สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยใช้ Asterisk

A STUDY OF VOICE OVER INTERNET PROTOCOL WITH ASTERISK

T139362

โดย

ภารำไพ ธรรมดุษฎี

PARAMPAI THUMMADUSSADEE

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. ปานวิทย์ ธุวะนุติ

ว.
i.

QW.
ส468ก
2556

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....139362
วัน.เดือน.ปี.....30 ต.ค. 2558

ว.12319882

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการศึกษาอิสระ 2

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF VOICE OVER INTERNET PROTOCOL WITH ASTERISK

PARAMPAI THUMMADUSSADEE

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE

REQUIREMENTS OF THE COURSE

INDEPENDENT STUDY 2

MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2/2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2014

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองการศึกษาอิสระ 2 (INDEPENDENT STUDY 2)

เรื่อง

การศึกษาระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยใช้ Asterisk

A STUDY OF VOICE OVER INTERNET PROTOCOL WITH ASTERISK

นางสาวภารำไพ ธรรมดุษฎี

รหัสประจำตัว 55661002

ขอรับรองว่ารายงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าไม่ได้คัดลอกมาจากที่ใด

รายงานฉบับนี้ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ

การศึกษาวิชาการศึกษาอิสระ 2 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ)

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.ปานวิทย์ ธุวะนุติ)

..... กรรมการสอบ

(รศ.ดร.โชติพัชร์ ภรณวลัย)

..... กรรมการสอบ

(ผศ.ดร.กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	การศึกษาระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยใช้ Asterisk
นักศึกษา	นางสาวภารำไพ ธรรมดุษฎี
รหัสนักศึกษา	55661002
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	เทคโนโลยีเครือข่ายและระบบ
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ปานวิทย์ ธุวะนุติ

บทคัดย่อ

การติดต่อสื่อสารทั้งภายในและระหว่างองค์กรเป็นสิ่งสำคัญในการขับเคลื่อนธุรกิจ เพราะองค์กรจำเป็นต้องมีการติดต่อประสานงาน เจรจาทางการค้า รวมถึงการทำธุรกรรมต่างๆอยู่เสมอ ซึ่งในปัจจุบันโทรศัพท์ยังคงเป็นช่องทางหลักที่นิยมใช้ในการติดต่อสื่อสาร เนื่องจากทำให้องค์กรสามารถติดต่อสื่อสารกันได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยค่าใช้จ่ายในการใช้งานโทรศัพท์และค่าธรรมเนียมในการถือครองเบอร์โทรศัพท์พื้นฐานให้เพียงพอต่อการใช้งานของบุคคลากรในหลายส่วนงานนั้นจึงถือเป็นค่าใช้จ่ายจำนวนมากที่หลายองค์กรพยายามหาวิธีการเพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ สอดคล้องกับองค์กรส่วนใหญ่ในปัจจุบันจำเป็นต้องมีการใช้งานอินเทอร์เน็ตเพื่อสืบค้นข้อมูลและเป็นอีกช่องทางการติดต่อสื่อสารที่สำคัญ ทำให้มีค่าใช้จ่ายของการเช่าใช้อินเทอร์เน็ตผ่านผู้ให้บริการอยู่แล้ว ดังนั้นการประยุกต์นำเทคโนโลยีระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตเข้ามาใช้งานภายในองค์กรจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจที่จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานโทรศัพท์ได้ ทำให้องค์กรสามารถใช้งบประมาณในส่วนนี้ในการพัฒนาสินค้าและบริการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	A Study of Voice Over Internet Protocol with Asterisk
Student	Ms. Parampai Thummadussadee
Student ID	55661002
Degree	Master of Science
Program	Information Technology
Major	Network and System Technology
Academic Year	2013
Advisor	Dr. Panwit Tuwanut

ABSTRACT

The communication inside and between organizations is important to drive the business because of it always requires coordination, trade negotiations including many business transactions. Currently, the telephony is still main channel used for make more easily and quickly communication which causes a lot of organizations cost i.e. phone usage and fee for holding the phone numbers for using in several departments of organization. Many organizations are trying to find out how to reduce costs of this part. Correspond to most organizations always need to access the internet for searching and using as one of main communication channel which already contain cost of renting bandwidth from an internet service provider (ISP). Therefore, telephony on internet technologies applications is an interesting alternative to lessen the cost of communication and allow organization to use the budget to improve more efficient products and services instead.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

สารบัญ.....III

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....VII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ปัญหาและความเป็นมา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....1

1.3 ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า.....2

1.3.1 วิชาการศึกษาอิสระ1.....2

1.3.2 วิชาการศึกษาอิสระ2.....2

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....2

1.5 แผนการดำเนินการศึกษาและทดลอง.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 โมเดลมาตรฐาน OSI 7 เลเยอร์.....4

2.1.1. หน้าที่ของแต่ละเลเยอร์.....4

2.1.1.1. Application Layer.....4

2.1.1.2. Presentation Layer.....4

2.1.1.3. Session Layer.....5

2.1.1.4. Transport Layer.....5

2.1.1.5. Network Layer.....5

2.1.1.6. Datalink Layer.....5

2.1.1.7. Physical Layer.....6

2.1.2. ตัวอย่างของโปรโตคอลในแต่ละเลเยอร์.....6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2. โปรโตคอล TCP/IP.....6

2.2.1. โปรโตคอล TCP.....7

2.2.2. โปรโตคอล UDP.....8

2.2.3. โปรโตคอล RTP.....9

2.2.4. โปรโตคอล RTCP.....10

2.2.5. โปรโตคอล IP.....11

2.2.5.1. Addressing.....11

2.2.5.2. Packaging.....11

2.2.5.3. Routing.....12

2.3. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเทคโนโลยี VoIP.....12

2.3.1. ความเป็นมา.....12

2.3.2. ข้อดีในการนำเอาเทคโนโลยี VoIP มาใช้งาน.....13

2.3.3. การทำงานของ VoIP.....13

2.3.4. มาตรฐานโปรโตคอลของระบบ VoIP.....14

2.3.4.1. มาตรฐาน H.323.....15

2.3.4.2. มาตรฐาน SIP (Session Initiation Protocol).....15

2.3.4.3. มาตรฐาน IAX.....21

2.3.4.4. มาตรฐาน MGCP.....22

2.3.4.5. มาตรฐาน Skinny/SCCP.....23

2.3.4.6. มาตรฐาน UNISTIM.....23

2.3.5. มาตรฐานการเข้ารหัส CODEC.....23

2.3.5.1. G.711.....24

2.3.5.2. G.721 ,G.723 , G.726 , G.728 และ G.729A.....24

2.3.5.3. GSM.....24

2.3.5.4. ILBC.....25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.5.5. Speex.....25

2.3.6. เปรียบเทียบการใช้งานมาตรฐาน Codec แต่ละประเภท.....25

2.4. ระบบโทรศัพท์ Asterisk.....26

2.4.1. Asterisk คืออะไร.....26

2.4.2. ความสามารถของ Asterisk.....26

2.4.3. สถาปัตยกรรมของ Asterisk.....30

2.4.3.1. ส่วนประกอบภายนอกระบบโทรศัพท์ Asterisk.....31

2.4.3.2. ส่วนประกอบภายในระบบโทรศัพท์ Asterisk.....32

2.4.3.3. ไฟล์สำคัญในระบบโทรศัพท์ Asterisk.....32

2.5 การพัฒนาระบบโทรศัพท์แบบ IP-PBX.....37

2.5.1 Elastix.....37

2.5.1.1 ส่วนประกอบสำคัญของ Elastix.....38

2.5.1.2 ความต้องการขั้นต่ำของระบบ.....39

บทที่ 3 การออกแบบและทดลอง

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....40

3.1.1 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่จะนำมาใช้.....40

3.1.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล.....40

3.1.1.2 เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค.....40

3.1.1.3 อุปกรณ์ ATA (Analog Telephone Adapter) 41

3.1.1.4 ไอพีโฟน.....44

3.1.1.5 การ์ดรับโทรศัพท์ Asterisk Card.....45

3.1.2 ซอฟต์แวร์และระบบปฏิบัติการที่จะนำมาใช้.....45

3.1.2.1 ระบบปฏิบัติการ.....45

3.1.2.2 ซอฟต์แวร์.....46

3.2 การเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ Asterisk กับโครงข่าย PSTN.....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 การออกแบบ.....49

3.3.1 Use Case Diagram.....49

3.3.2 Activity Diagram.....52

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 การทดลองในส่วนของโทรศัพท์.....56

4.1.1 การทดลองโทรภายในเครือข่าย LAN.....56

4.1.1.1 การกำหนดค่าบนระบบโทรศัพท์ IP-PBX.....57

4.1.1.2 การกำหนดค่าโปรแกรม Softphone.....60

4.1.1.3 การกำหนดค่าอุปกรณ์ ATA.....61

4.1.1.4 ผลการทดลองการโทรภายในเครือข่าย LAN.....63

4.1.2 การทดลองโทรผ่านโทรไปยังหมายเลขภายนอกเครือข่าย.....65

4.1.2.1 การกำหนดค่าบนระบบโทรศัพท์ IP-PBX.....65

4.2 การตรวจสอบข้อมูลการใช้โทรศัพท์.....68

4.2.1 Call Detail Record (CDR).....68

4.2.1.1 รายละเอียดของไฟล์ Asterisk CDR.....70

4.2.1.2 การบันทึก Asterisk CDR ในฐานข้อมูล MySQL.....71

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง.....73

5.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....73

5.3 แนวทางการพัฒนา VoIP ภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ.....74

5.4 ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....74

บรรณานุกรม.....75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินการศึกษาและทดลอง.....3

2.1 แสดงตัวอย่างของโปรโตคอลในแต่ละเลเยอร์.....6

2.2 แสดงความหมายของแต่ละ SIP Request Messages.....17

2.3 แสดงความหมายของแต่ละ SIP Response Messages.....17

2.4 แสดงความหมายของ SIP Response Messages 1XX.....18

2.5 แสดงความหมายของ SIP Response Messages 2XX.....18

2.6 แสดงความหมายของ SIP Response Messages 3XX.....18

2.7 แสดงความหมายของ SIP Response Messages 4XX.....18

2.8 แสดงความหมายของ SIP Response Messages 5XX.....20

2.9 แสดงความหมายของ SIP Response Messages 6XX.....20

2.10 การเปรียบเทียบ Codec แต่ละประเภท.....25

2.11 ความสามารถของ Asterisk.....27

3.1 รายละเอียดของอุปกรณ์ Cisco PAP2T Internet Phone Adapter 41

4.1 รายละเอียดของ Asterisk CDR ในแต่ละฟิลด์.....70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป หน้า

2.1 แสดง OSI Model 7 เลเยอร์.....4
2.2 โครงสร้างโปรโตคอล TCP/IP เมื่อเทียบกับมาตรฐาน OSI 7 เลเยอร์.....6
2.3 โครงสร้างของ TCP Header.....8
2.4 โครงสร้าง UDP Header.....9
2.5 โครงสร้าง RTP Header.....9
2.6 โครงสร้าง RTCP RR Header.....10
2.7 โครงสร้างแพ็กเก็ต IP หรือดาต้าแกรม.....12
2.8 เปรียบเทียบ OSI Model กับการทำงานของการสื่อสารเทคโนโลยี VoIP.....14
2.9 IAX Messages.....21
2.10 สถาปัตยกรรมของระบบโทรศัพท์ Asterisk.....31
2.11 ภาพโดยรวมของบริการบน Elastix.....37
3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่น HP Compaq dc5800.....40
3.2 อุปกรณ์ ATA ยี่ห้อ Linksys รุ่น PAP2T.....41
3.3 ตัวอย่าง IP Phone ที่รองรับมาตรฐาน SIP.....44
3.4 การ์ด Asterisk รุ่น X100P.....45
3.5 สัญลักษณ์ CentOS.....46
3.6 สัญลักษณ์ Elastix IP-PBX.....46
3.7 แผนภาพการเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ Asterisk กับโครงข่าย PSTN.....48
3.8 Use Case Diagram ของระบบ Elastix.....49
3.9 Use Case Diagram ของระบบ IP-PBX.....50
3.10 Activity Diagram การใช้งานภายในเครือข่าย.....52
3.11 Activity Diagram การใช้งานภายนอกเครือข่าย.....54
4.1 แผนภาพการเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ IP-PBX.....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

4.2 หน้าจอ Login ของระบบโทรศัพท์ IP-PBX.....57

4.3 หน้าจอโปรแกรม IP-PBX.....57

4.4 หน้าจอแก้ไข Network parameter.....58

4.5 หน้าจอเพิ่มและลบ.....58

4.6 หน้าจอสาหรับการเพิ่ม Extension.....59

4.7 หน้าจอรายละเอียดการเพิ่ม SIP Extension.....59

4.8 การกาหนดค่าบนโปรแกรม X-Lite.....60

4.9 การใช้งานรับสายเรียกเข้าและโทรออกของโปรแกรม X-Lite.....61

4.10 ค่าต่างๆที่ได้ถูกกาหนดไว้ในตัวอุปกรณ์ Linksys PAP2T.....62

4.11 การกาหนดค่าเมนู Line1 ในโหมดของ Admin login.....63

4.12 ผลการจับ packet ด้วยโปรแกรม Wireshark.....64

4.13 Flow การสื่อสารระหว่างต้นทางและปลายทาง.....64

4.14 เปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้ง Asterisk card X100P.....65

4.15 Detect new hardware X100P card.....65

4.16 การกาหนด Inbound Route ให้ได้รับสัญญาณเสียงตอบรับอัตโนมัติ.....66

4.17 การกาหนดค่า SIP Trunk.....67

4.18 การกาหนดค่า Outbound Route.....68

4.19 Asterisk CDR.....69

4.20 Asterisk CDR ในรูปแบบ Excel.....69

4.21 Asterisk CDR ในรูปแบบ PDF.....69

4.22 ฐานข้อมูลของระบบโทรศัพท์ IP-PBX.....71

4.23 ตารางข้อมูลการโทร.....72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ปัญหาและความเป็นมา

ปัจจุบันการติดต่อสื่อสารผ่านระบบโทรศัพท์เพื่อเจรจาทางการค้าหรือติดต่อประสานงานทางธุรกิจทั้งภายในและระหว่างหน่วยงานมีความสำคัญต่อองค์กรในการขับเคลื่อนธุรกิจเป็นอย่างมาก ซึ่งเมื่อองค์กรเอกชนหรือหน่วยงานราชการของรัฐมีการขยายตัวขึ้นจะนำมาซึ่งค่าใช้จ่ายในการใช้งานโทรศัพท์ที่เพิ่มมากขึ้นด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าโทรศัพท์ทางไกลระหว่างสำนักงานสาขาในแต่ละภูมิภาคที่มีการคิดค่าบริการในอัตราสูงขึ้นตามระยะทางที่เรียกไปยังหมายเลขปลายทาง หรือในกรณีที่จำเป็นต้องมีการติดต่อสื่อสารระหว่างประเทศผ่านโทรศัพท์พื้นฐานจะทำให้หน่วยงานหรือองค์กรมีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้สูงมาก รวมไปถึงค่าธรรมเนียมในการเช่าใช้หมายเลขโทรศัพท์พื้นฐานเพื่อให้เพียงพอต่อบุคลากรภายในหน่วยงานก็เป็นค่าใช้จ่ายอีกส่วนหนึ่งที่จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนหมายเลขโทรศัพท์อีกด้วย

ด้วยงบประมาณที่ได้รับการจัดสรรมีอยู่อย่างจำกัดประกอบกับปัจจุบันอินเทอร์เน็ตเข้ามามีบทบาทในการทำงานมากขึ้นทั้งในการประชาสัมพันธ์ข่าวสาร ค้นหาข้อมูล ติดต่อประสานงานต่างๆ เป็นสาเหตุให้การนำเทคโนโลยีระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเข้ามาประยุกต์ใช้ภายในองค์กรหรือหน่วยงานเป็นทางเลือกที่น่าสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากองค์กรต่างๆในปัจจุบันมักจะมีการเช่าสัญญาณอินเทอร์เน็ตอยู่แล้ว จึงทำให้เป็นการใช้ทรัพยากรของหน่วยงานอย่างมีประสิทธิภาพและยังสามารถลดค่าใช้งานโทรศัพท์ได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อศึกษาระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Voice over internet protocol: VoIP) โดยใช้ Asterisk ซึ่งเป็น software open source มาประยุกต์ใช้ในองค์กร
- เพื่อนำระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาประยุกต์ใช้งานภายในองค์กรและสามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้โทรศัพท์ รวมทั้งเป็นทางเลือกในการติดต่อสื่อสารในราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพื่อสามารถบริหารจัดการระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต รวมทั้งเครือข่ายเน็ตเวิร์คภายในองค์กร

1.3 ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1.3.1 วิชาการศึกษาอิสระ 1

- ศึกษารายละเอียดการทำงานของระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มาตรฐานโปรโตคอลต่างๆ การเชื่อมต่อกับโทรศัพท์พื้นฐานภายนอก และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งหมด
- ติดตั้งและทดสอบระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยการทดลองระบบโทรศัพท์ภายในเครือข่ายเดียวกัน การใช้งานโทรศัพท์ด้วยหมายเลขพื้นฐานเดิมไปยังหมายเลขปลายทางภายนอก
- ศึกษาการพัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่นสำหรับการบริหารจัดการระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.3.2 วิชาการศึกษาอิสระ 2

- ทดสอบระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยการทดลองโทรศัพท์ด้วยหมายเลขพื้นฐานไปยังหมายเลขปลายทางทั้งภายในและภายนอกสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ทดสอบการใช้งานฟังก์ชันเสริมต่างๆของระบบ เช่น ระบบเสียงตอบรับอัตโนมัติ (IVR), ระบบฝากข้อความเสียง (Voice Mail) และ เสียงเพลงรอสาย (Music on Hold) เป็นต้น
- พัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่นสำหรับการบริหารจัดการระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และทดสอบการใช้งานฟังก์ชั่นต่างๆ ให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีและกระบวนการทำงานของระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและมาตรฐานโปรโตคอลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด
- สามารถติดตั้งและใช้งานระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อใช้งานภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการใช้โทรศัพท์และค่าธรรมเนียมในการเช่าใช้หมายเลขโทรศัพท์ของคณะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แผนการดำเนินการศึกษาและทดลอง

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการศึกษาและทดลอง

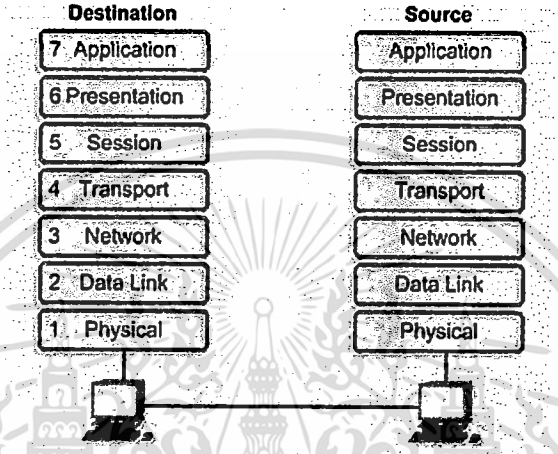
กิจกรรม	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
ศึกษากระบวนการทำงานและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องของเทคโนโลยี VoIP									
ศึกษาการใช้งานระบบปฏิบัติการ FreeBSD									
ศึกษากระบวนการทำงาน, การติดตั้งและการใช้งาน Asterisk IP-PBX									
ออกแบบและศึกษาการพัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่นโดยใช้ PHP									
ออกแบบและติดตั้งระบบ VoIP เพื่อใช้ภายในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ									
ทดสอบการใช้งานระบบ VoIP กับโทรศัพท์ภายในและภายนอกสถาบัน									
ทดสอบฟังก์ชันการทำงานเสริมของ Asterisk									
พัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่นสำหรับการบริหารจัดการระบบ									
เก็บข้อมูลเพื่อสรุปผลการทดลองและรายงานผลการทดลอง									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1. โมเดลมาตรฐาน OSI 7 เลเยอร์

2.1.1. หน้าที่ของแต่ละเลเยอร์



รูปที่ 2.1 แสดง OSI Model 7 เลเยอร์

2.1.1.1. Application Layer

เป็นเลเยอร์ที่กำหนดอินเตอร์เฟซระหว่างแอปพลิเคชันที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์กับซอฟต์แวร์สื่อสารต่างๆที่ทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างเช่น เว็บเบราเซอร์ ถือว่าเป็นแอปพลิเคชันที่ทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ เมื่อมันต้องการรับส่งข้อมูลเว็บเพจกับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ มันจะอาศัยความสามารถของเลเยอร์ 7 ในการอินเตอร์เฟซกับซอฟต์แวร์สื่อสารในเลเยอร์ต่างๆระดับล่างเพื่อให้ได้มาซึ่งเว็บเพจที่มันต้องการ

2.1.1.2. Presentation Layer

จุดประสงค์หลักของเลเยอร์นี้คือ กำหนดฟอร์แมตของการสื่อสาร เช่น ASCII Text, EBCDIC, ไบนารี (binary) และ JPEG การเข้ารหัสก็รวมอยู่ในเลเยอร์นี้ด้วย ตัวอย่างเช่น โปรแกรม FTP ต้องการรับส่งโอนย้ายไฟล์กับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ปลายทาง โปรโตคอล FTP จะอนุญาตให้ผู้ใช้ระบุฟอร์แมตของข้อมูลที่โอนย้ายกันได้ว่าเป็นแบบ ASCII Text หรือเป็นแบบไบนารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3. Session Layer

เป็นเลเยอร์ที่ควบคุมการสื่อสารจากต้นทางไปยังปลายทางแบบ End to End และคอยควบคุมช่องทางการสื่อสารในกรณีที่มีหลายๆโปรเซสต้องการรับส่งข้อมูลพร้อมๆกันบนเครื่องเดียวกัน และยังให้อินเตอร์เฟซสำหรับแอปพลิเคชันเลเยอร์ด้านบนในการควบคุมขั้นตอนการทำงานของโปรโตคอลในระดับ Transport/Network เช่น Socket ที่ใช้ในยูนิกซ์ หรือ Windows Socket ที่ใช้ในวินโดวส์ ซึ่งได้ให้ Application Programming Interface (API) แก่ผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ในระดับบนสำหรับการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของโปรโตคอล TCP/IP ในระดับล่าง

2.1.1.4. Transport Layer

เป็นเลเยอร์ที่มีหน้าที่หลักในการแบ่งข้อมูลในเลเยอร์บนให้พอเหมาะกับการจัดส่งไปในเลเยอร์ล่าง (segmentation), ทำหน้าที่ประกอบรวมข้อมูลต่างๆที่ได้รับมาจากเลเยอร์ล่าง (assembly) และให้บริการในการแก้ปัญหาเมื่อเกิดข้อผิดพลาดขึ้นในระหว่างทางของการส่ง (error recovery) หน่วยของข้อมูลในเลเยอร์นี้มักถูกเรียกว่า เซกเมนท์ (Segment) ตัวอย่างของโปรโตคอลในเลเยอร์นี้ที่รู้จักกันดีคือ โปรโตคอล TCP และ UDP

2.1.1.5. Network Layer

เป็นเลเยอร์ที่มีหน้าที่หลักในการส่งแพ็กเก็ตจากเครื่องต้นทางให้ไปถึงเครื่องปลายทางด้วยความพยายามที่ดีที่สุด (best effort delivery) เลเยอร์นี้จะกำหนดให้มีการตั้งลอจิคัลแอดเดรสขึ้นมาบนเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สื่อสารเพื่อใช้ระบุตัวตน หน่วยของการรับส่งข้อมูลในเลเยอร์นี้คือ แพ็กเก็ต (Packet) ตัวอย่างของโปรโตคอลในเลเยอร์นี้ได้แก่ โปรโตคอล IP และลอจิคัลแอดเดรสที่ใช้ก็คือหมายเลข IP Address นั่นเอง

2.1.1.6. Datalink Layer

รับผิดชอบในการส่งข้อมูลบนเน็ตเวิร์กแต่ละประเภท เช่น Ethernet, Token Ring, FDDI หรือบน WAN ต่างๆ และดูแลเรื่องการห่อหุ้มข้อมูลจากเลเยอร์บนเช่นแพ็กเก็ต IP ไว้ภายใน “เฟรม” และส่งจากต้นทางไปยังอุปกรณ์ตัวถัดไป เลเยอร์นี้จะเข้าใจถึงกลไกและอัลกอริทึมรวมทั้งฟอร์แมตของเฟรมที่ต้องใช้ในเน็ตเวิร์กประเภทต่างๆเป็นอย่างดี โดยการสื่อสารในเลเยอร์นี้จะมีการระบุหมายเลขแอดเดรสของเครื่องเรียกว่า MAC Address

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.7. Physical Layer

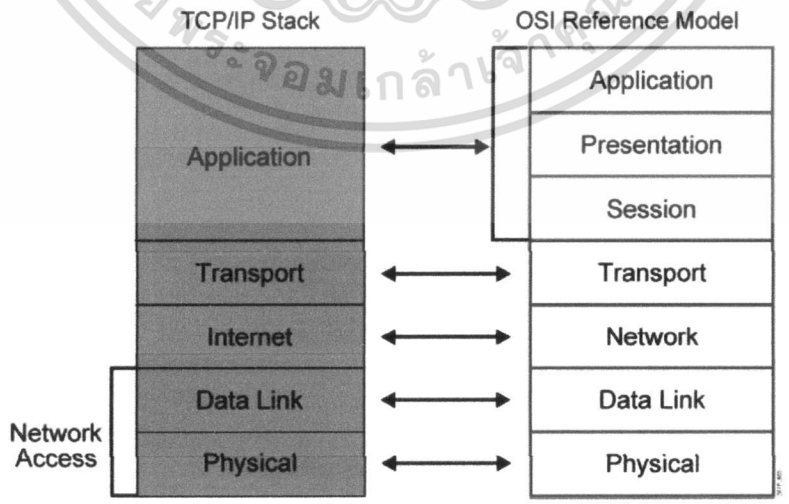
เลเยอร์นี้จะกำหนดมาตรฐานของสัญญาณทางไฟฟ้าและมาตรฐานของคอนเน็กเตอร์เชื่อมต่อต่างๆรวมถึงมาตรฐานของสายเคเบิลที่จำเป็นต้องใช้ เช่น มาตรฐานสาย CAT ประเภทต่างๆ, มาตรฐานของหัวต่อเชื่อม V.35 ที่ใช้ใน WAN และมาตรฐาน RS232 เป็นต้น รวมทั้งแรงดันทางไฟฟ้าและรูปแบบการรับส่งบิตข้อมูลที่เกิดขึ้นในสื่อนำสัญญาณอีกด้วย

2.1.2. ตัวอย่างของโปรโตคอลในแต่ละเลเยอร์

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างของโปรโตคอลในแต่ละเลเยอร์

เลเยอร์	ตัวอย่าง
Application Layer (Layer7)	Telnet, HTTP, FTP, WWW, NFS, SMTP, SNMP
Presentation Layer (Layer6)	JPEG, ASCII, EBCDIC, TIFF, GIF, MPEG, Encryption
Session Layer (Layer5)	RPC, SQL, NFS, NetBIOS, Windows Socket, DECNet SCP, AppleTalk ASP
Transport Layer (Layer4)	TCP, UDP, SPX
Network Layer (Layer3)	IP, IPX, AppleTalk
Datalink Layer (Layer2)	Ethernet, Token Ring, IEEE802.3/202.2, Frame Relay, HDLC, FDDI, ATM
Physical Layer (Layer1)	EIA/TIA-232, V.35, EIA/TIA-449, RJ-45

2.2. โปรโตคอล TCP/IP



รูปที่ 2.2 โครงสร้างโปรโตคอล TCP/IP เมื่อเทียบกับมาตรฐาน OSI 7 เลเยอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

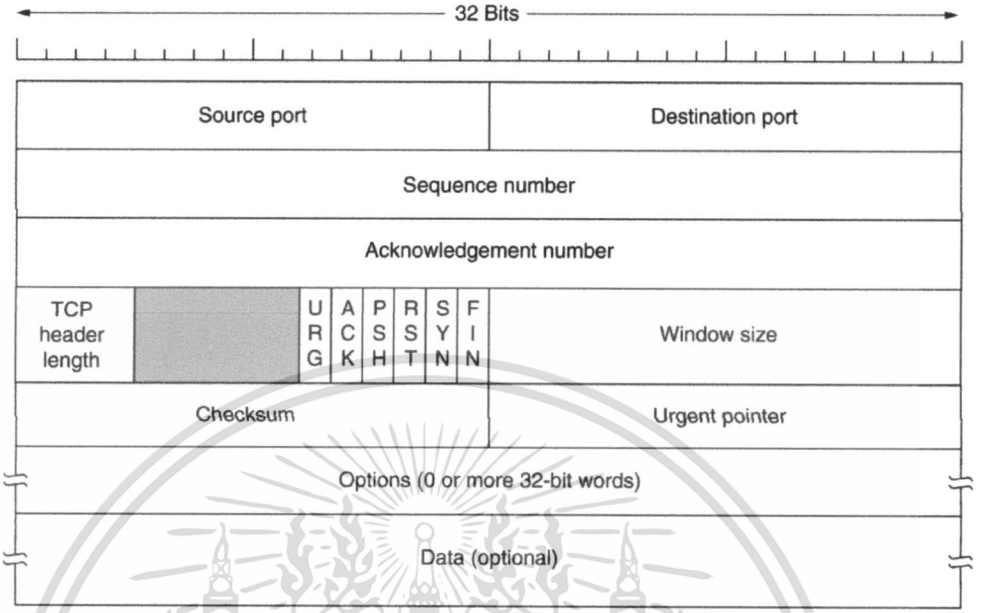
จากรูปข้างต้นจะเห็นได้ว่า โมเดลของ OSI นั้นได้นิยามหน้าที่ของแต่ละเลเยอร์ไว้โดยชัดเจนและเจาะจง แต่สำหรับในโมเดลของ TCP/IP ได้นิยามแต่ละเลเยอร์ไว้อย่างกว้างๆ โดยเลเยอร์บนสุดจะเกี่ยวข้องกับโปรเซสและแอปพลิเคชันต่างๆที่ทำงานอยู่บนเน็ตเวิร์กซึ่งครอบคลุมทั้ง 3 เลเยอร์ของโมเดล OSI แอปพลิเคชันเหล่านี้ได้รับการพัฒนาขึ้นให้มีความสามารถในการทำงานครอบคลุมหน้าที่ของโปรโตคอลในระดับ Application/ Presentation/ Session ตามโมเดล OSI ถัดจากนั้นมาโมเดลของโปรโตคอล TCP/IP ได้กำหนดให้มีโปรโตคอลในระดับ Transport Layer อยู่ 2 ประเภทเพื่อการควบคุมการสื่อสารระหว่างโฮสต์ต้นทางกับโฮสต์ปลายทาง ได้แก่ โปรโตคอล TCP (Transmission Control Protocol) และ UDP (User Datagram Protocol) ส่วนเลเยอร์ต่ำลงมาถูกจัดให้เป็นเลเยอร์ของโปรโตคอล IP (Internet Protocol) ซึ่งดูแลในเรื่องของการรับส่งแพ็กเก็ตไปบนเน็ตเวิร์กโดยตรง และเลเยอร์สุดท้ายซึ่งคือ Network Access Layer ถูกจัดให้เป็นเลเยอร์ของเน็ตเวิร์กประเภทต่างๆที่เข้ามารองรับโปรโตคอล TCP/IP ข้างต้นทั้งหมด เลเยอร์สุดท้ายนี้จะครอบคลุมเลเยอร์ Datalink และเลเยอร์ Physical ของโมเดล OSI เช่น เน็ตเวิร์กแบบอีเทอร์เน็ตได้กำหนดวิธีการรับส่งข้อมูลในเลเยอร์ Datalink ด้วยอัลกอริทึมแบบ CSMA/CD และกำหนดมาตรฐานสายเคเบิลและคอนเน็กเตอร์ต่างๆที่ใช้ในอีเทอร์เน็ต เช่น สาย UTP ประเภทต่างๆ และหัวต่อแบบ RJ45 ไว้ด้วย

2.2.1. โปรโตคอล TCP

โปรโตคอล TCP (Transmission Control Protocol) ในเลเยอร์ของ Transport นั้นมีหน้าที่หลักๆคือจัดแบ่งข้อมูลจากระดับแอปพลิเคชันเลเยอร์ให้มีขนาดพอเหมาะที่จะส่งไปบนเน็ตเวิร์ก หน่วยของข้อมูลในระดับนี้เรียกว่า TCP segment โดยการเริ่มต้นจะมีการสร้างคอนเน็กชันระหว่างต้นทางและปลายทางให้สำเร็จก่อนที่ทั้งต้นทางและปลายทางจะมีการรับส่งข้อมูลกันจริงๆ การรับส่งข้อมูลโดยมีการสร้างคอนเน็กชันก่อนการส่งนี้เรียกว่า การสื่อสารแบบ Connection-Oriented และกระบวนการที่ใช้ในกรสร้างคอนเน็กชันคือ Three Way Handshake ซึ่งใน TCP segment จะมีการใส่หมายเลข Sequence Number (SEQ) ลงไปเพื่อจัดลำดับการส่งข้อมูล เมื่อปลายทางได้รับ TCP segment นั้นๆแล้วจะต้องมีการส่งยืนยัน (Acknowledgement: ACK) กลับมาให้เครื่องต้นทางทราบว่าได้รับ TCP segment นั้นๆแล้ว หากกรณีที่เครื่องต้นทางไม่ได้รับ ACK ยืนยันกลับมาภายในเวลารอคอยที่เหมาะสมค่าหนึ่ง มันจะเข้าใจว่า TCP segment นั้นส่งไปไม่ถึงยังเครื่องปลายทาง ซึ่งในกรณีนี้เครื่องต้นทางจะมีการส่งใหม่ (Retransmission) อีกครั้ง และเพิ่มเวลารอคอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไปอีกระยะหนึ่งจนกว่าจะได้รับ ACK กลับมา กลไกนี้คือการทำ Error Recovery ซึ่งทำให้โปรโตคอล TCP มีความน่าเชื่อถือ (Reliability) ในการรับส่งข้อมูล

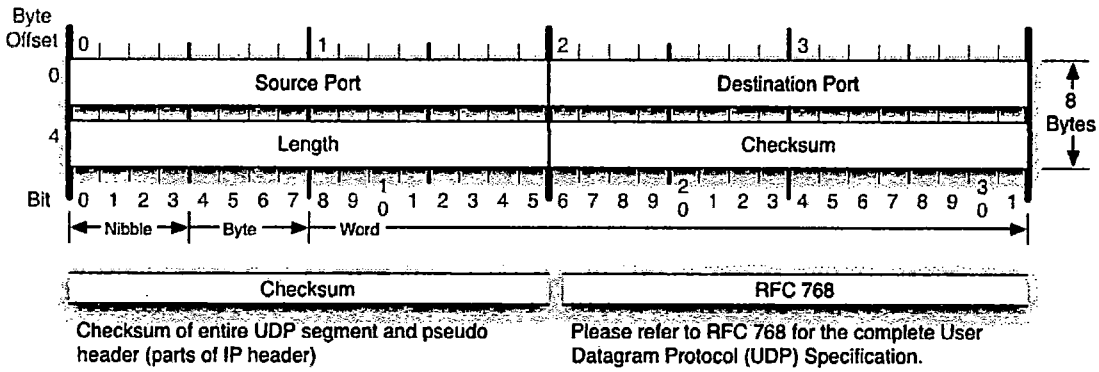


รูปที่ 2.3 โครงสร้างของ TCP Header

2.2.2. โปรโตคอล UDP

โปรโตคอล UDP (User Datagram Protocol) เป็นโปรโตคอลในระดับ Transport Layer ที่ทำการส่งข้อมูลโดยไม่มีการสร้างคอนเน็กชันก่อน เรียกว่าเป็นการสื่อสารแบบ Connectionless ไม่มีการส่งการยืนยันว่าปลายทางได้รับข้อมูลแล้ว ไม่มีการจัดเตรียมขนาดของบัฟเฟอร์สำหรับการรับส่งข้อมูลและไม่มีการจัดลำดับของข้อมูล หน้าที่ของการยืนยันว่าได้รับข้อมูลแล้วอาจจะถูกผลักภาระให้กับแอปพลิเคชันในเลเยอร์บนต่อไป และยังไม่สนใจในการควบคุมโฟลว์ของการรับส่งข้อมูลด้วย ประโยชน์สำคัญที่ได้รับจากการทำงานแบบนี้ก็คือ ความรวดเร็ว ความไม่สิ้นเปลืองเวลาและทรัพยากรที่ต้องใช้ในการติดตามสถานะต่างๆ ด้วยหลักการทำงานข้างต้นนี้จึงทำให้ UDP เป็นโปรโตคอลที่ไม่มีความน่าเชื่อถือ (Unreliable) ในการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องต้นทางและเครื่องปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

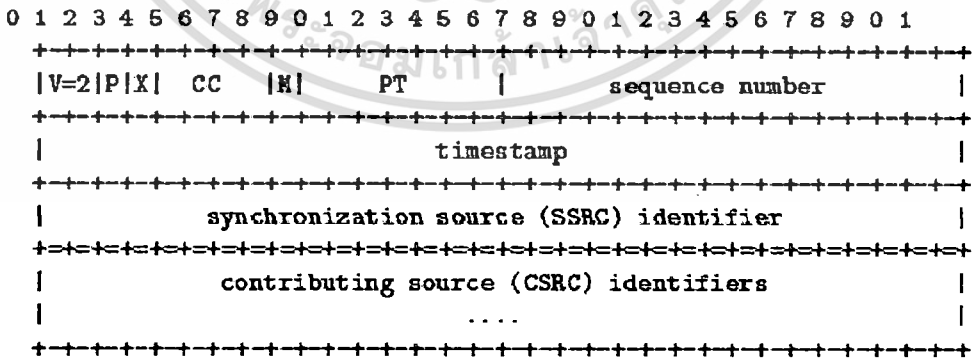


รูปที่ 2.4 โครงสร้าง UDP Header

2.2.3. โปรโตคอล RTP

โปรโตคอล RTP (Real Time Transport Protocol) เป็นโปรโตคอลที่ได้รับการพัฒนาโดย IETF และมีข้อกำหนดอยู่ใน RFC 3550 โดยจะไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจึงสามารถส่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว โปรโตคอล RTP ถูกออกแบบมาเพื่อใช้เป็นโปรโตคอลในการส่งข้อมูลของการสื่อสารที่ทำงานแบบ Real Time โปรโตคอลที่ทำงานร่วมกับ RTP ได้แก่ SIP, H.323, RTCP เป็นต้น

แพ็กเก็ต RTP แต่ละแพ็กเก็ตนั้นในส่วนแรกของแพ็กเก็ตคือส่วนของ RTP Header เป็นส่วนที่ระบุถึงคุณสมบัติของแต่ละแพ็กเก็ตโดยที่ข้อมูลเสียงหรือวีดีทัศน์ที่ผ่านการเข้ารหัสแล้วจะถูกนำไปวางในตำแหน่งของ Payload



รูปที่ 2.5 โครงสร้าง RTP Header

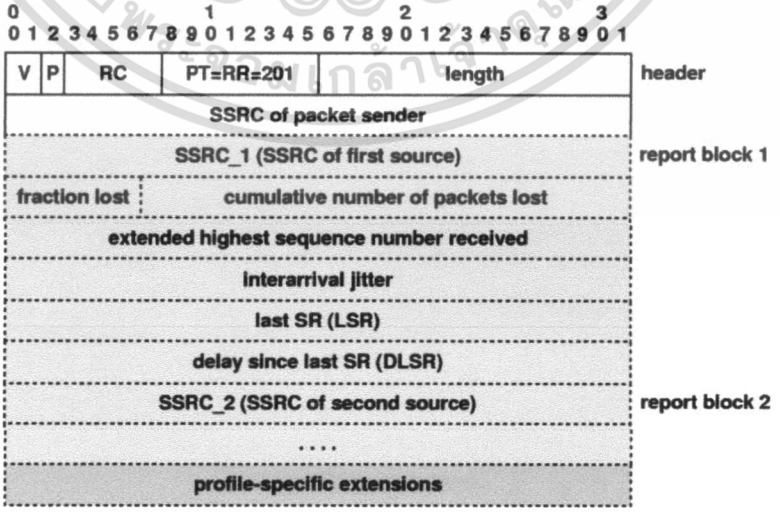
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4. โปรโตคอล RTCP

โปรโตคอล RTCP (Real Time Transport Control Protocol) เป็นโปรโตคอลที่ถูกกำหนดอยู่ใน RFC 3550 เช่นเดียวกับ RTP โปรโตคอลนี้ใช้ในการรายงานเกี่ยวกับสถิติและคุณภาพการบริการ เช่น จำนวนแพ็กเก็ตที่สูญหาย จิตเตอร์ เป็นต้น โดยแพ็กเก็ต RTCP สามารถแบ่งออกเป็น 5 ชนิดได้แก่

- SR (Sender Report) สำหรับบอกสถิติเกี่ยวกับการส่งข้อมูลของผู้ส่ง
- RR (Receiver Report) สำหรับบอกสถิติเกี่ยวกับการรับข้อมูลของผู้รับ
- SDES (Source Description Items) เป็นรายละเอียดต่างๆของผู้ส่ง
- BYE เป็นการแจ้งถึงการจบการทำงาน
- APP (Application Specific Functions) เป็นการกำหนดการทำงานในส่วนของแอปพลิเคชัน

แพ็กเก็ตของ RTCP ที่น่าสนใจคือ RR เพราะผู้รับจะรวบรวมสถิติต่างๆของข้อมูลเสียงหรือวิดีทัศน์ที่ได้รับจากแพ็กเก็ต RTP แล้วบรรจุลงในแพ็กเก็ต RR นี้และส่งให้กับผู้ส่ง ผู้ส่งสามารถใช้ข้อมูลในแพ็กเก็ตชนิดนี้ในการประเมินสถานะของเครือข่าย รวมถึงคุณภาพของสื่อที่ผู้รับได้รับ รูปที่ 2.6 เป็นโครงสร้าง Header ของแพ็กเก็ต RR ซึ่งฟิลด์ต่างๆที่กำหนดอยู่ในมาตรฐานแล้ว โครงสร้าง Header ของแพ็กเก็ต RTCP ยังอนุญาติให้มีการใส่ข้อมูลเพิ่มเติมลงในแพ็กเก็ตนี้ได้อีก โดยข้อมูลส่วนที่เพิ่มเติมนี้สามารถใส่ได้ในตำแหน่งที่เรียกว่า Profile-Specific Extension



รูปที่ 2.6 โครงสร้าง RTCP RR Header

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5. โปรโตคอล IP

โปรโตคอล IP (Internet Protocol) เป็นโปรโตคอลที่อยู่ใน Network Layer มีหน้าที่หลัก 3 ประการดังต่อไปนี้คือ

2.2.5.1. Addressing

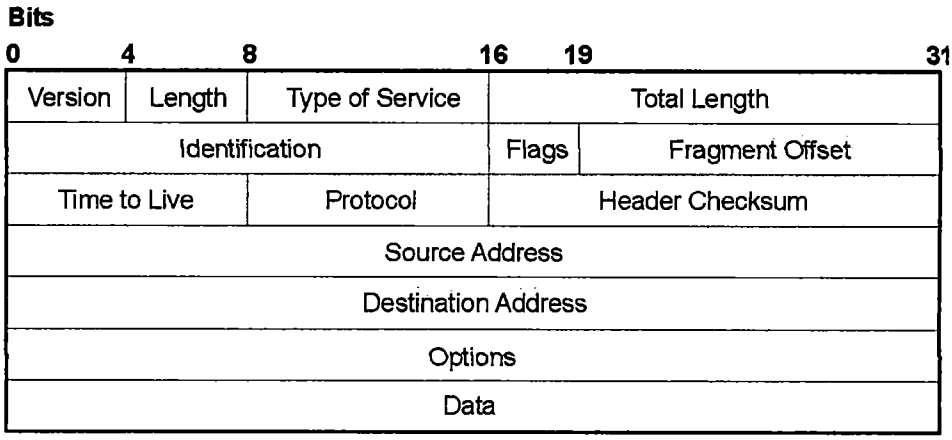
หน้าที่นี้หมายถึงการให้บริการในการตั้งลอจิคัลแอดเดรส (Logical Address) ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างๆที่ใช้โปรโตคอล IP เนื่องจากลอจิคัลแอดเดรสนี้จะไม่ได้ถูกกำหนดมาตายตัวหรือฝังมากับเน็กเวิร์กการ์ด ดังนั้นมันจึงเป็นแอดเดรสที่ผู้ออกแบบหรือบริหารระบบเครือข่ายเป็นผู้ตั้งขึ้นมาเอง และสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ตามใจชอบ ข้อดีของการมีลอจิคัลแอดเดรสหรือแอดเดรสใน Network Layer ก็คือ

1) ทำให้เราสามารถออกแบบระบบเน็ตเวิร์กได้ง่ายขึ้น
2) ทำให้ระบบเน็ตเวิร์กสามารถขยายเพิ่มเติมได้โดยง่าย
3) ทำให้การแก้ปัญหาทำได้โดยง่าย

2.2.5.2. Packaging

เป็นการจัดเตรียมแพ็กเก็ต IP ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมส่งไปยังเครื่องปลายทาง โดยการนำเอา TCP segment หรือ UDP segment จากในเลเยอร์บนมาบรรจุไว้ในฟิลด์ Data ของแพ็กเก็ต IP (หากขนาดของ Segment ใหญ่เกินกว่าจะส่งได้ภายในแพ็กเก็ต IP แพ็กเก็ตเดียว มันจะต้องแบ่ง segment ออกและส่งไปในหลายๆแพ็กเก็ต) จากนั้นก็ใส่ค่าฟิลด์ Destination IP Address และ Source IP Address ให้เป็นหมายเลข IP Address ปลายทางและต้นทางตามลำดับ และที่สำคัญก็คือมันจะใส่ค่าฟิลด์ Protocol Number ลงไปด้วยตัวเลขค่าหนึ่งที่ระบุว่าเลเยอร์บนเป็น TCP หรือ UDP (หมายเลข 6 สำหรับ TCP และหมายเลข 17 สำหรับ UDP) แพ็กเก็ต IP หนึ่งๆบางครั้งถูกเรียกว่าดาต้าแกรม (Datagram)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 โครงสร้างแพ็กเก็ต IP หรือดาต้าแกรม

2.2.5.3. Routing

ความหมายของ Routing คือ การหาเส้นทางในการส่งแพ็กเก็ตไปให้ถึงเครื่องปลายทางให้ได้ หลักสำคัญของการส่งแพ็กเก็ตโดยโปรโตคอล IP คือ มันจะส่งให้ดีที่สุด (Best effort) โดยไม่มีการการันตีว่าข้อมูลจะถึงปลายทางหรือไม่ และจะปล่อยให้เป็นหน้าที่ของโปรโตคอลในระดับสูงกว่า (คือ TCP) เป็นผู้รับประกันให้

2.3. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเทคโนโลยี VoIP

2.3.1. ความเป็นมา

Voice over IP หรือ Voice over Internet Protocol มักจะถูกเรียกสั้น ๆ ว่า VoIP เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบใหม่ที่ทำให้เราสามารถรับส่งสัญญาณเสียงผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตหรืออินทราเน็ตได้ โดยจะต้องอาศัยอุปกรณ์ (Hardware) หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) ทำงานร่วมกัน เทคโนโลยี VoIP นี้ถูกคิดค้นขึ้นโดยองค์กร Advanced Research Projects Agency Network (ARPANET) เมื่อปี ค.ศ.1973 เพื่อเป็นการคิดค้นเทคโนโลยีที่ช่วยในการประหยัดต้นทุน และเป็นการเพิ่มมูลค่าการใช้งานเครือข่ายให้มีประโยชน์และมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งการทำงานของVoIP นั้นจะมีการแปลงสัญญาณเสียงจากต้นทางให้อยู่ในรูปแบบของแพ็กเก็ตเล็ก ๆ แล้วส่งไปยังผู้รับปลายทาง โดยอาศัยโปรโตคอลที่เรียกว่า Internet Protocol ในการส่งผ่านสัญญาณเสียงให้ผู้รับได้ฟังสัญญาณเสียงที่ส่งมาได้ หากมีการนำเอาเทคโนโลยี VoIP นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาใช้งานในองค์กรต่าง ๆ จะพบว่าช่วยลดค่าใช้จ่ายการใช้งานโทรศัพท์แบบปกติได้เป็นจำนวนมาก อาทิเช่น การใช้โทรศัพท์ทางไกลในประเทศและต่างประเทศ เป็นต้น

VoIP เป็นเทคโนโลยีสื่อสารด้วยเสียงผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยจะแปลงเสียงจากผู้ส่งที่เป็นสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลผ่านอุปกรณ์เครือข่ายแล้วส่งต่อผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังผู้รับ จากนั้นจะทำการแปลงสัญญาณกลับจากสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อกผ่านทางอุปกรณ์เครือข่าย เพื่อให้ผู้รับได้ยินเสียงที่ส่งไป อีกทั้งยังเป็นเทคโนโลยีที่สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานโทรศัพท์ได้อีกช่องทางหนึ่ง

2.3.2. ข้อดีในการนำเอาเทคโนโลยี VoIP มาใช้งาน

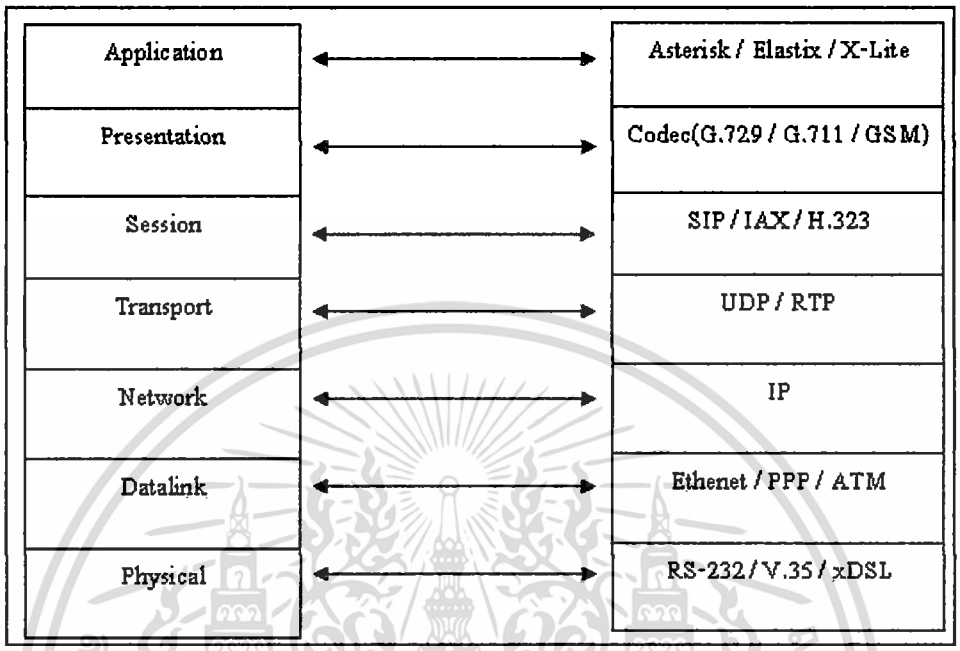
1) ประหยัดงบประมาณในการลงทุน โดยไม่ต้องจัดซื้ออุปกรณ์เครือข่ายใหม่ เช่น Router, Switch เพราะอุปกรณ์เดิมเหล่านี้สามารถนำมาใช้งานพร้อมกับช่องสัญญาณอินเทอร์เน็ตเดิมที่มีอยู่ได้
2) เพิ่มมูลค่าของอุปกรณ์ ในการนำเอาเทคโนโลยี VoIP มาใช้งานนั้นจะเป็นการทำให้เราใช้งานอุปกรณ์เครือจ่ายที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดกว่าการใช้งานปกติ ซึ่งเดิมทีมีการใช้อุปกรณ์ Router และ Switch ในการรับส่งข้อมูลเท่านั้น หากมีการใช้งาน VoIP ก็จะเป็นการเพิ่มความสามารถการใช้งานในลักษณะสัญญาณเสียงได้อีกทางหนึ่ง
3) ลดค่าใช้จ่ายในการติดต่อสื่อสาร เดิมทีในองค์กรหรือบริษัทต่าง ๆ อาจจะมีความต้องการใช้งานโทรศัพท์ทางไกลทั้งในประเทศ และต่างประเทศกันมากหากมีการปรับเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยี VoIP จะพบว่าค่าใช้จ่ายโทรศัพท์ขององค์กรลดลงได้มาก
4) ลดค่าใช้จ่ายในการใช้บริการโทรสาร (FAX) ได้ นอกจากเทคโนโลยี VoIP จะมีประโยชน์ต่อการลดต้นทุนการใช้งานโทรศัพท์แบบปกติแล้ว ยังสามารถนำเอาคุณสมบัติของเทคโนโลยีนี้มาใช้กับงานโทรสาร (FAX) ได้ ซึ่งจะพบว่าค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะลดลงทันทีไม่ว่าจะเป็นการส่งโทรสารทางไกลในประเทศและต่างประเทศ

2.3.3. การทำงานของ VoIP

ตามที่ได้กล่าวนำเบื้องต้นว่าเทคโนโลยี VoIP นั้นใช้โปรโตคอลของ Internet Protocol ในการส่งผ่านสัญญาณเสียง ซึ่งสัญญาณเสียงนั้นจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ หรือที่เราเรียกว่าแพ็กเก็ต โดยสัญญาณเสียงที่ส่งไปมักนิยมส่งแบบ UDP มากกว่าแบบ TDP เนื่องจากการส่งข้อมูลแบบ UDP นั้นจะมีการส่งข้อมูลได้เร็วกว่า จึงเหมาะที่จะนำมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลเสียงบนโครงข่ายอินเทอร์เน็ต การส่งข้อมูลเสียงนั้นจะต้องอาศัยโปรโตคอลหลักที่ใช้ในการส่งสัญญาณระหว่างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางและปลายทางอีกด้วย เช่น โปรโตคอล SIP (Session Initiation Protocol) จึงทำให้ต้นทางและปลายทางสามารถสื่อสารกันได้โดยปกติแล้วหากมีการใช้งานโปรโตคอล SIP จะมีการใช้พอร์ตสื่อสาร UDP ที่5060 เป็นหลัก



รูปที่ 2.8 เปรียบเทียบ OSI Model กับการทำงานของการสื่อสารเทคโนโลยี VoIP

จากรูปข้างต้นจะแสดงให้เข้าใจการทำงาน เมื่อเปรียบเทียบกับ OSI Model เพื่อให้เข้าใจว่าการที่เราสามารถสื่อสารด้วยเทคโนโลยี VoIP ได้นั้น มีความสอดคล้องอย่างไรกับ OSI Model ซึ่งนับว่าเป็นพื้นฐานของการสื่อสารที่จะต้องทำความเข้าใจก่อนเพื่อให้ทราบว่าแต่ละลำดับชั้นของ OSI Model 7 Layer นั้นมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับการสื่อสารของเทคโนโลยี VoIP อย่างไร

2.3.4. มาตรฐานโปรโตคอลของระบบ VoIP

ในการสร้างระบบการสื่อสาร VoIP นั้นสิ่งที่มีความสำคัญมากในการสร้างระบบก็คือการเลือกใช้งานโปรโตคอลในการสื่อสารให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ได้จัดเตรียมไว้เพราะโปรโตคอลเหล่านี้เปรียบเสมือนรูปแบบ หรือเป็นภาษากลางที่จะทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ รับส่งข้อมูลกันได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ เพื่อให้สามารถเลือกใช้งานได้อย่างเหมาะสมจึงควรทำความรู้จักกับโปรโตคอลแต่ละตัวก่อน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.1. มาตรฐาน H.323

มาตรฐาน H.323 นับเป็นมาตรฐานการสื่อสารในระบบ VoIP ยุคแรกเริ่ม เดิมที โปรโตคอล H.323 ถูกนำมาใช้งานกับอุปกรณ์ระบบ Video Conference เป็นหลัก แต่ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับการสื่อสารในระบบ VoIP ด้วย และยังสามารถทำงานบนระบบ IP address ได้ดี มาตรฐาน H.323 นี้ถูกพัฒนาโดย ITU (เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1996 สามารถรองรับการรับส่งข้อมูลแบบภาพ และเสียงรวมถึงการส่งข้อมูลในลักษณะของแฟกซ์ (Fax) ที่ส่งผ่านระบบเครือข่าย IP-Based ได้เป็นอย่างดี จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้โปรโตคอล H.323 ได้รับความนิยมมากในยุคแรก ๆ อีกทั้งยังสามารถทำงานร่วมกับเครือข่าย ISDN (Integrated Services Digital Network), PSTN (Public Switched Telephone Network (PSTN) หรือ SS7 (Signaling System 7) ได้อีกด้วย การทำงานของ โปรโตคอล H.323 นั้นเมื่อทำงานในภาวะเครือข่าย NAT จะต้องอาศัย Gate Keeper เพื่อทำหน้าที่เป็น Proxy Server ในการรับส่งข้อมูลจึงจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.4.2. มาตรฐาน SIP (Session Initiation Protocol)

มาตรฐาน SIP เป็นมาตรฐานที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลกับเครือข่าย VoIP ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากผู้ผลิตโปรแกรม และอุปกรณ์ ต่างผลิตอุปกรณ์ของตนออกมารองรับกับโปรโตคอล SIP กันมากขึ้น โปรโตคอล SIP นี้ได้เริ่มพัฒนาเมื่อปี ค.ศ. 1996 ถูกออกแบบโดย Henning Schulzrinne แห่งมหาวิทยาลัย Columbia University และ Mark Handley แห่ง University College London (UCL) เมื่อปี ค.ศ. 2000 ได้มีการประกาศเป็นมาตรฐาน RFC 2361 โดยกลุ่ม IETF (Internet Engineering Task Force) SIP Working Group มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์มัลติมีเดีย (Multimedia devices)

ปกติแล้ว SIP Protocol จะมีการใช้งานพอร์ต TCP หรือ UDP ที่ 5060 ในการส่งสัญญาณการลงทะเบียน (Register) และมีการส่งสัญญาณเสียงโดยพอร์ต UPD ระหว่าง 10000 ถึง 20000 (เมื่อใช้กับระบบโทรศัพท์ Asterisk) ส่วนประกอบของโปรโตคอล SIP นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนประกอบคือ User Agents หรือ UA และอีกส่วนคือ SIP Server

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **User Agents**

สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อยคือ User Agent Client (UAC) และ User Agent Server (UAS)ในการสื่อสารของ VoIP นั้นจะมีการทำงานและติดต่อสื่อสารกันในลักษณะของ Client/Server โดยจะเริ่มจากการที่ UAC จะทำการส่ง SIP requests messages ไปยัง UAS แล้ว เมื่อ UAS ได้รับข้อมูลก็จะมีการส่งสัญญาณตอบกับในรูปแบบของ SIP response message

- **SIP Server** สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

1) Proxy Server

จะมีหน้าที่เป็นตัวกลางติดต่อระหว่าง SIP Client ที่ต้องการติดต่อสื่อสารกัน โดยสร้างกระบวนการติดต่อระหว่าง SIP Client ทั้งสองโดยจะมีการส่งผ่าน SIP Messages ผ่าน Proxy Server ระหว่าง SIP Clients ทั้งสองเพื่อรายงานสถานะการทำงาน เมื่อติดต่อกันได้แล้ว ก็จะเป็นการส่งข้อมูลเสียง หรือข้อมูลการสนทนากันเองโดยตรงระหว่าง SIP Client ทั้งสองฝั่งผ่านโปรโตคอล RTP (Real-time Transport Protocol)

2) Registrar Server

จะมีหน้าที่ในการรับขึ้นทะเบียน SIP Client ที่มีการส่งข้อมูลการลงทะเบียนเข้ามาเพื่อเป็นการบอกให้ทราบว่าปัจจุบัน SIP Client หมายเลขดังกล่าวมาจากที่ใด เมื่อมี SIP Client อื่น ๆ ติดต่อเข้ามาจะสามารถส่งข้อมูลไปยัง SIP Client ดังกล่าวได้

SIP Messages เป็นข้อความร้องขอ (Requests) และตอบรับ (Response) จากทั้ง SIP Client และ Server ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้เราสามารถทราบถึงขั้นตอนการทำงานของการติดต่อสื่อสารระหว่าง SIP Client และ Sever ได้เป็นอย่างดี โดย SIP Messages นี้จะเห็นได้จากการที่เราใช้โปรแกรมในการเฝ้าดูเครือข่าย เช่น Ethereal เปิดดูข้อมูลซึ่ง SIP Messages นี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

- SIP Requests Messages เป็นข้อความที่จะเกิดขึ้นจาก SIP Client เป็นผู้สร้างข้อความ ร้องขอซึ่งโดยทั่วไปจะมี 6 ข้อความ ตามการอ้างอิงของ RFC 3261 ดังตารางที่ 2.2
- SIP Response Messages เป็นข้อความตอบรับจาก SIP Server ที่ใช้ตอบสนองเมื่อมี SIP requests messages ส่งเข้ามาซึ่งโดยปกติแล้วสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 กลุ่มดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 2.2 แสดงความหมายของแต่ละ SIP Request Messages

SIP Request Messages	ความหมาย
INVITE	เป็นข้อความเชิญชวนให้ร่วมสนทนาหรือติดต่อสื่อสาร
ACK	เป็นข้อความการตอบรับจากผู้สนทนา
OPTION	เป็นข้อความที่ใช้สอบถามถึงความสามารถของ SIP Server และ Client
BYE	เป็นข้อความสิ้นสุดการติดต่อสื่อสาร
CANCEL	เป็นข้อความยกเลิกการติดต่อสื่อสาร
REGISTER	เป็นข้อความในการลงทะเบียนกับ SIP Server

ตารางที่ 2.3 แสดงความหมายของแต่ละ SIP Response Messages

SIP Response Messages	ความหมาย
1XX	Information Messages
2XX	Successful Answers
3XX	Redirection Answers
4XX	Method Failures
5XX	Server Failures
6XX	Global Failures

เพื่อให้สามารถทราบถึงรายละเอียดต่าง ๆ ของ SIP Response Messages จึงขอนำเสนอความหมายของการเกิดเหตุการณ์ตอบรับดังนี้

- **1XX** เป็นข้อความตอบรับจาก SIP Server เพื่อเป็นการบอกให้ SIP Client ทราบว่ากำลังทำงานอะไรอยู่
- **2XX** เป็นข้อความตอบรับจาก SIP Server เมื่อมีการติดต่อได้สำเร็จ
- **3XX** เป็นข้อความเกี่ยวกับการส่งต่อ (Forwarding)
- **4XX** เป็นข้อความที่เกิดจากความผิดพลาดของลูกข่าย (Client)
- **5XX** เป็นข้อความผิดพลาดที่เกิดจากการทำงานของเซิร์ฟเวอร์
- **6XX** เป็นข้อความที่เกิดความผิดพลาดโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

139362

ตารางที่ 2.4 แสดงความหมายของ SIP Response Messages 1XX

SIP Response Messages	Status	ความหมาย
100	Trying	บอกให้ทราบว่ากำลังพยายามติดต่อ SIP Client ปลายทางอยู่
180	Ringing	บอกให้ทราบว่ากำลังรอการติดต่อจาก SIP Client ปลายทาง
182	Queued	บอกให้ทราบว่าได้ทำการกำหนดคิวแล้ว
183	Session Progress	ความก้าวหน้าของ Session

ตารางที่ 2.5 แสดงความหมายของ SIP Response Messages 2XX

SIP Response Messages	Status	ความหมาย
200	OK	ติดต่อได้สำเร็จ
202	Accepted	ยอมรับ

ตารางที่ 2.6 แสดงความหมายของ SIP Response Messages 3XX

SIP Response Messages	Status	ความหมาย
300	Multiple choices	หลายตัวเลือก
301	Moved Permanently	ย้ายเป็นการถาวร
302	Moved Temporarily	ย้ายเป็นการชั่วคราว
305	Use Proxy	ใช้ Proxy
380	Alternative Service	บริการอื่น ๆ

ตารางที่ 2.7 แสดงความหมายของ SIP Response Messages 4XX

SIP Response Messages	Status	ความหมาย
400	Bad Request	ความต้องการผิดพลาด
401	Unauthorized	การไม่ได้รับสิทธิ์ในการลงทะเบียน
402	Payment Required	ต้องการการชำระเงิน (สงวนไว้เพื่ออนาคต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 (ต่อ)

SIP Response Messages	Status	ความหมาย
403	Forbidden	ไม่อนุญาต
404	Not Found	ไม่พบ (ผู้ใช้งาน)
405	Method Not Allowed	ขั้นตอนไม่ได้รับอนุญาต
406	Not Acceptable	ไม่สามารถยอมรับได้
407	Proxy Authentication Required	ต้องการการตรวจสอบ
408	Request Timeout	หมดเวลาในการส่งการร้อง
410	Gone	ไม่สามารถติดต่อผู้ใช้งานได้ ณ เวลานี้
413	Request Entity Too Large	สิ่งที่ร้องขอมามีขนาดใหญ่มาก
414	Request-URI Too Long	รูปแบบของ URI นั้นมีความยาวมาก
415	Unsupported Media Type	ไม่สนับสนุนประเภทของสื่อ
416	Unsupported URI Scheme	ไม่สนับสนุนโครงร่างของ URI
420	Bad Extension	ไม่พบหมายเลขโทรศัพท์ (Extension) ที่ต้องการ
421	Extension Required	ต้องการหมายเลขโทรศัพท์ (Extension)
423	Interval Too Brief	ช่วงเวลาสั้นมาก ๆ
479	Regretfully	ไม่สามารถใช้งาน URI ที่กำหนดมาได้
480	Temporarily Unavailable	ไม่มีการจัดเตรียมไว้ให้เป็นการชั่วคราว
481	Call/Transaction Does Not Exist	ไม่สามารถติดต่อได้
482	Loop Detected	ตรวจสอบพบการวนรอบ
483	Too Many Hops	จำนวนของจุดเชื่อมต่อมากเกินไป
484	Address Incomplete	ที่อยู่ไม่ถูกต้อง
485	Address Ambiguous	ที่อยู่คลุมเครือ
486	Busy Here	ขณะนี้ไม่ว่าง
487	Request Terminated	การร้องขอถูกยุติ
488	Not Acceptable Here	ไม่สามารถยอมรับได้
489	Bad Event	เหตุการณ์ผิดพลาด
491	Request Pending	อยู่ในระหว่างการร้องขอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 (ต่อ)

SIP Response Messages	Status	ความหมาย
493	Undecipherable	ไม่ควรมีการถอดรหัสส่วนใดส่วนหนึ่งของ S/MIME
494	Security Agreement Required	ต้องการขอตกลงเรื่องความปลอดภัย

ตารางที่ 2.8 แสดงความหมายของ SIP Response Messages 5XX

SIP Response Messages	Status	ความหมาย
500	Server Internal Error	เกิดความผิดพลาดจากภายในเซิร์ฟเวอร์
501	Not Implemented	ไม่สามารถทำงานได้ ณ ขณะนี้
502	Bad Gateway	Gateway ผิดพลาด
503	Service Unavailable	ไม่มีการเปิดให้บริการ
504	Server Time-out	หมดเวลาของเซิร์ฟเวอร์
505	Version Not Supported	เซิร์ฟเวอร์ไม่รองรับเวอร์ชั่นที่ใช้งาน
513	Message Too Large	ข้อความมีขนาดใหญ่เกินไป

ตารางที่ 2.9 แสดงความหมายของ SIP Response Messages 6XX

SIP Response Messages	Status	ความหมาย
600	Busy Everywhere	ไม่ว่าง
603	Decline	ถูกปฏิเสธ
604	Does Not Exist Anywhere	ไม่มีอยู่ทุก ๆ ที่
606	Not Acceptable	ไม่สามารถยอดรับได้

3) Redirect Server

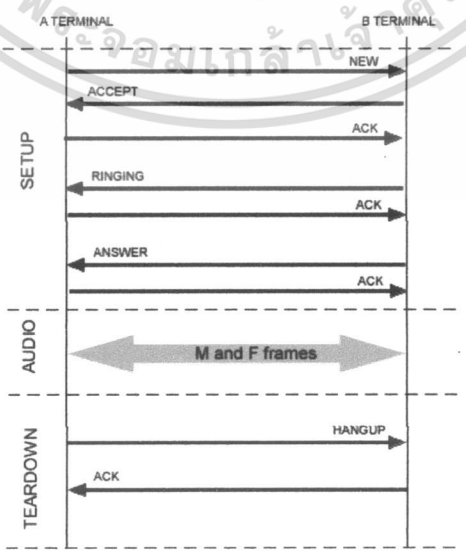
เป็นเซิร์ฟเวอร์ที่จะทำการเปลี่ยนหรือกำหนดเส้นทางโดยอาศัยข้อความ (Request Message)เพื่อส่งต่อไปยังเซิร์ฟเวอร์ปลายทางที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.3. มาตรฐาน IAX

มาตรฐาน IAX หรือ Inter-Asterisk eXchange Protocol เป็นมาตรฐานการรับส่งข้อมูลเสียงที่ถูกพัฒนาโดยบริษัท Digium มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สื่อสารกับ Asterisk Server ซึ่งจะมีการรับส่งข้อมูลคล้าย ๆ กับโปรโตคอล SIP แต่โปรโตคอล IAX จะใช้พอร์ตสื่อสารเพียงพอร์ตเดียวคือ UDP ที่ 4569 ในการรับส่งข้อมูลรวมถึงการใช้งานแบบ RTP (Real time Transport Protocol) ซึ่งโปรโตคอล IAX นี้ปัจจุบันกำลังอยู่ในการเสนอให้เป็นโปรโตคอลมาตรฐานเหมือนกันกับโปรโตคอล SIP ความโดดเด่นของโปรโตคอล IAX อีกอย่างคือ การออกแบบโปรโตคอล IAX มาเพื่อแก้ไขปัญหาของโปรโตคอล SIP คือ โปรโตคอล IAX นั้นสามารถทำได้กับเครือข่ายที่เป็นเครือข่ายแบบ NAT (Network Address Translation) ทุกประเภท ทำให้เราสามารถรับส่งข้อมูลเสียงได้อย่างไม่มีปัญหา อีกทั้งยังมีขนาดของแพ็กเกต (Packet) ที่เล็กกว่าโปรโตคอล SIP อีกด้วย ปัจจุบันจึงทำให้โปรโตคอล IAX นั้นเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้น และยังมีการผลิตอุปกรณ์ต่าง ๆ ออกมารองรับมากขึ้นอีกด้วย ส่วนในเรื่องของความปลอดภัยนั้น โปรโตคอล IAX สามารถรองรับการตรวจสอบสิทธิ์ได้ 3 รูปแบบคือ รูปแบบข้อความปกติ (Plain Text), การเข้ารหัสแบบ MD5 และการเข้ารหัสคีย์แบบ RSA อีกทั้งยังสามารถทำงานร่วมกับเครือข่าย VPN (Virtual Private Network) ได้เป็นอย่างดี

- IAX Messages เพื่อให้เราสามารถเข้าใจการทำงานของ IAX มากขึ้น จึงขอนำเสนอการทำงานของโปรโตคอล IAX ด้วย IAX Messages ด้วยรูปของการทำงานนี้



รูปที่ 2.9 IAX Messages

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโปรโตคอล IAX นั้นจะแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ด้วยกันคือ

1) Call Setup

การทำงานจะเริ่มจากการที่ A Terminal เริ่มส่งข้อความ New ไปยัง B Terminal จากนั้น B Terminal จะตอบกลับโดยการส่งข้อความ Accept กลับมายัง A Terminal จากนั้น A Terminal จะส่งข้อความ ACK เพื่อตอบรับกลับไปยัง B Terminal เมื่อ B Terminal ได้รับแล้วก็จะส่งข้อความ Ringing กลับไปยัง A Terminal แล้ว A Terminal จะส่งข้อความรับทราบ ACK กลับไปอีกครั้ง จากนั้น B Terminal ก็จะทำการตอบรับการเรียกสายด้วยข้อความ ANSWER แล้ว A Terminal ก็จะรับรู้การเรียกสายด้วยการตอบรับข้อความ ACK กลับไปอีกครั้ง ซึ่งก็จะเป็นขั้นตอนของการ Call Setup

2) Media หรือ Audio Flow

หลังจากที่ได้มีการสราง Call Setup เรียบร้อยแล้วก็จะเริ่มส่งข้อมูลเสียง (Audio data) โดยตรงหากันและกันโดยใช้ M Frame หรือ Mini Frames ซึ่งมีขนาด 4 Bytes ไปยังปลายทาง แล้วจะได้รับการตอบกลับด้วย F Frame หรือ Full Frames จากนั้นจะเริ่มส่งข้อมูลเสียงระหว่างต้นทางและปลายทางโดยอาศัยการส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตสื่อสาร UDP ที่ 4569 พอร์ตเดียว ซึ่งทำให้ข้อมูลเสียงสามารถทำงานได้ดีในสภาวะแวดล้อมของ NAT

3) Call Teardown

เมื่อมีความต้องการยกเลิกการเรียกสายก็จะมีการส่งข้อความ HANGUP ไปยังปลายทาง จากนั้นจะได้รับข้อความ ACK กลับมาเพื่อเป็นการสิ้นสุดการเรียกสาย

2.3.4.4. มาตรฐาน MGCP

มาตรฐาน MGCP หรือ Media Gateway Control Protocol ถูกกำหนดไว้ใน RFC 3435 ซึ่งมีการนำเอาโปรโตคอลนี้มาใช้งานในระบบ Voice over IP ซึ่งจะทำหน้าที่ในการควบคุม(Controller) จาก Media Gateway ภายนอกระบบ หรือบางครั้งอาจจะเป็น Call agents ก็ได้ โดยโปรโตคอล MGCP นี้จะแบ่งส่วนประกอบออกเป็น 2 ส่วนคือ Call Agents หรือ Media Gateway Controller และ Gateway

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.5. มาตรฐาน Skinny/SCCP

มาตรฐาน Skinny/SCCP (Skinny Client Control Protocol) เป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาโดยบริษัท Cisco ซึ่งใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ที่เป็น VoIP ของ Cisco เท่านั้น นับเป็นโปรโตคอลมาตรฐานที่มีอยู่ในตัวอุปกรณ์เกี่ยวกับการสื่อสาร VoIP ของ Cisco โดยจะถูกควบคุมผ่านทาง Cisco Call Manager PBX หากจะมีการนำเอาโปรโตคอลนี้มาใช้งานร่วมกับระบบโทรศัพท์ Asterisk จะต้องใช้เครื่องโทรศัพท์ที่เป็นของ Cisco หรือโทรศัพท์ที่รองรับมาตรฐานของ SCCP เท่านั้น

2.3.4.6. มาตรฐาน UNISTIM

มาตรฐาน UNISTIM (Unified Networks IP Stimulus) เป็น มาตรฐานที่ถูกพัฒนาโดยบริษัท Nortel Networks ซึ่งจะมีการใช้งานพอร์ตสื่อสาร UDP ที่ 5000 และมีการทำงานร่วมกับเครื่องโทรศัพท์ที่เป็นของบริษัท Nortel Networks หรือโทรศัพท์อื่น ๆ ที่รองรับการทำงานร่วมกับมาตรฐาน UNISTIM เท่านั้น

2.3.5. มาตรฐานการเข้ารหัส CODEC

CODECS (Coders/Decoders) หรือ "โคเดก"เป็นขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่ใช้ในการเข้ารหัสและถอดรหัสสัญญาณเสียงที่รับส่งกันระหว่างการสนทนาเพื่อให้มีความถูกต้อง และเป็นมาตรฐานเดียวกัน ให้สามารถส่งผ่านบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หรืออินทราเน็ตได้ ปัจจุบันองค์กร ITU-T เป็นผู้กำหนดมาตรฐาน codecs ที่มีการใช้งานกันบนเครือข่ายของ VoIP โดยจะมีการเขียนตัวอักษร "G" นำหน้าเช่น G.711 , G.723 ,G.726 , G.729 เป็นต้น ซึ่งแต่ละมาตรฐานก็จะมีขั้นตอนวิธีการที่แตกต่างกันไป บางมาตรฐานจะให้คุณภาพเสียงที่ดีเยี่ยม บางมาตรฐานใช้แบนด์วิดท์ (Bandwidth) มาก เช่น G.711 ซึ่งเหมาะสำหรับเครือข่ายภายในหรือ LAN บางมาตรฐานก็ให้คุณภาพเสียงที่ดีแต่ใช้แบนด์วิดท์น้อย เช่น G.729 เหมาะสำหรับการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตระหว่างประเทศหรือองค์กร แต่มาตรฐาน G.729 นั้น จะต้องมีการซื้อสิทธิ์ก่อนจึงจะสามารถใช้งานได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบที่เลือกใช้งานด้วย นอกจากมาตรฐานที่ขึ้นต้นด้วยตัวอักษร G แล้ว ยังมีอีกหลาย ๆ CODECS ที่ได้รับความนิยม เช่น GSM ,iLBC , Speex ซึ่งจะนำเสนอต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.1. G.711

G.711 เป็นโคเดก (Codec) ที่ใช้การเข้ารหัสและถอดรหัสสัญญาณเสียงที่มีขนาด 64 kbps โดยจะไม่มีการบีบอัดสัญญาณเสียง และมีการใช้งานซีพียูในการและถอดรหัสน้อยมาก จึงทำให้คุณภาพเสียงที่ได้มานั้นคุณภาพดีแต่จะใช้งานช่องสัญญาณ (Bandwidth) ที่มากกว่าโคเดก (Codec) ชนิดอื่น ๆ โดยปกติแล้มาตรฐาน G.711 นั้นจะแบ่งออกเป็นอีก 2 มาตรฐานย่อยคือ alaw หรือ ulaw โดยที่ G.711 alaw นั้นจะใช้ในยุโรป (Europe) ส่วน G.711 ulaw นั้นจะใช้ในสหรัฐอเมริกา ซึ่งทั้งสองมาตรฐานก็ต้องการช่องสัญญาณ (Bandwidth) ที่ 64 kbps โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ที่ใช้งานในระบบ VoIP นั้นจะรองรับทั้งสองมาตรฐานนี้เป็นหลักไม่ว่าจะใช้อุปกรณ์ที่เป็นโทรศัพท์แบบ IP Phone ทั้งฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ รวมถึงอุปกรณ์แปลงสัญญาณเสียงอย่าง ATA ก็รองรับด้วยเช่นกัน หากมีการนำโคเดกนี้ไปใช้งานกับการสื่อสารผ่านทาง Dial up ที่มีช่องสัญญาณเพียง 56 kbps อาจจะทำให้คุณภาพเสียงออกมาไม่ดีนักเสียงจะขาด ๆ หาย ๆ ได้ เนื่องจากช่องสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารมีขนาดเล็กว่าความต้องการของมาตรฐานนี้

2.3.5.2. G.721 ,G.723 , G.726 , G.728 และ G.729A

มาตรฐานเหล่านี้จะมีการปรับเปลี่ยนตามความเหมาะสมของสภาพเครือข่ายที่ใช้งานอยู่ โดยระบบจะมีการเลือกโคเดกที่มีความเหมาะสมให้กับอุปกรณ์ทั้งต้นทางและปลายทาง โดยจะคำนึงถึงความพอเพียงของช่องสัญญาณ (Bandwidth) ที่ใช้งานอยู่ ณ ขณะนั้น ซึ่งความต้องการของโคเดกเหล่านี้ก็จะอยู่ระหว่าง 8 ถึง 32 kbps นอกจากอุปกรณ์โทรศัพท์ต้นทาง และปลายทางจะรองรับมาตรฐานโคเดกเหล่านี้แล้ว ตัวเซิร์ฟเวอร์เองก็ต้องมีตัวแปลงเพื่อเข้ารหัสและถอดรหัสตามมาตรฐานนั้น ๆ ด้วย โดยส่วนมากแล้วมาตรฐานในกลุ่มนี้ จะต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ในการใช้งาน เช่น G.729A นั้นเสียค่า License จำนวน 10 ดอลล่าร์ หากต้องการใช้งานมาตรฐานนี้กับระบบโทรศัพท์ Asterisk เป็นต้น

2.3.5.3. GSM

GSM หรือ Global System for Mobile communications เป็นมาตรฐาน Codec ที่ใช้งานสำหรับการสื่อสารของโทรศัพท์มือถือ ที่มีการใช้ช่องสัญญาณที่ 13 kbps ในการรับส่งสัญญาณเสียงเป็นมาตรฐานที่มีขนาดเล็กและให้คุณภาพเสียงในระดับที่ดี และยังมีการใช้หน่วยประมวลผลต่ำอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.4. ILBC

ILBC หรือ Internet Low-Bitrate Code เป็นอีกมาตรฐานหนึ่งที่มีการใช้ช่องสัญญาณขนาดเล็กมาก โดยใช้ที่ 15 kbps ซึ่งสามารถใช้งานมาตรฐานนี้ได้ฟรี โดยที่อุปกรณ์โทรศัพท์ทั้งต้นทางและปลายทางต้องรองรับมาตรฐานนี้ด้วยเช่นกัน จึงสามารถใช้งานได้

2.3.5.5. Speex

Speex เป็นมาตรฐานโคเดก ที่ใช้ช่องสัญญาณ (Bandwidth) ที่อยู่ระหว่าง 8 ถึง 32 kbps ตัว Speex เองสามารถที่จะปรับการใช้ช่องสัญญาณให้อยู่ในระดับกลางได้โดยไม่ต้องการการเรียกสายใหม่ เป็นโคเดกที่มีการนำมาใช้งานในการสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ตมาก เนื่องจากเป็นโคเดกที่ใช้งานได้ฟรี และมีความน่าเชื่อถือสูง แต่อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ต้นทางและปลายทางจะต้องรองรับมาตรฐานนี้ด้วยเช่นกัน

2.3.6. เปรียบเทียบการใช้งานมาตรฐาน Codec แต่ละประเภท

ตารางนี้จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของการใช้งานมาตรฐานของ Codec แต่ละประเภท เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาเลือกใช้งาน Codec ให้มีความเหมาะสมกับสภาพเครือข่ายที่ใช้งานอยู่ เพื่อให้เครื่องโทรศัพท์ที่อยู่ต้นทาง และปลายทางสามารถสื่อสารกันได้โดยการใช้งาน Codec ที่เหมือนกันทั้งนี้ต้องตรวจสอบดูด้วยว่าเครื่องโทรศัพท์ต้นทาง ปลายทาง และระบบโทรศัพท์ IP-PBX ที่นำมาใช้งานนั้น รองรับมาตรฐานดังกล่าวด้วย

ตารางที่ 2.10 การเปรียบเทียบ Codec แต่ละประเภท

Codec	Bandwidth	Packet Interval	Ethernet overhead bandwidth	Processing Intensity	Total Bandwidth
G.711	64 kbps	20 ms	31.2 kbps	Low	95.2 kbps
G.726	32 kbps	20 ms	31.2 kbps	Medium	63.2 kbps
G.728	16 kbps	10 ms	31.2 kbps	High	78.4 kbps
G.729A	8 kbps	10 ms	31.2 kbps	High	39.2 kbps
GSM	13 kbps	20 ms	31.2 kbps	Medium	44.2 kbps
iLBC	15 kbps	10 ms	31.2 kbps	High	46.2 kbps
Speex	8-32 kbps	10 ms	31.2 kbps	High	39.2 kbps หรือมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4. ระบบโทรศัพท์ Asterisk

2.4.1. Asterisk คืออะไร

Asterisk คือ ซอฟต์แวร์ระบบโทรศัพท์แบบ IP-PBX สมบูรณ์แบบ ซึ่งสามารถทำงานได้บนหลายๆระบบปฏิบัติการ เช่น Linux, Mac OSX, OpenBSD, FreeBSD และ Sun Solaris โดยได้มีการจัดเตรียมฟังก์ชันการใช้งานของตู้สาขาโทรศัพท์ PBX (Private Branch eXchange) คุณภาพสูงไว้ในตัว Asterisk รองรับกับระบบ VoIP (Voice over IP) หลายโปรโตคอล เช่น SIP, H.323, IAX, MGCP, SCCP (Cisco Skinny®) ซึ่งรองรับกับอุปกรณ์โทรศัพท์ที่เป็นมาตรฐานและใช้ฮาร์ดแวร์ที่ราคาไม่แพง

Asterisk มีการเผยแพร่แบบ Open source ภายใต้ GNU General Public License (GPL) นั่นหมายความว่า เราสามารถที่จะดาวน์โหลดโปรแกรม Asterisk มาใช้งานได้ฟรีตามข้อกำหนด

Asterisk ถูกพัฒนาและสร้างโดย Mr. Mark Spencer แห่งบริษัท Digium Inc. เมื่อปี ค.ศ. 1999 และได้มีการเผยแพร่โปรแกรมไปยังทั่วโลกในกลุ่ม Open source เพื่อทดสอบและแก้ไขปัญหา (Bug) ของโปรแกรม Asterisk อย่างต่อเนื่อง จากนั้นเมื่อประมาณปี ค.ศ. 2001 Mr. Mark Spencer ได้ร่วมมือกับโครงการ Zapata Project และ Mr. Jim Dixon พัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถรองรับการทำงานร่วมกับโปรแกรมระบบโทรศัพท์ของ Mr. Mark Spencer ซึ่งสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ของบริษัท Digium, Sangoma และบริษัทอื่นๆที่ขายผลิตภัณฑ์รองรับกับ Asterisk PBX ทั่วๆไป โดยคุณสมบัติหลักของอุปกรณ์ส่วนใหญ่จะใช้ความสามารถของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) และหน่วยความจำ (Memory) ของเครื่องเซิร์ฟเวอร์เป็นหลัก ไม่ว่าจะเป็นการทำงานในส่วนของ Media Streaming, Echo cancellation และ Transcoding และในปัจจุบันทางบริษัทได้เล็งเห็นความสำคัญในส่วนนี้ จึงได้มีการพัฒนาการ์ดประมวลผลต่างๆเพื่อลดการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง และหน่วยความจำของเครื่องเซิร์ฟเวอร์หลายชนิด เพื่อให้เซิร์ฟเวอร์สามารถใช้หน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำได้ดีขึ้น

2.4.2. ความสามารถของ Asterisk

Asterisk นับเป็นระบบโทรศัพท์ IP-PBX ตัวหนึ่งที่มีความสามารถเทียบเท่ากับระบบโทรศัพท์ราคาแพงที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่ง Asterisk เองได้มีความสามารถต่างๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 ความสามารถของ Asterisk

ความสามารถด้าน	รองรับฟังก์ชันการทำงานต่างๆดังนี้
Call Features	ADSI On-Screen Menu System
	Alarm Receiver
	Append Message
	Authentication
	Automated Attendant
	Black lists
	Blind Transfer
	Call Detail Records
	Call Forward on Busy
	Call Forward on No Answer
	Call Forward Variable
	Call Monitoring
	Call Parking
	Call Queuing
	Call Recording
	Call Retrieval
	Call Routing (DID & ANI)
	Call Snooping
	Call Transfer
	Call Waiting
	Caller ID
	Caller ID Blocking
	Caller ID on Call Waiting
	Calling Cards
	Conference Bridging
	Database Store / Retrieve
	Database Integration
	Dial by Name
	Direct Inward System Access
	Distinctive Ring

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 (ต่อ)

ความสามารถด้าน	รองรับฟังก์ชันการทำงานต่างๆดังนี้
Call Features	Distributed Universal Number Discovery (DUNDI™) Do Not Disturb E911 ENUM Fax Transmit and Receive (3rd Party OSS Package) Flexible Extension Logic Interactive Directory Listing Interactive Voice Response (IVR) Local and Remote Call Agents Macros Music On Hold Music On Transfer: - Flexible Mp3-based System - Random or Linear Play - Volume Control Predictive Dialer Privacy Open Settlement Protocol (OSP) Overhead Paging Protocol Conversion Remote Call Pickup Remote Office Support Roaming Extensions Route by Caller ID SMS Messaging Spell / Say Streaming Media Access Supervised Transfer Talk Detection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 (ต่อ)

ความสามารถด้าน	รองรับฟังก์ชันการทำงานต่างๆดังนี้
Call Features	Text-to-Speech (via Festival) Three-way Calling Time and Date Transcoding Trunking VoIP Gateways Voicemail: - Visual Indicator for Message Waiting - Stutter dial tone for Message Waiting - Voicemail to email - Voicemail Groups - Web Voicemail Interface Zapateller
Computer-Telephony Integration	AGI (Asterisk Gateway Interface) Graphical Call Manager Outbound Call Spooling Predictive Dialer TCP/IP Management Interface
CODECs	ADPCM G.711 (A-Law & μ-Law) G.722 G.723.1 (pass through) G.726 G.729 (through purchase of a commercial license) GSM iLBC Linear LPC-10 Speex

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

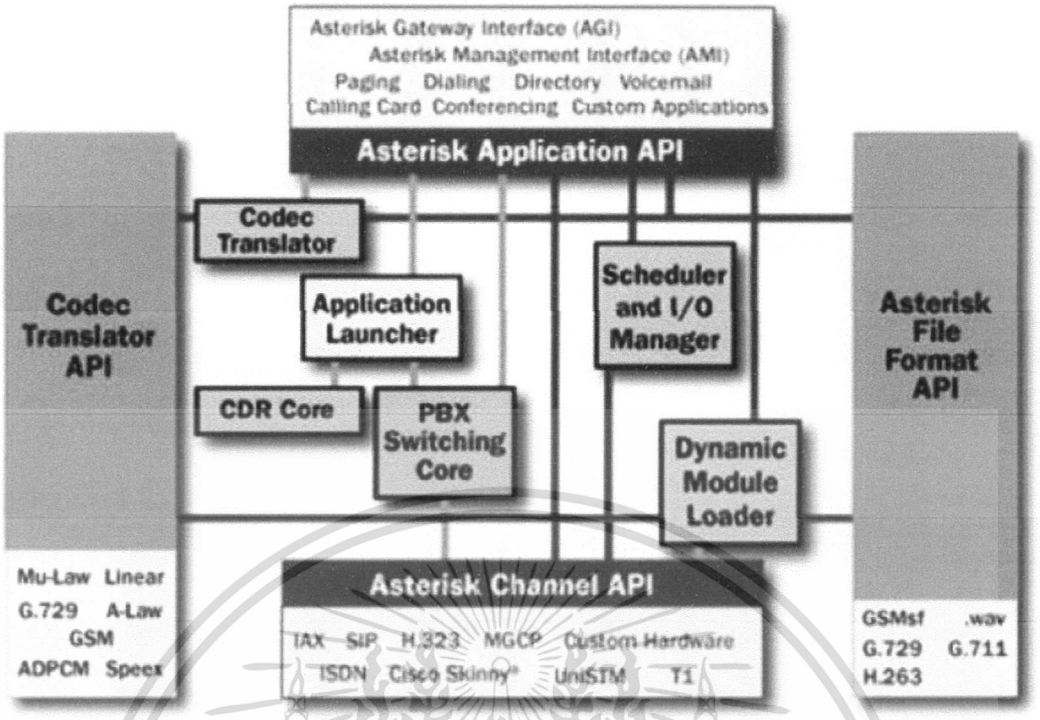
ตารางที่ 2.11 (ต่อ)

ความสามารถด้าน	รองรับฟังก์ชันการทำงานต่างๆดังนี้
Protocols	IAX™ (Inter-Asterisk Exchange) H.323 SIP (Session Initiation Protocol) MGCP (Media Gateway Control Protocol) SCCP (Cisco ® Skinny ®)
Traditional Telephony Interoperability	E&M E&M Wink Feature Group D FXS FXO GR-303 Loopstart Groundstart Kewlstart MF and DTMF support Robbed-bit Signaling (RBS) Types MFC-R2 (Not supported. However, a patch is available)

2.4.3. สถาปัตยกรรมของ Asterisk

Asterisk ได้มีการออกแบบระบบให้มีความยืดหยุ่นสูงโดยมีการระบุส่วนประกอบของ APIs อยู่บริเวณภายนอก ซึ่งทำให้มีประโยชน์มาก เมื่อมีผู้พัฒนา API (Application Programming Interface) นำมาต่อยอดเพื่อทำงานร่วมกับระบบโทรศัพท์ Asterisk ก็สามารถทำได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 สถาปัตยกรรมของระบบโทรศัพท์ Asterisk

2.4.3.1. ส่วนประกอบภายนอกระบบโทรศัพท์ Asterisk

ส่วนประกอบภายนอกของสถาปัตยกรรม Asterisk จะเป็น APIs จำนวน 4 ส่วนด้วยกัน ซึ่งจะมีหน้าที่ในการโหลดการทำงานของ APIs นั้นๆ ซึ่งทำให้ Asterisk ไม่จำเป็นต้องคอยจัดการเองทั้งหมดโดยจะทำการติดต่อผ่าน APIs ต่างๆ ดังนี้

- **Channel API** จะทำหน้าที่ในการจัดการกับประเภทของการเชื่อมต่อที่เข้ามาไม่ว่าจะเป็นประเภทของ VoIP ประเภทต่างๆ เช่น ISDN , IAX , SIP ,H.323 MGCP Cisco Skinny และรวมถึงสัญญาณ Signaling ต่างๆ
- **Application API** จะทำหน้าที่อนุญาตให้งานหลายๆ งานสามารถทำหน้าที่ได้หลายหน้าที่ เช่น Conferencing, Directory, Listening, VoIP Mail ซึ่งงานบางงานจำเป็นต้องดำเนินการทันที หรืออาจจะดำเนินการในอนาคตก็เป็นได้
- **Codec Translator API** ทำหน้าที่โหลดตัวเข้ารหัส/ถอดรหัส (Codec) ของไฟล์เสียงรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น GSM , μ-law , A-law รวมถึง mp3 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **File Format API** ทำหน้าที่ในการอ่าน และบันทึกไฟล์ในหลากหลายรูปแบบ เช่น ไฟล์เสียง .gsm .wav .mp3 ฯลฯ แล้วทำการเก็บไฟล์เหล่านั้นไว้ในระบบ

2.4.3.2. ส่วนประกอบภายในระบบโทรศัพท์ Asterisk

- **PBX Switching** นับเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากสำหรับ Asterisk นั่นก็คือ PBX switching ซึ่งจะทำหน้าที่ในการเชื่อมการติดต่อระหว่างผู้ใช้งานหลายๆ คน และการทำงานอัตโนมัติ รวมถึงการจัดการและดูแลเกี่ยวกับซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ของระบบอีกด้วย
- **Application Launcher** เป็นตัวประกาศว่าบริการใดจะเริ่มทำงาน เช่น Voice Mail , File Playback เป็นต้น
- **Codec Translator** จะมีการใช้ Codec โมดูลเพื่อเข้ารหัสและถอดรหัสไฟล์เสียงที่ถูกบีบอัดเพื่อใช้ในการส่งสัญญาณเสียง โดยมีการเลือกมาตรฐานของ Codec ให้มีความเหมาะสม โดยจะคำนึงถึงคุณภาพเสียงและการใช้งานช่องสัญญาณในการส่งผ่านข้อมูล (Bandwidth Usage) ด้วย
- **Scheduler and I/O Management** ทำหน้าที่ในการจัดสรร และดูแลตารางงานต่างๆ ซึ่งอยู่ในระบบล่าง เพื่อให้งานเหล่านั้นสามารถที่จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้เงื่อนไขทั้งหมด
- **Dynamic Module loader** ทำหน้าที่ในการจัดการโมดูลต่างๆ ที่มีความจำเป็นต่อการทำงานของระบบโทรศัพท์ Asterisk
- **CDR หรือ (Call Detail Record)** ทำหน้าที่ในการบันทึกข้อมูลการใช้งานโทรศัพท์ของระบบทั้งหมด อาทิเช่น หมายเลขโทรศัพท์ต้นทาง ปลายทาง วันที่และเวลาในการสนทนา จำนวนวินาทีในการสนทนา เป็นต้น

2.4.3.3. ไฟล์สำคัญในระบบโทรศัพท์ Asterisk

ไฟล์สำคัญในระบบโทรศัพท์ Asterisk เหล่านี้ไม่ว่าผู้ดูแลระบบจะเลือกใช้ระบบปฏิบัติการ FreeBSD หรือ Linux ควรจะทราบถึงความสำคัญและความหมายของไฟล์ต่างๆ ที่จำเป็นต่อการปรับแต่งระบบโทรศัพท์ Asterisk เสียก่อน ไฟล์เหล่านี้ ถ้าเลือกใช้ระบบปฏิบัติการ FreeBSD จะถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บไว้ใน /usr/local/etc/asterisk แต่ถ้าใช้ระบบปฏิบัติการLinux จะถูกเก็บไว้ที่ /etc/asterisk โดยไม่ว่าจะใช้ระบบปฏิบัติการใดก็จะต้องทราบถึงความหมายของไฟล์เหล่านี้ก่อนเสมอ

adsi.conf	เป็นไฟล์เก็บข้อความที่ใช้แสดงผลในโหมดข้อความ (Analog Display Services Interface หรือสั้นๆ ว่า ADSI)
adtranvofr.conf	เป็นไฟล์ที่เก็บค่าปรับแต่งระบบที่ใช้สำหรับโครงข่าย Frame Relay ของบริษัท Adtran
agents.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เก็บค่าปรับแต่งระบบที่เป็นศูนย์บริการ (Call Center) ซึ่งจะใช้เพื่อกำหนด ID และ Passwords
alarmreceiver.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อปรับแต่งค่าของโปรแกรม Alarm receiver ซึ่งปกติแล้วจะไม่มีการปรับแต่งค่าใดๆ ในนี้
alsa.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อปรับแต่งค่าของการ์ดเสียง (Sound card) โดยปกติแล้วไม่มีการปรับแต่งค่าใดๆ ในนี้
asterisk.adsi	เป็ นไฟล์ที่มีไว้เพื่อกำหนด Scripts ต่างๆ ซึ่งจะถูกนำมาใช้งานก็ต่อเมื่อใช้โทรศัพท์หรืออุปกรณ์ที่รองรับกับ ADSI เท่านั้น
asterisk.conf	บางครั้งอาจจะถูกบันทึกเป็นชื่อไฟล์ asterisk.conf-dist เป็นไฟล์ที่กำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในระบบ โดยส่วนมากแล้วจะไม่มีการปรับค่าใด ๆ ในนี้
cdr_manager.conf	เป็นไฟล์ที่ไว้จัดการกับระบบบันทึกข้อมูลการใช้โทรศัพท์ หรือที่เราเรียกว่า CDR (Call Detail Record)
cdr_odbc.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อปรับแต่งค่าการบันทึกข้อมูลการใช้โทรศัพท์โดยผ่านทาง ODBC เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลการโทรศัพท์ของแต่ละเลขหมาย
cdr_pgsql.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อปรับแต่งค่าการบันทึกข้อมูลการใช้โทรศัพท์ (CDR) ลงในฐานข้อมูลของ PostgresSQL
cdr_tds.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อปรับแต่งค่าการบันทึกข้อมูลการใช้โทรศัพท์ (CDR) ลงในฐานข้อมูลของ Microsoft SQL และ Sybase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

enum.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อปรับแต่งเมื่อต้องการใช้ ENUM ซึ่งจะอนุญาตให้มีการกำหนดหมายเลขโทรศัพท์ให้สัมพันธ์กับระบบ DNS
extconfig.conf	ไฟล์นี้จะเป็นไฟล์ที่ใช้กำหนดการโหลดข้อมูลแบบ Real time จากฐานข้อมูลที่ต้องการอ่านรายละเอียดเพิ่มเติมใน doc/README.extconfig
extensions.conf	เป็นไฟล์ที่มีความสำคัญมากเพราะไฟล์นี้จะเป็นไฟล์ที่กำหนดหมายเลข Extensions ต่างๆ เพื่อที่จะให้ระบบทำงานตามที่ต้องการ โดยการเขียนแผนการโทรศัพท์ (Dial plan) เพื่อควบคุมระบบโทรศัพท์ทั้งระบบ
features.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อกำหนดคุณสมบัติเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้งานฟังก์ชันต่างๆ เช่น pickup extension และ call parking เป็นต้น
festival.conf	เป็นไฟล์ที่ใช้เพื่อกำหนดให้ระบบโทรศัพท์ Asterisk ออกเสียงหรือพูดตามข้อความที่เรากำหนด โปรแกรม Festival นี้จัดอยู่ในกลุ่มโปรแกรมที่เป็น Open Source Software
iax.conf	เป็นไฟล์ที่ไว้กำหนด IAX Account สำหรับอุปกรณ์โทรศัพท์ ATM หรือ IP Phone ที่รองรับมาตรฐานโปรโตคอล IAX2 (Inter-Asterisk Exchange 2)
iaxprow.conf	เป็นไฟล์ที่ไว้กำหนดคุณสมบัติ Simple provisioning ของอุปกรณ์ Digium's S1011 หรือที่เรารู้จักกันในชื่อของ IAXY นั่นเอง
indications.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อกำหนดคุณสมบัติของเสียง Ringing , Tones และอื่นๆ ซึ่งจะมีการกำหนดเป็นมาตรฐานของประเทศต่างๆ ที่ใช้งานในปัจจุบัน
logger.conf	เป็นไฟล์ใช้เพื่อการกำหนด Logging ของระบบ ส่วนมากแล้วไม่มีการปรับค่าในไฟล์นี้
manager.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อกำหนดการเข้ามาบริหาร ระบบในลักษณะรีโมต (Remote Access) ซึ่งจะมีความสำคัญหากมีการจัดการระบบโทรศัพท์ผ่านทาง GUI (Graphics User Interface)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

meetme.conf	เป็นไฟล์ที่ใช้กำหนดห้องประชุม หรือเรียกว่าเป็น Teleconference ที่จะสามารถกำหนดหมายเลขห้องประชุม และรหัสผ่านที่ใช้ก่อนเข้าห้องประชุมได้
mgcp.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้กำหนดค่าของอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐานโปรโตคอลของ Media Gateway Control Protocol ซึ่งอุปกรณ์ที่รองรับตามมาตรฐานนี้ จะเป็นอุปกรณ์ VoIP ของบริษัท Cisco เป็นหลัก
modem.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อกำหนดคุณสมบัติของ ISDN Modem ที่เราต้องการเชื่อมต่อโดยส่วนมากจะต้องใช้ ISDN4Linux Driver เข้ามาช่วย
modules.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อกำหนดว่าต้องการให้โมดูล (Modules) ใดทำงานเมื่อมีการบูทเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งเราสามารถที่จะอนุญาตหรือไม่อนุญาตได้โดยการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ ในไฟล์นี้
musiconhold.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อกำหนดคุณสมบัติของเสียงเพลงรอสายที่ใช้ในระบบ ซึ่งสามารถกำหนดแหล่งที่มาของเพลงได้หลายลักษณะด้วยกัน
oss.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อกำหนดคุณสมบัติของ Open Sound System
osp.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อกำหนดคุณสมบัติของ Open Settlement Protocol
phone.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อปรับแต่งค่าของ Linux Phone
privacy.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อกำหนดคุณสมบัติของ Privacy ได้โดยส่วนมากแล้วไม่มีการปรับแต่งค่าในไฟล์นี้
queues.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อกำหนดคิว (Queues) ที่จะให้เราสามารถปรับแต่งค่าในการใช้งานได้หลากหลาย
res_config_odbc.conf	เป็นไฟล์ที่ใช้เพื่อเก็บและกำหนดค่าของการใช้งานระบบโทรศัพท์ Asterisk ร่วมกับฐานข้อมูลผ่านทาง ODBC
res_odbc.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อเก็บค่าต่างๆ ของการกำหนดฐานข้อมูลที่ใช้งานแบบ ODBC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

rpt.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้สำหรับงานเรดิโอรีพีทเตอร์ (Radio Repeater)
rtp.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อกำหนดพอร์ตสื่อสารของโปรโตคอล RTP (Real time Protocol) ซึ่งจะใช้ในการสื่อสารแบบ UDP
sip.conf	เป็นไฟล์ที่มีความสำคัญมากเพื่อใช้งานกับอุปกรณ์ที่รองรับตามมาตรฐานของโปรโตคอล SIP ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ ATM หรือเครื่องโทรศัพท์ IP Phone และ โปรแกรม IP Phone ต่างๆ ก็ควรมีการกำหนด SIP Account และค่าตัวแปรต่างๆ ได้จากไฟล์นี้
skinny.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อกำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐานของบริษัท Cisco
voicemail.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อกำหนดคุณสมบัติของ Voice Mail เช่น การกำหนด Voice Mail account และรหัสผ่านต่างๆ
vpb.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้สำหรับอุปกรณ์ VoIP ที่รองรับมาตรฐานของ VoiceTronix
zapata.conf	เป็นไฟล์ที่มีไว้เพื่อกำหนดคุณสมบัติเพิ่มเติมของการ์ด X100P หรือการ์ดอื่นๆ ที่ทำงานผ่านทาง Zaptel Channels

ในระบบโทรศัพท์ Asterisk นั้นจะมีการสำรองไฟล์ที่ได้กล่าวมาข้างต้นให้ โดยจะมีการกำหนดชื่อไฟล์ filename.conf-dist ซึ่งจะเป็นประโยชน์เมื่อมีการแก้ไขระบบผิดพลาดไปแล้ว ก็สามารถที่จะนำไฟล์เหล่านั้นมาสำเนาทับไฟล์ต่างๆ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานต่อไปได้ การปรับแต่ค่าไฟล์ในAsterisk นั้น ดูเหมือนว่าจะต้องศึกษาไฟล์และตัวแปรที่อยู่ในไฟล์ต่างๆ ทั้งหมด แต่ในความเป็นจริงแล้วการใช้งานจริงจะใช้เพียง 2-3 ไฟล์เท่านั้น เช่น เราต้องการสร้างระบบโทรศัพท์ที่มีหมายเลขภายใน (Extensions) จำนวน 30 หมายเลข และใช้อุปกรณ์โทรศัพท์ที่รองรับมาตรฐาน SIP เราก็จะปรับแต่งไฟล์ extensions.conf เพื่อควบคุมหมายเลข Extensions ทั้ง ระบบและไฟล์ sip.conf ก็ใช้เพื่อควบคุมอุปกรณ์โทรศัพท์ที่รองรับมาตรฐานของโปรโตคอล SIP เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

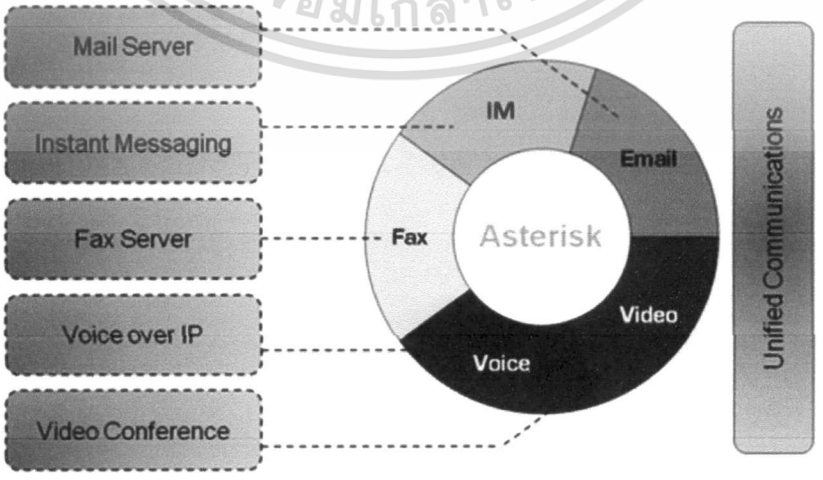
2.5. การพัฒนาระบบโทรศัพท์แบบ IP-PBX

ปัจจุบันมีผู้สนใจที่จะนำเอาความสามารถของระบบโทรศัพท์ Asterisk ไปพัฒนาต่อยอดกันมากขึ้น โดยใช้ส่วนการทำงานหลักๆของระบบที่ได้พัฒนาขึ้นมาจากพื้นฐานของระบบโทรศัพท์ Asterisk ทั้งสิ้น เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานและควบคุมระบบโทรศัพท์ Asterisk ได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยมีการพัฒนาตัวควบคุมและสั่งงานในรูปแบบการควบคุมผ่านเว็บ (Web-based Control Panel) โดยที่ผู้ใช้สามารถเลือกการทำงานผ่านเมนูที่ปรากฏบนหน้าจอภาพได้ทันที อาทิเช่น Trixbox, Elastix, Slast, Askozia, AsteriskWin32, AsteriskNow

2.5.1. Elastix

Elastix เป็นโปรแกรมระบบโทรศัพท์ IP-PBX ซึ่งเป็น Open Source อีกตัวหนึ่งที่เกิดขึ้นไม่นานนัก ได้มีการนำเอาระบบโทรศัพท์ Asterisk มาพัฒนาต่อยอด โดยนำเอาระบบปฏิบัติการ Linux Cent OS มาเป็นระบบปฏิบัติการหลักในการทำงาน แล้วมีส่วนควบคุมเป็น Web-based Control Panel ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน อีกทั้ง Elastix ได้นำเอาโปรแกรมย่อยที่ดีที่สุดแต่ละตัวมารวมกันไว้ในตัวระบบ Elastix เอง เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างโมดูล หรือ โปรแกรมย่อยเข้ามาร่วมกับ Elastix ได้ด้วย

คุณสมบัติบางส่วนของ Elastix ได้แก่ Voicemail, Fax-to-email, Support for softphones, Web Interface Configuration, Virtual conference rooms, Call recording, Least Cost Routing, Extension Roaming, PBX Interconnection, Caller ID, CRM, Advance Reports



รูปที่ 2.11 ภาพโดยรวมของบริการต่างๆบน Elastix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.1. ส่วนประกอบสำคัญของ Elastix

โปรแกรม Elastix มีส่วนประกอบหลักได้แก่

- Asterisk เป็นส่วนสำคัญในการทำหน้าที่หลักเป็น IP-PBX หรือตู้ชุมสายโทรศัพท์ระบบไอพีซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมและจัดการบริหารการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์โทรศัพท์ผ่านเครือข่าย
- vTigerCRM® and SugarCRM® ทำงานเป็นระบบ Customer Relationship Management (CRM)
- A2Billing® ทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับปริมาณการใช้งานระบบโทรศัพท์ Asterisk และควบคุมการโทร
- Flash Operator Panel เป็นเครื่องมือในการควบคุมระบบ
- Hylafax® เป็นระบบ FAX
- Openfire® ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับ Instant messaging, presence management และ SIP Phone
- Conferencing control application เป็นซอฟต์แวร์ควบคุมการประชุมสาย
- freePBX® ทำหน้าที่ในการจัดการเกี่ยวกับเครื่องมือ Web User Interface
- A report system เป็นส่วนหนึ่งของ freePBX ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรายงาน CDR ที่เกิดขึ้นในระบบ
- A Maintenance system เป็นอีกส่วนหนึ่งของ Elastix ซึ่งจัดการเกี่ยวกับการเชื่อมต่อไปยังบางส่วนประกอบในระดับล่าง รวมทั้งเป็นแสดงผลข้อมูลแบบ real time
- OSLEC เป็นซอฟต์แวร์ที่จัดการเกี่ยวกับ Echo Cancellation
- Postfix® เป็นระบบ mail server.
- Round Cube webmail ทำหน้าที่เกี่ยวกับ Webmail Interface
- CentOS® เป็นระบบปฏิบัติการ Linux ชนิดหนึ่งซึ่งใช้งานกันอย่างกว้างขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.2. ความต้องการขั้นต่ำของระบบ

ระบบโทรศัพท์ Elastix สามารถทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือเซิร์ฟเวอร์ซึ่งมีความต้องการขั้นต่ำของระบบ ดังนี้

- 500 MHz Pentium II PC ขึ้นไป
- 312 MB RAM
- 8 GB Hard disk space (ขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งานบริการเสริมอื่นด้วย เช่น Music on Hold, Voice Recording และ IVR เป็นต้น)
- 10/100 NIC
- CD-ROM Drive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

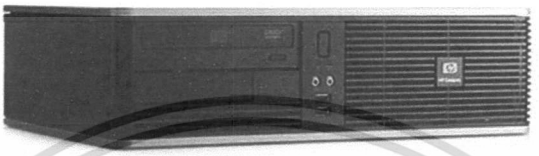
บทที่ 3

การออกแบบและทดลอง

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่จะนำมาใช้

3.1.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล



รูปที่ 3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่น HP Compaq dc5800

ในโครงงานจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่น HP Compaq dc5800 สำหรับเป็นตู้สาขาโทรศัพท์บนระบบอินเทอร์เน็ต (IP-PBX) เปรียบเสมือนเป็นระบบชุมสายโทรศัพท์ขนาดเล็กที่ทำหน้าที่ในการรับสายโทรศัพท์จากภายนอกที่ส่งมาจากโครงข่ายของผู้ให้บริการแล้วโอนสายนั้นๆ ไปยังหมายเลขโทรศัพท์ภายในหรือที่เรียกว่า Extension เพื่อให้ผู้เรียกสายจากต้นทางสามารถติดต่อสื่อสารกับหมายเลขโทรศัพท์ปลายทางได้

- หน่วยประมวลผล (CPU): Intel® Core™2 Duo E8400 @ 3GHz
- หน่วยความจำ (RAM): 2 GB
- ความจุของฮาร์ดดิสก์: 256 GB 7200 RPM SATA

3.1.1.2 เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค

เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊คที่ใช้ในการจัดทำโครงงานเป็นยี่ห้อ Dell รุ่น Vostro 3450 สำหรับลง VMware เพื่อติดตั้งและทดสอบฟังก์ชันการใช้งานของระบบโทรศัพท์ IP-PBX ก่อนที่จะนำมาติดตั้งบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ และใช้สำหรับติดตั้งซอฟต์แวร์ระบบโทรศัพท์ (Softphone) เพื่อใช้ในการทดสอบการใช้งานโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

- หน่วยประมวลผล (CPU): Intel® Core™ i5-2410M CPU@ 2.30 GHz
- หน่วยความจำ (RAM): 8 GB
- ความจุของฮาร์ดดิสก์: 500 GB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.3 อุปกรณ์ ATA (Analog Telephone Adapter)

รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ ATA ยี่ห้อ Linksys รุ่น PAP2T

ในโครงงานจะใช้อุปกรณ์ ATA (Analog Telephone Adapter) หรือ VoIP phone adaptor ยี่ห้อ Linksys รุ่น PAP2T เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณเสียงจากเครื่องโทรศัพท์ที่เป็นแอนะลอกผ่านอุปกรณ์ ATA ให้กลายเป็นสัญญาณดิจิตอล ส่งผ่านไปยังปลายทาง อุปกรณ์ ATA นี้จะใช้เชื่อมต่อกับเครื่องโทรศัพท์ธรรมดาทั่วไป หรือที่เรียกว่า Analog phone โดยที่องค์กรไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนหรือซื้อโทรศัพท์ IP phone ใหม่ เพียงนำ Phone Adaptor นี้มาติดตั้งแล้วต่อกับโทรศัพท์ทั่วๆ ไปก็สามารถใช้งานได้ ราคาไม่แพง คุณภาพของเสียงดีพอๆกับ IP phone

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของอุปกรณ์ Cisco PAP2T Internet Phone Adapter

Data networking	• MAC address (IEEE 802.3) • IPv4 (RFC 791) upgradeable to v6 (RFC 1883) • Address Resolution Protocol (ARP) • DNS-A record (RFC 1706), SRV record (RFC 2782) • Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) client (RFC 2131) • Internet Control Message Protocol (ICMP) (RFC 792) • TCP (RFC 793) • User Datagram Protocol (UDP) (RFC 768) • Real Time Protocol (RTP) (RFC 1889) (RFC 1890) • Real Time Control Protocol (RTCP) (RFC 1889) • Differentiated Services (DiffServ) (RFC 2475), type of service (ToS) (RFC 791/1349) • Simple Network Time Protocol (SNTP) (RFC 2030)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

Voice gateway	• Session Initiation Protocol (SIP) v2 (RFC 3261, 3262, 3263, 3264) • SIP proxy redundancy - dynamic via DNS SRV, A records deregistration with primary SIP proxy server • SIP support in network address translation (NAT) networks (including Serial Tunnel [STUN]) • Highly secure (encrypted) calling via prestandard implementation of Secure RTP • Codec name assignment
Voice algorithms	• G.711 (A-law and μ-law) • G.726 (16/24/32/40 kbps) • G.729 A • G.723.1 (6.3 kbps, 5.3 kbps) • Dynamic payload • Adjustable audio frames per packet
Fax capability	• Fax tone detection pass-through • Fax pass-though - using G.711 • Dual-tone multifrequency (DTMF): in-band and out-of-band (RFC 2833) (SIP info) • Flexible dial plan support with interdigit timers and IP dialing • Call progress tone generation • Jitter buffer - adaptive • Frame loss concealment • Full duplex audio • Echo cancellation (G.165/G.168) • Voice activity detection (VAD) with silence suppression • Attenuation/gain adjustments • Flash hook timer • Message waiting indicator (MWI) tones • Visual messaging waiting indicator (VMWI) via frequency shift keying (FSK) • Polarity control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

Fax capability (ต่อ)	• Hook flash event signaling • Caller ID generation (name and number) - Bellcore, DTMF, European Telecommunications Standards Institute (ETSI) • Music on hold client • Streaming audio server - up to 10 sessions
Security	• Password-protected system reset to factory default • Password-protected administrator and user access authority • Provisioning/configuration/authentication: • HTTPS with factory-installed client certificate • HTTP digest - encrypted authentication via MD5 (RFC 1321) • Up to 256-bit Advanced Encryption Standard (AES) encryption
Provisioning, administration, and maintenance	• Web browser administration and configuration via integral web server • Telephone keypad configuration with interactive voice prompts • Automated provisioning and upgrade via HTTPS, HTTP, Trivial File Transfer Protocol (TFTP) • Asynchronous notification of upgrade availability via NOTIFY • Nonintrusive, in-service upgrades • Report generation and event logging • Stats in BYE message • Syslog and debug server records - per-line configurable web browser
Physical interfaces	• One 10BASE-T RJ-45 Ethernet port (IEEE 802.3) • 2 RJ-11 FXS phone ports - for analog circuit telephone device (tip/ring)
Subscriber line interface circuit (SLIC)	• Ring voltage: 40-55 volts root mean square (Vrms) configurable * • Ring frequency: 10-40 Hz * • Ring waveform: trapezoidal and sinusoidal * • Maximum ringer load: 3 ringer equivalence numbers (RENs) • On-hook/off-hook characteristics: • On-hook voltage (tip/ring): -50V nominal • Off-hook current: 25 mA min • Terminating impedance: 8 configurable settings, including North

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

Regulatory compliance	FCC (Part 15, Class B), cUL, CE, IC-003, A-Tick
Power supply	• DC input voltage: +5V DC at 2.0A max. • Power consumption: 5W • Switching type (100-240V) automatic • Power adapter: 100-240V - 50-60 Hz (26-34 VA) AC input, 1.8 m cord
Indicator lights/LED	Phone1, Phone2, Internet, Power
Documentation	• Quick-start installation and configuration guide • User guide • Administration guide - service providers only • Provisioning guide - service providers only

3.1.1.4 ไอพีโฟน

เป็นเครื่องโทรศัพท์ระบบไอพีที่เราสามารถนำสายแลน (LAN) มาต่อเข้ากับโทรศัพท์ได้ทันทีและสามารถใช้งานโดยเรียกปลายทางเป็นหมายเลข IP address ที่ทำงานบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่สำคัญควรศึกษารายละเอียดของโทรศัพท์นั้นๆก่อนว่ารองรับมาตรฐาน SIP หรือไม่ ถ้าสามารถใช้งานได้ก็นำโทรศัพท์นี้มาเชื่อมต่อกับ SIP server ได้ทันทีโดยไม่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์พ่วงกับโทรศัพท์ประเภทนี้

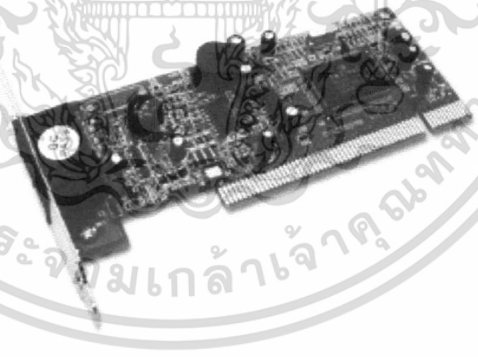
รูปที่3.3 ตัวอย่าง IP Phone ที่รองรับมาตรฐาน SIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.5 การ์ดรับโทรศัพท์ Asterisk Card

ปัจจุบันการ์ดรับโทรศัพท์ หรือมักจะเรียกสั้นๆว่า การ์ด Asterisk ที่มีการใช้งานอยู่มีหลายรุ่นและหลากหลายยี่ห้อขึ้นอยู่กับการใช้งาน การ์ดที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบันที่นิยมได้แก่ การ์ดที่รองรับสัญญาณอนาล็อก คือ X100P, X400P หรือ TDM400B และการ์ด TDM2400B ซึ่งในโครงงานนี้การ์ดที่นำมาศึกษาและทดลองคือการ์ด Asterisk รุ่น X100P

การ์ด X100P เดิมทีนั้นการ์ดรุ่นนี้บริษัท Digium Inc. ซึ่งเป็นผู้พัฒนาโปรแกรมระบบโทรศัพท์ Asterisk เป็นผู้ผลิตและจัดจำหน่ายเอง ปัจจุบันได้ยกเลิกการผลิตแล้วแต่บริษัทต่างๆก็ได้ผลิตการ์ดรุ่นนี้ออกมาจำหน่ายกันมากมาย บางครั้งจะเรียกได้ว่าเป็นการ์ดแบบ Compatible X100P หรือเรียกว่าเป็น Clone Card ซึ่งจะมีคุณสมบัติเหมือนกับการ์ด X100P ที่บริษัท Digium Inc. เคยผลิตออกมา การ์ดรุ่นนี้มีคุณสมบัติเป็น 1 FXO กล่าวคือ สามารถรองรับสายนอกที่มาจากผู้ให้บริการโทรศัพท์ เช่น TOT หรือ TT&T ได้ 1 คู่สายโทรศัพท์ จะเหมาะสำหรับเป็นการ์ดรับโทรศัพท์ในบริษัท หรือหน่วยงานที่ไม่ใหญ่มากนัก หรือผู้ที่ศึกษาระบบโทรศัพท์ Asterisk ก็มักจะซื้อไปเพื่อทดสอบระบบกัน การ์ดนี้ใช้บัสสื่อสารข้อมูลเป็นแบบ PCI ซึ่งสามารถติดตั้งการ์ดนี้ที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ได้เลย เพื่อใช้รับสายจากภายนอกนั่นเอง



รูปที่ 3.4 การ์ด Asterisk รุ่น X100P

3.1.2 ซอฟต์แวร์และระบบปฏิบัติการที่จะนำมาใช้

3.1.2.1 ระบบปฏิบัติการ

- CentOS release 5.10: ระบบปฏิบัติการ CentOS ย่อมาจาก Community Enterprise Operating System เป็น Linux ที่พัฒนามาจากต้นฉบับ RedHat Enterprise Linux (RHEL) โดยที่ CentOS ได้นำเอาซอร์สโค้ดต้นฉบับของ RedHat มาทำการคอมไพล์ใหม่โดยการพัฒนายังเน้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาเป็นซอฟต์แวร์ Open Source ที่ถือลิขสิทธิ์แบบ GNU General Public License โดย Elastix จะถูกติดตั้งอยู่บนระบบปฏิบัติการ CentOS โดยจะมีซอฟท์แวร์ซึ่งนำเอาคุณสมบัติทางด้านเทคโนโลยีการการติดต่อสื่อสารมารวมเข้าไว้ด้วยกัน

รูปที่ 3.5 สัญลักษณ์ CentOS

3.1.2.2 ซอฟต์แวร์

- VMWare Workstation version 8.0.0 build-471780: ใช้ติดตั้งเพื่อพัฒนาและทดสอบระบบโทรศัพท์ IP-PBX ในลักษณะ Virtual Machine บนเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊คก่อนการติดตั้งระบบโทรศัพท์ IP-PBX บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

- Elastix-2.4.0-1: เป็น Open Source Software ที่อยู่ภายใต้ลิขสิทธิ์แบบ GPLv2. ถูกติดตั้งอยู่บนระบบปฏิบัติการ CentOS โดยเป็นระบบที่นำเอาคุณสมบัติทางด้านเทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารมารวมเข้าไว้ด้วยกัน มีพื้นฐานมาจากระบบ Asterisk ซึ่งเป็นซอฟท์แวร์ที่ทำหน้าที่หลักเป็น IP-PBX หรือตู้ชุมสายโทรศัพท์ระบบไอพี แต่การใช้งาน Asterisk นั้นค่อนข้างจะไม่สะดวกนัก เนื่องจากการคอนฟิกค่าต่างต้องทำผ่านทาง Command Line แต่ระบบ Elastix จะสามารถคอนฟิกค่าต่างๆผ่านทาง GUI ได้จึงทำให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกในการใช้งานมากยิ่งขึ้น โดยใน Elastix-2.4.0-1 นี้จะมีการรวมเอาซอฟท์แวร์ต่างๆเข้าไว้ด้วยกัน ประกอบไปด้วย

- Asterisk-1.8.20.0-0: ซอฟท์แวร์ PBX
- RoundCubeMail-0.3.1-12: ซอฟท์แวร์ WebMail
- Postfix-2.3.3-6.el5: ซอฟท์แวร์ในส่วนของการส่งอีเมล์
- Openfire-3.7.1-1: ซอฟท์แวร์ Instant Messaging
- FreePBX-2.8.1-16: เว็บอินเตอร์เฟสสำหรับ Asterisk
- Hylafax-4.3.10-2rhel5: ซอฟท์แวร์ Fax system

รูปที่ 3.6 สัญลักษณ์ Elastix IP-PBX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Apache Web Server (httpd): ทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ ที่มีผู้ใช้ทั่วโลกมากกว่า 60% มีหน้าที่ในการจัดเก็บ homepage และส่ง homepage ไปยัง web browser ที่มีการเรียกเข้าไปยัง web server ที่เก็บ homepage นั้นอยู่ ซึ่งปัจจุบันจัดได้ว่าเป็น web server ที่ค่อนข้างมีความน่าเชื่อถือ โดย Apache จะถูกติดตั้งมาพร้อมกับ Elastix เช่นเดียวกับ CentOS

- MySQL database: เป็นโปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูล ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูลที่ต้องใช้ร่วมกับเครื่องมือหรือโปรแกรมอื่นอย่างบูรณาการ เพื่อให้ได้ระบบงานที่รองรับความต้องการของผู้ใช้ เช่น ทำงานร่วมกับเว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อให้บริการแก่ภาษาสคริปต์ที่ทำงานฝั่งเครื่องบริการ (Server-side script) เช่น ภาษา PHP เป็นต้น ซึ่งจะถูกติดตั้งมาพร้อมกับ Elastix เช่นเดียวกับ CentOS

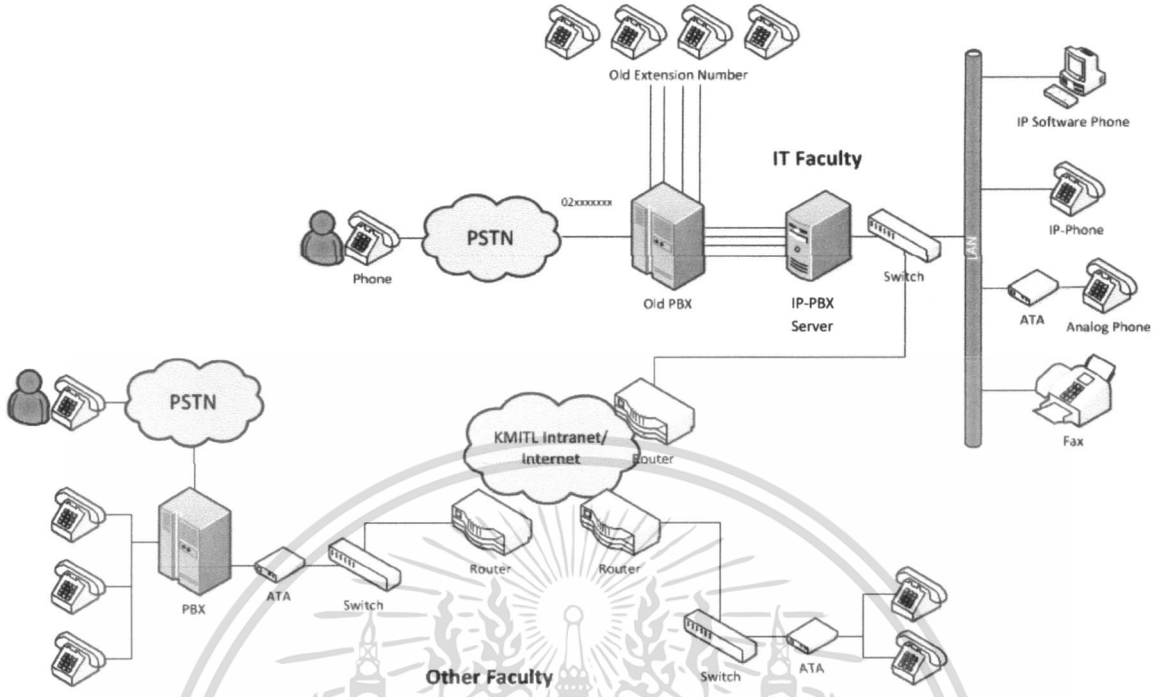
- PHP Version 5.1.6: ใช้สำหรับพัฒนาหน้าจอส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) สำหรับการตั้งค่าและแสดงผลการใช้งานของระบบ

- PhpMyAdmin Version 2.11.11.3: เป็นส่วนต่อประสานที่สร้างโดยภาษา PHP ซึ่งใช้จัดการฐานข้อมูล MySQL ผ่าน web browser โดยสามารถที่จะทำการสร้างฐานข้อมูลใหม่ หรือทำการสร้างเทเบิลใหม่ๆและยังมีฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการทดสอบการ query ข้อมูลด้วยภาษา SQL พร้อมกันนั้นยังสามารถทำการ insert, delete, update หรือแม้กระทั่งใช้คำสั่งต่างๆเหมือนกันกับการใช้ภาษา SQL ในการสร้างตารางข้อมูล โดยโปรแกรม PhpMyAdmin นี้ไม่ได้ถูกติดตั้งมาพร้อมกับระบบ Elastix ผู้ใช้งานจำเป็นต้องทำการดาวน์โหลดและติดตั้งด้วยตนเอง

- X-Lite IP Soft Phone: เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นระบบโทรศัพท์ซึ่งสามารถเรียกสายหรือรับสายได้ โดยจะทำงานบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ปัจจุบันมีการพัฒนาเวอร์ชั่นใหม่ออกมาให้รองรับวิดีโอ (Video) ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ IP-PBX กับโครงข่าย PSTN



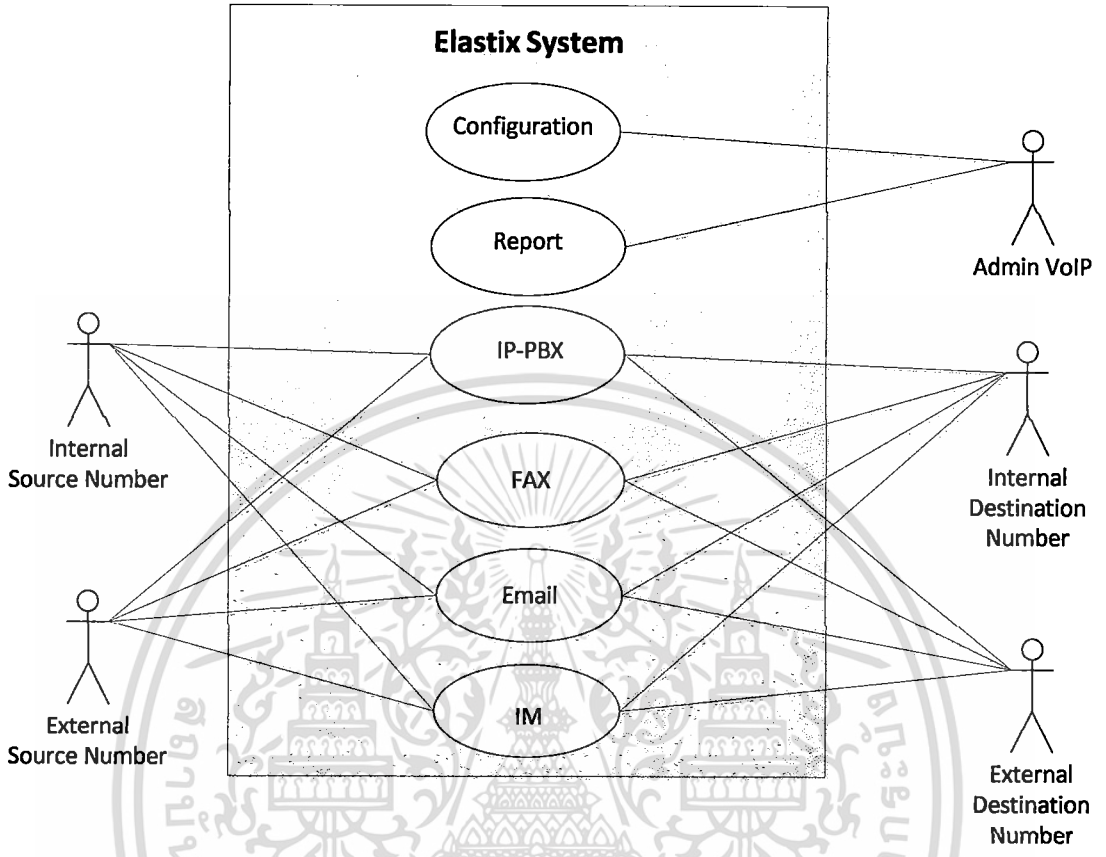
รูปที่ 3.7 แผนภาพการเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ IP-PBX กับโครงข่าย PSTN

การเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ IP-PBX กับโครงข่าย PSTN ดังภาพเป็นการใช้งานแบบผสมผสานการทำงานระหว่างตู้สาขาโทรศัพท์เดิมที่มีอยู่แล้วในองค์กร และระบบตู้สาขาโทรศัพท์ใหม่ที่เป็นแบบ IP-PBX โดยการที่จะสามารถทำให้ระบบโทรศัพท์เดิมสามารถที่จะเชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์แบบใหม่ได้นั้นจะต้องอาศัยเส้นทางในการเชื่อมต่อที่เรียกว่า Trunk โดยการนำเอาหมายเลขโทรศัพท์เดิมจำนวนหนึ่งเป็นหมายเลขที่จะเชื่อมต่อไปยังระบบโทรศัพท์ใหม่ จึงจะทำให้สามารถเรียกสายจากกลุ่มผู้ใช้งานเดิม ไปยังกลุ่มผู้ใช้งานใหม่โดยได้ผ่านเส้นทางเชื่อมต่อนี้ โดยการสื่อสารระหว่างคณะหรือสาขาย่อยภายในสถาบันสามารถทำได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์ ATA ที่ทำหน้าที่เป็น FXS ในส่วนของ Co-Line ของตู้สาขาโทรศัพท์ในกรณีที่ไม่ต้องการให้มีค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องโทรศัพท์แบบ IP Phone ใหม่ทั้งหมด สำหรับเครือข่ายของคณะหรือสาขาย่อยภายในสถาบันอาจจะประยุกต์โดยการใช้สัญญาณอินทราเน็ต หรืออินเทอร์เน็ตจาก ADSL แทนสัญญาณเช่า (Leased Line) ก็จะสามารถทำได้เช่นกันเพื่อเป็นการลดต้นทุนการเชื่อมต่อระบบอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบ

3.3.1 Use Case Diagram

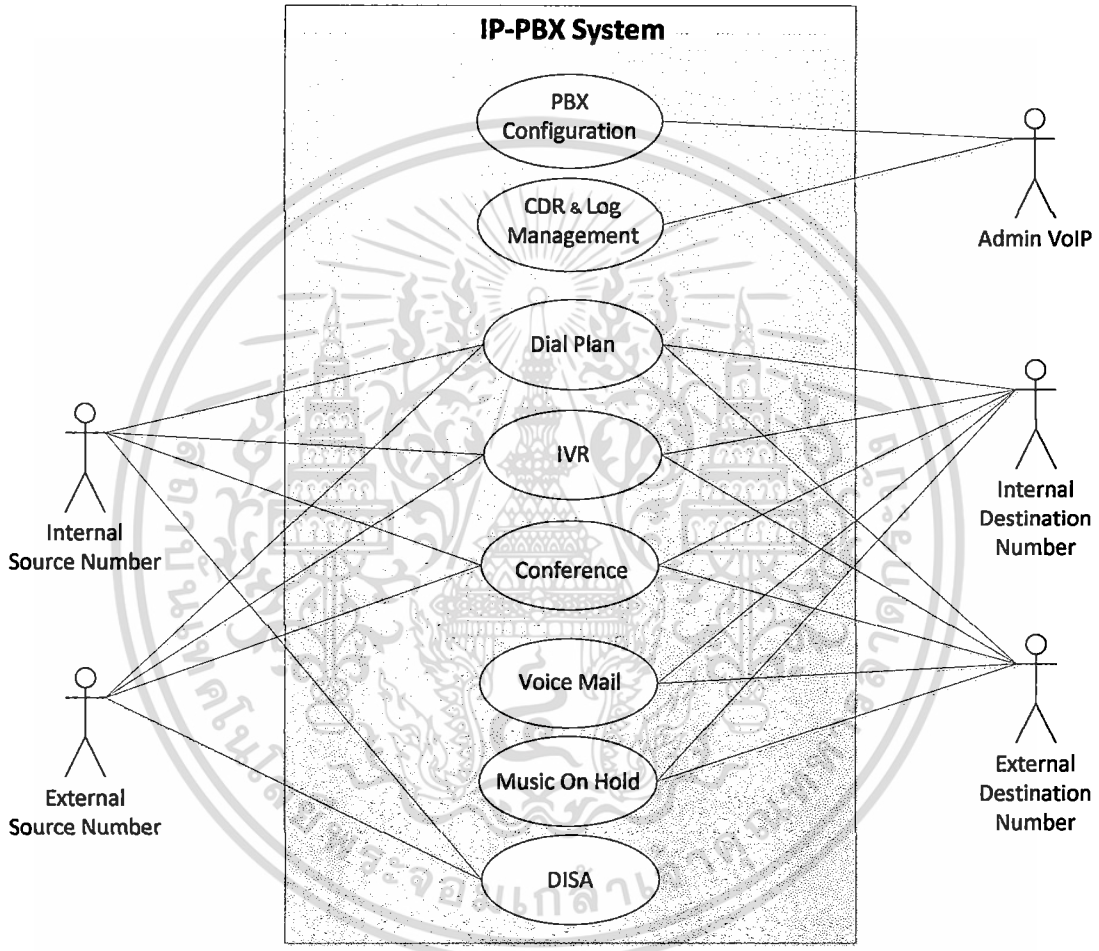


รูปที่ 3.8 Use Case Diagram ของระบบ Elastix

นอกเหนือจาก Elastix จะสามารถทำหน้าที่เป็นระบบโทรศัพท์ IP-PBX อย่างสมบูรณ์แบบแล้ว ยังคงมีฟังก์ชันการใช้งานเกี่ยวกับการรับ-ส่ง FAX และ Email รวมทั้งได้ติดตั้งโปรแกรมที่จะทำหน้าที่เป็นบริการ IM (Instant Messaging) มาด้วย ซึ่งโดย Default จะไม่ได้มีการ Enable IM ไว้ใช้งาน ทำให้องค์กรหรือหน่วยงานที่นำ Elastix ไปประยุกต์ใช้สามารถที่จะมี IP-PBX server, FAX server, Email server และ IM Server ภายในเครื่องเดียวกันเพื่อใช้งานภายในองค์กรเองได้ โดย IM Server จะมีการใช้งานร่วมกับ Asterisk ทำให้ทุก Extensions ที่มีการสร้างไว้บน Elastix สามารถส่ง Instant message หากันได้โดยไม่ต้องมีการตั้งค่าใดๆเพิ่มเติม จากรูปที่ 3.8 จะแสดงฟังก์ชันการใช้งานบน Elastix โดยผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องแบ่งออกเป็น VoIP Administrator มีหน้าที่ในการบริหารจัดการและตั้งค่า Server ให้เหมาะสมกับการใช้งาน ผู้ใช้งานฝั่งต้นทาง แบ่งออกเป็น Internal Source Number คือหมายเลขต้นทางภายในเครือข่ายเดียวกัน และ External Source Number คือหมายเลขต้นทางที่อยู่ภายนอกเครือข่าย หรือมีการใช้งานโดยการโทรเข้ามายังหมายเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์พื้นฐานที่เชื่อมต่ออยู่กับระบบ IP-PBX ผู้ใช้งานฝั่งปลายทางทาง แบ่งออกเป็น Internal Destination Number คือ เบอร์ปลายทางที่อยู่ภายในเครือข่ายเดียวกัน และ External Destination Number คือเบอร์ปลายทางที่อยู่ภายนอกเครือข่าย ได้แก่ เบอร์ปลายทางที่เป็นเบอร์โทรศัพท์พื้นฐาน หรือเบอร์โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น ซึ่งการโทรไปยังเบอร์ปลายทางภายนอกเครือข่ายนั้นจะต้องมีการใช้งาน Trunk ผ่าน VoIP provider หรือโทรผ่าน ZAP Channel ออกไป



รูปที่ 3.9 Use Case Diagram ของระบบ IP-PBX

สำหรับโครงงานการศึกษาค้นคว้านี้จะมุ่งเน้นการศึกษาฟังก์ชันการใช้งาน Elastix ซึ่งทำหน้าที่เป็นระบบโทรศัพท์แบบ IP-PBX เป็นหลัก เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานภายในองค์กรและช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้โทรศัพท์ขององค์กร โดยฟังก์ชันของระบบโทรศัพท์นี้เป็นความสามารถและคุณสมบัติเด่นของระบบโทรศัพท์ Asterisk นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dial Plan เป็นหัวใจสำคัญของระบบโทรศัพท์ Dial Plan จะเป็นตัวกำหนดว่าเมื่อมีสายเข้ามาที่ IP-PBX แล้วนั้นจะให้ทำอะไรบ้าง เช่น เชื่อมต่อโทรศัพท์ไปยังปลายทางหมายเลขใด การโทรออกไปยังหมายเลขปลายทางจะใช้เส้นทางใด Trunk ใด เป็นต้น

IVR (Interactive Voice Response) เป็นระบบโทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ โดยหลักการทำงานของ IVR คือ เมื่อมีผู้เรียกสายเข้ามายังระบบโทรศัพท์ IP-PBX แล้ว ผู้เรียกสายจะได้ยินเสียงข้อความต่างๆตามที่ระบบให้บริการ โดยที่ผู้เรียกสายเข้ามานั้น จะต้องกดปุ่มตัวเลขต่างๆ เพื่อโต้ตอบกับระบบ แล้วระบบ IVR จะทำหน้าที่ตามที่ได้ถูกโปรแกรมไว้ เช่น การโอนสายไปยัง Extension เป็นต้น

Voice Mail หรือข้อความเสียง โดยระบบโทรศัพท์ IP-PBX จะอนุญาตให้ผู้ที่เรียกสายเข้ามาสามารถที่จะฝากข้อความเสียงถึงหมายเลขโทรศัพท์นั้นๆได้ โดยจะมีระบบตอบรับอัตโนมัติให้ผู้เรียกสายสามารถพูดข้อความเสียงที่ต้องการฝาก และผู้ที่เป็นเจ้าของหมายเลขโทรศัพท์ดังกล่าวสามารถที่จะมาเปิดฟังข้อความเสียงที่มีผู้ฝากมาถึง โดยการเปิดฟังผ่านทาง Voice Mail ของระบบโทรศัพท์ IP-PBX ได้

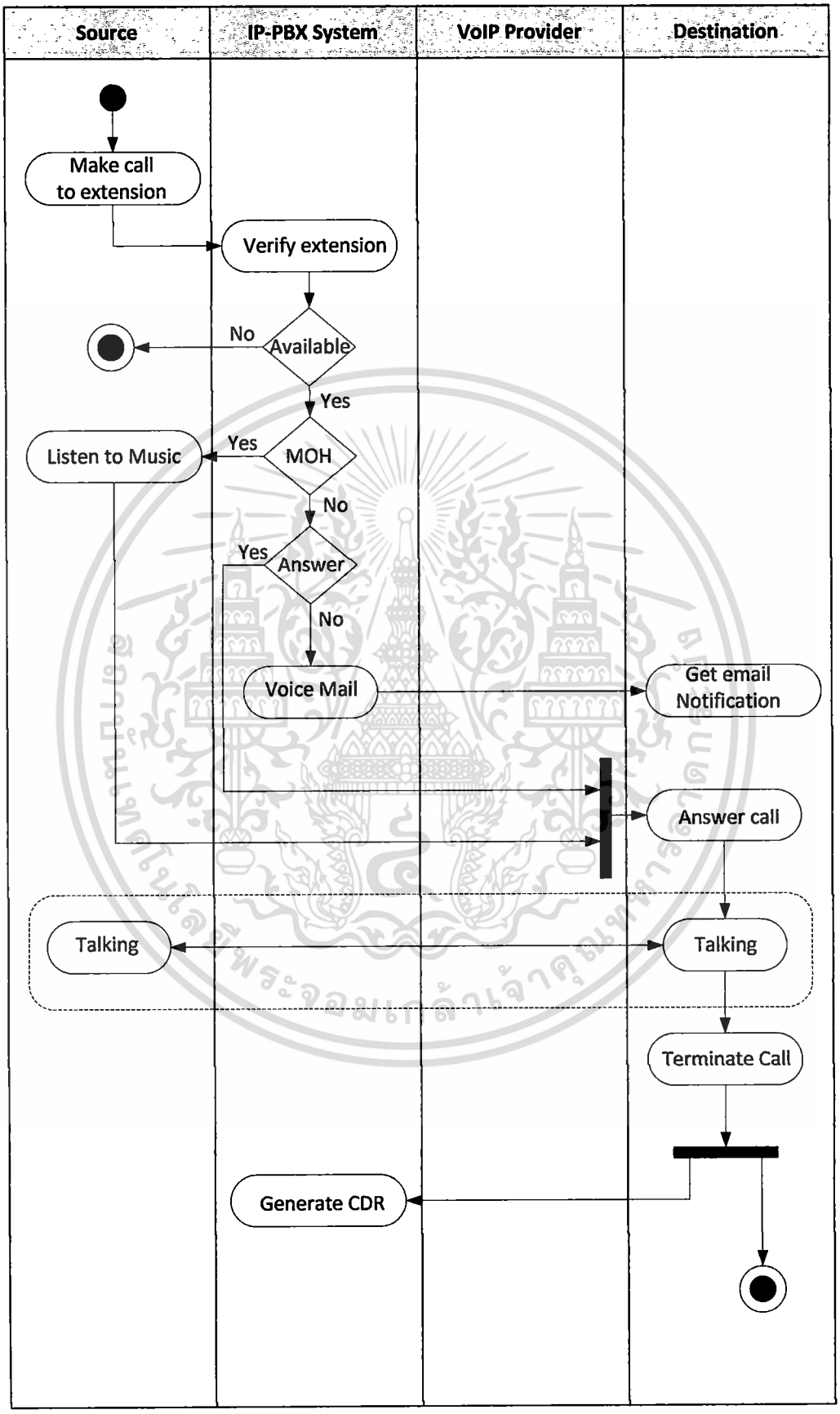
Conference เป็นการประชุมทางไกลที่สามารถรองรับได้มากถึง 32 คู่สาย โดยการนัดหมายวันและเวลาให้ตรงกัน ในระบบโทรศัพท์ Asterisk จะใช้โปรแกรมที่ชื่อว่า MeetMe และในโปรแกรม MeetMe นี้เองยังมีฟังก์ชันการทำงานอีกมากมายที่จะสามารถกำหนดคุณสมบัติได้ตามที่ต้องการ เช่น เมื่อเข้ามาที่ห้องประชุมเพียงคนเดียวก็จะได้ยินเสียงเพลงรอสาย หรือก่อนเข้าห้องประชุมจะต้องใส่รหัสผ่านจึงจะสามารถเข้าห้องประชุมได้ เป็นต้น

Music on Hold เสียงเพลงรอสายนับเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่ทำให้ระบบโทรศัพท์ IP-PBX ที่สร้างขึ้นมานี้มีสีสันและน่าใช้งาน ซึ่งสามารถนำเพลงต่างๆที่ชื่อชอบใส่เข้าไปในระบบได้ เพลงที่นำเข้าไปนี้ นอกจากจะใช้เพื่อเป็นเสียงเพลงรอสายขณะโอนสายแล้ว ยังสามารถนำมาเป็นเสียงเพลงเรียกเข้าได้อีกด้วย

DISA (Direct Inward System Access) เป็นฟังก์ชันซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานสามารถโทรจากภายนอกเครือข่ายเข้ามายัง Elastix จากนั้น Elastix จะส่ง Dial Tone ไปให้ ผู้ใช้งานจะสามารถกดเบอร์ Extension ได้ คล้ายกับการใช้งาน IVR เพียงแต่ว่า IVR จะมีเสียงพูด ส่วน DISA จะเป็นเสียง Dial Tone ซึ่งผู้ดูแลระบบสามารถป้องกันผู้อื่นเข้ามาใช้งาน DISA ได้โดยการตั้งรหัสผ่าน หากมีการเรียกสายเข้ามาตามหมายเลขที่กำหนดจะมีเสียงบอกว่าให้ใส่รหัสผ่าน เมื่อใส่รหัสผ่านแล้วกดเครื่องหมาย # ตามหลัง ก็จะสามารถได้ยินเสียง Dial Tone เพื่อกดเบอร์ Extension ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 Activity Diagram

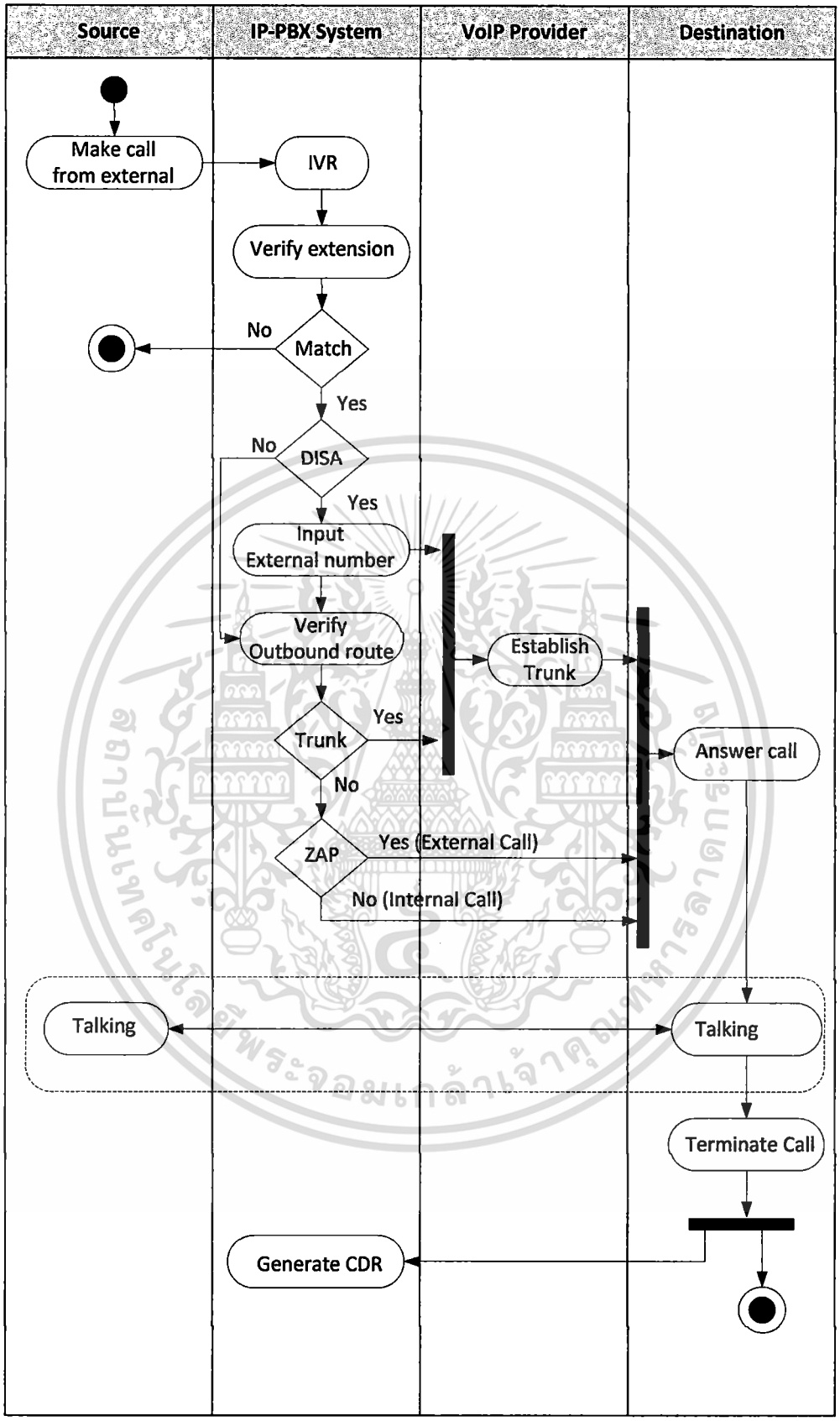


รูปที่ 3.10 Activity Diagram การใช้งานภายในเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.10 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบโทรศัพท์ IP-PBX ภายในเครือข่าย เมื่อมีการใช้งานโทรศัพท์ระหว่างหมายเลขต้นทางไปยังหมายเลขปลายทางที่เป็น Extension ในเครือข่ายเดียวกัน เริ่มจากหมายเลขต้นทางทำการกดโทรไปยังหมายเลขปลายทาง ระบบ IP-PBX จะมีการตรวจสอบว่าข้อมูลหมายเลขปลายทางได้มีการสร้างไว้บนระบบ IP-PBX และอยู่ในสถานะพร้อมใช้งานหรือไม่ หากหมายเลขดังกล่าวไม่มีอยู่บนระบบหรือไม่อยู่ในสถานะพร้อมใช้งาน ระบบโทรศัพท์จะทำการตัดสายนั้นๆ แต่หากหมายเลขดังกล่าวพร้อมใช้งานและมีการเปิดใช้งานฟังก์ชัน MOH (Music on hold) หมายเลขต้นทางจะได้ยินเสียงเพลงรอสายที่กำหนดไว้จนกว่าจะได้รับสัญญาณตอบรับจากหมายเลขปลายทาง หากไม่มีการตอบรับจากหมายเลขปลายทาง ระบบโทรศัพท์จะมีการตรวจสอบว่าหมายเลขปลายทางมีการเปิดใช้งานฟังก์ชัน Voice Mail ไว้หรือไม่ หากเปิดใช้งานไว้จะมีเสียงตอบรับจากระบบให้ทำการฝากข้อความเสียง แล้วจึงส่งอีเมล์แจ้งไปยังหมายเลขปลายทาง ตามอีเมล์ที่ได้ระบุไว้ หากไม่ได้มีการเปิดใช้งาน Voice Mail ไว้ หมายเลขต้นทางจะได้ยินเสียง Dial Tone จนกว่าหมายเลขปลายทางมีการรับสาย เมื่อเริ่มสนทนาจนกระทั่งวางสาย ระบบ IP-PBX จะทำการเก็บ Call Detail Record (CDR) ข้อมูล CDR ในส่วนนี้สามารถนำไปคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการใช้งานโทรศัพท์ของแต่ละ Extension ได้ โดยในการทำงานทุกๆ ขั้นตอนที่ได้กล่าวมานั้น ระบบโทรศัพท์จะมีการเก็บบันทึกข้อมูล หรือ Log ข้อมูลไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบการทำงานของระบบและใช้ในการหาสาเหตุหากมีปัญหาเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 Activity Diagram การใช้งานภายนอกเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.11 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบโทรศัพท์ IP-PBX ภายนอกเครือข่าย เมื่อมีการใช้งานโทรศัพท์ระหว่างหมายเลขต้นทางภายนอกเครือข่ายโทรเข้ามายังหมายเลขโทรศัพท์พื้นฐานที่เชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์ IP-PBX ผ่าน ZAP Trunk หรือหมายเลขโทรศัพท์ที่ได้รับจาก VoIP provider ผ่าน SIP Trunk ไปยังหมายเลขปลายทางซึ่งเป็น Extension ภายในระบบหรือหมายเลขปลายทางภายนอก เช่น หมายเลขโทรศัพท์พื้นฐาน หรือ หมายเลขโทรศัพท์มือถือ ผ่าน SIP Trunk หรือ ZAP Trunk โดยเริ่มจากหมายเลขต้นทางทำการกดโทรไปยังหมายเลขปลายทางซึ่งเป็นหมายเลขโทรศัพท์พื้นฐานที่เชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์ IP-PBX ผ่าน ZAP Trunk เข้ามายังระบบโทรศัพท์ IP-PBX จะได้ยินเสียงสัญญาณตอบรับอัตโนมัติ (IVR) ให้ทำการกดไปยังหมายเลขปลายทางที่ต้องการ ระบบ IP-PBX จะมีการตรวจสอบว่าข้อมูลหมายเลขปลายทางได้มีการสร้างไว้บนระบบ IP-PBX และอยู่ในสถานะพร้อมใช้งานหรือไม่ หากหมายเลขดังกล่าวไม่มีอยู่บนระบบหรือไม่อยู่ในสถานะพร้อมใช้งาน ระบบโทรศัพท์จะทำการตัดสายนั้นๆ แต่หากหมายเลขดังกล่าวพร้อมใช้งานและมีการเปิดใช้งานฟังก์ชัน DISA ระบบโทรศัพท์จะส่งสัญญาณ Dial Tone ให้ผู้ใช้งานปลายทางทำการกดเบอร์ปลายทางที่ต้องการติดต่อ เพื่อส่งผ่าน ZAP Trunk หรือ SIP Trunk ตามที่ได้กำหนดไว้บนระบบ โดยเมื่อเริ่มสนทนาจนกระทั่งวางสาย ระบบ IP-PBX จะทำการเก็บบันทึก Call Detail Record (CDR) ไว้ และในการทำงานทุกๆขั้นตอนที่ได้กล่าวมานั้น ระบบโทรศัพท์ยังมีการเก็บบันทึกข้อมูล หรือ Log ข้อมูลไว้เช่นเดียวกัน โดยในส่วนของ CDR ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบได้จากเมนู CDR Report และ Log สามารถตรวจสอบได้จากเมนู Asterisk Logs ของ Ealstix นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

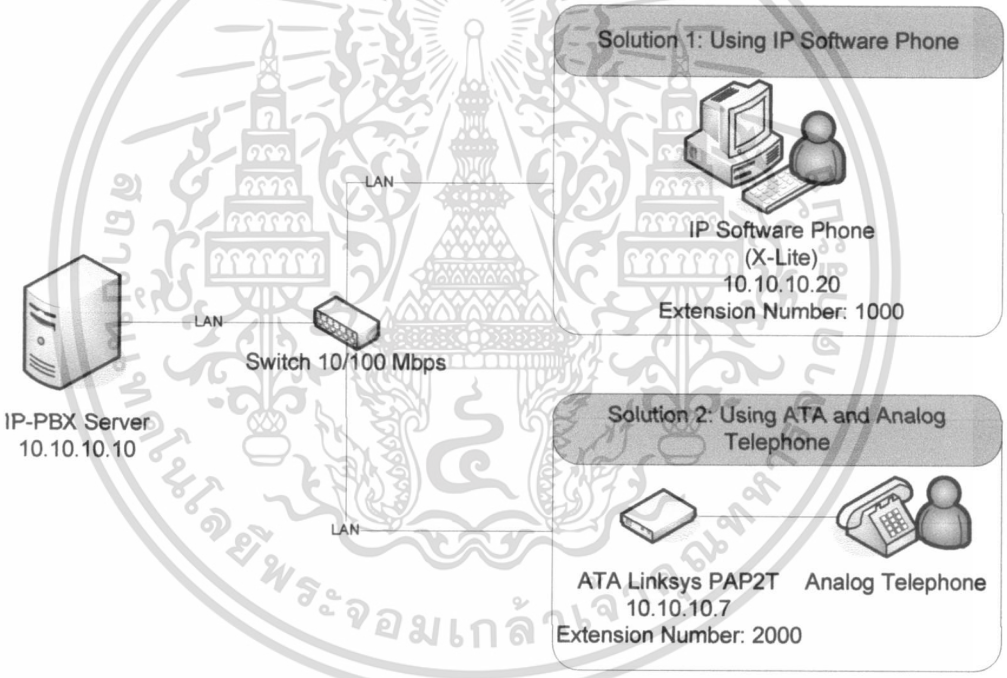
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองในส่วนของโทรศัพท์

4.1.1 การทดลองโทรภายในเครือข่าย LAN

ในการทดสอบระบบโทรศัพท์บนเครือข่ายเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเบื้องต้นจะเป็นการทดสอบโดยแยกการเครือข่ายจำลองออกจากระบบระบบโทรศัพท์แบบเดิม เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการใช้งานของระบบโทรศัพท์แบบเดิม ในช่วงที่กำลังศึกษาการติดตั้งและใช้งานระบบโทรศัพท์ IP-PBX ซึ่งเป็นการจำลองการติดตั้งระบบโทรศัพท์เพื่อใช้งานภายในองค์กรหรือภายในเน็ตเวิร์กเดียวกันเท่านั้น ยังไม่มีการเชื่อมต่อกับภายนอกองค์กรแต่อย่างใด



รูปที่ 4.1 แผนภาพการเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ IP-PBX

จากแผนภาพการเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ IP-PBX โดยจำลองการใช้งานภายในองค์กรดังรูปที่ 4.1 มีหมายเลขภายใน 2 หมายเลข คือ 1000 และ 2000 โดยที่หมายเลข 1000 ใช้โปรแกรม IP Software Phone ที่ชื่อว่า X-Lite ซึ่งติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์และใช้ระบบปฏิบัติการ Windows ส่วนหมายเลข 2000 นั้นเป็นการเชื่อมต่อกับ IP-PBX Server โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า ATA หรือ Analog Telephone Adaptor ซึ่งใช้พ่วงต่อกับเครื่องโทรศัพท์แบบ Analog ทั่วไป

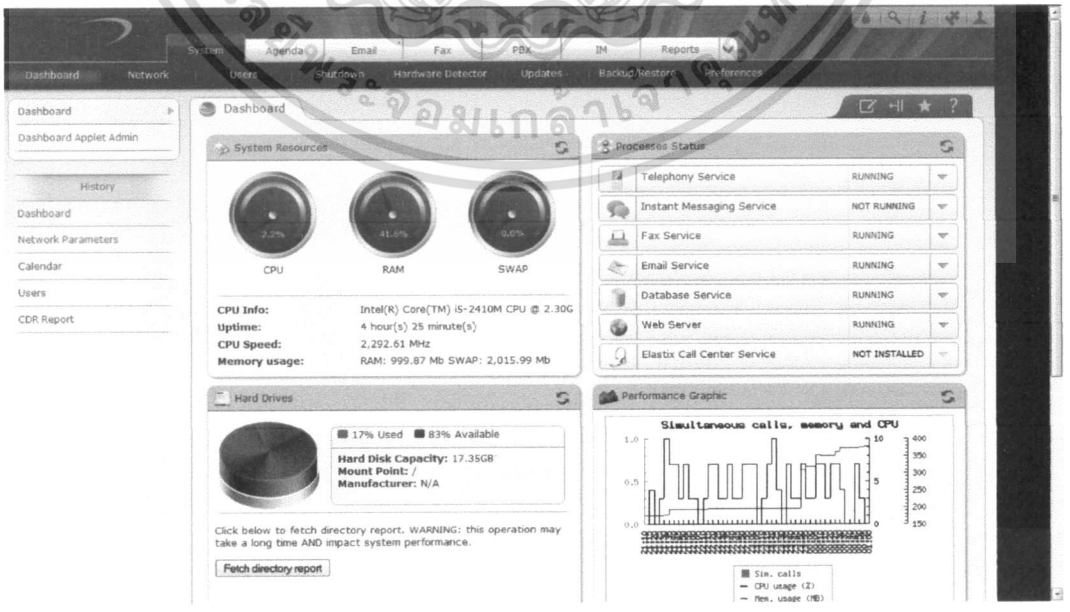
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.1 การกำหนดค่าบนระบบโทรศัพท์ IP-PBX

การกำหนดค่าบนระบบโทรศัพท์ IP-PBX สามารถทำได้โดยใช้ Web browser เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ได้ทำการติดตั้งระบบโทรศัพท์ IP-PBXไว้ตาม URL ดังนี้ https://10.10.10.10 จากนั้นจะเข้าสู่หน้าจอ Login ดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 หน้าจอ Login ของระบบโทรศัพท์ IP-PBX

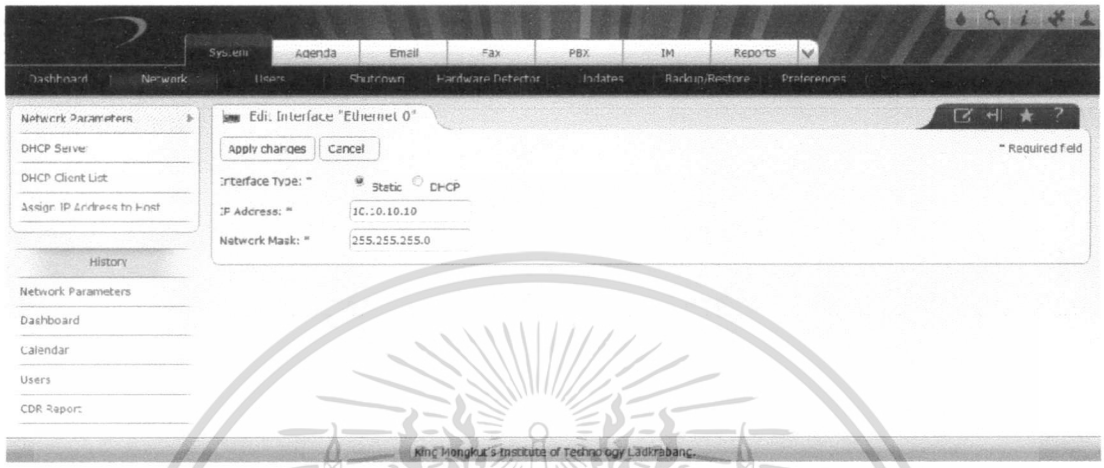
เมื่อใส่ username และ password ที่กำหนดไว้จะสามารถเข้าสู่หน้าจอโปรแกรม IP-PBX หน้า Dashboard ซึ่งแสดงข้อมูลโดยรวมของระบบ ได้แก่ System resources, Processes status, Hard drive และ Performance graphic ได้ โดยสามารถเลือกเมนูการใช้งานฟังก์ชันต่างๆได้ตามต้องการ



รูปที่ 4.3 หน้าจอโปรแกรม IP-PBX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยผู้ดูแลระบบสามารถแก้ไขการตั้งค่าต่างๆของระบบ ได้แก่ Network parameter ได้ที่เมนู System > Network อีกทั้งยังสามารถบริหารจัดการผู้ใช้งานระบบได้โดยการเพิ่มหรือลบ User ได้ที่เมนู System > Users

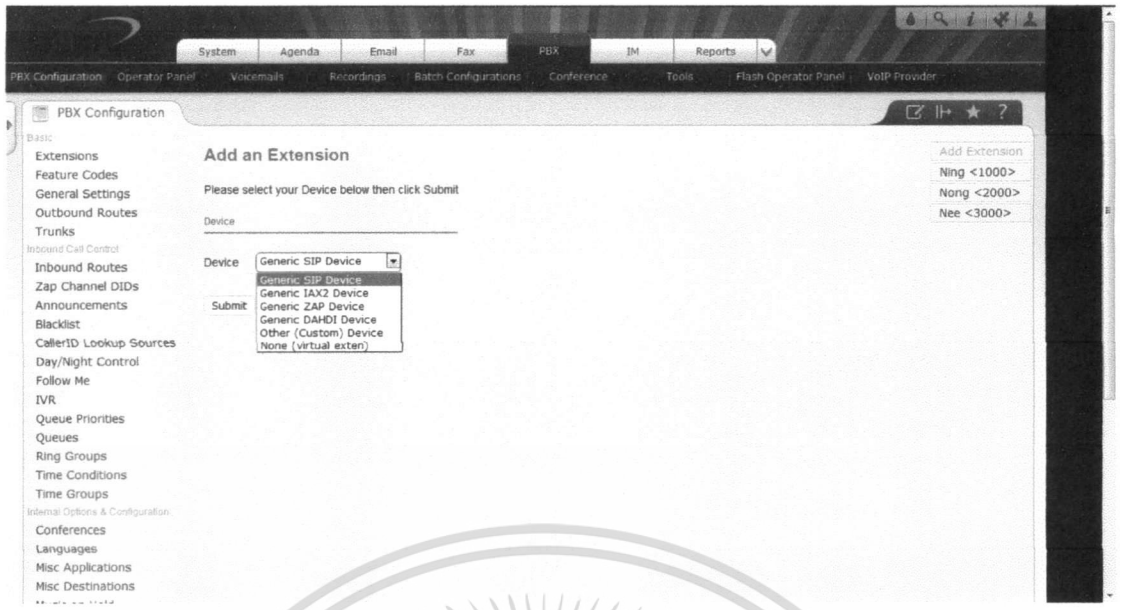


รูปที่ 4.4 หน้าจอแก้ไข Network parameter

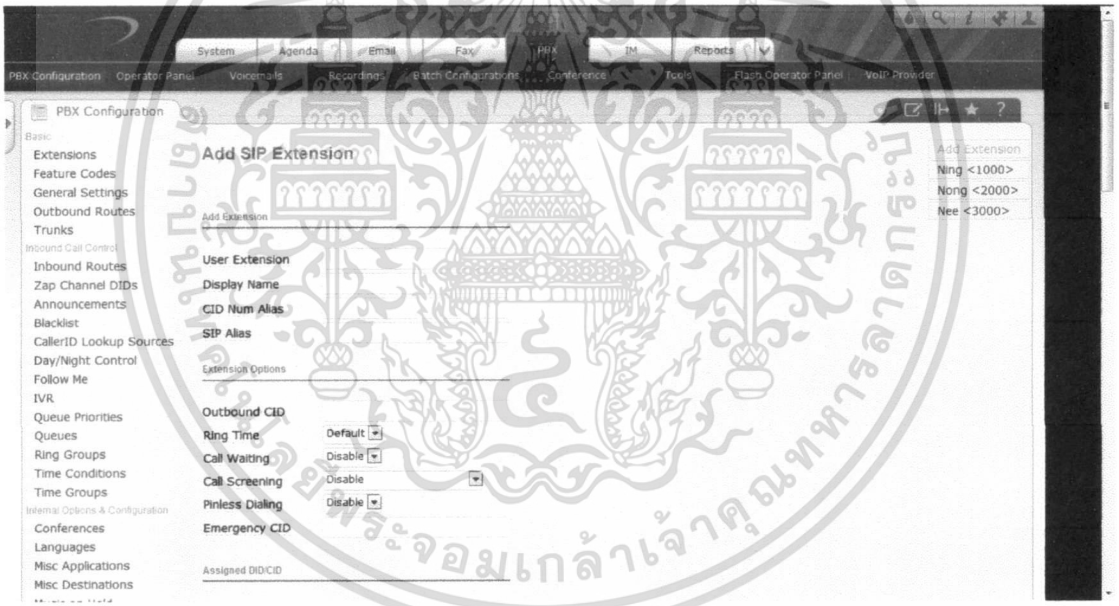
รูปที่ 4.5 หน้าจอเพิ่มและลบ

การเพิ่มเบอร์ภายในหรือ Extensions สามารถทำได้โดยการคลิกเมนู PBX > PBX Configuration > Extensions จะเห็น Dropdown ให้เลือกชนิดของ Device เป็น Generic SIP Device แล้วคลิกปุ่ม Submit จากนั้นจึงกรอกข้อมูลเพื่อทำการ Add SIP Extension ข้อมูลสำคัญในการสร้างเบอร์ภายใน คือ User Extension และ Secret ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องใช้เป็นข้อมูลในการ Register เข้ามาผ่าน Softphone, IP-Phone หรืออุปกรณ์ ATA หากข้อมูลที่ใช้ในการ Register ไม่ตรงกับข้อมูลที่ถูกสร้างบน IP-PBX จะไม่สามารถใช้งานระบบโทรศัพท์ IP-PBX ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 หน้าจอสำหรับการเพิ่ม Extension



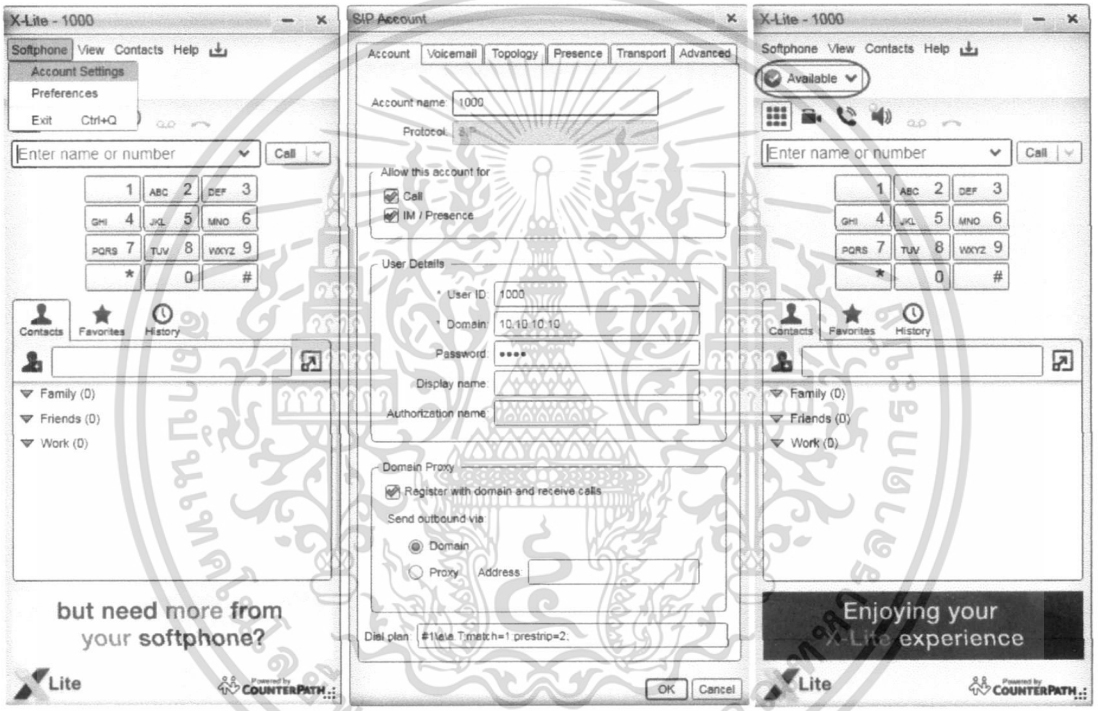
รูปที่ 4.7 หน้าจอรายละเอียดการเพิ่ม SIP Extension

สำหรับการทดลองนี้ซึ่งเป็นการทดลองโทรภายในเครือข่าย LAN ผู้ทดลองจึงได้สร้าง Extension number 1000 ไว้ใช้สำหรับ IP Software phone หรือ Softphone (X-Lite) ที่ติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ และ Extension number 2000 ไว้ใช้สำหรับอุปกรณ์ ATA Linksys PAP2T ซึ่งเชื่อมต่อไว้กับ Analog phone ตามรูปที่ 4.1 สำหรับการตั้งค่า Softphone (X-Lite) และ ATA Linksys PAP2T จะแสดงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 การกำหนดค่าโปรแกรม Softphone

การกำหนดค่าโปรแกรม Softphone สามารถทำได้โดยการคลิกที่ Tab softphone จากนั้นเลือก Account Setting เพื่อเข้าไปกำหนดหมายเลข SIP Account และ IP address ของ IP-PBX server ให้กับตัวโปรแกรม X-Lite ซึ่งหมายเลข SIP Account ที่กำหนดนี้จะต้องได้ถูกประกาศไว้ในระบบโทรศัพท์ IP-PBX server เรียบร้อยแล้วจึงจะสามารถใช้งานได้ เมื่อโปรแกรม X-Lite สามารถ Register SIP Account ที่กำหนดกับ IP-PBX server ได้ จะแจ้งสถานะ Available เพื่อบอกให้ผู้ใช้งานทราบว่า SIP Account นี้พร้อมใช้งานระบบโทรศัพท์ได้ ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การกำหนดค่าบนโปรแกรม X-Lite

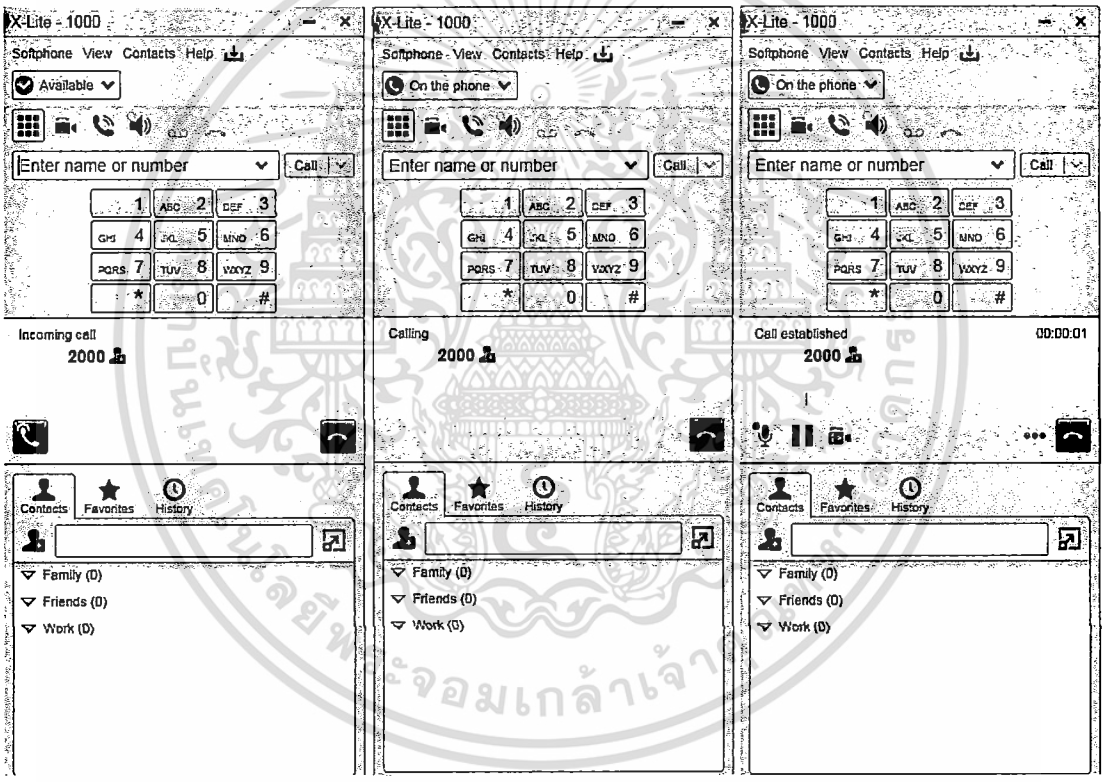
รายละเอียดที่ต้องกำหนดที่ดังต่อไปนี้

- **Display Name**: เป็นตัวเลขหรือข้อความที่ต้องการให้แสดงเมื่อมีการเรียกสายไปหาคนอื่นๆ หากเครื่องโทรศัพท์ หรือ โปรแกรมนั้นสามารถที่จะแสดงผลได้
- **User ID**: เป็นชื่อผู้ใช้งานของ SIP user account ที่ได้มีการกำหนดไว้ใน SIP Extension บนระบบ IP-PBX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Password:** เป็นรหัสผ่านของ SIP user account ที่ได้กำหนดไว้บน IP-PBX พร้อมกับการ Add SIP Extension ในชื่อตัวแปร secret
- **Authorization Name:** จะต้องเป็นค่าที่กำหนดให้เหมือนกับ User ID เพราะจะใช้ค่านี้ในการตรวจสอบสิทธิ์ด้วย
- **Domain:** เป็นหมายเลข IP address ของ IP-PBX server

เมื่อกำหนดค่าทุกอย่างถูกต้องแล้ว และมีการเขียน Dial plan เพื่อกำหนดให้สามารถเรียกสายไปยังหมายเลขปลายทางใดได้บ้างเรียบร้อยแล้ว โปรแกรม X-Lite ก็พร้อมที่จะให้บริการในการเรียกสายไปยังหมายเลขปลายทางที่ผู้ใช้งานต้องการ

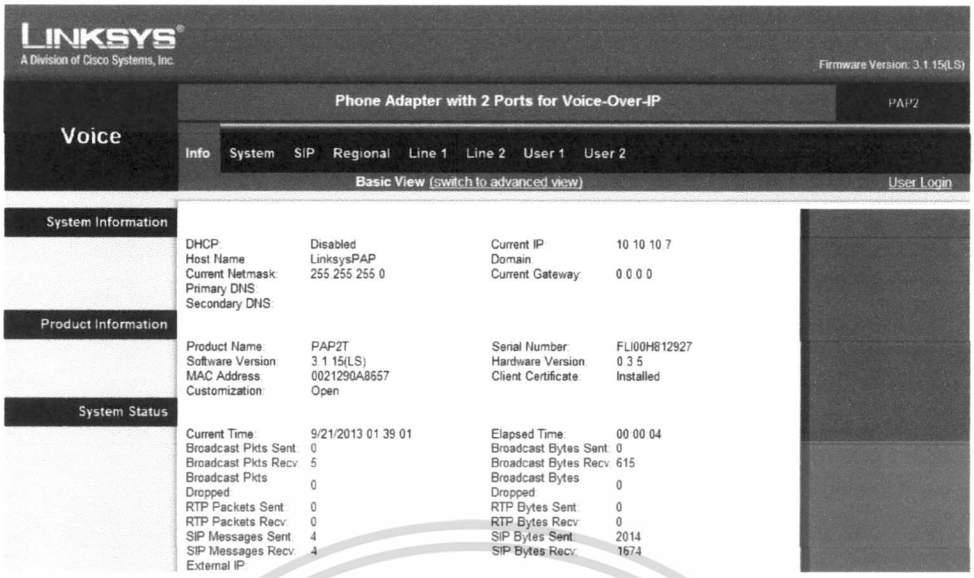


รูปที่ 4.9 การใช้งานรับสายเรียกเข้าและโทรออกของโปรแกรม X-Lite

4.1.1.3 การกำหนดค่าอุปกรณ์ ATA

การกำหนดค่าอุปกรณ์ ATA รุ่น Linksys PAP2T โดยผ่านทาง web-based configuration menu สามารถทำได้โดยการใช้ web browser เรียกไปยัง URL ที่เป็น IP address ของ ATA นั้นๆ จากรูปด้านล่างจะแสดงรายละเอียดของค่าต่างๆที่ได้ถูกกำหนดไว้ในตัวอุปกรณ์ Linksys PAP2T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



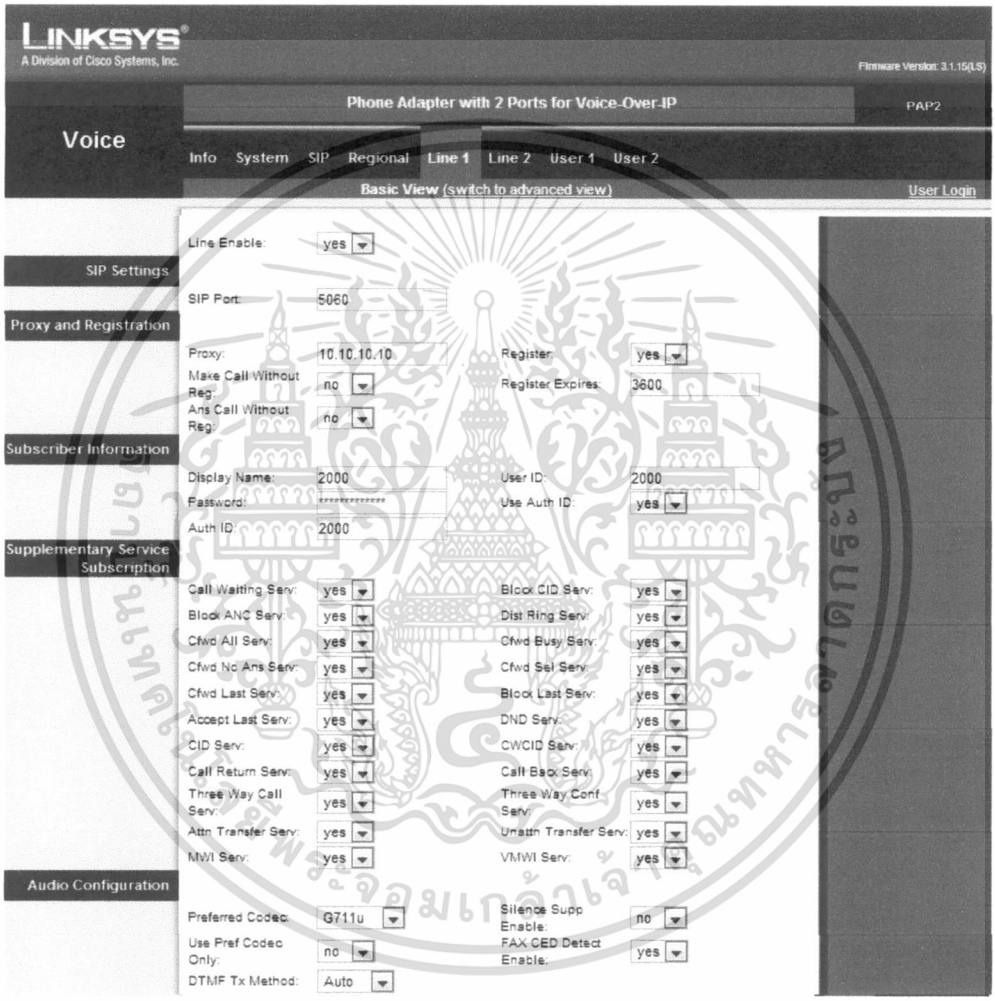
รูปที่ 4.10 ค่าต่างๆที่ได้ถูกกำหนดไว้ในตัวอุปกรณ์ Linksys PAP2T

สำหรับเมนู Line1 และ Line2 นี้นับเป็นเมนูที่มีความสำคัญมากในการกำหนดให้ Line1 และ Line2 สามารถทำงานได้หรือไม่ได้ เพราะจะเป็นเมนูที่มีการกำหนดค่าที่เกี่ยวข้องกับ SIP Account ที่จะติดต่อไปยัง IP-PBX server ที่เราใช้บริการ อีกทั้งยังต้องกำหนด User Account ที่เราได้รับจัดสรรมา โดยค่าต่างๆที่มีความสำคัญต่อการกำหนดค่า SIP Account เพื่อให้อุปกรณ์ Linksys PAP2T สามารถรับรู้ IP-PBX server ได้มีดังนี้

- Proxy and Register
  - Proxy: คือค่า IP address ของ IP-PBX server ที่เราใช้บริการอยู่ ในที่นี้คือ IP 10.10.10.10
  - Register: กำหนดเป็น Yes เพื่อให้อุปกรณ์ Linksys PAP2T นี้สามารถลงทะเบียน SIP user account กับ IP-PBX server ได้
- Subscriber Information
  - Display Name: เป็นค่าที่จะถูกใช้แสดงบนหน้าจอของโทรศัพท์ปลายทางหรือคอมพิวเตอร์ปลายทางที่สามารถแสดงผลได้ ในที่นี้คือ 2000
  - User ID: เป็นค่าที่จะใช้เพื่อกำหนดเป็น User สำหรับ login กับ IP-PBX server ค่านี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเป็น SIP Account ที่ได้รับมา ในที่นี้คือ 2000 เหมือนกับค่า Display Name
  - Password: เป็นรหัสผ่านที่ได้ถูกกำหนดมาให้ใช้งานร่วมกับ User ID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Use Auth ID: กำหนดเป็น Yes เพื่อให้มีการส่งค่าของ Auth ID เข้าไปลงทะเบียนกับ IP-PBX server หรือ SIP server หากไม่กำหนดอาจจะส่งผลให้ข้อมูลของ SIP Account นั้นไม่สามารถลงทะเบียนได้สำเร็จ
- Auth ID: เป็นค่าที่กำหนดให้เหมือนกับ User ID เพื่อให้อุปกรณ์ Linksys PAP2T สามารถส่งค่านี้เข้าไปลงทะเบียนกับ IP-PBX server ได้



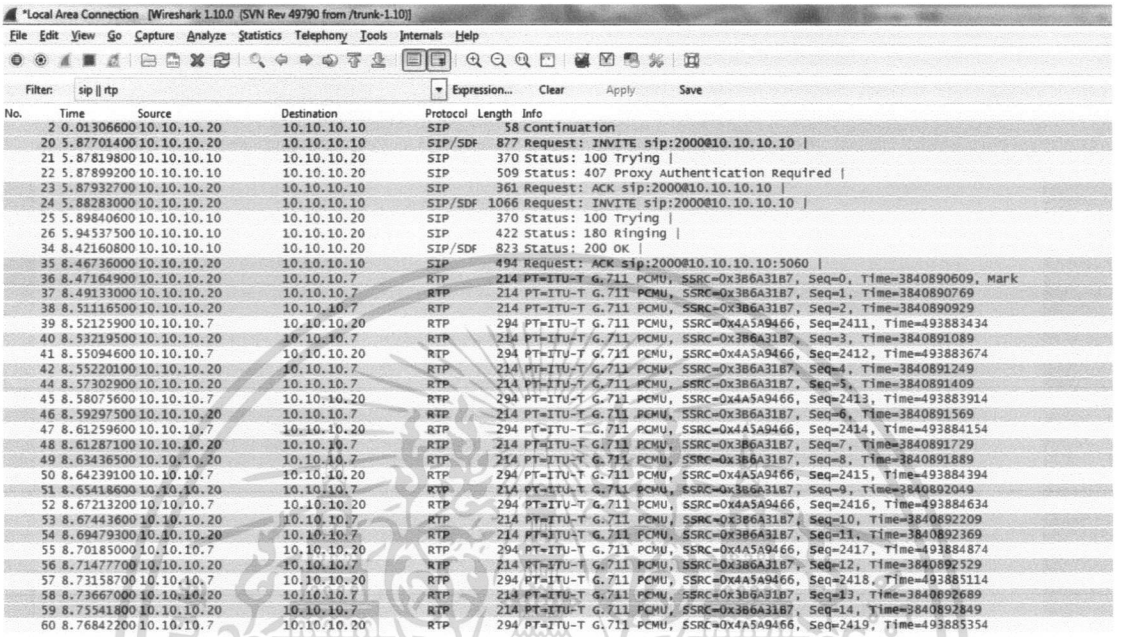
รูปที่ 4.11 การกำหนดค่าเมนู Line1 ในโหมดของ Admin login

4.1.1.4 ผลการทดลองการโทรภายในเครือข่าย LAN

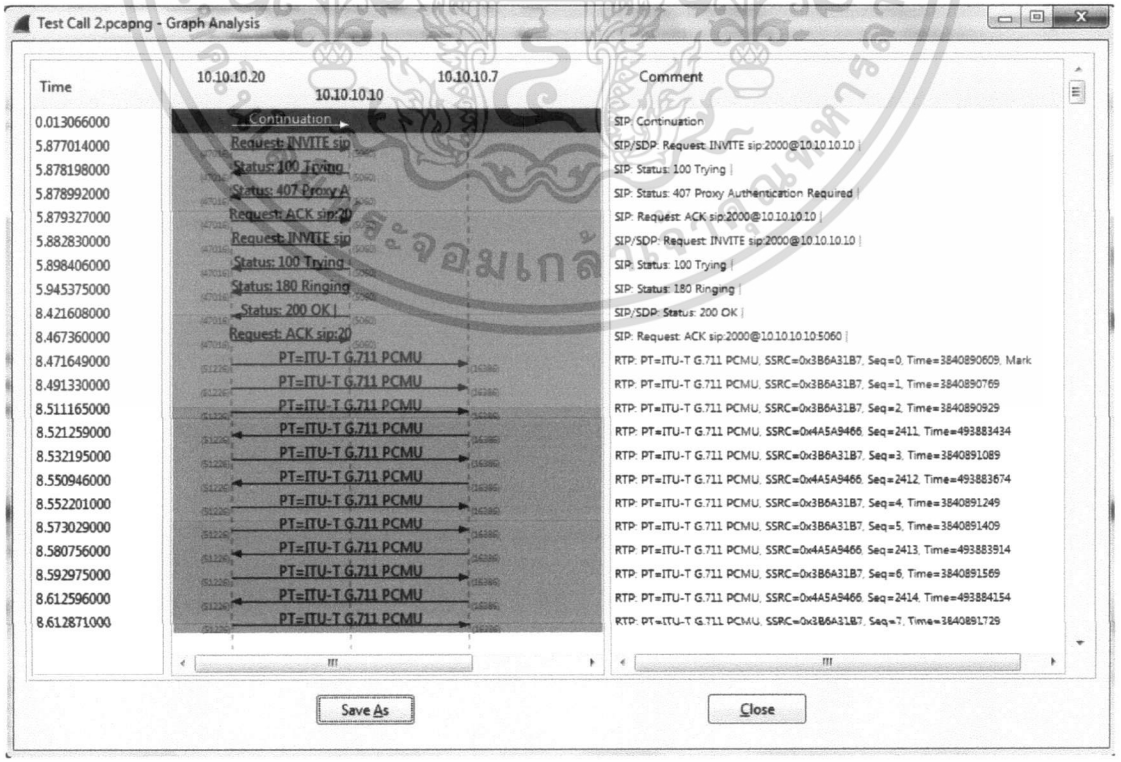
เมื่อทำการทดลองโดยใช้การเชื่อมต่อเพื่อโทรภายในเครือข่าย LAN ตามรูปที่ 4.1 ผลการจับ packet ด้วยโปรแกรม Wireshark จะเห็นกระบวนการทำงานระหว่าง IP-PBX server (IP:10.10.10.10) และการสื่อสารระหว่างโปรแกรม X-Lite (IP:10.10.10.20) กับเครื่องโทรศัพท์ระบบ Analog ที่ต่ออยู่กับ ATA Linksys PAP2T (IP:10.10.10.7) จะเห็นได้ว่าระบบโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IP-PBX จะใช้ SIP protocol ที่ Port 5060 ในการส่งสัญญาณการลงทะเบียน (Register) และเมื่อสามารถติดต่อปลายทางได้สำเร็จ IP-PBX server จะได้รับ SIP response message 200 OK กลับมา หลังจากนั้นการสื่อสารบนระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจะใช้ RTP protocol ระหว่างต้นทางและปลายทางโดยไม่ผ่าน SIP server ดังรูปที่ 4.12 และ 4.13



รูปที่ 4.12 ผลการจับ packet ด้วยโปรแกรม Wireshark



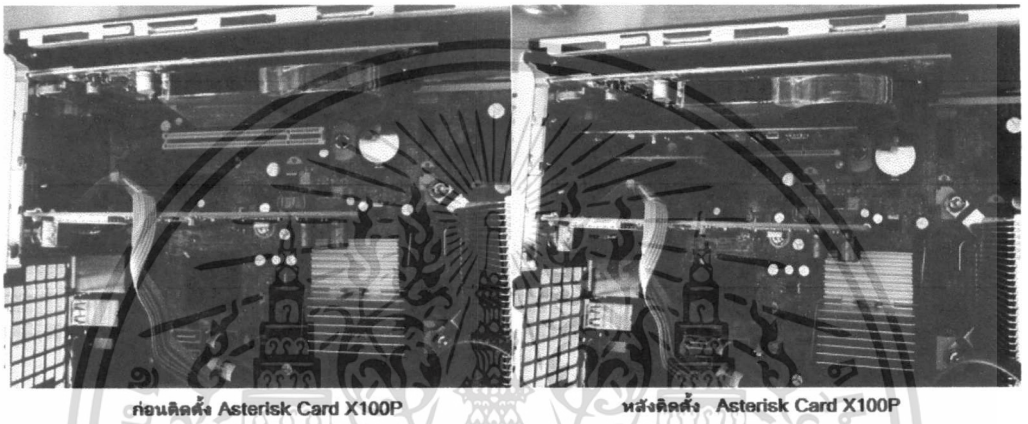
รูปที่ 4.13 Flow การสื่อสารระหว่างต้นทางและปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การทดลองโทรผ่านโทรไปยังหมายเลขภายนอกเครือข่าย

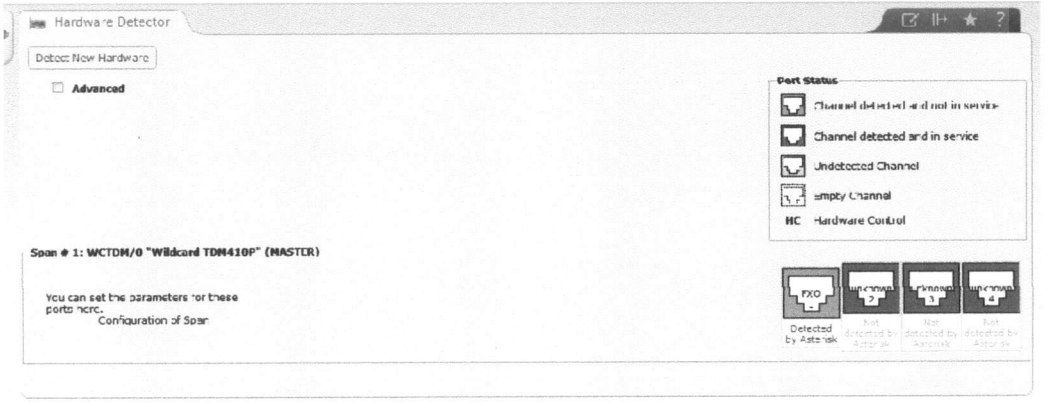
4.1.2.1 การกำหนดค่าบนระบบโทรศัพท์ IP-PBX

การเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ IP-PBX ร่วมกับโครงข่าย PSTN ซึ่งเป็นระบบโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานที่ใช้งานอยู่ในประเทศไทย จะต้องมีการติดตั้งการ์ดรับโทรศัพท์ที่รู้จักกันดีในชื่อของ Asterisk card โดยในโครงงานนี้จะใช้ Asterisk card รุ่น X100P ซึ่งสามารถรองรับการใช้งานหมายเลขโทรศัพท์ได้จำนวน 1 หมายเลข เพื่อให้ระบบโทรศัพท์ IP-PBX สามารถรับสายจากผู้ใช้งานโทรศัพท์ที่เรียกเข้ามาทางโครงข่าย PSTN ได้



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้ง Asterisk card X100P

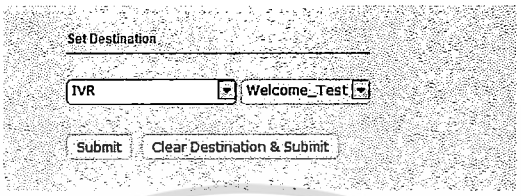
หลังจากติดตั้ง Asterisk card X100P ในช่อง PCI slot ของเครื่องคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว โดยทั่วไประบบโทรศัพท์ IP-PBX จะสามารถตรวจสอบการติดตั้งการ์ดรับโทรศัพท์ได้ โดยการเข้าสู่ระบบไปที่เมนู System > Hardware Detection แล้วคลิกปุ่ม Detect New Hardware หากระบบสามารถ Detect hardware ของการ์ดรับโทรศัพท์ได้จะแสดงรายละเอียดและชนิดของการ์ด ดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 Detect new hardware X100P card

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Inbound Routes เป็นการกำหนดให้ระบบโทรศัพท์ IP-PBX คอยสั่งงานว่าเมื่อมีผู้ใช้งานโทรเข้ามาจากโครงข่ายภายนอก เช่น PSTN จะให้เชื่อมต่อไปที่ใด ยกตัวอย่างเช่น ส่งไปที่ IVR เพื่อตอบรับสาย ส่งไปที่เบอร์ Extension เพื่อให้เป็นเบอร์ Hot line หรือ ส่งไปที่ Ring Group หากมี Call center คอยรับสาย เป็นต้น ซึ่งในโครงงานจะกำหนดให้สายที่เรียกเข้ามาทางโครงข่ายภายนอกได้รับสัญญาณเสียงตอบรับอัตโนมัติ (IVR) ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 การกำหนด Inbound Route ให้ได้รับสัญญาณเสียงตอบรับอัตโนมัติ

การสร้าง Trunk บนระบบโทรศัพท์ IP-PBX เป็นการสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อไปยังภายนอกเครือข่าย โดยระบบโทรศัพท์ IP-PBX สามารถรองรับการเชื่อมต่อแบบ Trunk ได้หลายรูปแบบ โดยรูปแบบที่นำมาใช้ในโครงงานได้แก่ SIP Trunk เป็นเส้นทางเชื่อมต่อระหว่าง IP-PBX Server แลผู้ให้บริการ VoIP (VoIP Provider) เพื่อโทรไปยังโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน หรือโครงข่ายโทรศัพท์มือถือผ่าน SIP protocol โดยระบบโทรศัพท์ IP-PBX จะจำลองตัวเองเป็น SIP Client เพื่อไปลงทะเบียนกับ SIP Server ของผู้ให้บริการ เช่น True NetTalk ของ True หรือ TOT Netcall ของ TOT หรือ Cat2Call+ ของ CAT หรือ EasyTalk ของ EasySIP เป็นต้น การใช้งาน SIP Trunk นี้ผู้ให้บริการจะไม่ตรวจสอบ IP address ของเครื่อง SIP Client ดังนั้นผู้ใช้งานจะสามารถโทรมาจาก IP address ใดๆก็ได้ หากมีข้อมูล SIP Account ถูกต้องก็จะสามารถใช้งานโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายของผู้ให้บริการได้ อย่างไรก็ตามผู้ดูแลระบบโทรศัพท์ IP-PBX กำหนดรายละเอียดของ SIP Server ของผู้ให้บริการให้ระบบโทรศัพท์ IP-PBX อย่างถูกต้องด้วย เช่น IP Address, SIP Port, Codecs, Prefix เป็นต้น

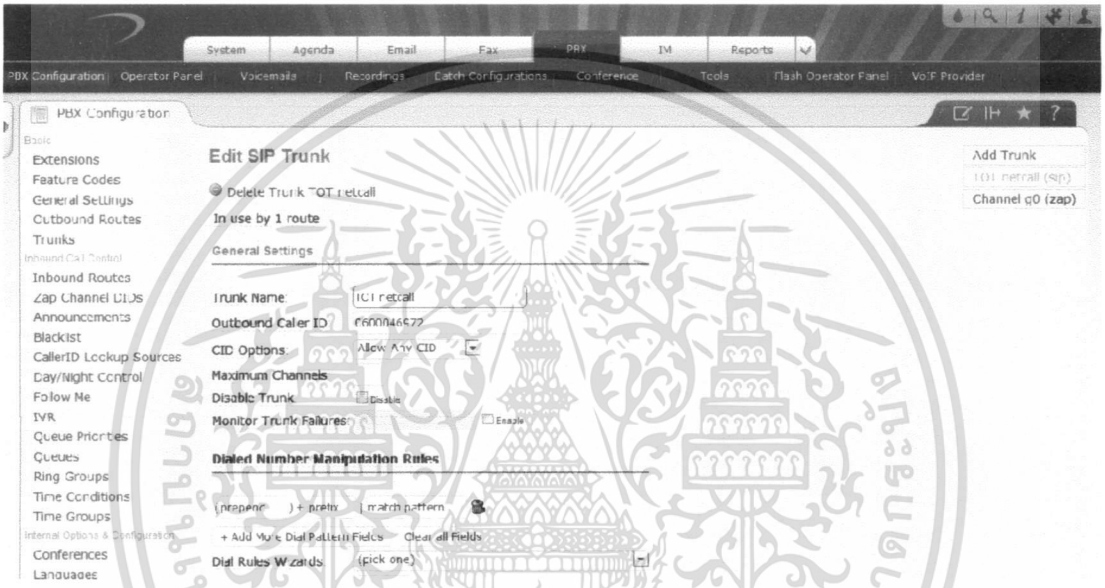
ขั้นตอนการเพิ่ม SIP Trunk ได้แก่ เข้าสู่ระบบคลิกเลือกเมนู PBX > PBX Configuration > Trunks > Add SIP Trunk จากนั้นจึงใส่รายละเอียดข้อมูลที่ได้รับมาจากผู้ให้บริการ VoIP เช่น Outbound Caller ID, PEER Details และ Register String เป็นต้น

รายละเอียด SIP Trunk ได้แก่

- Trunk Name: TOT netcall
- Outbound Caller ID: 0600046972

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- PEER Details:
  - host=203.113.125.82
  - username=0600046972
  - secret=*********
  - type=peer
- Register String: 0600046972: *********@203.113.125.82



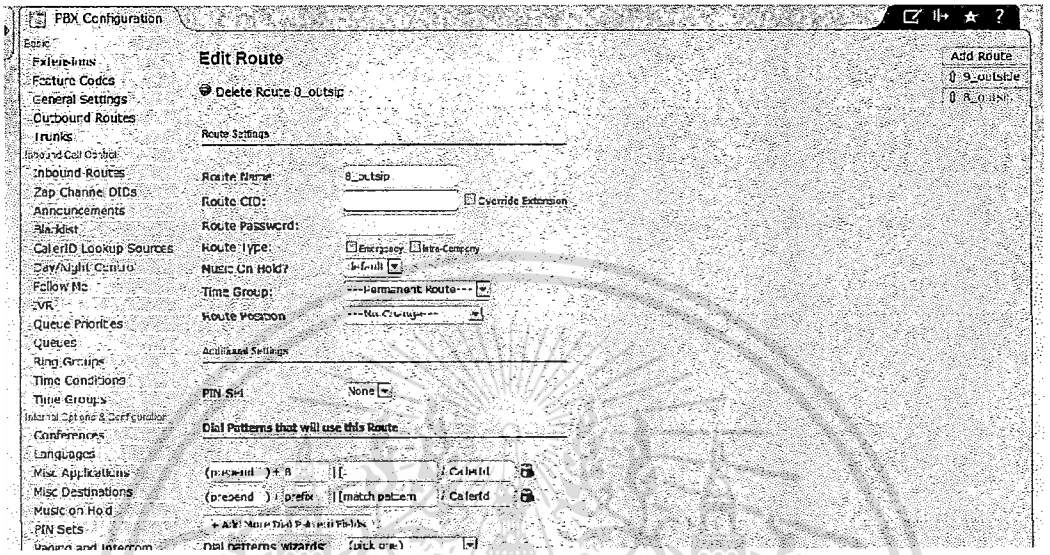
รูปที่ 4.17 การกำหนดค่า SIP Trunk

Trunk อีกรูปแบบที่นำมาใช้ในโครงงาน คือ ZAP Trunk เป็นการเชื่อมต่อโลกภายนอกด้วยการ์ดที่ติดตั้งบน PCI Slot ภายใน IP-PBX Server ได้แก่การ์ดของ VoxVoice, Sangoma, Digium เป็นต้น การใช้งาน ZAP Trunk นี้ต้องมีการเชื่อมต่อกับเบอร์โทรศัพท์อาจเป็นเบอร์ธรรมดาหรือเบอร์ดิจิตอล E1หรือต่อกับ CO Line ของตู้สาขาก็ได้

Outbound Trunk เป็น Trunk ที่ระบบโทรศัพท์ IP-PBX ใช้โทรออกเพื่อติดต่อกับเครือข่ายภายนอกซึ่งอาจจะเป็น VoIP Provider หรือ PSTN โดยการกำหนด Outbound Route เป็นการตั้งเงื่อนไขว่า ผู้ใช้งานจะต้องกดเบอร์อะไรนำหน้าเพื่อเลือกโทรออกไปยังเส้นทางที่ต้องการ ยกตัวอย่างเช่น สมมติว่ามีการกำหนดเส้นทางที่ 1 ซึ่งสร้างไว้เพื่อให้ Extension โทรออกสายนอกไปเบอร์ธรรมดาและเบอร์มือถือได้ เราตั้งเงื่อนไขว่าผู้ใช้งานต้องกด 9 แล้วตามด้วยเบอร์ปกติ และเมื่อผู้ใช้งานซึ่งอยู่ที่เบอร์ Extension เบอร์หนึ่งบน IP-PBX กด 9 ตามด้วยเบอร์เช่น 90801234567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วโทรออกระบบ IP-PBX จะรับเบอร์เข้ามา แล้วก็จะเห็นว่ามี 9 นำหน้าแสดงว่าต้องการโทรออกสายนอก ระบบโทรศัพท์ IP-PBX จะทำการตรวจสอบว่า 9 นี้ให้ส่งออกทางเส้นทางไหน จึงทำการตัด 9 ออกก่อน แล้วส่งเบอร์ที่เหลือคือ 0801234567 ออกทางเส้นทางนั้น



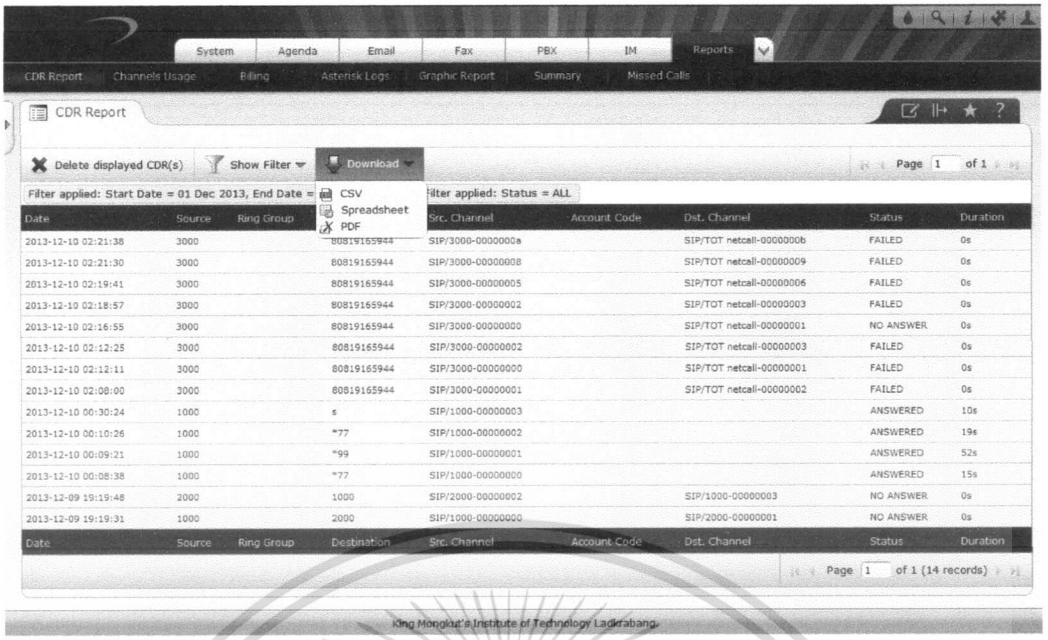
รูปที่ 4.18 การกำหนดค่า Outbound Route

4.2 การตรวจสอบข้อมูลการใช้โทรศัพท์

4.2.1 Call Detail Record (CDR)

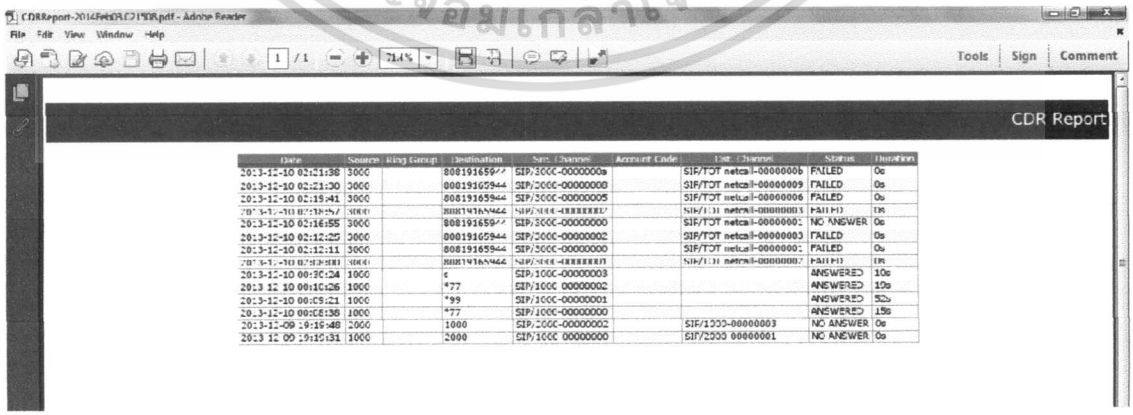
Call Detail Record หรือที่เราเรียกกันว่า CDR Report เป็นรายงานการใช้โทรศัพท์ทั้งการรับสายและโทรออกโดยสามารถเลือกดูข้อมูลตามเงื่อนไขที่ต้องการ ข้อมูลการใช้งานย้อนหลัง รวมทั้งสามารถดาวน์โหลดข้อมูล CDR Report ออกมาในรูปแบบของ Excel หรือ PDF ได้ โดยใน CDR จะมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานโทรศัพท์ ได้แก่ วันที่ และ เวลาที่มีการเรียกสายไปยังหมายเลขปลายทาง, หมายเลขโทรศัพท์ต้นทาง, หมายเลขโทรศัพท์ปลายทางที่ถูกเรียก, ช่องสัญญาณเสียง (Voice Channel) ที่ถูกกำหนดไว้เพื่อเป็นเส้นทางในการส่งสัญญาณเสียงไปยังผู้รับ, ช่องสัญญาณเสียง (Voice Channel) ปลายทางที่ถูกเรียก, สถานะการใช้งานครั้งสุดท้ายของการใช้งานโทรศัพท์, ช่วงเวลาระหว่างเมื่อผู้เรียกสายไปหาปลายทาง จนถึงสิ้นสุดการติดต่อกัน ซึ่งจะมีหน่วยเป็นวินาที เป็นต้น การตรวจสอบข้อมูล CDR นี้จะสามารถเข้าไปใช้งานโดยผ่านเมนู Reports > CDR Reports ดังรูปที่ 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 Asterisk CDR

รูปที่ 4.20 Asterisk CDR ในรูปแบบ Excel



รูปที่ 4.21 Asterisk CDR ในรูปแบบ PDF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.1 รายละเอียดของไฟล์ Asterisk CDR

ภายในไฟล์ Master.csv จะมีการแบ่งรายละเอียดแต่ละส่วนออกเป็นฟิลด์ (Field) ต่างๆ โดยจะแบ่งแยกด้วยเครื่องหมาย (,) คั่นระหว่างฟิลด์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของ Asterisk CDR ในแต่ละฟิลด์

ตำแหน่งฟิลด์	รายละเอียด
ฟิลด์ที่ 1	calldate: วันที่ และ เวลาที่มีการเรียกสายไปยังหมายเลขปลายทาง
ฟิลด์ที่ 2	clid: เป็นหมายเลขโทรศัพท์โชว์เบอร์ที่จะถูกแสดง เมื่อเรามีการเรียกไปยังปลายทาง ซึ่งการแสดงหมายเลขนี้ในฟิลด์นี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ของส่วนแรกจะเป็นการโชว์ในลักษณะของตัวอักษร เช่น ชื่อผู้เรียกสาย (ค่าที่ถูกกำหนดในนี้เป็น "" คือไม่มีการกำหนดค่าใดๆ ส่วนที่สองเป็นการกำหนดโดยใช้ตัวเลข ในที่นี้จะเห็นได้ว่าตัวเลขที่กำหนดไว้จะเหมือนกับค่าของฟิลด์ Source นั่นเอง
ฟิลด์ที่ 3	src: เป็นหมายเลขโทรศัพท์ต้นทาง
ฟิลด์ที่ 4	dst: เป็นหมายเลขโทรศัพท์ปลายทางที่ถูกเรียก
ฟิลด์ที่ 5	dcontext: เป็นชื่อของ Context ที่เริ่มต้นทำงาน โดยค่ามาตรฐานจะเป็น default
ฟิลด์ที่ 6	channel: เป็นช่องสัญญาณเสียง (Voice Channel) ที่ถูกกำหนดไว้เพื่อเป็นเส้นทางในการส่งสัญญาณเสียงไปยังผู้รับ
ฟิลด์ที่ 7	dstchannel: เป็นช่องสัญญาณเสียง (Voice Channel) ปลายทางที่ถูกเรียก
ฟิลด์ที่ 8	lastapp: เป็นส่วนของรายละเอียดที่โปรแกรม (Application) ใช้ในการติดต่อในการเรียกสาย ในที่นี้ เช่น SIP/8889 ซึ่งหมายเลข 8889 คือหมายเลขโทรศัพท์ปลายทางที่เรียกไป
ฟิลด์ที่ 9	lastdata: เป็นข้อมูลสุดท้ายที่มีการเรียกใช้งาน
ฟิลด์ที่ 10	duration: เป็นช่วงเวลาระหว่างเมื่อผู้เรียกสายไปหาปลายทาง จนถึงสิ้นสุดการติดต่อกัน ซึ่งจะมีหน่วยเป็นวินาที
ฟิลด์ที่ 11	billsec: เป็นช่วงเวลาตั้งแต่มีการรับสายจากปลายทาง เมื่อมีการติดต่อได้ มีหน่วยเป็นวินาที ซึ่งเวลาในส่วนนี้โดยมากแล้วจะนำมาใช้ในการคำนวณการใช้โทรศัพท์ หรือ Billing
ฟิลด์ที่ 12	disposition: สถานะการใช้งานครั้งสุดท้ายของการใช้งานโทรศัพท์ เช่น ANSWERED, NO ANSWER, BUSY, FAILED เป็นต้น

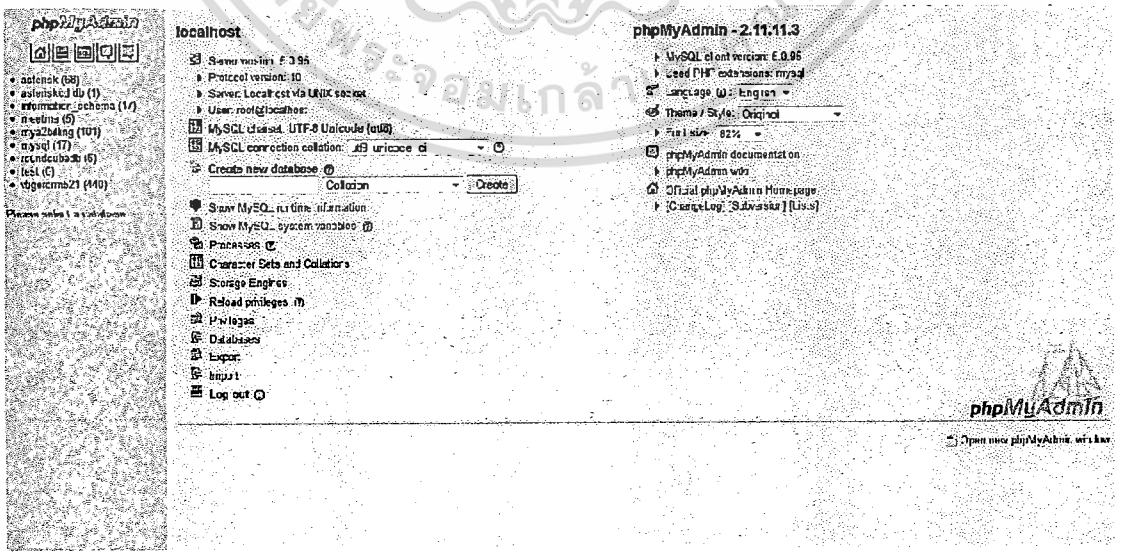
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ตำแหน่งฟิลด์	รายละเอียด
ฟิลด์ที่ 13	amaflags: เป็นคุณสมบัติเกี่ยวกับเรื่อง Automated Machine Accounting Flags ซึ่งจะมีการใช้งานเฉพาะโปรแกรมที่ทำงานเกี่ยวกับเรื่องของ Billing ในบางโปรแกรมเท่านั้น
ฟิลด์ที่ 14	accountcode: เป็นค่าของ CallerID ที่ได้กำหนดไว้ให้แต่ละเลขหมาย ซึ่งจะถูกกำหนดไว้ในไฟล์ sip.conf
ฟิลด์ที่ 15	userfield: เป็นฟิลด์ที่ผู้ใช้งานสามารถระบุค่าได้เอง

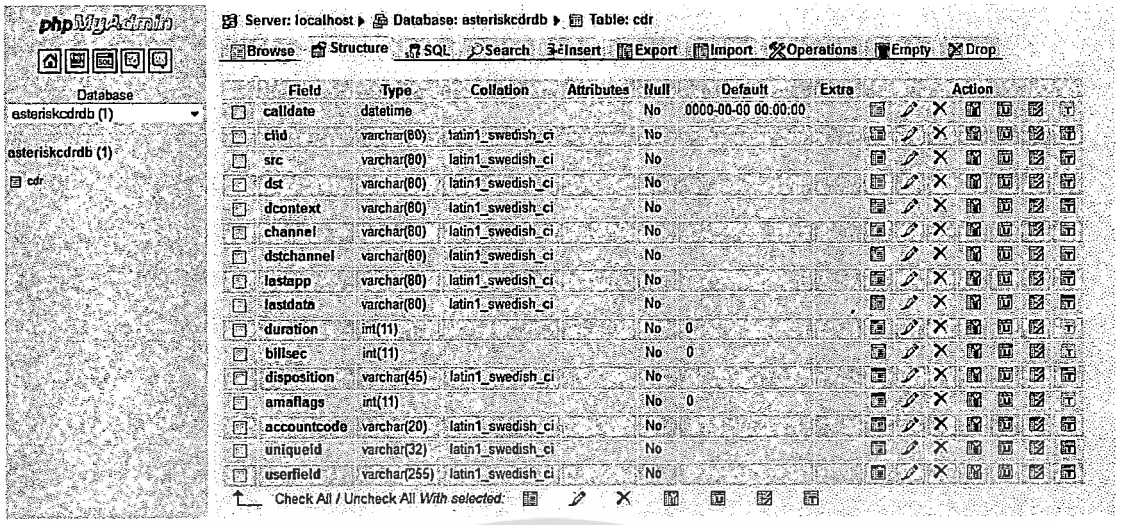
4.2.1.2 การบันทึก Asterisk CDR ในฐานข้อมูล MySQL

การบันทึก Asterisk CDR ลงในฐานข้อมูล MySQL นั้น นับเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะทำให้เราสามารถวิเคราะห์หรือจัดการกับข้อมูลการใช้งานโทรศัพท์ได้สะดวกขึ้น เพราะทุกอย่างถูกจัดเก็บในฐานข้อมูล MySQL เรียบร้อยแล้ว โดยผู้ดูแลระบบสามารถจัดการฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม phpMyAdmin ได้ แต่โปรแกรมนี้ไม่ได้ถูกติดตั้งมาพร้อมกับโปรแกรม Elastix ผู้ดูแลระบบจะต้องทำการติดตั้งด้วยตนเอง โดยหลักจากติดตั้งเรียบร้อยแล้วจะสามารถเรียกใช้งานโดยใช้ URL ดังนี้ https://10.10.10.10/phpmyadmin เมื่อเข้าไปยังหน้าจอ login จึงใส่ user และ password ของฐานข้อมูล MySQL ที่กำหนดไว้ ก็จะสามารถจัดการฐานข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบโทรศัพท์ IP-PBX ได้



รูปที่ 4.22 ฐานข้อมูลของระบบโทรศัพท์ IP-PBX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 ตารางข้อมูลการโทร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลจากการศึกษาและทดลองพบว่าสามารถนำ Asterisk มาประยุกต์ใช้งานเป็นระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ โดยมีฟังก์ชันการโทรออกไปยังชุมสายโทรศัพท์พื้นฐานภายนอก ฟังก์ชันระบบฝากข้อความเมื่อผู้ใช้ไม่สามารถรับโทรศัพท์ได้ ฟังก์ชันการประชุมสายโทรศัพท์ และ ฟังก์ชันเสียงเพลงรอสาย โดยระบบโทรศัพท์นี้สามารถกำหนดค่าในการใช้งานแต่ละฟังก์ชันผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งมี Graphic user interface (GUI) ที่ใช้งานง่าย รวมทั้งยังมีการเก็บบันทึกข้อมูลการใช้งานโทรศัพท์ย้อนหลังอีกด้วย ดังนั้นระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนี้จึงเป็นอีกทางเลือกในการลดค่าใช้จ่ายขององค์กรหรือหน่วยงานต่างๆได้เป็นอย่างดี

5.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถใช้เป็นระบบโทรศัพท์ทางเลือกได้
- สามารถใช้ติดต่อสื่อสารภายในหน่วยงานและระหว่างหน่วยงานได้จริง
- สามารถใช้ระบบโทรศัพท์ในการฝากข้อความเสียงได้
- สามารถใช้ประชุมสายโทรศัพท์ได้
- สามารถใช้งานเสียงเพลงรอสายขณะปลายทางยังไม่รับสายได้
- สามารถใช้งานวีดีโอคอลได้
- ในอนาคตสามารถขยายหมายเลขโทรศัพท์ภายในหน่วยงานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย
- สามารถดูรายงานการบันทึกข้อมูลการใช้งานโทรศัพท์ย้อนหลังได้
- สามารถบริหารจัดการหมายเลขโทรศัพท์และการใช้งานฟังก์ชันต่างๆได้ง่ายผ่านหน้าเว็บ
- สามารถช่วยลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายของหน่วยงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา VoIP ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

เนื่องจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังมีค่าใช้จ่ายในการเช่าใช้งานอินเทอร์เน็ตซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายรายเดือนประจำอยู่แล้ว อีกทั้งอุปกรณ์ระบบการสื่อสารต่างๆยังเอื้ออำนวยที่จะสามารถประยุกต์นำระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนี้เข้ามาเป็นระบบโทรศัพท์ทางเลือกไว้ใช้ในสถาบันได้เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการติดต่อสื่อสารภายในคณะต่างๆของสถาบัน รวมถึงการติดต่อสื่อสารภายนอกสถาบันอีกด้วย โดยอาจจัดทำแผนการติดตั้งและใช้งานในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นคณะนำร่องก่อน เพื่อทดสอบฟังก์ชันการใช้งานต่างๆ และประสิทธิภาพของระบบหลังจากนั้นจึงขยายไปใช้งานในคณะอื่นๆภายในสถาบันต่อไป

5.4 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังนั้นเป็นการศึกษาที่เน้นการทดสอบการใช้งานฟังก์ชันของระบบโทรศัพท์เป็นหลัก โดยหากจะนำมาติดตั้งและใช้งานจริงจะต้องมีการพิจารณารายละเอียดในประเด็นต่างๆเพิ่มเติมอย่างถี่ถ้วน ได้แก่ การรักษาความมั่นคงปลอดภัย ของเครือข่ายที่มีการติดตั้งระบบโทรศัพท์ (Security) ความสามารถในการรองรับการใช้งานพร้อมกันของระบบ (Concurrent) คุณภาพเสียงในการใช้งานโทรศัพท์ (Quality of Service) รวมไปถึงความสามารถในการให้บริการและการขยายระบบในอนาคต เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องอย่างครบถ้วนแล้วจึงเหมาะสมที่จะมานำประยุกต์ใช้งานจริงในสถาบันเพื่อป้องกันและลดความเสี่ยงที่จะเกิดปัญหาขึ้นกับระบบในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กิตติพงษ์ สุวรรณราช. 2551. **ออกแบบและติดตั้งระบบโทรศัพท์ IP-PBX ด้วย Asterisk.** กรุงเทพฯ: ออฟเซ็ท เพรส

กิตติพงษ์ สุวรรณราช. 2549. **การบริหารและจัดการเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยระบบปฏิบัติการ FreeBSD.** พิมพ์ครั้งที่ 4. นนทบุรี: ออฟเซ็ท เพรส

ชาญชัย ศุภอรรถกร. 2555. **สร้างเว็บแอพพลิเคชัน PHP MySQL + AJAX jQuery ฉบับสมบูรณ์.** กรุงเทพฯ: รีไวว่า

สุวัฒน์ ปุณณชัยยะ, ต้น ตัณฑ์สุทธิวงศ์ และสุพจน์ ปุณณชัยยะ. 2545. **เปิดโลกของ TCP/IP และโปรโตคอลของอินเตอร์เน็ต.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น

เอกสิทธิ์ วิริยจารี. 2548. **เรียนรู้ระบบเน็ตเวิร์กจากอุปกรณ์ของ Cisco ภาคปฏิบัติ.** พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาว ภารำไพ ธรรมดุษฎี
วัน เดือน ปีเกิด	16 ตุลาคม 2529
ที่อยู่	77/72 ซอยนวมินทร์ 74 แยก 3-10-17 หมู่บ้านปัฐวิกรณ์1 ผัง ก แขวงรามอินทรา เขตคันนายาว กทม.10230
อีเมล	catzilla_younger@hotmail.com
วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ.2552 – ปัจจุบัน	บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด มหาชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้