Support & Documentation - Cisco Systems. (October 10, 2006) Understanding Simple Network Management Protocol (SNMP) Traps. https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs. สืบค้น 06/02/2020

[4] Cisco Validated Design. Traditional WAN Design Summary. Tradition WAN Architecture page 7. Cisco Systems, Inc., 170 West Tasman Drive, San Jose, CA 95134-1706 USA.

CP-12

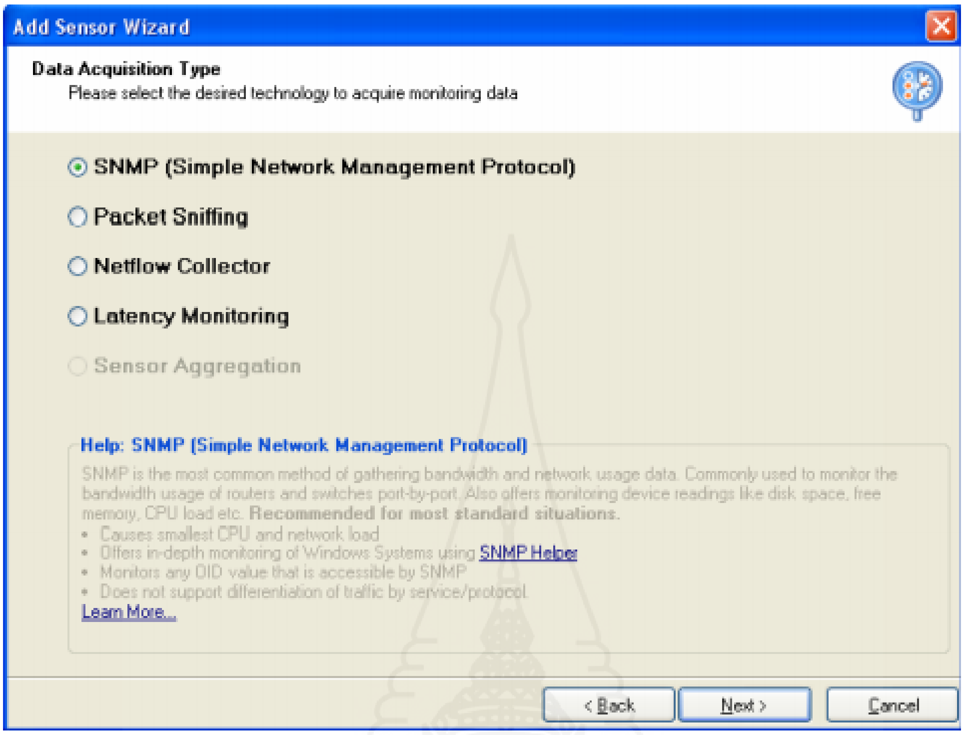
ภาคผนวก ข
ขั้นตอนการตั้งค่าโปรแกรมประยุกต์ PRTG เพื่อตรวจจับการทำงานของเครือข่าย

การตั้งค่า Sensor สำหรับการตรวจจับการทำงานของเครือข่ายด้วย PRTG

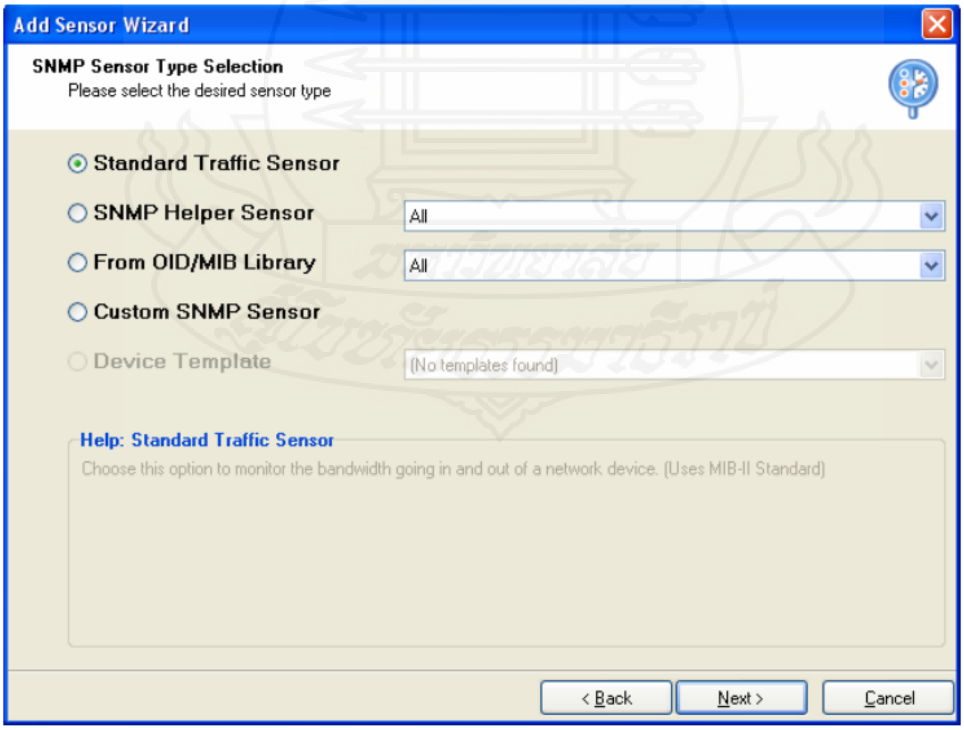
1) เลือก Click here to create your first sensor ที่หน้าจอ

2) จากนั้นจะมีหน้าจอขึ้นมาให้ทำการคลิก Next

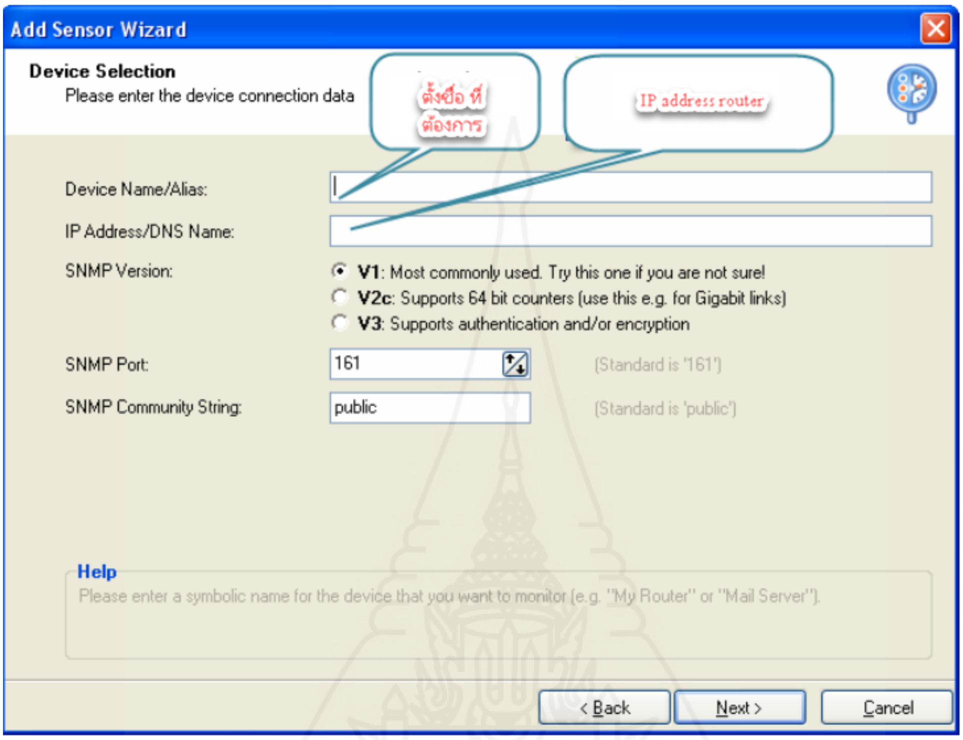
3) ให้ทำการเลือก SNMP (Simple Network Management Protocol) แล้วคลิก Next



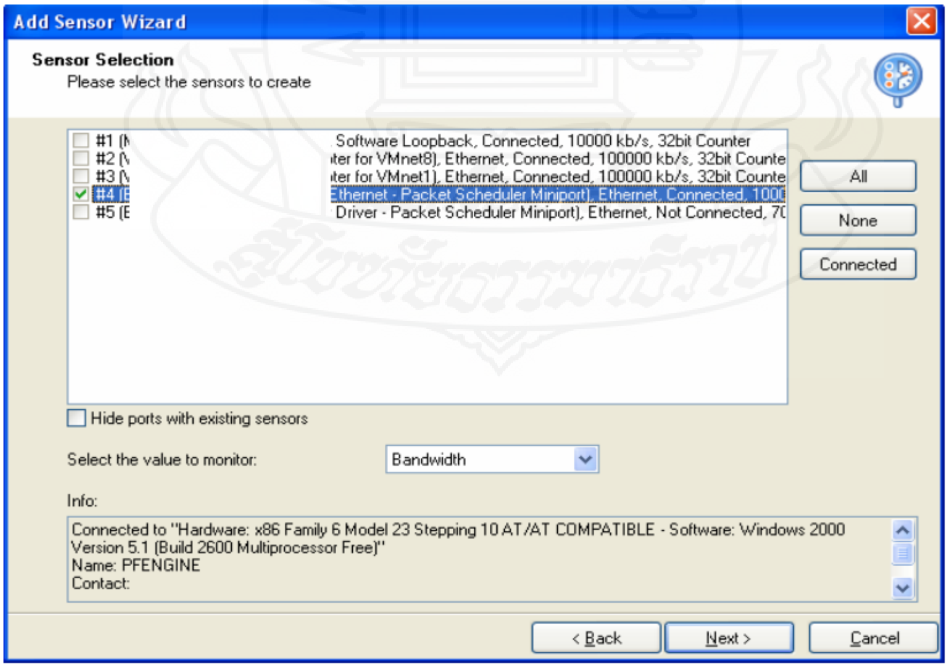
4) จากนั้นโปรแกรมจะให้เลือกรูปแบบการตรวจจับ Traffic ให้เลือกเป็น Standard Traffic Sensor แล้วทำการคลิก Next



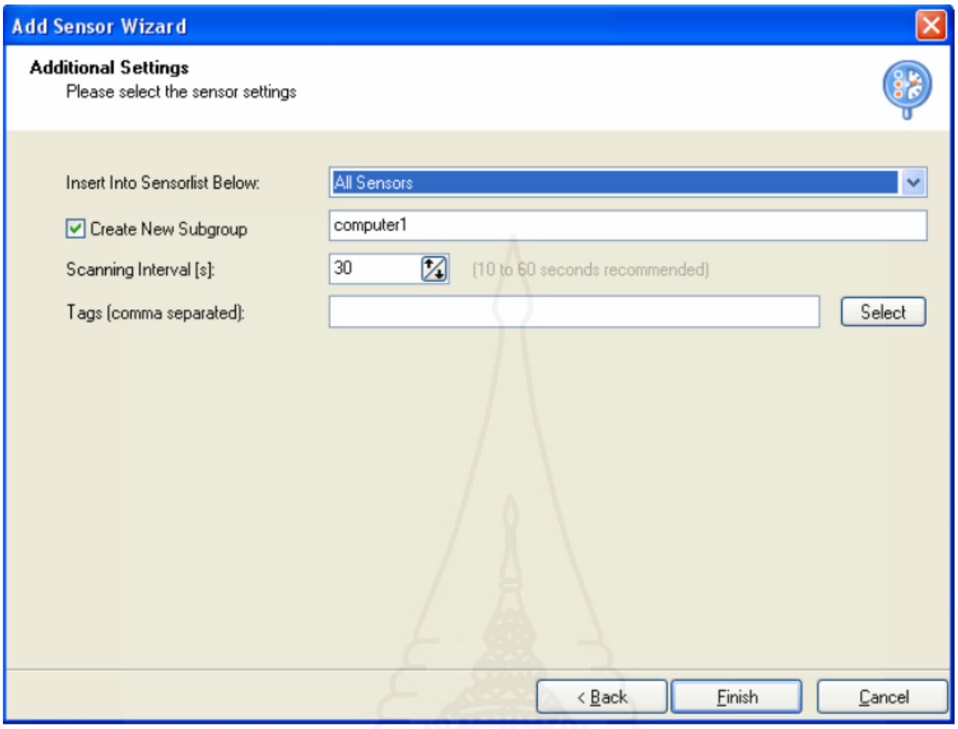
5) ในช่อง Device Name/Alias ให้ใส่ชื่อของอุปกรณ์ที่ต้องการแสดงผลในหน้าระบบ และในช่อง IP Address/DNS Name ให้ใส่ IP Address ของอุปกรณ์ที่ต้องการ Sensor จากนั้นตรวจเช็กค่า SNMP Community String ให้ตรงกับที่ตั้งค่าไว้ในอุปกรณ์ router จากนั้นคลิก Next >



6) ให้ทำการเลือก interface ที่ต้องการตรวจจับการ network traffic จากนั้นคลิก Next >



7) เลือก Finish เป็นการเสร็จสิ้นการตั้งค่า



ภาคผนวก ค

ชุดคำสั่ง Routing BGP ของแต่ละสาขา

ผลชุดคำสั่งสำนักงานใหญ่เชื่อมต่อกับสาขาเชียงใหม่

router ที่สำนักงานใหญ่

router bgp 102 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสาขา

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.2.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.2 remote-as 202 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.2 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

router ที่สาขาเชียงใหม่

router bgp 102 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสำนักงานใหญ่ }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN ที่ต้องการ }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.2.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor10.2.x.2 remote-as 202 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.2 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

ผลชุดคำสั่งสำนักงานใหญ่เชื่อมต่อกับสาขาลำพูน

router ที่สำนักงานใหญ่

router bgp 103 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสาขา }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.3.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.3 remote-as 203 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.3 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

router ที่สาขาลำพูน

router bgp 103 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสำนักงานใหญ่ }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN ที่ต้องการ }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.3.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.3 remote-as 203 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.3 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

ผลชุดคำสั่งสำนักงานใหญ่เชื่อมต่อกับสาขาสมุทรสาคร

router ที่สำนักงานใหญ่

router bgp 104 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสาขา }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.4.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.4 remote-as 204 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.4 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

router ที่สาขาสมุทรสาคร

router bgp 104 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสำนักงานใหญ่ }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN ที่ต้องการ }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.4.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.4 remote-as 204 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.4 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

ผลชุดคำสั่งสำนักงานใหญ่เชื่อมต่อกับสาขานครปฐม

router ที่สำนักงานใหญ่

router bgp 105 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสาขา }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.5.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.5 remote-as 205 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.5 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

router ที่สาขานครปฐม

router bgp 105 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสำนักงานใหญ่ }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN ที่ต้องการ }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.5.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.5 remote-as 205 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.5 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

ผลชุดคำสั่งสำนักงานใหม่เชื่อมต่อกับสาขาชลบุรี

router ที่สำนักงานใหญ่

router bgp 106 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสาขา }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.6.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.6 remote-as 206 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.6 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

router ที่สาขาชลบุรี

router bgp 106 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสำนักงานใหญ่ }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN ที่ต้องการ }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.6.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.6 remote-as 206 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.6 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

ผลชุดคำสั่งสำนักงานใหม่เชื่อมต่อกับสาขาสัตหีบ

router ที่สำนักงานใหญ่

router bgp 107 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสาขา }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.7.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.7 remote-as 207 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.7 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

router ที่สาขาสัตหีบ

router bgp 107 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสำนักงานใหญ่ }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN ที่ต้องการ }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.7.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.7 remote-as 207 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.7 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

ผลชุดคำสั่งสำนักงานใหม่เชื่อมต่อกับสาขานครราชสีมา

router ที่สำนักงานใหญ่

router bgp 108 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสาขา }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.8.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.8 remote-as 208 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.8 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

router ที่สาขานครราชสีมา

router bgp 108 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสำนักงานใหญ่ }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN ที่ต้องการ }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.8.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.8 remote-as 208 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.8 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

ผลชุดคำสั่งสำนักงานใหญ่เชื่อมต่อกับสาขาขอนแก่น

router ที่สำนักงานใหญ่

router bgp 109 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสาขา }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.9.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.9 remote-as 209 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.9 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

router ที่สาขาขอนแก่น

router bgp 109 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสำนักงานใหญ่ }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN ที่ต้องการ }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.9.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.9 remote-as 209 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.9 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

ผลชุดคำสั่งสำนักงานใหญ่เชื่อมต่อกับสาขาสุราษฎร์ธานี

router ที่สำนักงานใหญ่

router bgp 110 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสาขา }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.10.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.10 remote-as 210 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.10 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

router ที่สาขาสุราษฎร์ธานี

router bgp 110 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสำนักงานใหญ่ }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN ที่ต้องการ }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.10.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.10 remote-as 210 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.10 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

ผลชุดคำสั่งสำนักงานใหญ่เชื่อมต่อกับสาขาตรัง

router ที่สำนักงานใหญ่

router bgp 111 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสาขา }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.11.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.11 remote-as 211 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.11 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

router ที่สาขาสุราษฎร์ธานี

router bgp 111 { กำหนด As number หลักที่เชื่อมต่อสำนักงานใหญ่ }

bgp log-neighbor-changes { กำหนดใช้เส้นทางใหม่โดยใช้เส้นทางข้างเคียง }

network 10.1.x.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network WAN ที่ต้องการ }

network 192.xxx.0.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานใหญ่ }

network 192.xxx.11.0 mask 255.255.255.0 { กำหนด IP network LAN สำนักงานสาขา }

neighbor 10.2.x.11 remote-as 211 { กำหนดเส้นทางข้างเคียงด้วย As number }

neighbor 10.2.x.11 soft-reconfiguration inbound { สั่งให้ย้ายการทำงานของระบบไปเส้นทางสำรอง }

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายชัชวาล พานวงษ์
วัน เดือน ปีเกิด	27 ตุลาคม 2524
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์) มหาวิทยาลัยสวนสุนันทา
	บธ.บ. (การเงิน) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
สถานที่ทำงาน	บริษัทแคสแมท จำกัด