การประยุกต์ไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พายเพื่อสนับสนุนการให้บริการธุรกิจของ CAT2Call Plus

นายภราดร ศรีอาวุธ

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2558

Applying IP-PBX on Raspberry Pi Board for Business Support Services of CAT2Call Plus

Mr. Paradorn Sriarwut

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Information and Communication Technology

School of Science and Technology

Sukhothai Thammathirat Open University

2015

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ	การประยุกต์ไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พายเพื่อสนับสนุนการให้บริการธุรกิจของ CAT2Call Plus
ชื่อและนามสกุล	นายภราดร ศรีอาวุธ
แขนงวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วฤษาย์ ร่มสายหยุด

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 21 มิถุนายน 2559

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วฤษาย์ ร่มสายหยุด)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พันธุ์ปิติ เปี่ยมสง่า)

.....
(รองศาสตราจารย์ณัฏฐพร พิมพายน)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การประยุกต์ไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พาย
เพื่อสนับสนุนการให้บริการธุรกิจของ CAT2Call Plus

ผู้ศึกษา นายภราดร ศรีอาวุธ **รหัสนักศึกษา** 2569600410

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร)

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วฤษาย์ ร่มสายหยุด **ปีการศึกษา** 2558

บทคัดย่อ

บมจ. กสท โทรคมนาคม มีบริการโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต หรือวีโอไอพี (VoIP: Voice over IP) ที่เรียกว่าแคททูคอลพลัส (CAT2Call Plus) ซึ่งผู้ใช้บริการสามารถเลือกใช้งานได้กับอุปกรณ์รูปแบบต่างๆ เช่นอุปกรณ์แปลงสัญญาณ เครื่องโทรศัพท์ ไอพี-โฟน โปรแกรมซอฟต์โฟน หรือติดตั้งแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนและสามารถใช้กับตู้สาขาได้ ในปัจจุบันบอร์ดราสเบอร์รี่พายที่ได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากมีฟังก์ชันที่หลากหลาย งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการประยุกต์ไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พายเพื่อสนับสนุนการให้บริการธุรกิจของแคททูคอลพลัส

วิธีการวิจัยประกอบด้วย 3 วิธีหลัก (1) ออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้ซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์บนบอร์ดราสเบอร์รี่พายโดยใช้งานร่วมกับหมายเลขของ แคททูคอลพลัส (2) พัฒนาฟังก์ชันการทำงานของระบบโทรศัพท์ไอพีพีบีเอกซ์ และ (3) เชื่อมต่อระบบไอพีพีบีเอกซ์กับระบบเครือข่าย โดยครอบคลุม การโทรหากันภายในเครือข่ายแลน แลนไร้สายและการโทรหากันระหว่างสาขาผ่านอินทราเน็ตองค์กรและเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

สรุปการศึกษาดำเนินการทดลอง (1) ระบบไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้ซอฟต์แวร์ แอสเทอริสค์เพื่อให้ทำงานบนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย สามารถใช้งานร่วมกับการใช้หมายเลขของแคททูคอลพลัสได้อย่างดี อย่างไรก็ตามผลเปรียบเทียบกับการทำงานบนเครื่องแม่ข่าย คุณภาพการโทรโดยรวมไม่แตกต่างกันมากเมื่อทดสอบในระบบเครือข่าย เวลา และอุปกรณ์เดียวกัน (2) ระบบสามารถสนองคุณสมบัติพื้นฐาน ได้แก่ การโทรเข้า การโทรออก การโอนสาย และการตรวจสอบข้อมูลการโทรได้ (3) ระบบสามารถลดค่าใช้จ่าย มีความยืดหยุ่น และประหยัดพลังงานไฟฟ้าอีกด้วย

คำสำคัญ ไอพีพีบีเอกซ์ บอร์ดราสเบอร์รี่พาย วีโอไอพี คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว

Independent Study title: Applying IP-PBX on Raspberry Pi Board for Business Support Services of CAT2Call Plus
Author: Mr.Paradorn Sriarwut; **ID:** 2569600410;
Degree: Master of Science (Information and Communication Technology);
Independent Study advisor: Dr. Walisa Romsaiyud, Assistant Professor;
Academic year: 2015

Abstract

The purposes of tis independent study were as follows: (1) to study the theory and knowledge of internet telephony and collaboration with the IP-PBX system; (2) to study the development for Raspberry Pi board; (3) to compare performance, advantages and disadvantages between IP-PBX system using Asterisk software operation on a computer server and on a Raspberry Pi board; (4) to obtain IP-PBX at an economical price.

The research methodogy includes three main methods: (1) To design overall architecture of IP- PBX system using Asterisk software based on a Raspberry Pi board and setting up with numbers of CAT2Call Plus, (2) to develop functions of the IP-PBX system, and (3) To integrate an IP-PBX with network system that covering calls via LAN, Wireless LAN and between branch via organization intranet and internet network.

In conclusion, the study conducted the experiments, and found that; (1) IP-PBX system applied on the Asterisk software and run on the Raspberry Pi board can be used with the number of CAT2Call plus well. However, the system result when comparing server computer shown that overall calling quality was not different when being tested in the same network, period of time and device, (2) the system could supports the basic functions including incoming calls, outgoing calls, calls forwarding and verifying the Call Detail Record (CDR), and (3) the system could reduce cost, flexible and energy saving.

Keywords: IP-PBX, Raspberry Pi board, VoIP

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระนี้ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วฤษาย์ ร่มสายหยุด อาจารย์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำแขนงวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และติดตามการทำการศึกษาค้นคว้าอิสระอย่างใกล้ชิดด้วยความเอาใจใส่ในทุกขั้นตอน เพื่อให้การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีและสมบูรณ์ ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แขนงวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ทักษะ และแนวคิดทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ซึ่งเป็นพื้นฐานในการพัฒนา และการศึกษาค้นคว้าอิสระ รวมถึงการพัฒนาต่อยอดในด้านการทำงานในอนาคต

ขอขอบพระคุณพี่ๆ ส่วนชุมสายโทรศัพท์ในประเทศ บริษัท กสท โทรคมนาคม (จำกัด) มหาชน ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ในการทดสอบรวมถึงความรู้ และคำแนะนำด้านต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำค้นคว้าอิสระครั้งนี้

ท้ายนี้ใคร่ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ซึ่งให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำเสมอมา รวมถึงเพื่อนนักศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณา สนับสนุน ช่วยเหลือ จนการทำการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ภราดร ศรีอาวุธ

มิถุนายน 2559

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 2
กรอบแนวคิดการวิจัย 2
ขอบเขตของการวิจัย 3
ข้อจำกัดในการวิจัย 3
นิยามศัพท์เฉพาะ 4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 5
เทคโนโลยี Voice over IP (VoIP) 5
บริการโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต CAT2Call Plus 8
มาตรฐานการเข้ารหัสและถอดรหัส (CODEC) 10
มาตรฐานและโปรโตคอลที่ใช้งานในเทคโนโลยี Voice over IP (VoIP) 12
เทคโนโลยีระบบไอพีพีบีเอกซ์ (IP-PBX) 13
ซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์ (Asterisk) 15
คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว (Embedded computer) 16
บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi board) 17
บทสรุปทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 25
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 25
ขั้นตอนการดำเนินงาน 27
การเก็บรวมรวมข้อมูล 47

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การวิเคราะห์ข้อมูล 47
การสรุปผลการวิจัย 47
บทที่ 4 การทดสอบการทำงานของระบบ 48
การทดสอบการทำงานของไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พาย 48
การตรวจสอบข้อมูลการใช้โทรศัพท์หรือข้อมูล CDR 77
การทดสอบและเปรียบเทียบการทำงานระบบไอพีพีบีเอกซ์ 78
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 87
สรุปการวิจัย 87
อภิปรายผล 88
ข้อเสนอแนะ 89
บรรณานุกรม 90
ภาคผนวก 93
หลักฐานแสดงการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน 94
ประวัติผู้ศึกษา 128

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบการใช้งานมาตรฐาน CODEC แต่ละประเภท 11
ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการเปรียบเทียบบอร์ดคอมพิวเตอร์แบบฝังตัวแบบต่าง ๆ 17
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางเทคนิค (Specifications) ของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย รุ่นต่าง ๆ 18
ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติเฉพาะตัวของ คือ Raspberry Pi 2 MODEL B + ... 20
ตารางที่ 3.1 การตั้งค่า Inbound Trunk และคำอธิบาย 44
ตารางที่ 3.2 การตั้งค่า Outbound Trunk และคำอธิบาย 45
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการโทรหากันในเครือข่าย LAN และ Wireless LAN 65
ตารางที่ 4.2 ผลการโทรจากหมายเลข 200-205 ไปยังหมายเลข 301 71
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการโทรออกจากหมายเลขภายในไปยังหมายเลขภายนอก 72
ตารางที่ 4.4 ผลการโทรเข้าจากหมายเลขภายนอกเข้ามายังเบอร์ภายในที่ตั้งไว้ 74
ตารางที่ 4.5 ค่า MOS และระดับคุณภาพของเสียง 79
ตารางที่ 4.6 ค่า Network Statistics ของไอพีพีบีเอกซ์โดยการโทรเวลา 1 นาที 81
ตารางที่ 4.7 ค่า Network Statistics ของไอพีพีบีเอกซ์โดยการโทรเวลา 5 นาที 83
ตารางที่ 4.8 ค่า Network Statistics ของไอพีพีบีเอกซ์โดยการโทรเวลา 15 นาที 84
ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบคุณลักษณะอื่นๆ 86

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 แสดงแผนภาพกรอบแนวคิดของงานวิจัยโดยมีส่วนประกอบ Input, Process และ Output 2
ภาพที่ 2.1 แสดงการทำงานของ Voice Over IP ในการขนส่งผ่าน Voice Traffic บน IP Network 7
ภาพที่ 2.2 แสดงการเข้าดูรายละเอียดบริการ CAT2call plus 8
ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะของบอร์ดราสเบอร์รี่พายและจุดเชื่อมต่อต่าง ๆ 19
ภาพที่ 2.4 สัญลักษณ์ของระบบปฏิบัติการ Raspbian 21
ภาพที่ 2.5 แสดงตราสัญลักษณ์ของระบบปฏิบัติการอื่น ๆ ที่บอร์ดราสเบอร์รี่พายรองรับ 22
ภาพที่ 3.1 สถาปัตยกรรมของระบบไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้ซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์ 27
ภาพที่ 3.2 ผังงานการทำงานการโทร 29
ภาพที่ 3.3 การโทรหากันภายในเครือข่าย LAN และ Wireless LAN 30
ภาพที่ 3.4 การโทรหากันระหว่าสาขาโดยผ่าน intranet องค์กร เช่น Lease Line, Frame Relay, MPLS หรือ VPN 31
ภาพที่ 3.5 การใช้งานผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ตโทรหาเบอร์ VoIP, เบอร์มือถือ และหมายเลขโทรศัพท์พื้นฐาน 32
ภาพที่ 3.6 แสดงเครื่องแม่ข่ายที่ทำการติดตั้งโปรแกรม Asterisk เพื่อทำหน้าที่เป็น IP-PBX 33
ภาพที่ 3.7 หน้าต่างโปรแกรมของ AsteriskNow หลังจากทำการ log in เข้าสู่ระบบ 33
ภาพที่ 3.8 ไฟล์อิมเมจของระบบปฏิบัติการ RAS-PBX 34
ภาพที่ 3.9 หน้าต่างโปรแกรม Win32Disk Imager เพื่อติดตั้ง RAS-PBX บน Micro SD 34
ภาพที่ 3.10 การเลือกตำแหน่งที่เก็บ Image File และการเลือก Device 35
ภาพที่ 3.11 แสดงการทำงานของ Win32Disk Imager ขณะทำการเขียนข้อมูล 35
ภาพที่ 3.12 แสดงการติดตั้ง Micro SD card 36
ภาพที่ 3.13 แสดงการต่อเชื่อมสาย HDMI, สาย LAN และ Mini USB Power 36

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.14 แสดงการเริ่มเข้าสู่ระบบของราสเบอร์รี่พายบอร์ด 37
ภาพที่ 3.15 หน้าต่างต้อนรับ Welcome to RASPBX – Astersk for Raspberry Pi 37
ภาพที่ 3.16 แสดงหน้าต่างเว็บ GUI ของ FreePBX เพื่อใช้ในการตั้งค่าการใช้งาน แอสเทอร์ริส 38
ภาพที่ 3.17 แสดงรายงานสถานะของระบบต่างๆของแอสเทอริสค์ผ่าน โปรแกรม FreePBX 39
ภาพที่ 3.18 แสดงการเข้าใช้งานเว็บไซต์ CAT shopping 40
ภาพที่ 3.19 แสดงรายการสินค้า CAT2call plus ที่มีจำหน่าย 40
ภาพที่ 3.20 แสดงการตรวจสอบความถูกต้องในตะกร้าสินค้า 41
ภาพที่ 3.21 แสดงรายละเอียดของสินค้าที่เลือกและแสดงยอดรวม ที่จะต้องชำระเงิน 41
ภาพที่ 3.22 แสดงหน้าต่างการเลือกชำระเงินของบริการ CAT2call plus 42
ภาพที่ 3.23 แสดงข้อความยืนยันการสั่งซื้อสินค้าและ Username และ Password ในการเข้าใช้งาน 43
ภาพที่ 3.24 แสดงหน้าต่างการเข้าใช้งานเพื่อตรวจสอบสถานะเลขหมายของ CAT2call plus 43
ภาพที่ 4.1 แสดงหน้าต่างเพื่อเข้าทำการการป้อนชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน 49
ภาพที่ 4.2 แสดงรายงานสถานะของระบบต่างๆของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย 49
ภาพที่ 4.3 แสดงการเลือกเมนู Trunks 50
ภาพที่ 4.4 แสดงการเลือกเมนู Add SIP Trunks 50
ภาพที่ 4.5 แสดงการใส่รายละเอียดในการกำหนด Trunks 51
ภาพที่ 4.6 แสดงการตั้งค่าและระบุรายละเอียดต่างใน Outgoing 51
ภาพที่ 4.7 แสดงการตั้งค่าและระบุรายละเอียดต่างใน Incoming 52
ภาพที่ 4.8 แสดงการตั้งค่า Registration 52
ภาพที่ 4.9 การเข้าไปแก้ไฟล์ hosts 52
ภาพที่ 4.10 แสดงการเพิ่ม 202.129.61.102 catnextgen.com ในไฟล์ hosts 53

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.11 แสดงการตรวจสอบสถานการณ์รีจิสเตอร์ของหมายเลข 53
ภาพที่ 4.12 แสดงการเข้าเมนู Connectivity เพื่อสร้าง Outbound Routes 54
ภาพที่ 4.13 แสดงการตั้งค่า Dial Patterns that will use this Route 55
ภาพที่ 4.14 แสดงการตั้งค่าเส้นทาง Trunk ที่จะใช้ในการเรียกออกไปยัง
หมายเลขภายนอก 55
ภาพที่ 4.15 แสดงการเลือกเมนูเพื่อสร้าง Inbound Routes 56
ภาพที่ 4.16 การเลือก Add incoming Route 56
ภาพที่ 4.17 การตั้งค่า Incoming Route 57
ภาพที่ 4.18 การเลือกตั้งค่าเส้นทางการเรียกเข้าให้ไปที่หมายเลข Extensions 200 57
ภาพที่ 4.19 แสดงการเข้าที่ไปที่เมนูการสร้าง Extensions 58
ภาพที่ 4.20 แสดงการเข้าเมนูเพื่อทำการ Add Extensions 58
ภาพที่ 4.21 แสดงรายละเอียดของหมายเลขภายในที่ต้องการสร้าง 59
ภาพที่ 4.22 แสดงการตั้งค่ารหัสผ่าน, DTMF Signaling และ NAT Mode 59
ภาพที่ 4.23 แสดงการตรวจสอบสถานะหมายเลข Extensions ที่สร้างขึ้นมา
และสถานะต่างๆ 60
ภาพที่ 4.24 แสดงการตั้งค่า IP-Phone Grandstream รุ่น GXP280 60
ภาพที่ 4.25 แสดงสถานะของ IP-Phone Grandstream รุ่น GXP280 ที่ลงทะเบียน
ได้เรียบร้อย 61
ภาพที่ 4.26 แสดงการตั้งค่าโปรแกรม X-Lite 62
ภาพที่ 4.27 การตั้งการใช้งานโปแกรม Zoiper 63
ภาพที่ 4.28 แสดงการตั้งค่าโปรแกรม Zoiper บนสมาร์ตโฟน 64
ภาพที่ 4.29 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลขภายใน
200 ไปยังหมายเลข 201 66
ภาพที่ 4.30 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลขภายใน
200 ไปยังหมายเลข 202 67
ภาพที่ 4.31 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลขภายใน
200 ไปยังหมายเลข 203 68

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.32 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 204 69
ภาพที่ 4.33 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 205 70
ภาพที่ 4.34 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 301 71
ภาพที่ 4.35 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลข 200 ไปยัง 024017005 72
ภาพที่ 4.36 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลข 200 ไปยัง 0812333343 73
ภาพที่ 4.37 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลข 200 ไปยัง 021065764 73
ภาพที่ 4.38 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลข 200 ไปยัง 009 8613640990109 74
ภาพที่ 4.39 แสดงการสนทนากันระหว่างหมายเลข 200 และหมายเลข 201 75
ภาพที่ 4.40 แสดงการโอนสาย จากหมายเลข 201 ไปยังหมายเลข 203 75
ภาพที่ 4.41 แสดงการสนทนากันระหว่างหมายเลข 200 และหมายเลข 203 75
ภาพที่ 4.42 สดงกราฟกระบวนการทำงานการสานทนาระหว่างเบอร์ 200 และ 201 จากนั้นหมายเลข 201 โอนสายไปยังหมายเลข 203 76
ภาพที่ 4.43 แสดงการเข้าดูข้อมูลการโทร 77
ภาพที่ 4.44 แสดงรูปแบบเงื่อนไขที่สามารถเลือกได้ในการค้นหา 77
ภาพที่ 4.45 แสดงการใช้งานการโทรหลังจากที่กำหนดเงื่อนไขในการค้นหา 78
ภาพที่ 4.46 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบ Network Quality ระหว่างบนบอร์ดราสเบอร์รี่พายและบนเครื่องแม่ข่าย 80
ภาพที่ 4.47 แสดงการเปรียบเทียบ Network Statistics บนบอร์ดราสเบอร์รี่พายและบนเครื่องแม่ข่าย 80

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.48 ผลแสดงคุณภาพเครือข่ายโดยรวมของไอพีพีบีเอกซ์โดย
การโทรเวลา 1 นาที 82
ภาพที่ 4.49 ผลแสดงคุณภาพเครือข่ายโดยรวมของไอพีพีบีเอกซ์โดย
การโทรเวลา 5 นาที 83
ภาพที่ 4.50 ผลแสดงคุณภาพเครือข่ายโดยรวมของไอพีพีบีเอกซ์โดย
การโทรเวลา 15 นาที 85

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บมจ.กสท โทรคมนาคม มีบริการโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตในชื่อบริการว่า CAT2Call Plus ซึ่งการโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายที่ใช้โพรโทคอลไอพี (Internet Protocol) ที่เรียกกันว่า Voice over IP (VoIP) นั้นผู้ใช้บริการสามารถเลือกใช้งานได้กับอุปกรณ์รูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะการใช้งานกับอุปกรณ์แปลงสัญญาณ (Internet Phone Adapter) เครื่องโทรศัพท์แบบไอพี (IP Phone) การใช้งานผ่านโปรแกรม Softphone จากคอมพิวเตอร์ หรือติดตั้งแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน นอกจากนี้ยังประยุกต์ใช้กับตู้สาขาได้ ประกอบกับในปัจจุบันซึ่งมีบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่เรียกว่าบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi Board) ที่กำลังได้รับความนิยมใช้งานทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากมีราคาไม่แพงและมีฟังก์ชันการใช้งานที่สามารถประยุกต์ได้หลากหลาย ซึ่งตัวบอร์ดสามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการในรูปแบบเดียวกันกับลินุกซ์ เช่นระบบปฏิบัติการ Raspbian และสามารถนำมาใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์ (Asterisk) เพื่อสร้างเป็นระบบไอพีพีบีเอกซ์ได้ ในงานวิจัยนี้จึงขอนำเสนอการประยุกต์ไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พายเพื่อสนับสนุนการให้บริการธุรกิจของ CAT2Call Plus เพื่อสร้างเป็นระบบตู้ชุมสายอัตโนมัติไอพีพีบีเอกซ์ มาใช้งานกับระบบโทรศัพท์ภายในองค์กรขนาดเล็ก เช่นมีจำนวนผู้ใช้งาน หรือเครื่องโทรศัพท์ 10-20 เครื่อง หรือกลุ่มธุรกิจขนาดย่อมที่ต้องการมีระบบใช้งานโทรศัพท์ภายในที่สามารถโทรหากันฟรี หรือบางห้างร้านที่มีสถานที่อยู่ในห้างสรรพสินค้า โดยปกติจะมีการสัมปทานระบบจากผู้ให้บริการรายใดรายหนึ่ง ไม่สามารถติดตั้งคู่สายของผู้ให้บริการรายอื่นเพิ่มได้ แต่หากนำระบบนี้มาใช้ก็จะสามารถเพิ่มหมายเลขใช้งานเพื่อโทรเข้า โทรออก และได้ระบบที่ราคาประหยัดกว่าระบบไอพีพีบีเอกซ์ที่ใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย แต่มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกันในการทำงานระดับฟังก์ชันพื้นฐาน เช่นการโทรเข้า การโทรออก การใช้งานโทรศัพท์ภายในหรือการตรวจสอบข้อมูลการโทรได้ เป็นต้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

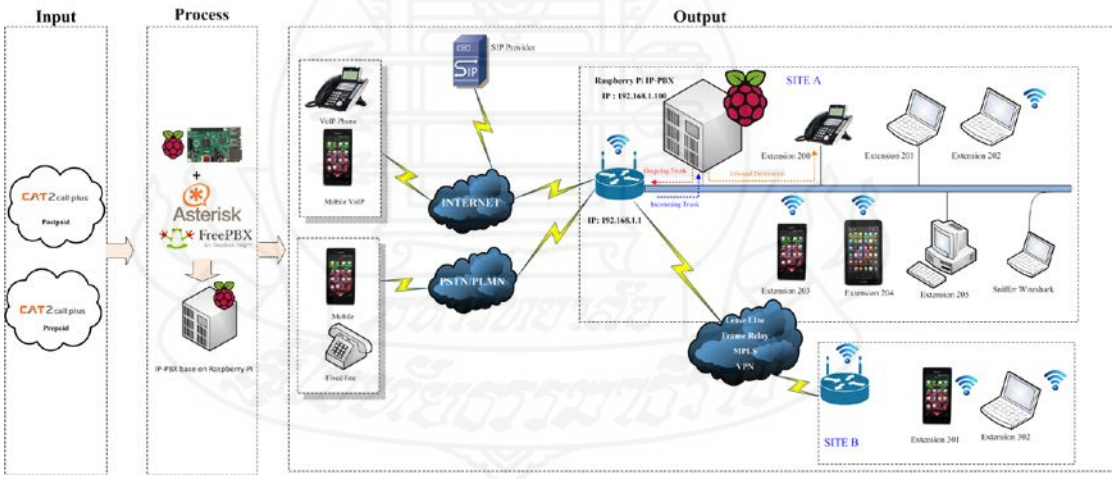
2.1 เพื่อศึกษาทฤษฎีและความรู้เกี่ยวกับบริการโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต (Voice over IP) และการทำงานร่วมกับระบบตู้สาขาระบบไอพีพีบีเอกซ์ (IP-PBX)

2.2 เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาการใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi Board) ทำงานร่วมกับระบบตู้สาขาระบบไอพีพีบีเอกซ์ (IP-PBX)

2.3 เพื่อสามารถเปรียบเทียบการทำงาน ข้อดี ข้อเสียระหว่างตู้ชุมสายอัตโนมัติแบบระบบไอพีพีบีเอกซ์ (IP-PBX) ที่ใช้ซอฟต์แวร์แอสเทอริสก์ (Asterisk) บนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายกับการใช้บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi Board)

2.4 เพื่อให้ได้ระบบไอพีพีบีเอกซ์ (IP-PBX) ที่ราคาประหยัดและยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware) สามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานโทรศัพท์และลดค่าใช้งานในส่วนอุปกรณ์ซอฟต์แวร์ (Software)

3. กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1.1 แสดงแผนภาพกรอบแนวคิดของงานวิจัยโดยมีส่วนประกอบ Input ,Process และ Output

จากภาพที่ 1.1 บริการของ CAT2Call Plus มีทั้งแบบรายเดือน และบริการแบบเติมเงิน การนำบริการ CAT2Call Plus มาประยุกต์ใช้กับระบบตู้ชุมสายอัตโนมัติไอพีพีบีเอกซ์ โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พายและมีซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์เป็นโปรแกรมจัดการในการเชื่อมต่อคู่สายระหว่างผู้โทรและผู้รับสายและสนับสนุนในการทำงานฟังก์ชันอื่นๆตามที่กำหนด องค์ประกอบหลักในส่วนของ Input คือหมายเลขของ CAT2Call Plus สำหรับเป็นหมายเลขโทรศัพท์ในการโทรเข้าและโทรออก ซึ่งจะถูกนำเข้ามาใช้ร่วมกับในส่วน Process คือระบบไอพีพีบีเอกซ์ และในส่วน Output จะเป็นระบบโครงข่าขององค์กร ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์โทรศัพท์แบบไอพีชนิดต่างๆ เพื่อใช้งานในด้านต่างๆ เช่นการโทรเข้า การโทรออกระหว่างโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานและโครงข่ายโทรศัพท์มือถือ การโทรออกระหว่างโครงข่ายโทรศัพท์แบบไอพีด้วยกัน หรือการใช้งานโทรศัพท์ภายใน เช่นการโทรหากันระหว่างสาขาโดยอาจจะผ่านการเชื่อมต่อแบบ Lease line, Frame Relay, MPLS หรือ VPN และสามารถตรวจสอบข้อมูลการโทรได้ โดยการใช้งานสามารถประยุกต์ให้เข้ากับลักษณะการใช้งานขององค์กรนั้น ๆ

4. ขอบเขตของการวิจัย

4.1 ออกแบบและติดตั้งระบบไอพีพีบีเอกซ์ (IP-PBX) โดยใช้ซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์ (Asterisk) บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi Board) พร้อมทั้งตั้งค่าการใช้งานร่วมกับหมายเลขโทรศัพท์ของบริการ CAT2Call Plus

4.2 ระบบสามารถใช้งานโทรศัพท์เข้า-ออก ระหว่างโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตกับโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต โทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตกับโทรศัพท์พื้นฐาน และ โทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

4.3 ทำการทดสอบความสามารถครอบคลุมการใช้งาน 3 ด้านคือ การโทรหากันภายในเครือข่าย LAN และ Wireless LAN การโทรหากันระหว่าสาขาโดยผ่านอินทราเน็ตองค์กร เช่น Lease Line, Frame Relay, MPLS หรือ VPN และการใช้งานผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ต

5. ข้อจำกัดในการวิจัย

การวิจัยนี้ทดลองครอบคลุมการทดสอบกับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) รุ่น MODEL B+ กับหมายเลขโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต ของ CAT2Call Plus เท่านั้น

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 Voice over IP หรือ VoIP เป็นการส่งสัญญาณเสียง (Voice) ผ่านโครงข่ายที่ใช้ IP (Internet Protocol) เช่น เครือข่ายอินเทอร์เน็ต อินทราเน็ต

6.2 ไอพีพีบีเอกซ์ มาจาก Internet Protocol Private Branch Exchange คือตู้สาขาแบบที่ใช้งานผ่านโครงข่ายที่ใช้ IP (Internet Protocol)

6.3 Softphone คือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถทำงานเป็นระบบโทรศัพท์โดยใช้งานผ่านโครงข่ายที่ใช้ไอพี (Internet Protocol)

6.4 แอสเทอริสค์ (Asterisk) คือซอฟต์แวร์ระบบโทรศัพท์แบบไอพีพีบีเอกซ์ทำหน้าที่หลักในการควบคุมระบบโทรศัพท์ ซึ่งส่วนใหญ่แล้ว Asterisk จะสามารถทำงานบน Linux OS, FreeBSD

6.5 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi Board) เป็นคอมพิวเตอร์ในบอร์ดเดียว (Single Board Computer) สามารถรองรับรองรับระบบปฏิบัติการ Linux ต่างๆ เช่น สามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux ต่างๆ เช่น Raspbian, Snappy, Ubuntu Core, OpenELEC, RaspBMC, Pidora, RISC OS เป็นต้น มีจุดเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตทั้งผ่านพอร์ต USB, LAN, HDMI, CSI, DSI, AUDIO ช่องสัญญาณภาพและ GPIO (General Purpose Input Output) สำหรับต่อกับวงจรหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 สามารถประยุกต์บริการโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต CAT2Call Plus เพื่อใช้กับชุมสายอัตโนมัติไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi Board)

7.2 สามารถนำซอฟต์แวร์ที่เป็นโอเพ่นซอร์ส ใช้ในการพัฒนาอย่างต่อเนื่องสำหรับผู้ที่สนใจ

7.3 สามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานโทรศัพท์และลดค่าใช้งานในส่วนอุปกรณ์ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาการประยุกต์บริการโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต CAT 2 Call Plus เพื่อใช้กับตู้ชุมสายอัตโนมัติโดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พายครั้งนี้ ต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจในทฤษฎีและหลักการของเรื่องดังต่อไปนี้

1. เทคโนโลยี Voice over IP (VoIP)
2. บริการโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต CAT2Call Plus
3. มาตรฐานการเข้ารหัสและถอดรหัส (CODEC)
4. มาตรฐานและโปรโตคอลที่ใช้งานในเทคโนโลยี Voice over IP (VoIP)
5. เทคโนโลยีระบบไอพีพีบีเอ็กซ์ (IP-PBX)
6. ซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์ (Asterisk)
7. คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว (Embedded computer)
8. บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi Board)
9. บทสรุปทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เทคโนโลยี Voice over IP (VoIP)

1.1 ความหมายของเทคโนโลยี Voice over IP (VoIP)

บงการ หอมนาน (2547) ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า VoIP หรือ Voice over IP เป็นการส่ง Voice ผ่านโครงข่ายที่ใช้ IP (Internet Protocol) เช่น เครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งการที่จะทำให้ Voice ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้นจำเป็นต้องแปลง Voice ให้เป็นแพ็กเกต (Packet) ก่อน ซึ่งหลังจาก Voice แปลงเป็นแพ็กเกตแล้วก็ใช้วิธีเดียวกับการส่งข้อมูล Non voice ผ่านเครือข่ายไอพี

กิตติพงษ์ สุวรรณราช (2551:1) ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า Voice over IP หรือ Voice over Internet Protocol มักจะถูกเรียกสั้นๆว่า VoIP เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบใหม่ที่ทำให้สามารถรับและส่งสัญญาณเสียงผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ โดยจะต้องอาศัยอุปกรณ์ หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำงานร่วมกัน เทคโนโลยี VoIP นี้ถูกคิดค้นโดยองค์กร Advanced Research Projects Agency Network (ARPANET) เมื่อปี พ.ศ.2516 เพื่อเป็นการคิดค้นเทคโนโลยีที่ช่วย

ประหยัดต้นทุน และเป็นการเพิ่มมูลค่าการใช้งานเครือข่ายให้มีประโยชน์และมีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่ง การทำงานของ VoIP นั้นจะมีการแปลงสัญญาณเสียงจากต้นทางให้อยู่ในรูปแบบของ Packet ขนาดเล็ก ๆ แล้วส่งไปยังผู้รับปลายทาง โดยอาศัยโปรโตคอลที่เรียกว่า (Internet Protocol) ในการส่งผ่านสัญญาณเสียงให้ผู้รับได้ฟังสัญญาณเสียงที่ส่งมาได้ หากมีการนำเอาเทคโนโลยี VoIP นี้มาใช้งานในองค์กรต่างๆ จะพบว่าช่วยลดค่าใช้จ่ายการใช้งานโทรศัพท์แบบปกติได้เป็นจำนวนมาก เช่น การใช้โทรศัพท์ทางไกลในประเทศและต่างประเทศ เป็นต้น

สรุปว่า VoIP เป็นเทคโนโลยีสื่อสารด้วยเสียงผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยจะแปลงสัญญาณเสียงจากผู้ส่งที่เป็นสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลผ่านอุปกรณ์เครือข่ายแล้วส่งต่อผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังผู้รับ จากนั้นจะทำการแปลงสัญญาณกลับจากสัญญาณดิจิทัลให้เป็นสัญญาณอนาล็อกผ่านทางอุปกรณ์เครือข่าย เพื่อให้ผู้รับได้ยินเสียงที่ส่งไป อีกทั้งยังเป็นเทคโนโลยีที่สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานโทรศัพท์ได้

1.2 *องค์ประกอบของ Voice over IP (VoIP)* ประกอบไปด้วย

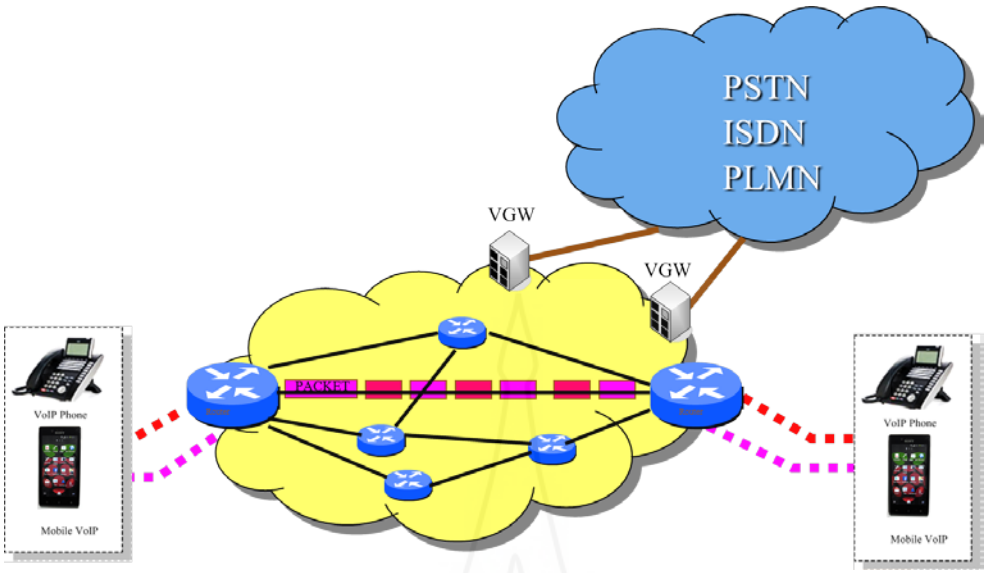
1.2.1 Software Client หรือ IP Telephony เป็นซอฟต์แวร์ที่ติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์หรือบนอุปกรณ์ที่ได้รับการออกมารองรับการใช้งานโทรศัพท์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

1.2.2 VoIP Gateway เป็นเครื่องแม่ข่ายที่ใช้งานสำหรับเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องโทรศัพท์กับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตอย่างเครือข่ายไอพี

1.2.3 SIP server / Gatekeeper เป็นซอฟต์แวร์ที่ติดตั้งบนเครื่องแม่ข่ายที่เชื่อมต่อเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ต โดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่ใช้บริหารจัดการ และควบคุมการให้บริการของ VoIP Gateway กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งซอฟต์แวร์สำหรับใช้งาน VoIP หรือเครื่องโทรศัพท์แบบไอพี

1.3 การทำงานของระบบ Voice over IP (VoIP)

การจัดเตรียมความสามารถในการขนส่งผ่าน Voice Traffic บน IP Network โดยสัญญาณเสียงจะถูกเข้ารหัส (Encoding) และบีบอัด (Compression) เปลี่ยนให้เป็นข้อมูลในรูปแบบดิจิทัล แล้วจัดแบ่งเป็นแพ็กเกตย่อยทยอยส่งไปบน IP Network โดยหลักการ Routing call ทำโดยการ analyze B-Number แปลงเป็น IP-Address เพื่อการขนถ่ายส่งผ่านข้อมูลไปบน IP Network



ภาพที่ 2.1 แสดงการทำงานของ Voice Over IP ในการขนส่งผ่าน Voice Traffic บน IP Network

ที่มา: กฤษณ์ นวลรัตนตระกูล (2556:6)

มาตรฐานการสื่อสารทางเสียงบนเครือข่ายไอพีเป็นมาตรฐานที่ถูกออกแบบมาเพื่อสื่อสารเสียงและภาพเคลื่อนไหวผ่านเครือข่ายไอพี รวมถึงออกแบบให้สามารถสื่อสารไปยังระบบโทรศัพท์พื้นฐานที่ใช้ระบบอนาล็อกและระบบดิจิตอลที่ใช้รูปแบบการสื่อสารไอเอสดีเอ็น (Integrated Services Digital Network) ระบบสื่อสารทางเสียงบนเครือข่ายไอพียังถูกออกแบบให้สามารถสื่อสารเสียงจากเครือข่ายไอพีผ่านไปยังเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ด้วย

1.4 อุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ Voice over IP (VoIP) เช่น

1.4.1 อุปกรณ์แปลงสัญญาณ (Internet Phone Adapter) หรือบางครั้งเรียกว่า Analog Telephone Adapter (ATA) ใช้เพื่อแปลงสัญญาดิจิทัลเป็นแอนะล็อก เช่นเพื่อใช้กับโทรศัพท์บ้านธรรมดา

1.4.2 เครื่องโทรศัพท์ IP-Phone เป็นโทรศัพท์ที่มีช่องเสียบอีเทอร์เน็ต คือ สามารถเสียบสายแลนแล้วตั้งค่าใช้งาน VoIP ได้เลย

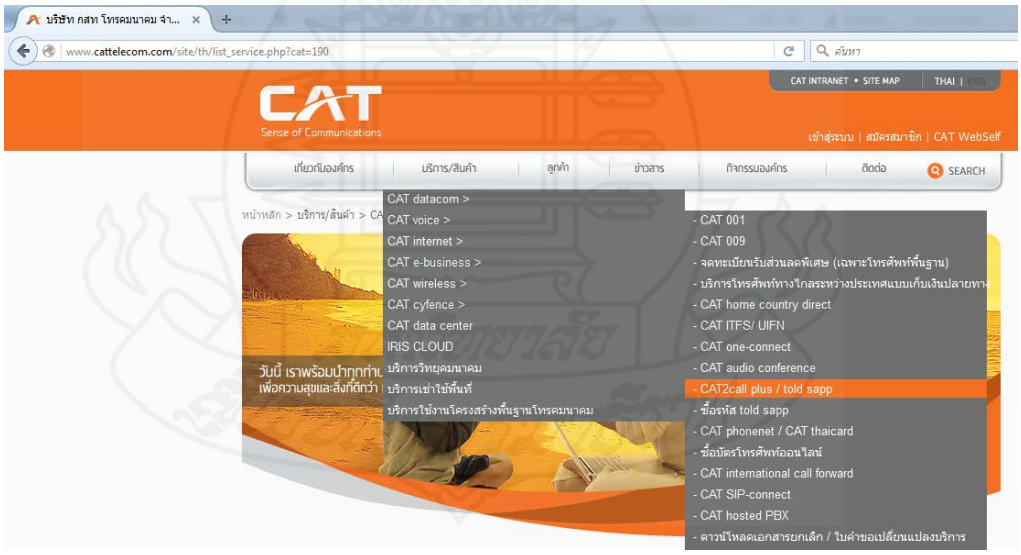
1.4.3 โปรแกรม Soft phone หรือแอปพลิเคชั่นบน Smart phone

1.4.4 Voice Gateway ลักษณะคล้ายกับ ATA แต่อาจจะมีพอร์ตการใช้งานที่มากกว่า เช่น 2 Port, 4 Port, 8 Port ขึ้นอยู่กับรุ่นและยี่ห้อนั้น ๆ ที่ทำออกมาจำหน่าย

2. บริการโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต CAT2Call Plus

2.1 ลักษณะบริการ บริการที่ใช้งานแบบ VoIP ของ บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) ที่มีให้บริการในปัจจุบัน คือ CAT ONE-CONNECT (IMS) สามารถใช้ควบคู่กับบริการอินเทอร์เน็ตของ บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) CAT2Call Plus แบบรายเดือน (Postpaid) สามารถใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตทุกเครือข่าย CAT2Call Plus แบบเติมเงิน (Prepaid) สามารถใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตทุกเครือข่าย CAT SIP-Connect เป็นบริการโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ตในรูปแบบ SIP Trunk ที่เชื่อมต่อระหว่าง SIP Server, IP PBX หรือ อุปกรณ์ Voice Gateway ของผู้ใช้บริการกับ VoIP Server ของ CAT โดยสามารถใช้งานร่วมกับวงจร IP Network ต่าง ๆ สามารถใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตทุกเครือข่าย เหมาะกับองค์กรขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ และ CAT Hosted PBX เป็นบริการให้เช่าระบบตู้สาขาโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ต โดยได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้งานทดแทนตู้สาขา (PABX) สามารถใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตทุกเครือข่าย

บริการ CAT2Call Plus สามารถเข้าดูรายละเอียดของบริการได้ที่ http://www.cattelecom.com จากนั้นไปที่เมนู หน้าหลัก > บริการ/สินค้า > CAT2Call Plus



ภาพที่ 2.2 แสดงการเข้าดูรายละเอียดบริการ CAT2Call Plus

ที่มา: http://www.cattelecom.com/site/th/main.php

บริการ CAT2Call Plus นั้นสามารถเลือกใช้งานได้ทั้งแบบจดทะเบียนรายเดือน (Postpaid) และแบบเติมเงิน (Prepaid) และมีคุณสมบัติพื้นฐานคือ

1) ผู้ใช้บริการจะได้รับหมายเลขโทรศัพท์ไว้ใช้รับสายเรียกเข้าและโทรออกได้เหมือนโทรศัพท์ทั่วไป

2) มีค่าโทรราคาประหยัด สามารถใช้ทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ

3) เมื่อใช้ CAT2Call Plus จะสามารถโทรหากันฟรีทั่วโลก ตลอด 24 ชั่วโมง

4) สามารถนำไปใช้ได้ทุกที่ที่มีอินเทอร์เน็ต (คุณภาพขึ้นอยู่กับความเร็วของอินเทอร์เน็ตต้นทางที่ใช้)

5) เลือกใช้งานได้กับ IP Phone, Analog Phone Adaptor, PC softphone รวมไปถึง Application บนระบบ iOS และ Android และยังสามารถประยุกต์ใช้กับตู้สาขาเพื่อใช้งานภายในองค์กรได้ อีกด้วย ซึ่ง CAT2Call Plus สามารถใช้งานได้กับอินเทอร์เน็ตของทุกผู้ให้บริการ

2.1 อุปกรณ์ที่จำเป็น บริการ CAT2Call Plus จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์พิเศษเพิ่มเติม ทั้งนี้ผู้ใช้บริการสามารถเลือกใช้อุปกรณ์พิเศษ ซึ่งมีอยู่ 4 แบบ ตามลักษณะการใช้งานของลูกค้าคือ

2.1.1 อุปกรณ์แปลงสัญญาณ (Internet Access Device: IAD) ซึ่งมีลักษณะเป็นกล่อง ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอินเทอร์เน็ตให้สามารถใช้กับโทรศัพท์ทั่วไปได้

2.1.2 เครื่องโทรศัพท์ IP-Phone ซึ่งจะเป็นเครื่องโทรศัพท์สำหรับใช้บริการ IP Phone โดยเฉพาะ

2.1.3 โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Smart Phone) ลูกค้าสามารถใช้งานได้ผ่านแอปพลิเคชัน Told'sapp หรือแอปพลิเคชันอื่น ๆ ได้

2.1.4 อุปกรณ์สำหรับเชื่อมต่อเข้ากับตู้สาขาหรือชุมสายโทรศัพท์ภายใน (PBX) ซึ่งเป็นอุปกรณ์เฉพาะ เหมาะสำหรับหน่วยงานที่มีตู้ PBX สำหรับกระจายเลขหมายใช้ภายในหน่วยงาน ทำให้สามารถใช้บริการโทรศัพท์ติดต่อกับภายนอกผ่านบริการ CAT2Call Plus (แต่ถ้าเป็นหน่วยงาน หรือบ้านพักอาศัยที่ไม่ได้ใช้ระบบ PBX ก็ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ตัวนี้)

2.2 วิธีการโทร การโทรไปยังปลายทางต่างประเทศ ทั้ง 231 ปลายทาง

2.2.1 การโทรไปต่างประเทศ กด 009 + รหัสประเทศ + รหัสเมืองหรือรหัสโทรศัพท์เคลื่อนที่ + หมายเลขปลายทาง เช่น ต้องการโทรไปประเทศอังกฤษ เบอร์ 07429276479 ซึ่งมีรหัสประเทศเป็น 44 การกดคือ 009447429276479 จากนั้นก็กดโทรออก (หากโทรไปยังต่างประเทศ หมายเลข 07429276479 ไม่ต้องใส่ 0 นำหน้า)

2.2.2 การโทรไปยังปลายทางประเทศไทย ปลายทางโทรศัพท์พื้นฐาน กดรหัสพื้นที่ เช่น 02 หรือ 038 และตามด้วยเลขหมายปลายทาง โดยเบอร์โทรศัพท์พื้นฐานจะเป็นเลข

ทั้งหมด 9 หลัก เช่นเดียวกัน หากต้องการโทรไปปลายทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ ก็กดรหัสโทรศัพท์เคลื่อนที่ 10 หลัก ตัวอย่างเช่น ต้องการโทรไปเบอร์โทรศัพท์พื้นฐาน 021075791 ก็กดหมายเลข 021075791 จากนั้นกดโทรออกปกติ

ในส่วนของผู้ให้บริการเดียวกับในประเทศไทยก็ยังมีผู้ให้บริการอื่นๆ ตัวอย่างเช่น

TOT ให้บริการ "TOT NetCall"	http://www.totnetcall.com
True ให้บริการ "True NetTalk"	http://truenettalk.truecorp.co.th
MouthMun ของบริษัท จัสมิน อินเตอร์เน็ต จำกัด	http://www.mouthmun.com
บริษัท เอไอเอส เทเลบิซ จำกัด (AIS TeleBiz)	http://www.aistelebiz.com
AIS ให้บริการ Connecttalk	http://www.ais.co.th/gsmadvance/en/connect-talk.html

ซึ่งการใช้งานของแต่ละผู้ให้บริการก็จะแตกต่างไปตามลักษณะส่งเสริมการขายของที่นั้น ๆ

3. มาตรฐานการเข้ารหัสและถอดรหัส (CODEC)

การสื่อสารทางเสียงบนเครือข่ายไอพีจำเป็นต้องมีการบีบอัดข้อมูลดิจิตอลของเสียงให้มีอัตราการส่งข้อมูลที่ต่ำลงเพื่อให้สามารถรับส่งผ่านช่องสัญญาณสื่อสารที่สามารถส่งข้อมูลที่มีอัตราการส่งต่ำ กระบวนการดังกล่าวเรียกว่า โคเดก (CODEC) ย่อมาจาก Coder-Decoder ซึ่งหน่วยงานที่ทำการกำหนดมาตรฐานการบีบอัดเสียงโดยองค์กร ITU-T มีการใช้ตัวอักษร “G” นำหน้า และยังมี CODEC ประเภทอื่น ๆ ใช้กันอย่างแพร่หลายแสดงตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบการใช้งานมาตรฐาน 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	78.2 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

ที่มา: กิติพงษ์ สุวรรณราช (2551:20)

จากตารางที่ 2.1 แสดงถึงประเภทและความแตกต่างในการใช้งานมาตรฐานของ CODEC แต่ละประเภทเพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาเลือกใช้งานให้มีความเหมาะสมกับสภาพเครือข่ายที่ใช้งานอยู่ เช่นความเร็วอินเทอร์เน็ตที่ใช้งานอยู่ในองค์กร อุปกรณ์หรือเครื่องโทรศัพท์ที่อยู่ต้นทาง และปลายทางรองรับ CODEC สามารถสื่อสารกันได้โดยการใช้งาน CODEC ที่เหมือนกัน ทั้งนี้ต้องตรวจสอบดูด้วยว่า เครื่องโทรศัพท์ต้นทาง ปลายทาง และระบบโทรศัพท์ IP-PBX ที่นำมาใช้งานนั้น รองรับมาตรฐานดังกล่าวด้วย

ซึ่งมาตรฐาน G.711 เป็นโคเดกที่ใช้การรหัสและถอดรหัสสัญญาณเสียงที่มีขนาด 64 kbps โดยจะไม่มีการบีบอัดสัญญาณเสียง และมีการใช้งานซีพียูในการเข้าและถอดรหัสน้อยมากจึงทำให้คุณภาพที่ได้มานั้นคุณภาพดีแต่จะใช้งานช่องสัญญาณ (Bandwidth) ที่มากว่าโคเดกชนิดอื่น ๆ และมาตรฐาน G.711 สามารถแบ่งออกเป็นอีก 2 มาตรฐานย่อยคือ alaw หรือ ulaw โดยที่ G.711 alaw นั้นจะใช้ในยุโรป (Europe) ส่วน G.711 ulaw นั้นจะใช้ในสหรัฐอเมริกา ซึ่งทั้งสองมาตรฐานก็ต้องการช่องสัญญาณ (Bandwidth) ที่ 64 kbps โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ที่ใช้งานในระบบ VoIP นั้นจะต้องรับทั้งสองมาตรฐานนี้เป็นหลัก และในงายวิจัยนี้ก็ใช้มาตรฐาน G.711 เพื่อใช้ในการทดสอบเป็นหลักด้วย

4. มาตรฐานและโปรโตคอลที่ใช้งานในเทคโนโลยี Voice over IP (VoIP)

โปรโตคอลที่ใช้งานในการสื่อสาร VoIP แบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

4.1 โปรโตคอลสำหรับรับส่งสัญญาณควบคุม ประกอบด้วย

4.1.1 โปรโตคอล SIP (Session Initiation Protocol) กำหนดโดยคณะทำงานเฉพาะกิจด้านวิศวกรรมอินเทอร์เน็ต หรือ IETF (Internet Engineering Task Force) ไว้ใน RFC3161 โปรโตคอล SIP ได้กำหนดลักษณะที่สำคัญของการติดต่อไว้ 2 ส่วนคือ

1) *ส่วนของเครื่องลูกข่าย (User Agent)* แบ่งได้ 2 ส่วนย่อย คือ

(1) *ยูเอซี (User Agent Client: UAC)* ทำหน้าที่ในการเริ่มการขอเรียกการส่งข้อความไปยังผู้ถูกเรียกโดยผ่านทางเครื่องแม่ข่าย

(2) *ยูเอเอส (User Agent Server: UAS)* ทำหน้าที่ในการรับคำร้องขอ และตอบสนองต่อคำร้องขอโดยจะรอการตอบสนองจากผู้ใช้ ซึ่งการตอบสนองอาจจะเป็นการยอมรับหรือปฏิเสธการเรียก

2) *ส่วนของเครื่องแม่ข่าย (SIP Server)* สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท

(1) *เครื่องแม่ข่ายพรอกซี่ของโปรโตคอลซิป (SIP Proxy Server)* ทำหน้าที่ระบุที่อยู่ และส่งข้อความร้องขอการเปิดเซสชัน (INVITE Message) ที่ได้รับต่อไปยังเครื่องลูกข่าย หรือเครื่องแม่ข่ายถัดไป และส่งต่อข้อความตอบสนองการร้องขอการเปิดเซสชันนั้นกลับไปทางเส้นทางเดิม

(2) *เครื่องแม่ข่ายส่งต่อ (Redirect Server)* มีหน้าที่ระบุที่อยู่ และส่งข้อความตอบสนองการเปิดเซสชันที่ระบุที่อยู่ของเครื่องลูกข่ายปลายทาง หรือเครื่องแม่ข่ายถัดไปกลับไปให้เครื่องลูกข่ายที่ร้องขอการเปิดเซสชันมา เพื่อให้เครื่องลูกข่ายนั้นส่งข้อความร้องขอการเปิดเซสชันไปยังเครื่องลูกข่ายปลายทาง หรือเครื่องแม่ข่ายถัดไปโดยตรง

(3) *เครื่องแม่ข่ายสำหรับการลงทะเบียน (Registrar Server)* มีหน้าที่รับข้อความลงทะเบียน (Register Message) จากเครื่องลูกข่าย และเก็บข้อมูลที่จำเป็นของผู้ใช้งาน เช่น ชื่อยูอาร์แอลของโปรโตคอลซิป (SIP URL) หมายเลขไอพี (IP address) และหมายเลขพอร์ตของผู้ใช้งาน เพื่อเป็นข้อมูลให้เครื่องแม่ข่ายพรอกซี่ (Proxy Server) และ เครื่องแม่ข่ายส่งต่อ (Redirect Server) ใช้ในการทำงาน

4.1.2 โปรโตคอล H.323 กำหนดโดยองค์กรสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ หรือ ITU (International Telecommunication Union) เป็นมาตรฐานยุคเริ่มของ VoIP โดยใช้กับอุปกรณ์ระบบ Video Conference เป็นหลัก

4.1.3 โปรโตคอล MEGACO (Media Gateway Control Protocol) เป็นโปรโตคอลที่มีการทำงานร่วมกันระหว่าง ITU และ IETF

4.2 โปรโตคอลสำหรับรับส่งข้อมูลดิจิตอลของสัญญาณเสียง ประกอบด้วย

4.2.1 RTP (Real -time Transport Protocol) RTP หรือเรียกว่า Media Port เป็นพอร์ตเลขคู่ จะส่งข้อมูลเวลาจริง มีการประทับเวลา (Time Stamping) กำหนดหมายเลขลำดับ (Sequence Numbering) ผู้ส่งจะกำหนดค่า Timestamp ทางผู้รับจะใช้ค่า Timestamp เพื่อกำหนดจังหวะที่ถูกต้องในการแสดงผล โดยไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงพูด (Voice), แฟกซ์ (Facsimile), ข้อความ (Message) และวีดีโอ (Video) ระหว่างต้นทางและปลายทาง โปรโตคอลนี้ทำงานบนพื้นฐานของ UDP (User Datagram Protocol)

4.2.2 RTCP (Real-Time Transport Control Protocol) หรือเรียกว่า Media Control Port เป็นพอร์ตเลขคี่ที่อยู่ติดกันกับ RTP ทำหน้าที่ควบคุม Media เช่นลำดับการรับส่ง ก่อน-หลัง เพื่อควบคุมคุณภาพการบริการ (QoS - Quality of Service) ข้อมูลที่อยู่ใน RTCP จะประกอบไปด้วยข้อมูล Packet Loss, Jitter, Delay, Signal Level, Call Quality Matrics, Echo Return Loss

5. เทคโนโลยีระบบไอพีพีบีเอกซ์ (IP-PBX)

5.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบไอพีพีบีเอกซ์ (IP-PBX)

ไอพีพีบีเอกซ์ หรือ IP-PBX ย่อมาจาก Internet Protocol Private Branch Exchange เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมโยง ควบคุมเครื่องโทรศัพท์ในระบบ และทำหน้าที่หลักของตู้ชุมสายโทรศัพท์ (เช่นระบบ Voicemail, IVR, Auto-Attendant) ในการสื่อสารทางเสียงผ่านระบบเครือข่ายอินทราเน็ตหรืออินเทอร์เน็ต

โดยการทำงานของไอพีพีบีเอกซ์นั้นจะทำหน้าที่เหมือน ตู้ชุมสาย PABX โดยจะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการทำงาน เช่น การหาเส้นทางโทรไปยังปลายทางหากแต่ไอพีพีบีเอกซ์นั้นจะทำงานผ่านระบบไอพีหรือ ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (LAN/Wireless LAN) เป็นหลัก

ดังนั้นในการส่งเสียงไปยังปลายทางจำเป็นต้องส่งผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยเสียงที่จะส่งจะต้องถูกแปลงไปเป็น รูปแบบดิจิทัลโดยอุปกรณ์ VoIP ที่สามารถส่งสัญญาณผ่าน

ระบบเครือข่ายได้ ก่อนที่จะถูกแปลงเป็นสัญญาณเสียงอีกครั้งที่อุปกรณ์ปลายทาง โดยอุปกรณ์ที่จะต้องนำมาใช้งานกับ ตู้สาขา IP-PBX นั้นจะต้องเป็นอุปกรณ์ที่รองรับการทำงานแบบ VoIP เช่น

1) IP-Phone หรือ เครื่องโทรศัพท์ระบบ IP

2) ATA หรือ เครื่องแปลงสัญญาณ VoIP ให้เป็นสัญญาณ Voice Analog

3) Softphone หรือ โปรแกรมโทรศัพท์ที่สามารถติดตั้งได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์และสมาร์ตโฟน

4) IP Phone หรือเครื่องโทรศัพท์ระบบ IP

5) อุปกรณ์อื่น ๆ ที่รองรับ

5.2 ประโยชน์และข้อดีของระบบไอพีพีบีเอกซ์

1) สามารถติดตั้งได้ง่าย

2) สามารถเพิ่มคู่สายโทรศัพท์ได้โดยง่ายกว่าแบบเดิม

3) ประหยัด เนื่องจากสามารถโทรหากันฟรี ในการโทรศัพท์บนระบบไอพีพีบีเอ็กซ์เดียวกัน

4) สามารถใช้งานระบบโทรศัพท์แบบเห็นภาพ (Video Call) หากมีอุปกรณ์ที่รองรับในทั้งสองฝั่งที่สนทนา

5) รองรับการเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล เนื่องด้วยไอพีพีบีเอ็กซ์ส่วนใหญ่เป็นซอฟต์แวร์ ดังนั้นการเพิ่มเติมฟังก์ชันต่าง ๆ จึงทำได้ง่าย

6) การบำรุงรักษา สามารถทำได้ง่ายกว่าระบบพีบีเอ็กซ์แบบเดิม ในกรณีที่ไอพีพีบีเอ็กซ์นั้น ๆ ทำงานบนคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

7) รองรับระบบการทำให้ระบบพร้อมใช้งานตลอดเวลา หรือ HA (High Availability) เพื่อลดเวลาที่ระบบจะเกิดปัญหาและต้องหยุดให้บริการ

8) สามารถเชื่อมต่อให้กับผู้ให้บริการ VoIP Operator ได้โดยตรงเพื่อทำให้สามารถโทรศัพท์ไปยังระบบโทรศัพท์ได้ในราคาที่ประหยัดกว่ามาก

9) รองรับอนาคตสามารถทำงานร่วมกันในทั้งระบบ เสียง (Voice) ข้อมูล (data) และวิดีโอ (Video)

10) มีความปลอดภัยมากกว่าในการส่งข้อมูลเสียง รองรับการเข้ารหัสเสียง (Encryption) ที่วิ่งผ่านระบบเครือข่ายได้

5.3 ข้อด้อยข้อระบบไอพีพีบีเอกซ์

1) ราคาอุปกรณ์ที่สูงกว่าระบบเดิม ๆ หากต้องการฟังก์ชันที่มีการทำงานที่หลากหลาย

2) จะต้องมีระบบเครือข่าย การติดตั้งมีความซับซ้อนมากกว่าระบบพีบีเอกซ์ทั่วไป

3) จะต้องมีการตั้งค่าระบบเครือข่ายเพิ่มเติมในกรณีที่มี ข้อมูลวิ่งอยู่บนระบบมาก ๆ เพื่อทำให้มั่นใจว่าคุณภาพเสียงจะไม่มีปัญหา

4) จำเป็นต้องใช้ไฟเลี้ยงในทุกหัวเครื่องโทรศัพท์ อาจมีปัญหาในกรณีที่มีไฟฟ้าดับ ซึ่งแก้ปัญหาได้โดยใช้อุปกรณ์เครือข่ายที่สามารถจ่ายไฟฟ้าไปยังหัวเครื่องได้ (PoE switch) หรือการใช้ระบบสำรองไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ

6. ซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์ (Asterisk)

กิตติพงษ์ สุวรรณราช (2553 :38) ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า Asterisk เป็นซอฟต์แวร์ระบบโทรศัพท์แบบ IP-PBX สมบูรณ์แบบ ซึ่งสามารถทำงานได้หลายระบบปฏิบัติการ เช่น linux, MAC OS X, OPENBSD, FreeBSD และ Sun Solaris โดยได้มีการจัดเตรียมฟังก์ชันการใช้งานของตู้โทรศัพท์ PBX (Private Brunch Exchange) คุณภาพสูงไว้ในตัว Asterisk รองรับกับระบบ VoIP หลายโปรโตคอลเช่นมาตรฐาน เช่น SIP, H.323, IAX, MGCP,SCCP ซึ่งรองรับกับระบบโทรศัพท์ที่เป็นมาตรฐานและใช้ฮาร์ดแวร์ที่ราคาไม่แพง

ซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์ เป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส (Open Source Software) เป็นของบริษัท Digium Inc. มีความสามารถหลากหลาย ผู้ที่นำแอสเทอริสค์ไปใช้งาน ส่วนใหญ่จะใช้งานในลักษณะดังต่อไปนี้

1. ทำเป็นไอพีพีบีเอกซ์
2. ทำเป็น Gateway
3. ทำเป็น Call Center
4. ทำเป็น VoIP Server ให้บริการแก่สาธารณะ

การตั้งค่าเพื่อให้ใช้งานฟังก์ชันของแอสเทอริสค์ได้นั้น สามารถทำการเข้าคอนฟิกไฟล์ในตัวโปรแกรมเองให้สามารถจัดการการโทรเข้า โทรออก ซึ่งเรียกว่าแผนการโทรศัพท์ (Dial Plan) แต่การเขียนแผนโทรศัพท์ต้องมีความชำนาญและเข้าใจคำสั่งในระดับหนึ่ง แต่ตอนนี้มีโปรแกรมที่ทำออกมาสนับสนุน เพื่อให้ใช้งานแอสเทอริสค์ได้ง่ายขึ้น จึงมีบริษัทที่ผลิตซอฟต์แวร์ให้สามารถ

ใช้งานผ่านเว็บอินเตอร์เฟสที่เรียกว่า API (Application Programming Interface) ตัวอย่างโปรแกรมที่ทำออกมาสนับสนุนเช่น FreePBX เป็นโปรแกรมทำงานผ่านเว็บอินเตอร์เฟส เอาไว้คอนฟิก Asterisk โดยเฉพาะไม่ต้องเขียนคำสั่งสั่งงาน Asterisk เอง หรือ Elastix เป็นโปรแกรมที่ทำงานผ่านเว็บอินเตอร์เฟส โดยจะเอาโปรแกรมหลาย ๆ โปรแกรมซึ่งก็มี Asterisk, FreePBX มารวมอยู่ด้วยกัน หรืออีกโปรแกรมคือ AsteriskNOW ซึ่งเป็นเจ้าของเดียวกับ Asterisk ก็ทำออกมาด้วยเช่นกัน และในงายวิจัยนี้ก็ใช้โปรแกรม AsteriskNOW ในการติดตั้งบนเครื่องแม่ข่ายเพื่อเป็นเครื่องเปรียบเทียบกับไอพีพีบีเอกซ์ที่ใช้งานบนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย โดยสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ http://www.asterisk.org/downloads/asterisknow

7. คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว (Embedded computer)

คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว Embedded Computer เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ซึ่งระบบนี้จะฝังตัวลงในอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถต่ออุปกรณ์ได้เหมือนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (Micro Computer) ได้ เช่น การต่อแสดงผลออกทางจอภาพ การต่อใช้งานใช้เมาส์ คีย์บอร์ด ฯลฯ และมีขา GPIO ซึ่งสามารถสั่งการอุปกรณ์ Embedded Computer สามารถประมวลผลได้โดยมีระบบปฏิบัติการ (Operating System)

ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์แบบฝังตัวมีการพัฒนาออกมาหลากหลาย และมีฟังก์ชันและความสามารถเหมือนและแตกต่างกันไปตามบริษัทผู้ผลิตและวัตถุประสงค์หลักในการใช้งาน จากภาพเป็นตัวอย่างการเปรียบเทียบบอร์ดคอมพิวเตอร์แบบฝังตัวแบบต่าง ๆ

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการเปรียบเทียบบอร์ดคอมพิวเตอร์แบบฝังตัวแบบต่าง ๆ

ข้อ	BeagleBone	ODROID	Pandaboard	Raspberry Pi	Intel Galileo
Board	 *BeagleBone Black*	 *ODROID-C1+*	 *OMAP4460*	 *Raspberry Pi 2 Model B*	 *Intel Galileo Gen2*
Processor	- AM335x 1GHz ARM® Cortex-A8 - 512MB DDR3 RAM - 4GB 8-bit eMMC on-board flash storage - 3D graphics accelerator - NEON floating-point accelerator - 2x PRU 32-bit microcontrollers	- Amlogic ARM® Cortex®-A5(ARMv7) 1.5GHz quad core CPUs - Mali™-450 MP2 GPU (OpenGL ES 2.0/1.1 enabled for Linux and Android) - 1Gbyte DDR3 SDRAM	-Dual-core ARM® Cortex™-A9 MPCore™ with Symmetric Multiprocessing (SMP) at 1.2 GHz each. Allows for 150% performance increase over previous ARM Cortex-A8 cores. - 1 GB low power DDR2 RAM	Broadcom BCM2836 processor, which is a powerful ARM Cortex-A7 based quad-core processor that runs at 900MHz. The board also features an increase in memory capacity to 1Gbyte	- Microcontroller SoC Intel® Quark™ SoC X1000, 32-bit
Connectivity	- USB client for power & communications - USB host - Ethernet - HDMI - 2x 46 pin headers	- 40pin GPIOs + 7pin I2S - eMMC4.5 HS200 Flash Storage slot / UHS-1 - SDR50 MicroSD Card slot - USB 2.0 Host x 4, USB OTG x 1 (power + data capable) - Infrared(IR) Receiver	- Full size SD/MMC card cage with support for High-Speed & High-Capacity SD cards - HDMI v1.3 Connector (Type A) to drive HD displays - DVI-D Connector - LCD expansion header - DSI Support - Onboard 10/100 Ethernet - 3.5" Audio in/out - 802.11 b/g/n (based on WiLink™ 6.0) - Bluetooth® v2.1 + EDR (based on WiLink™ 6.0) - 1x USB 2.0 High-Speed On-the-go port - 2x USB 2.0 High-Speed host ports - General purpose expansion header (I2C, GPMC, USB, MMC, DSS, ETH) - Camera expansion header	- 4 USB ports - 40 GPIO pins - Full HDMI port - Ethernet 10/100 BaseT - Combined 3.5mm audio jack and composite video - Camera interface (CSI) - Display interface (DSI) - Micro SD card slot - VideoCore IV 3D graphics core	-Operating Voltage 3.3V / 5V - Input Voltage 7-15V - Digital I/O Pins 14 (of which 6 provide 8/12-bit PWM output) - Analog Input Pins 6 - Flash Memory 512 kB - RAM 256 MB DDR3 - SRAM 512 kB - Flash Storage 8MB - EEPROM 8kB - Clock Speed 400 MHz - PoE compatible
Software	- Debian - Android - Ubuntu - Cloud9 IDE on Node.js w/ BoneScript library - plus much more	- Ubuntu or Android OS	- Linux Minimal Filesystem - Android - Ubuntu - Linaro	- Raspbian - Ubuntu MATE - Windows 10 IOT core - OSMC - OPENELEC - PINET - RISC OS	-Microsoft Windows - Mac OS - Linux
estimated pric	US$ 37	US$ 37 (ODROID-XU3 Lite US$ 99)	US$174 (PandaBoard) US$182 (PandaBoard ES)	US$ 25.65	US$ 85.25 + VAT
ที่มา :	http://www.beagleboard.org/black	http://www.hardkernel.com/main/products/prdt_info.php	http://pandaboard.org/node/300/#specs	https://www.raspberrypi.org	https://www.arduino.cc/en/ArduinoCertified/IntelGalileoGen2

8. บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi Board)

8.1 ประวัติของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi board) เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์แบบฝังตัวราคาประหยัด เกิดจากไอเดียของโปรแกรมเมอร์ชาวอังกฤษ โดยก่อตั้งเป็นมูลนิธิ Raspberry Pi Foundation ภายใต้การทำงานขององค์ไม่หวังผลกำไร ความตั้งใจเพื่อใช้สำหรับการสอนและสำหรับเรียนของนักศึกษาในสาขา Computer Science เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2549 ที่มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ประเทศอังกฤษ ใช้ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) เช่น Raspbian (Debian) เป็นพื้นฐาน การจำหน่าย Raspberry Pi ได้ลิขสิทธิ์ร่วมระหว่าง Element 14 และ RS Electronics จำหน่าย Raspberry Pi ทางออนไลน์

เนื่องจากบอร์ดราสเบอร์รี่พายมีราคาถูก สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้หลากหลาย เช่น เมาส์ คีย์บอร์ด จอภาพคอมพิวเตอร์หรือจอโทรทัศน์ที่รองรับ HDMI โมดูลกล้อง อีเทอร์เน็ต และอื่น ๆ จึงเป็นที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานทางด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ เช่น การเขียนโปรแกรมสั่งงานควบคุมอุปกรณ์ หรือเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะขนาดเล็ก เป็นต้น

8.2 คุณสมบัติทางเทคนิค (Specifications) ของบอร์ดราสเบอร์รี่พายรุ่นต่าง ๆ

ปัจจุบันบอร์ดราสเบอร์รี่พายมีออกจำหน่ายหลายรุ่น ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะตัวแต่ละรุ่น ดังต่อไปนี้

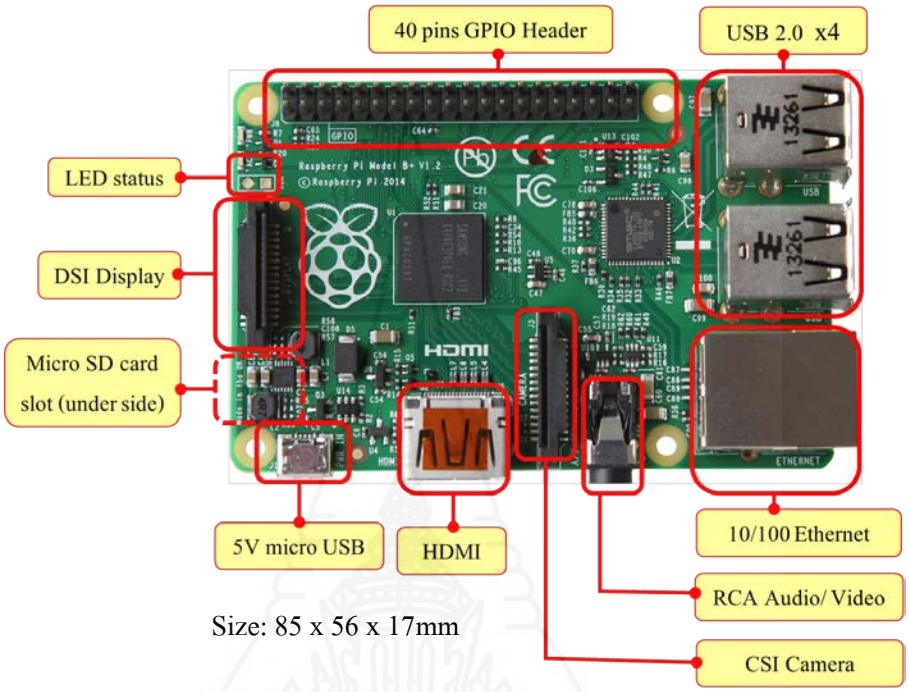
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางเทคนิค (Specifications) ของบอร์ดราสเบอร์รี่พายรุ่นต่าง ๆ

Feature	Model A	Model B	Model A+	Model B+	Pi2 Model B
System on a chip	BRCM2835	BRCM2835	BRCM2835	BRCM2835	BRCM2836
Standard SoCspeed	700MHz	700MHz	700MHz	700MHz	900 MHz
RAM	256MB	512MB	256MB	512MB	1GB
Storage	Full SD	Full SD	Micro SD	Micro SD	Micro SD
Ethernet 10/100	No	Yes	No	Yes	Yes
HDMI output port	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Composite video	Yes	Yes	On 3.5mm	On 3.5mm	On 3.5mm
Number of USB2.0	1	2	1	4	4
Expansion header	26	26	40	40	40
Available GPIO	17	17	26	26	26
3.5mm audio jack	Yes	Yes	Audio/Video	Audio/Video	Audio/Video
Number of CSI-2	1	1	1	1	1
Display Interface	1	1	1	1	1
Power (bare, 5v)	300mA,1.5W	700mA,3.5W	200 mA ,1W	650mA, 3W	800mA, 4W
Size (mm)	85x56 x 15	85 x 56 x 17	65 x 56 x 12	85 x 56 x 17	85 x 56 x 17

8.3 คุณสมบัติของราสเบอร์รี่พาย Raspberry Pi Model B+

จากคุณสมบัติของราสเบอร์รี่พายรุ่นต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้ได้เลือก Raspberry Pi Model B+ เหตุผลที่เลือก Raspberry Pi Model B+ มาใช้งานการทดสอบเนื่องจากเป็นรุ่นที่ผู้วิจัยมีใช้งานอยู่ และเป็นรุ่นที่มีคุณสมบัติทางเทคนิคระดับปานกลาง และยังราคาที่ถูกกว่ารุ่นใหม่ล่าสุด

ในขณะนี้คือ (พ.ศ.2558) คือ Raspberry Pi 2 MODEL B แต่ในด้านคุณสมบัติไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีคุณสมบัติเฉพาะตัว ดังตารางที่ 2.4



ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะของบอร์ดราสเบอร์รี่พายและจุดเชื่อมต่อต่าง ๆ

จากภาพที่ 2.3 สามารถอธิบายหน้าที่ของแต่ละส่วนประกอบได้ดังนี้

1) *LED Status:* ไฟแสดงสถานะต่าง ๆ ขณะทำงานของบอร์ด

2) *DSI Display:* เป็นคอนเน็คเตอร์ Display Serial Interface สำหรับต่อจอแสดงผล เช่น จอแสดงผลแบบ TFT Touch Screen เป็นต้น

3) *Micro SD card slot:* ช่องสำหรับติดตั้ง Micro SD card

4) *5V micro USB:* คอนเน็คเตอร์ Micro USB สำหรับจ่ายไฟเลี้ยง 5V ให้บอร์ด

5) *HDMI:* สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณภาพและเสียง เพื่อเชื่อมต่อกับจอภาพที่มีขั้วต่อแบบ HDMI เช่นโทรทัศน์ หรือจอมอนิเตอร์

6) *CSI camera:* เป็นพอร์ต Camera Serial Interface สำหรับเชื่อมต่อโมดูลกล้อง

7) *RCA Audio/Video:* คอนเน็คเตอร์สำหรับภาพและเสียง

8) *10/100 Ethernet:* สำหรับเชื่อมต่อกับ RJ-45 Ethernet LAN 10/100Mbps

9) *USB 2.0 x 4:* คอนเน็คเตอร์ USB 2.0 จำนวน 4 พอร์ต เพื่อต่ออุปกรณ์ เช่น เมาส์และคีย์บอร์ดแบบ USB

10) *40 pins GPIO header:* คอนเน็คเตอร์ General-purpose Input/Output (GPIO) สำหรับเชื่อมต่ออินพุตเอาต์พุต

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติเฉพาะตัวของ คือ Raspberry Pi 2 MODEL B +

Chip	Broadcom BCM2835 SoC
Core architecture	ARM11
CPU	700 MHz Low Power ARM1176JZFS Applications Processor
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	512MB SDRAM
Operating System	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system
Dimensions	85 x 56 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V, 2A
Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4), Composite, RCA (PAL and NTSC)
Composite Audio Output	3.5mm jack, HDMI
USB	4 x USB 2.0 Connector
GPIO Connector	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
JTAG	Not populated
Display Connector	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane Micro SDIO
Memory Card Slot	

8.4 ระบบปฏิบัติการสำหรับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

ระบบปฏิบัติการที่ใช้บน Raspberry Pi สามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายตัว เช่น Raspbian, Pidora, Arch, RISC OS, RaspBMC, OpenELEC โดยทั้งหมดที่คือ Linux ที่ถูกดัดแปลงให้ทำงานบนบอร์ดราสเบอร์รี่พายได้ และสามารถทำการดาวน์โหลดได้ที่

http://www.raspberrypi.org/downloads

1) ระบบปฏิบัติการ Raspbian เป็นระบบปฏิบัติการ (Operating System: OS) ที่ทาง Raspberry Pi Foundation แนะนำสำหรับติดตั้งบน Raspberry Pi โดยพัฒนามาจาก Debian Linux ซึ่งเป็น Distro ยอดนิยมอันหนึ่ง และทำการปรับแต่งให้เหมาะกับตัว Raspberry Pi ซึ่ง Raspbian สามารถติดตั้งบน SD card ขนาด 4GB ได้ แต่ขนาดที่แนะนำคือตั้งแต่ 8GB ขึ้นไป

ภาพที่ 2.4 สัญลักษณ์ของระบบปฏิบัติการ Raspbian

ที่มา: https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/

2) RASPBX คือ PBX image ที่รวมระบบปฏิบัติการบนพื้นฐาน Debian Jessie (Raspbian) โปรแกรม Asterisk เวอร์ชั่น 11 สำหรับทำ IP- PBX และโปรแกรม FreePBX เวอร์ชั่น 11 เป็นเว็บอินเตอร์เฟสสำหรับจัดการการทำงานของ Asterisk โดยสามารถดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ได้ที่ http://www.raspberry-asterisk.org

3) ระบบปฏิบิติการอื่น ๆ

นอกจากระบบปฏิบัติการ Raspbian แล้วยังสนับสนุนระบบปฏิบัติการอื่น ๆ เช่น UBUNTU MATE ,SNAPPY UBUNTI CORE, PINET, Windows 10 IOT CORE, OSMC OPENELEC และ RISC OS ดังภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.5 แสดงตราสัญลักษณ์ของระบบปฏิบัติการอื่น ๆ ที่บอร์ดราสเบอร์รี่พายรองรับ

ที่มา: https://www.raspberrypi.org/downloads/

9. บทสรุปทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (สำนักงาน กสทช.) (2558) ได้ทำ " โครงการวิเคราะห์ทิศทางและแนวโน้มการใช้งานเทคโนโลยีในการพัฒนาตู้ชุมสายอัตโนมัติราคาประหยัดราคาประหยัดโดยใช้ Raspberry Pi" “เพื่อผลักดันให้มีการประยุกต์ใช้งานระบบสมองกลฝังตัวที่มีราคาถูก ใช้งานง่ายโดยทดสอบการโทรหากันภายใน และการต่อใช้งานกับ Aircard เพื่อใช้สำหรับโทรเข้า โทรออกไปภายนอก ข้อดีของงานวิจัยนี้คือมีหน้าเว็บไซต์สำหรับตั้งค่าเป็นภาษาไทย แต่การใช้งานต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเป็นแอร์การ์ดเพื่อใช้สำหรับติดตั้งซิมการ์ดหมายเลขโทรศัพท์มือถือในการโทรออกไปยังเบอร์เครือข่ายนอก

Walberto Adad (2557) ศึกษาเรื่อง “"Using Asterisk to implement a low cost telephone system" ซึ่งได้ตีพิมพ์ในวารสาร The MagPi โดยมีการสาธิตการตั้งค่าการโทรเข้าและการโทรออกร่วมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อต่อระบบ VoIP กับโครงข่าย PSTN โดยใช้ Voice Gateway ซึ่งให้แนวคิดในการทำ VoIP Server ที่ประสิทธิภาพสูงและราคาถูก แต่ในงานวิจัยนี้เป็นการอธิบายวิธีการตั้งค่าเบื้องต้นกับอุปกรณ์และซอฟต์แวร์เท่านั้น ไม่ได้แสดงผลการทดสอบให้เห็นว่าการเรียกเข้าเรียกออกสามารถทำได้ปกติหรือมีข้อจำกัดอะไรหรือไม่

ธีระภัทร์ ไกรมะณี (2556) ศึกษาเรื่อง "ระบบรายงานสภาพแวดล้อมของศูนย์ข้อมูลด้วยบอร์ดราสเบอร์รี่พาย" โดยการนำบอร์ดราสเบอร์รี่พาย มาใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น DHT-11 เพื่อรายงานค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ และนำมาใช้งานร่วมกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว PIR Motion Sensor เพื่อตรวจสอบการบุกรุกเข้ามาในห้องศูนย์ข้อมูล (Data Center) ของสำนักงานสาขาซึ่งไม่มีเจ้าหน้าที่อยู่ประจำ โดยอุปกรณ์ PIR Motion Sensor นี้ จะทำงานร่วมกับโมดูลกล้องเพื่อทำการถ่ายภาพเมื่อตรวจพบการบุกรุก โดยสามารถทำงานได้ดี ทำให้ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์รวมทั้งตรวจสอบภาพถ่ายเหตุการณ์ที.ระบบตรวจจับการบุกรุกได้โดยมีการแสดงผลผ่านเว็บเพจ ซึ่งเจ้าหน้าที่สามารถเข้าไปตรวจสอบได้อย่างสะดวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีและสำนักการคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ ศึกษาเรื่อง “AsteriskNow for Thai หรือ ANT” โดยการพัฒนาซอฟต์แวร์ AsteriskNow ให้มีความสามารถในการรองรับการใช้งานที่เป็นภาษาไทย เพื่อเป็นการสนับสนุนให้คนไทยได้ใช้งานผลิตภัณฑ์ที่เป็น Open source และมีคุณสมบัติที่ดีเทียบเคียงกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ทั่วไป และเพื่อช่วยส่งเสริมการใช้งานโทรศัพท์ผ่านเครือข่าย IP ในประเทศไทยให้แพร่หลายมากขึ้น โดยมีการใช้งานเชื่อมต่อกับผู้ใช้เป็นภาษาไทย ทำให้สื่อความหมายให้กับผู้ใช้ได้เข้าใจมากยิ่งขึ้น และสามารถเพิ่มความสะดวก และความง่ายในการใช้งานได้ดี

José Antonio Estrada, David Peláez, Christian Tipantuña, Juan Carlos Estrada (2558) ศึกษาเรื่อง "Performance Analysis Raspberry Pi Based IP Telephony Platform" โดยวัตถุประสงค์คือเพื่อประเมินประสิทธิภาพของราสเบอร์รี่พาย โดยรุ่นที่ใช้คือ บอร์ดราสเบอร์รี่พาย โมเดล B เพื่อทดสอบตามบริการ IP Telephony มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดค่าของพารามิเตอร์เช่น CPU และ RAM ผลการทดสอบเช่นจากจำนวนการโทร Calls ที่ 18 calls CODEC แบบ GSM และ G.711 จะใช้ CPU น้อยในการทำงานและ G.729 จะใช้ CPU ในการทำงานมากที่สุดใน CODEC ที่ทดลอง ในเรื่อง RAM แต่ละ codec ไม่มีความแตกต่างกันมาก

นุชจรี ปัญญาวุฒิไกร (2556) ได้ศึกษาเรื่อง "การโต้ตอบของ SIP บน Softphone ชนิดต่างๆ" โดยศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบการส่งข้อมูลของ SIP บน Softphone ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่าเป็น Softphone ชนิดใดเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ ในการทดลองผู้วิจัยใช้โปรแกรม Softphone ในการทดลองคือ Express Talk 4.28 ,3CXphone 6.0.26523.0, SJphone 1.65.377a, Zoiper 3.2.21357, X-Lite 4.5.4, Linphone 3.7.0, Phoner-sipper for phoner) โดยมี SIP Server โปรแกรม Elastix เวอร์ชั่น 2.4.0 และ โปรแกรม Wireshark Version 1.8.6 เพื่อใช้วิเคราะห์การเชื่อมต่อระหว่าง Softphone และ SIP server สามารถใช้ประโยชน์จากการทดลอง เช่น การตรวจสอบ

ข้อมูลหลักฐานทางดิจิทัล การบริหารการเชื่อมต่อ และประยุกต์เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันภัยคุกคามทางด้วนบริการ VoIP ได้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นว่าซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์ เป็นซอฟต์แวร์ที่ได้รับความนิยมในการประยุกต์เพื่อใช้งานเกี่ยวกับบริการ VoIP ในด้านต่างๆเพราะเป็นโอเพนซอร์สสามารถใช้งานได้ฟรี จึงมีผู้นำมาใช้งานแพร่หลายและประยุกต์หรือออกแบบให้ตรงกับความต้องการกับผู้ใช้ในแต่ละองค์กรตั้งแต่ระดับเล็กถึงระดับหน่วยงานขนาดใหญ่ ประกอบกับสามารถใช้งานได้กับคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก อย่างเช่นบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi Board) ซึ่งเป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์แบบฝังตัว ที่กำลังเป็นที่นิยมบอร์ดหนึ่ง เพราะด้านราคาและคุณภาพการใช้งานด้านคุณลักษณะทางเทคนิคเทียบเท่าหรือมากกว่าบอร์ดคอมพิวเตอร์แบบฝังตัวแบบอื่นๆ และทางผู้ทำวิจัยมีประสบการณ์ทำงานเกี่ยวกับด้านชุมสายโทรศัพท์ ซึ่ง บมจ.กสท โทรคมนาคม มีบริการโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตในชื่อบริการว่า CAT2Call Plus จึงขอนำเสนอการประยุกต์ไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พายเพื่อสนับสนุนการให้บริการธุรกิจของ CAT2Call Plus เพื่อสร้างเป็นระบบตู้ชุมสายอัตโนมัติไอพีพีบีเอกซ์ ซึ่งจะได้ระบบที่ราคาประหยัดกว่าระบบไอพีพีบีเอกซ์ที่ใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) แต่มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกันในการทำงานระดับฟังก์ชันพื้นฐาน เช่นการโทรเข้า การโทรออก การใช้งานโทรศัพท์ภายใน หรือการตรวจสอบข้อมูลการโทรได้เป็นต้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาค้นคว้าอิสระเรื่อง การประยุกต์ไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้ราสเบอร์รี่พายบอร์ดเพื่อสนับสนุนการให้บริการธุรกิจของ CAT2Call Plus จะต้องมีการการออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ และการวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยประกอบไปด้วย

1) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
2) ขั้นตอนการดำเนินงาน
3) การเก็บรวมรวมข้อมูล
4) การวิเคราะห์ข้อมูล
5) การสรุปผลการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ฮาร์ดแวร์

1.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย สำหรับทำหน้าที่เป็นระบบโทรศัพท์ไอพีพีบีเอกซ์ จำนวน 1 เครื่อง มีคุณสมบัติของเครื่องดังนี้

1) หน่วยประมวลผล (CPU) Intel Pentium D ความเร็ว 2.4 GHz
2) หน่วยความจำหลัก (RAM) 1 GB
3) อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Hard disk) 320 GB
4) LAN Card 100/1000 Mbps
5) อุปกรณ์จ่ายไฟเลี้ยงขนาดแรงดัน 5 Volt 2A เชื่อมต่อแบบ Mini USB

1.1.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ผู้ใช้ สำหรับทำการเชื่อมต่อเพื่อตั้งค่าการทำงานระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย และการเชื่อมต่อกับราสเบอร์รี่พายบอร์ด มีคุณสมบัติของเครื่อง ดังนี้

1) หน่วยประมวลผล (CPU) Intel(R) Core(TM) i3 ความเร็ว 2.4 GHz
2) หน่วยความจำหลัก (RAM) 2 GB
3) อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Hard disk) 320 GB
4) LAN Card 100/1000 Mbps

5) แลนไร้สาย (wireless LAN)

1.1.3 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย สำหรับทำหน้าที่เป็นระบบไอพีพีบีเอกซ์ จำนวน 1 บอร์ด มีคุณสมบัติของเครื่องดังนี้

1) *หน่วยประมวลผล (CPU) 700MHz*

2) *หน่วยความจำหลัก (RAM) 512MB SDRAM*

3) *อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (micro SD card) อย่างน้อย 8 GB*

4) *LAN Card 10/100 Mbps*

5) *อุปกรณ์จ่ายไฟเลี้ยงขนาดแรงดัน 5 Volt 650mA, 3W เชื่อมต่อแบบ* Micro USB

1.1.4 IP Phone สำหรับเป็นเครื่องโทรศัพท์ระบบ VoIP สามารถนำมาใช้งานเป็นเครื่องโทรศัพท์โดยการเชื่อมต่อเข้ากับระบบ

1.1.5 อุปกรณ์จัดเส้นทาง (router) สำหรับเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อเครือข่ายภายใน (LAN) และการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตภายนอก (WAN)

1.1.6 เครื่องโทรศัพท์สมาร์ตโฟน สำหรับเป็นเครื่องโทรศัพท์ระบบ VoIP ใช้งานเชื่อมต่อผ่าน VoIP Protocol

1.1.7 สาย UTP CAT5e เป็นสาย Direct จำนวน 2 เส้นสำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้ากับอุปกรณ์จัดเส้นทาง (router)

1.2 ซอฟต์แวร์

1.2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

1) โปรแกรม AsteriskNOW สำหรับระบบไอพีพีบีเอกซ์บนเครื่องแม่ข่าย เป็น Open Source Software จากผู้พัฒนาระบบ Asterisk เองโดยสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ http://www.asterisk.org/downloads/asterisknow

1.2.2 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย

โปรแกรม RasPBX สำหรับระบบ IP-PBX บนราสเบอร์รี่พายบอร์ด โดยทำงานบนระบบปฏิบัติการ Debian เวอร์ชั่น Jessie (Raspbian) ซึ่งภายในประกอบไปด้วยโปรแกรม Asterisk 11 และ FreePBX 12 โดยสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ http://www.raspberry-asterisk.org

1.2.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

1) ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดวส์ ตั้งแต่ Window XP ขึ้นไป และมีโปรแกรมเบราว์เซอร์ เช่น Internet Explorer , Firefox, Google Chrome อย่างใดอย่างหนึ่ง

2) โปรแกรม Soft Phone Zoiper สำหรับเป็นระบบโทรศัพท์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้งานเชื่อมต่อผ่าน VoIP Protocol

3) โปรแกรม Soft Phone X-Lite สำหรับเป็นระบบโทรศัพท์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้งานเชื่อมต่อผ่าน VoIP Protocol

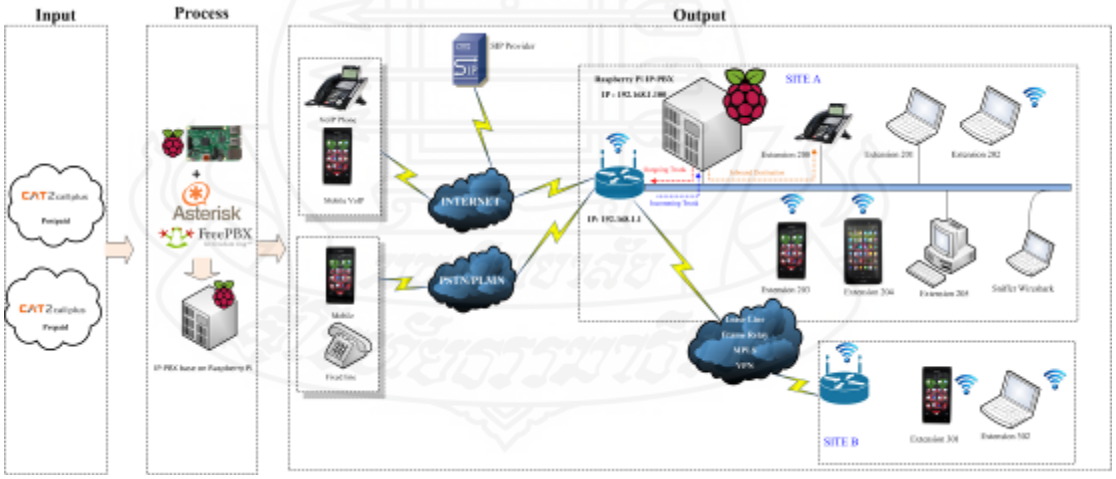
4) โปรแกรมไวร์ชาร์ก (Wireshark) สำหรับดักจับและวิเคราะห์ข้อมูลในระบบ VoIP ในเครือข่ายที่ทำการทดสอบ

5) โปรแกรม PuTTy เป็นโปรแกรม SSH client สำหรับการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่าย และราสเบอร์รี่พายบอร์ดผ่านเครือข่าย โดยสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ http://www.putty.org

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 ทำการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ

การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบไอพีพีบีเอกซ์ (IP-PBX) โดยใช้ซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์ (Asterisk) บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi Board)

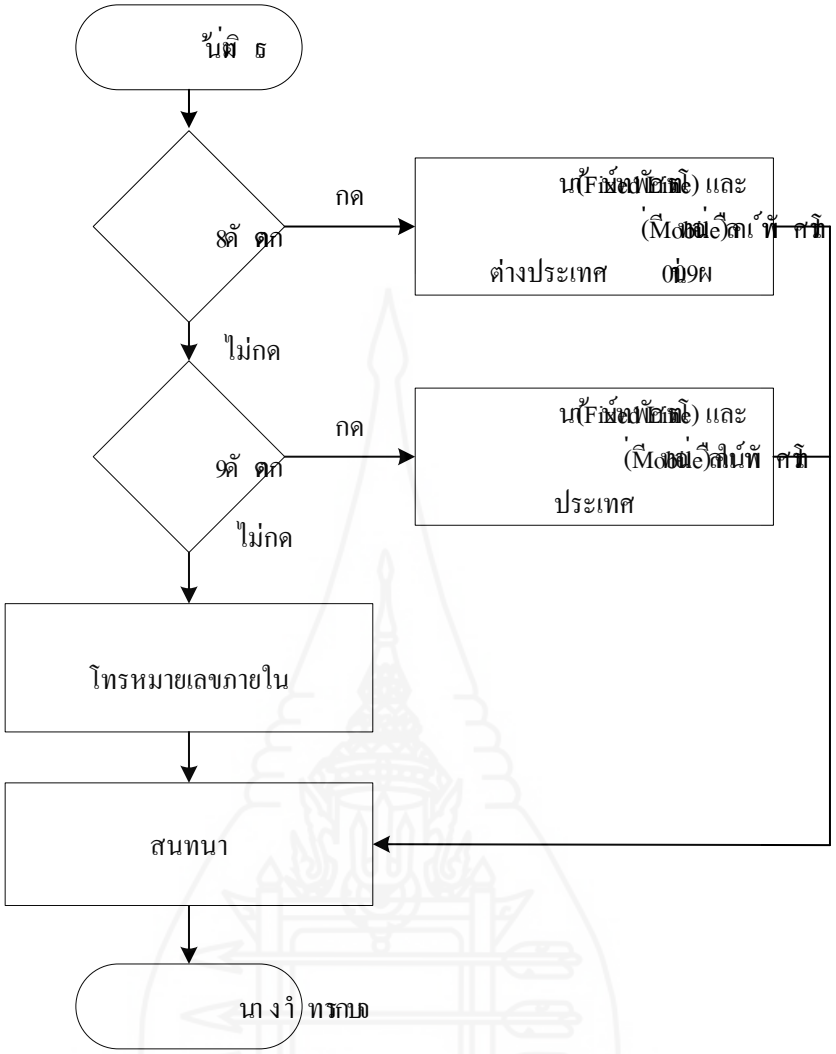


ภาพที่ 3.1 สถาปัตยกรรมของระบบไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้ซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์

2.2 ทำการออกแบบฟังก์ชันการทำงานการโทร

การออกแบบผังการทำงานการโทรออกเบอร์ภายในและการโทรออกเบอร์ภายนอก สามารถอธิบายได้ตามภาพที่ 3.2

จากผังการทำงานตามภาพที่ 3.2 เริ่มต้นเมื่อผู้ใช้งานต้องการโทรไปหมายเลขโทรศัพท์บ้าน (Fixed Line) หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile) ที่อยู่ต่างประเทศ ต้องกดตัด 8 คือการกดเลข 8 จากปุ่มโทรศัพท์ VoIP Phone หรือจากโปรแกรม Softphone ที่ใช้งาน จากนั้นจึงกดหมายเลขปลายทาง และหากต้องการโทรไปยังหมายเลขโทรศัพท์บ้าน (Fixed Line) และโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile) ในประเทศจะต้องกดตัด 9 คือการกดเลข 8 จากปุ่มโทรศัพท์ VoIP Phone หรือจากโปรแกรม Softphone ที่ใช้งาน จากนั้นจึงกดหมายเลขปลายทาง ซึ่งหมายเลขที่ทำการกำหนดนั้นสามารถกำหนดได้ตามความต้องการ หรือตามความเหมาะสม โดยจะมีประโยชน์ในการกำหนดผู้ใช้งานว่า หมายเลขนี้ผู้ใช้งานคนไหนสามารถโทรออกได้แค่ในประเทศ หรือสามารถโทรได้แค่ต่างประเทศ หรือสามารถกดโทรออกได้ทั้งหมด และจะมีประโยชน์ในการตรวจสอบข้อมูลการใช้งานในการตั้งค่าการค้นหาได้สะดวกยิ่งขึ้น แต่ถ้าหากไม่กดตัดหมายเลข 8 และ 9 ก่อนก็จะเป็นการโทรหากันภายใน เช่นหมายเลขภายใน 200 ต้องการสนทนากับหมายเลข 201 ผู้ใช้งานหมายเลข 200 ก็สามารถกด 201 ได้เลย จากนั้นเมื่อได้ผังการโทรตามที่ออกแบบแล้ว ก็จะนำไปใช้ในการเขียนแผนการโทรในโปรแกรมแอสเทอริสค์ ต่อไป



ภาพที่ 3.2 ผังงานการทำงานการโทร

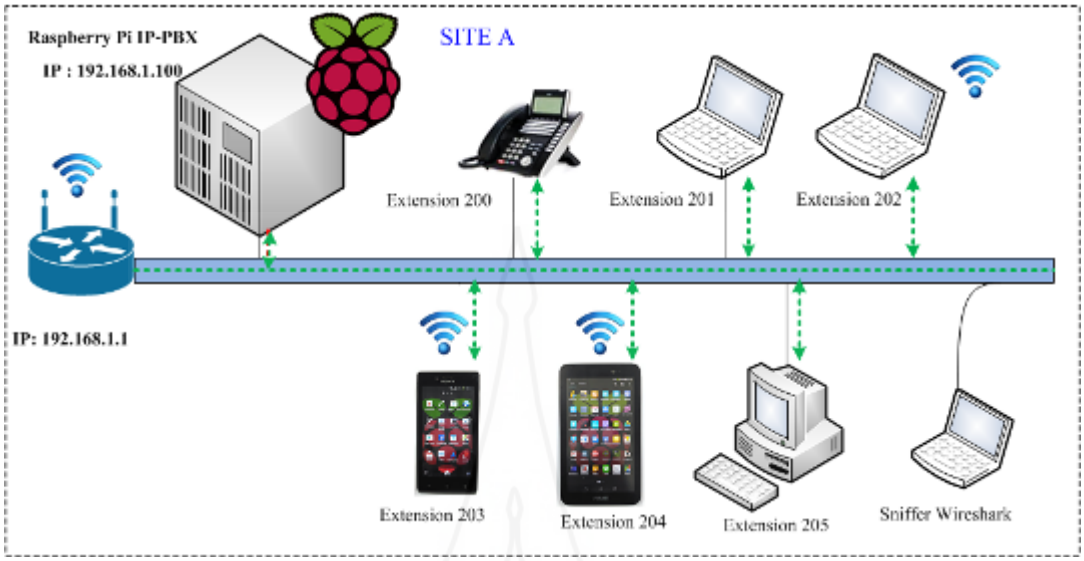
2.3 ทำการออกแบบการเชื่อมต่อระบบไอพีพีบีเอกซ์กับระบบเครือข่าย

การออกแบบการเชื่อมต่อระบบไอพีพีบีเอกซ์กับระบบเครื่องข่ายในการวิจัยนี้สามารถแสดงได้ 3 แบบ คือ

2.3.1 *การโทรหากันภายในเครือข่าย LAN และ Wireless LAN* แสดงดังภาพที่ 3.3

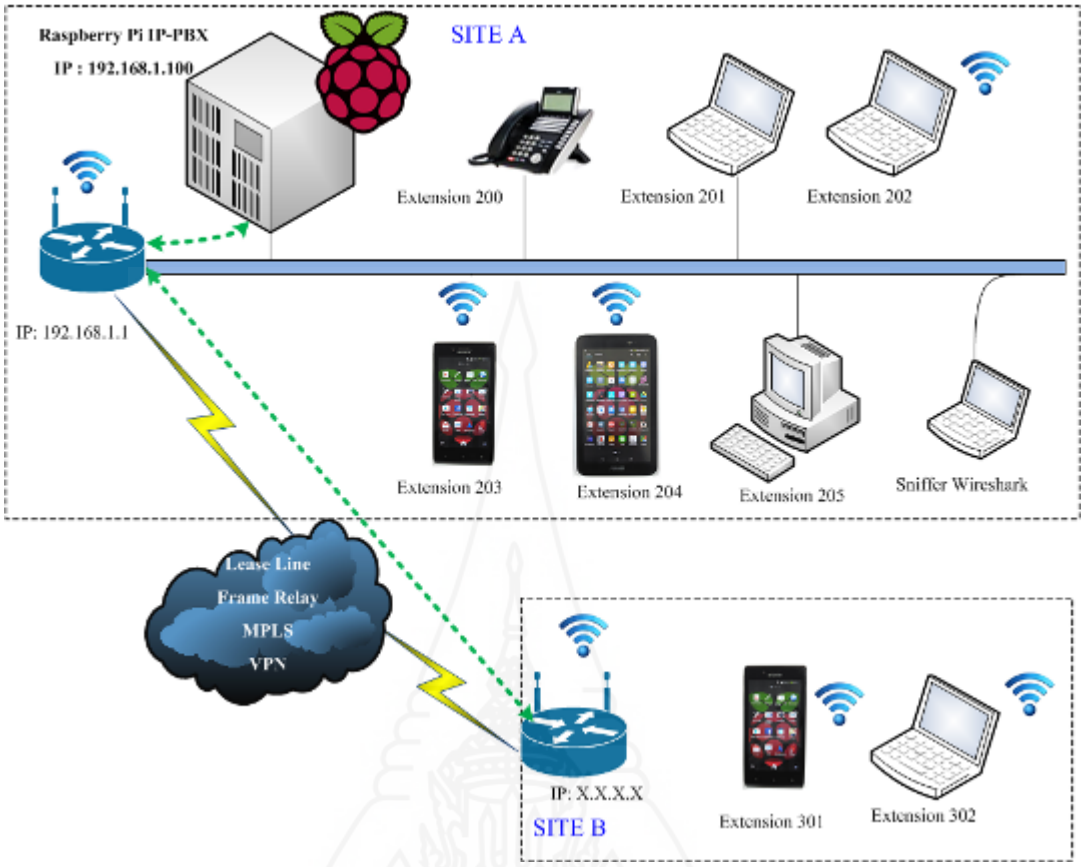
2.3.2 *การโทรหากันระหว่าสาขาโดยผ่าน intranet องค์กร เช่น Lease Line, Frame Relay, MPLS หรือ VPN* แสดงดังภาพที่ 3.4

2.3.3 *การใช้งานผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ตโทรหาเบอร์ VoIP เบอร์มือถือ และหมายเลขโทรศัพท์พื้นฐาน* แสดงดังภาพที่ 3.5



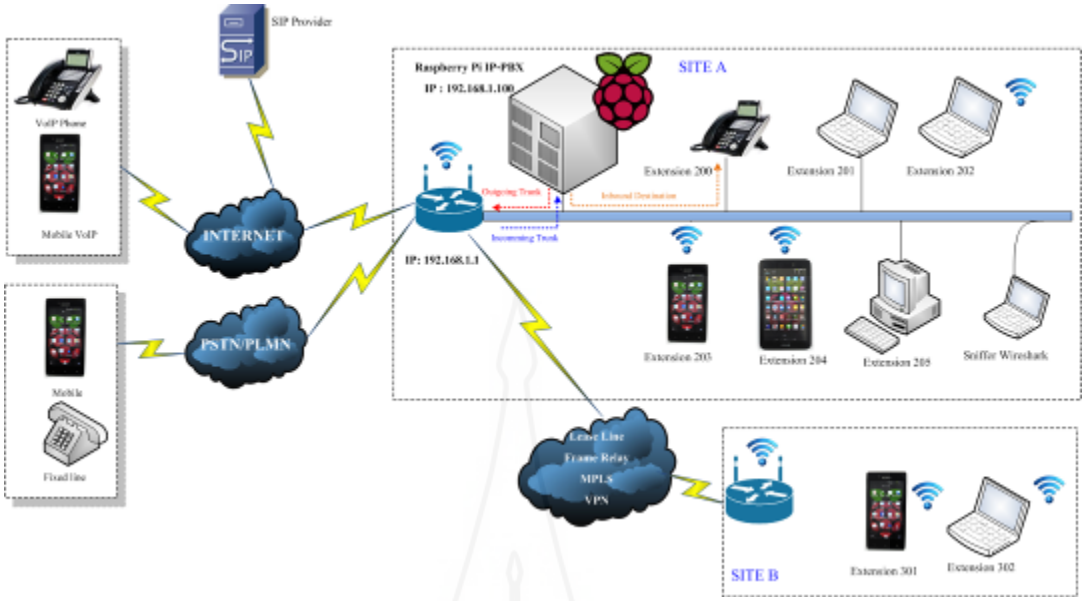
ภาพที่ 3.3 การโทรหากันภายในเครือข่าย LAN และ Wireless LAN

จากภาพที่ 3.3 การออกแบบการโทรหากันภายใน จำลองให้มีการใช้งานโดยมีเบอร์ภายใน Extension 200 ใช้งานผ่าน IP-Phone เบอร์ภายใน Extension 201 ใช้งานผ่าน Softphone บนโน้ตบุ๊ก เบอร์ภายใน Extension 202 ใช้งานผ่าน Softphone บนโน้ตบุ๊ก เบอร์ภายใน Extension 203 ใช้งานผ่านสมาร์ตโฟน เบอร์ภายใน Extension 204 ใช้งานผ่านแท็บเล็ต และเบอร์ภายใน Extension 205 ใช้งานผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ และใช้โปรแกรม Wireshark เพื่อดักจับและวิเคราะห์ข้อมูล



ภาพที่ 3.4 การโทรหากันระหว่างสาขาโดยผ่าน intranet องค์กร เช่น Lease Line, Frame Relay, MPLS หรือ VPN

จากภาพที่ 3.4 การออกแบบการโทรหากันภายใน จำลองให้มีการใช้งานโดยมี เบอร์ภายในลักษณะเดียวกันกับภาพที่ 3.3 แต่เพิ่มการติดต่อที่จำลองเป็นอีกสาขา โดยเพิ่มเบอร์ extension 301 และ extension 302 (แต่ในการทดลองจะทดสอบเพียงกับ extension 301 เท่านั้น เนื่องจากมีลักษณะการใช้งานเหมือนกันเพียงแต่แตกต่างกันทางด้านอุปกรณ์) เนื่องจากการทดสอบการโทรจากภายนอก ทดสอบกับอินเทอร์เน็ตแบบไดนามิคไอพี จึงต้องใช้บริการ Dynamic DNS ที่ให้บริการฟรี คือ no-ip.org โดยชื่อที่สมัครไว้คือ ippbx.no-ip.org เพื่อให้หมายเลข extensions สามารถรีจิสเตอร์กับไอพีของบอร์ดราสเบอร์รี่พายที่ทำหน้าที่เป็น SIP server ได้ และใช้โปรแกรม Wireshark เพื่อดักจับและวิเคราะห์ข้อมูล

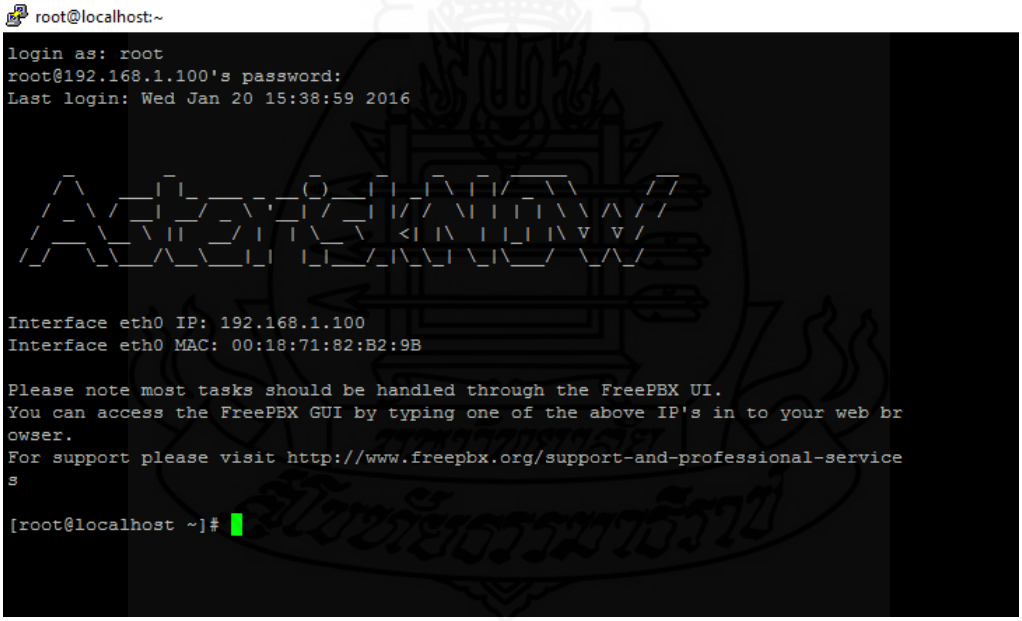


ภาพที่ 3.5 การใช้งานผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ตโทรหาเบอร์ VoIP เบอร์มือถือ และหมายเลขโทรศัพท์พื้นฐาน

จากภาพที่ 3.5 การออกแบบการโทรหากันภายใน จำลองให้มีการใช้งานโดยมี เบอร์ภายในลักษณะเดียวกันกับภาพที่ 3.3 และ 3.4 แต่เป็นการทดสอบการใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตในการโทรหาเบอร์ VoIP เบอร์โทรศัพท์มือถือ และเบอร์โทรศัพท์พื้นฐาน

2.4 ทำการติดตั้งระบบปฏิบัติการสำหรับเป็นเครื่องแม่ข่าย (Server) พร้อมติดตั้งโปรแกรมแอสเทอริสค์เพื่อทำหน้าที่เป็นระบบโทรศัพท์ไอพีพีบีเอกซ์ โดยเครื่องสำหรับแม่ข่ายที่ทำการติดตั้งโปรแกรมแอสเทอริสค์แสดงดังภาพที่ 3.6

ภาพที่ 3.6 แสดงเครื่องแม่ข่ายที่ทำการติดตั้งโปรแกรม Asterisk เพื่อทำหน้าที่เป็น IP-PBX



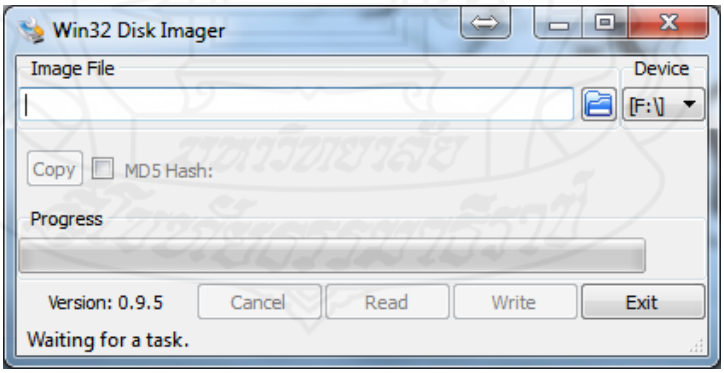
ภาพที่ 3.7 หน้าต่างโปรแกรมของ AsteriskNow หลังจากทำการ log in เข้าสู่ระบบ

2.5 ทำการติดตั้งระบบปฏิบัติการสำหรับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi Board) พร้อมติดตั้งโปรแกรม Asterisk เพื่อทำหน้าที่เป็นระบบโทรศัพท์ไอพีพีบีเอกซ์ โดยมีวิธีการดังนี้

2.5.1 ดาวน์โหลดไฟล์อิมเมจของระบบปฏิบัติการ RAS-PBX สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ http://www.raspberry-asterisk.org/downloads เมื่อดาวน์โหลดเรียบร้อย ทำการแต่ไฟล์ zip จะได้ไฟล์อิมเมจ นามสกุล *.img

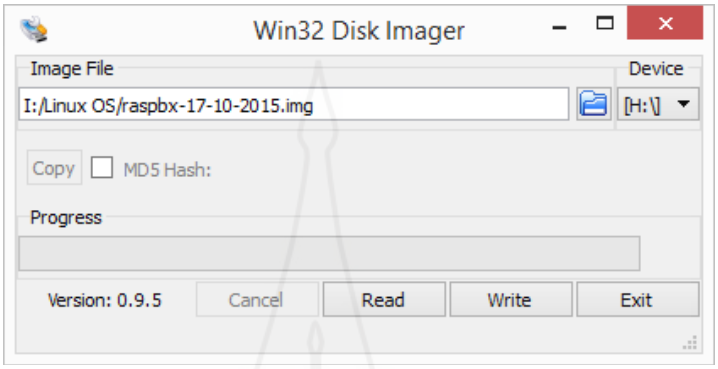
ภาพที่ 3.8 ไฟล์อิมเมจของระบบปฏิบัติการ RAS-PBX

2.5.2 ดาวน์โหลดโปรแกรม Win32 Disk Imager จากเว็บไซต์ http//sourceforge.net/projects/win32diskimager/ และทำการติดตั้งให้เรียบร้อย ซึ่งจะใช้โปรแกรม Win32 Disk Imager ในการติดตั้งไฟล์อิมเมจบนตัวการ์ด Micro SD



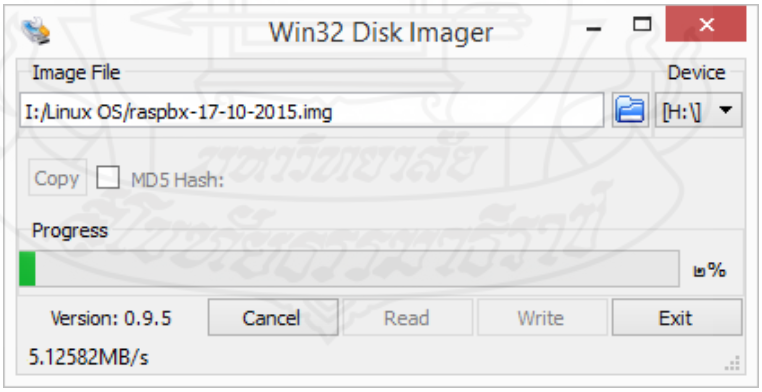
ภาพที่ 3.9 หน้าต่างโปรแกรม Win32Disk Imager เพื่อติดตั้ง RAS-PBX บน Micro SD

2.5.3 เชื่อมต่อ Micro SD Card ลงบนคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม Win32Disk Imager ไว้ จากนั้นทำการเลือกไฟล์ที่เก็บไฟล์อิมเมจของระบบปฏิบัติการ RAS-PBX โดยคลิกที่รูปแฟ้มสีฟ้าในช่อง Image File และเลือก Device คือตำแหน่งไดร์ฟของ Micro SD card ในเครื่อง



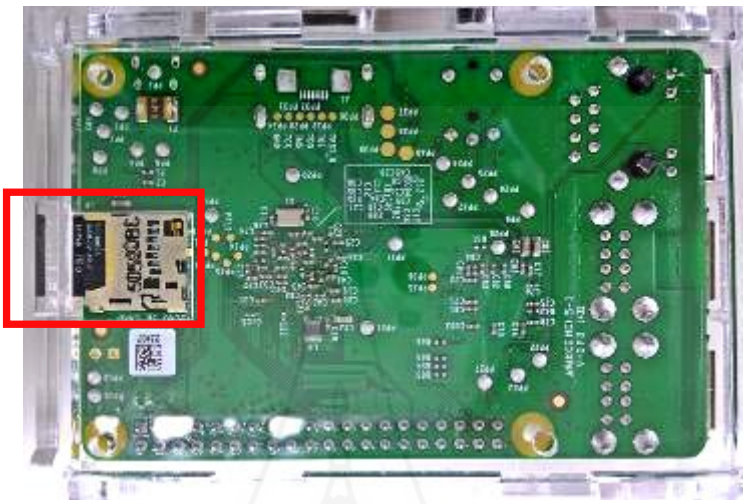
ภาพที่ 3.10 การเลือกตำแหน่งที่เก็บ Image File และการเลือก Device ของโปรแกรม

2.5.4 รอการเขียนข้อมูลของโปรแกรมลงบน Micro SD Card เมื่อโปรแกรมทำการเขียนข้อมูลจนครบ 100% แสดงว่าเสร็จขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรมบน Micro SD จึงถอดการ์ดออกจากเครื่องคอมพิวเตอร์ และนำไปติดตั้งบนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ต่อไป



ภาพที่ 3.11 แสดงการทำงานของ Win32Disk Imager ขณะทำการเขียนข้อมูล

2.5.5 ทำการติดตั้ง Micro SD Card กับราสเบอร์รี่พายบอร์ด โดยการนำ Micro SD card ใส่ไปยังช่องเสียบให้ถูกด้าน



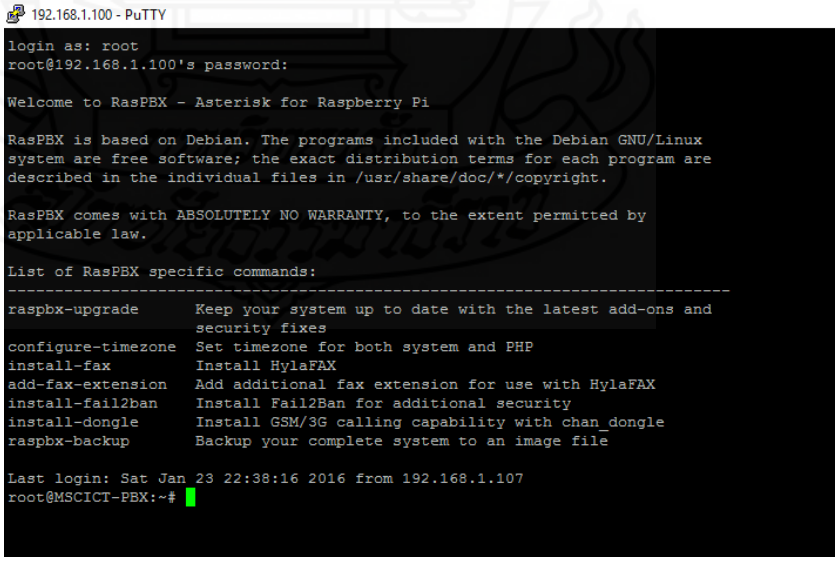
ภาพที่ 3.12 แสดงการติดตั้ง Micro SD card

2.5.6 จากนั้นเชื่อมต่อสาย LAN เข้ากับพอร์ตอีเทอร์เน็ต และหากต้องการตั้งค่าต้องต่อสายคีย์บอร์ด เมาส์ จอภาพ หรือใช้โปรแกรม PuTTY เป็นโปรแกรม SSH login ในการตั้งค่า

ภาพที่ 3.13 แสดงการต่อเชื่อมสาย HDMI, สาย LAN และ Mini USB Power

2.5.7 ทำการเปิดเครื่องและรอจนระบบเริ่มการทำงาน เมื่อเริ่มเข้าระบบครั้งแรก รหัสของการเข้าระบบที่เป็นค่าที่ตั้งไว้เริ่มแรกคือ User: root และ Password: raspberry เมื่อเข้าไปจะโชว์หน้าต่างต้อนรับ login as: “Welcome to RASPBX – Astersk for Raspberry Pi ” ซึ่งแสดงว่าได้ติดตั้งโปรแกรมแอสเทอริสค์ได้เรียบร้อยพ้อมที่จะใช้งานในการเข้าไปตั้งค่าต่างได้แล้ว

ภาพที่ 3.14 แสดงการเริ่มเข้าสู่ระบบของราสเบอร์รี่พายบอร์ด



ภาพที่ 3.15 หน้าต่างต้อนรับ Welcome to RASPBX – Astersk for Raspberry Pi

2.5.8 การเข้าใช้งาน FreePBX login สามารถเข้าใช้งานโดยเข้าผ่านเบราเซอร์ไปที่ http://x.x.x.x ซึ่งหมายเลข ไอพี x.x.x.x ตามการตั้งค่าของราสเบอร์รี่พายบอร์ดว่าตั้งค่า เช่น 192.168.1.100 ก็พิมพ์ http://192.168.1.100 (หากต้องการเปลี่ยนสามารถเข้าไปแก้ไขได้ที่ nano /etc/network/interfaces

2.5.9 เมื่อเข้ามาแล้ว จะพบหน้าต่างเพื่อทำการเข้าระบบ ให้เลือกที่ FreePBX Administrator โดยระบบตั้งค่าเริ่มต้นการเข้าใช้งานคือ user: admin และ password: admin สามารถเปลี่ยนได้ทีหลัง

ภาพที่ 3.16 แสดงหน้าต่างเว็บ GUI ของ FreePBX เพื่อใช้ในการตั้งค่าการใช้งานแอสเทอร์ริส

2.5.10 เมื่อเข้าไปแล้วหน้าต่างแรกจะแสดงรายงานของระบบต่างๆ

1) หน้าต่าง System Overview แสดงภาพรวมของระบบทั้งหมด โดยหน้าต่าง Summary จะประกอบไปด้วย

(1) Asterisk แสดงสถานะของ VoIP Server

(2) MySQL แสดงสถานะของ Database Server

(3) Webserver แสดงสถานะของ Web server

2) หน้าต่าง SysInfo จะประกอบไปด้วย

(1) System Alerts แสดงสถานะการแจ้งเตือนของระบบ เช่น การอัพเกรดโมดูลต่าง ๆ ความผิดพลาดของระบบ เป็นต้น

3) หน้าต่าง Uptime จะประกอบไปด้วย

(1) System Last Rebooted : แสดงว่าเวลาตั้งแต่เปิดมาหรือระบบมีการปิดเครื่องหรือระบบเริ่มทำต่อ

4) Load Averages แสดงค่าเฉลี่ย load ของระบบทุก 1 นาที, 5 นาที และ 15 นาทีที่ผ่านมา

5) FreePBX Statistics แสดงสถานะปัจจุบันของระบบโทรศัพท์ เช่น จำนวนผู้ใช้ที่เปิดเครื่อง จำนวนผู้ใช้ที่ปิดเครื่อง จำนวน Trunk ที่ออนไลน์ จำนวน Trunk ที่ออฟไลน์ จำนวนคู่สายที่กำลังใช้งาน จำนวนเบอร์ภายในที่มีการลงทะเบียน เป็นต้น

ภาพที่ 3.17 แสดงรายงานสถานะของระบบต่างๆของแอสเทอริสค์ผ่านโปรแกรม FreePBX

2.6 ทำการจัดเตรียมหมายเลข CAT2Call Plus และตรวจสอบการกำหนดการตั้งค่าบริการ CAT2Call Plus สามารถสมัครใช้บริการได้ 2 แบบคือ

2.6.1 สามารถสมัครใช้บริการที่สำนักงานบริการลูกค้า CAT ทั่วประเทศ

2.6.2 สามารถสมัครใช้บริการผ่านทางเว็บไซต์ โดยในงานวิจัยนี้เพื่อจะเลือกใช้คือสมัครผ่านทางเว็บไซต์ เนื่องจากมีความสะดวก โดยมีวิธีการสมัคร คือ

1) ทำการสมัครสมาชิก ให้ทำการสมัครโดยเข้าเว็บไซต์ CAT shopping ที่ URL http://shopping.cattelecom.com เพื่อซื้อ Starter-kit บริการ CAT2call plus

ภาพที่ 3.18 แสดงการเข้าใช้งานเว็บไซต์ CAT shopping

ที่มา: http://shopping.cattelecom.com

2) ไปที่เมนูรายการสินค้า เลือก Product Catalog จากนั้นเลือกที่ CAT2Call plus จะมีให้เลือกแบบ 300 บาทใช้งานได้ 60 วัน และ 100 บาทใช้งานได้ 30 วัน เลือกตามที่ต้องการ จากนั้นใส่เลข “1” และกดปุ่ม “Add to Cart” สำหรับซื้อ Starter-kit จำนวน 1 เลขหมายหรือตามจำนวนที่ต้องการ

ภาพที่ 3.19 แสดงรายการสินค้า CAT2call plus ที่มีจำหน่าย

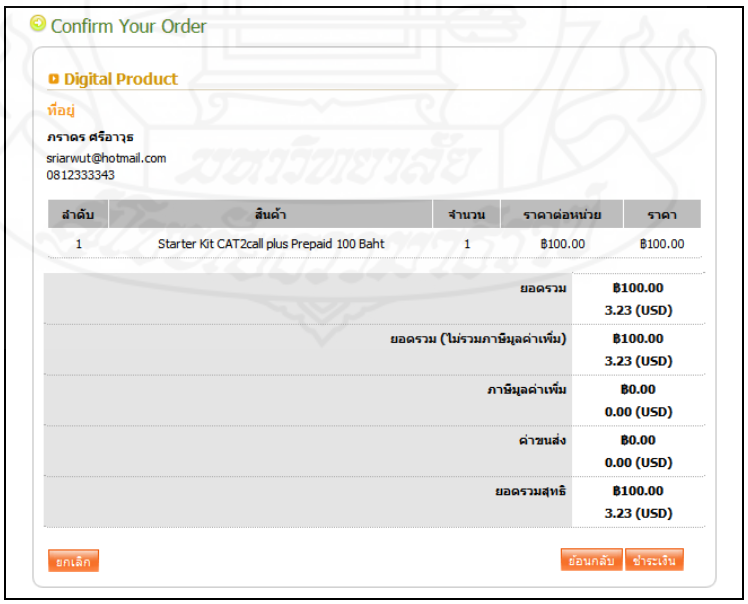
ที่มา: http://shopping.cattelecom.com/Products/CAT+Card/CAT2Call+plus/Default.aspx

3) ตรวจสอบความถูกต้องในตะกร้าสินค้า หากถูกต้องกดปุ่ม “ชำระเงิน”

ภาพที่ 3.20 แสดงการตรวจสอบความถูกต้องในตะกร้าสินค้า

4) การสั่งซื้อครั้งแรก หากเป็นทำการสั่งซื้อครั้งแรกต้องกรอกข้อมูลที่อยู่อีเมล์ใหม่ก่อนทำการสั่งซื้อสินค้า เพื่อที่จะได้รับ SMS และอีเมล์ยืนยันการสั่งซื้อ จากนั้น กดปุ่ม “สร้างข้อมูลที่อยู่อีเมล์ใหม่”เพื่อกรอกข้อมูล แล้วกรอกข้อมูลให้ครบถ้วนโดยเฉพาะ “อีเมล์” และ “หมายเลขโทรศัพท์มือถือ” เนื่องจากจะใช้สำหรับรับข้อความผ่าน SMS และอีเมล์ยืนยันการสั่งซื้อ

5) รายการสินค้าในตะกร้า ภายหลังกรอกข้อมูลเสร็จ ไปที่เมนู “รายการสินค้าในตะกร้า” และกดปุ่ม “ชำระเงิน”

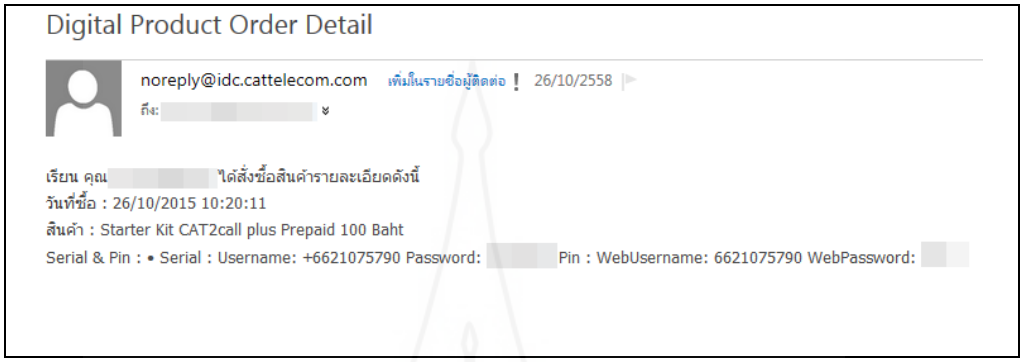


ภาพที่ 3.21 แสดงรายละเอียดของสินค้าที่เลือกและแสดงยอดรวมที่จะต้องชำระเงิน

6) การชำระเงิน สามารถชำระเงินผ่านบัตรเครดิต VISA/MASTER CARD หรือเลือกชำระผ่านบัญชีธนาคาร

ภาพที่ 3.22 แสดงหน้าต่างการเลือกชำระเงินของบริการ CAT2call Plus

7) ข้อความยืนยัน เมื่อชำระเงินสำเร็จ จะได้รับข้อมูลหน้าเว็บไซต์ SMS และอีเมล์สำหรับแจ้งข้อมูลการใช้งานเลขหมายไปยังเบอร์โทรศัพท์มือถือและอีเมล์ตามที่กรอกในข้อมูลที่อยู่อีเมล์ใหม่ (SIP user, SIP password , Web user และ Web password)



ภาพที่ 3.23 แสดงข้อความยืนยันการสั่งซื้อสินค้าและ Username และ Password ในการเข้าใช้งาน

8) การเข้าตรวจสอบการใช้งาน การเข้าตรวจสอบสถานะหมายเลข การเติมเงินและข้อมูลอื่น ๆ สามารถเข้าไปที่เว็บไซต์ https://customerprofile.catnextgen.com/jsp/customer/Login.jsp โดยใช้รหัสตาม Web user และ Web password ที่ได้รับมา

ภาพที่ 3.24 แสดงหน้าต่างการเข้าใช้งานเพื่อตรวจสอบสถานะเลขหมายของ CAT2call plus

ที่มา: https://customerprofile.catnextgen.com/jsp/customer/Login.jsp

9) ตรวจสอบการตั้งค่า Inbound Trunk, Outbound Trunk และ Registration เพื่อใช้ในการตั้งค่าในไอพีพีบีเอกซ์โดยสามารถสอบถามการตั้งค่าได้จากผู้ให้บริการ ในกรณีนี้หมายเลข CAT2Call Plus มีการกำหนดค่าไว้ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 การตั้งค่า Inbound Trunk และคำอธิบาย

Inbound Trunk	**คำอธิบาย**
username=+6621075791@catnextgen.com	หมายเลขผู้ใช้งานตามด้วย @catnextgen.com
type=friend	friend หมายถึงสามารถโทรออกและรับสายได้
secret= รหัสผ่าน xxxx	รหัสผ่านของผู้ใช้งาน SIP Account
qualify=no	เป็นการเช็ค Client ว่าออนไลน์อยู่หรือไม่
outboundproxy=202.129.61.102	ใส่ค่าของ proxy 202.129.61.102
nat=yes	ในกรณีอยู่ หลัง NAT Router เป็น yes
insecure=port,invite	รับ Invite Message และไม่สนใจ Port
canreinvite=no	เช็คว่ารองรับ SIP re-invite ได้หรือไม่ ตั้งเป็น no
host=catnextgen.com	ใส่ค่า hostname ของ catnextgen.com
fromuser=+6621075791@catnextgen.com	หมายเลขผู้ใช้งานตามด้วย @catnextgen.com
fromdomain=catnextgen.com	ใส่ค่าโดเมนของ catnextgen.com
dtmfmode=rfc2833	โหมด DTMF ใช้รับส่งกับ SIP Client =rfc2833
disallow=all	ไม่ยอมรับ CODEC ใดๆจาก SIP Client
allow=alaw&ulaw&g729	ยอมให้ SIP Account ใช้ CODEC ใดได้บ้าง
context=from-trunk	context สำหรับ incoming จาก trunk cat2call

ตารางที่ 3.2 การตั้งค่า Outbound Trunk และคำอธิบาย

Outbound Trunk	คำอธิบาย
username=+6621075791	ใส่ หมายเลขผู้ใช้งาน SIP Account
type=friend	friend หมายถึงสามารถโทรออกและรับสายได้
secret= รหัสผ่าน xxxx	รหัสผ่านของผู้ใช้งาน SIP Account
port=5060	เป็น SIP พอร์ตของ Client
outboundproxy=202.129.61.102	ใส่ค่าของ proxy 202.129.61.102
nat=yes	ในกรณีอยู่ หลัง NAT Router เป็น yes
host=catnextgen.com	ใส่ค่า hostname ของ catnextgen.com
fromuser=+6621075791	ใส่ หมายเลขผู้ใช้งาน SIP Account
fromdomain=catnextgen.com	ใส่ค่าโดเมนของ catnextgen.com
dtmfmode=rfc2833	โหมด DTMF ใช้รับส่งกับ SIP Client =rfc2833
disallow=all	ไม่ยอมรับ CODEC ใดๆจาก SIP Client
allow=alaw&ulaw&g729	ยอมให้ SIP Account ใช้ CODEC ใดได้บ้าง

ตั้งค่า Registration คือ +6621075791:

รหัสผ่าน xxxx: 6621075790@catnextgen.com@catnextgen.com/+6621075791

2.7 ทำการติดตั้งโปรแกรม IP Softphone

โดย IP-Phone ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ใช้ยี่ห้อ GRANDSTREAM รุ่น GXP280 ในการทดสอบ

ภาพที่ 3.25 แสดง IP phone ยี่ห้อ GRANDSTREAM รุ่น GXP280

2.8 ทำการติดตั้ง IP Phone โปรแกรม Wireshark โปรแกรม PuTTY เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

2.8.1 โปรแกรม IP Phone สามารถเลือกใช้ได้หลายโปรแกรมที่รองรับ SIP เช่น โปรแกรม Zoiper สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ http://www.zoiper.com/en หรือโปรแกรม X-Lite สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ http://www.counterpath.com/x-lite/

2.8.2 โปรแกรม Wireshark สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ https://www.woreshark.org/download.html โดยเลือกให้ตรงกับระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์ที่ใช้

2.8.3 โปรแกรม PuTTY สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ http://www.putty.org/

2.9 ทำการทดสอบระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายสื่อสารตามที่ได้ออกแบบและทำการบันทึกผล

2.9.1 ทดสอบการทำงานระบบไอพีพีบีเอกซ์ (IP-PBX) ที่ใช้ซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์ (Asterisk) บนราสเบอร์รี่พายบอร์ด (Raspberry Pi board) ใช้งานร่วมกับหมายเลขโทรศัพท์ของบริการ CAT2Call Plus

2.9.2 การใช้งานโทรศัพท์เข้า-ออก ระหว่างโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตกับโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต โทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตกับโทรศัพท์พื้นฐาน และ โทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

2.9.3 ความสามารถในการใช้งานครอบคลุมการใช้งาน 3 ด้าน คือการโทรหากันภายในเครือข่าย LAN และ Wireless LAN การโทรหากันระหว่าสาขาโดยผ่าน intranet องค์กร เช่น Lease Line, Frame Relay, MPLS หรือ VPN การใช้งานผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ตโทรหาเบอร์ VoIP เบอร์มือถือ และหมายเลขโทรศัพท์พื้นฐาน

3. การเก็บรวมรวมข้อมูล

3.1 เก็บข้อมูลการใช้งานโทรศัพท์เข้า-ออก ระหว่างโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตกับโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต โทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตกับโทรศัพท์พื้นฐาน และ โทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยเก็บจากข้อมูลการโทร CDR และบันทึกผล

3.2 ทำการทดสอบความสามารถครอบคลุมการใช้งาน 3 ด้าน คือการใช้งานผ่านข่ายงานบริเวณเฉพาะที่ (LAN, Wireless LAN) การใช้งานผ่านการเชื่อมต่อแบบอินทราเน็ต (intranet) และ การใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ต (Internet) ร่วมกับการใช้โปรแกรม Wireshark และบันทึกผล

ซึ่งในหัวข้อ 3.1 และ 3.2 จะกล่าวในบทที่ 4

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม Wireshark เพื่อวิเคราะห์การสื่อสารภายในเครือข่ายการสื่อสาร และวิเคราะห์ข้อมูลการใช้งานจากข้อมูลการใช้งานโทรศัพท์จาก CDR Report (Call Detail Record Report) ซึ่งจะกล่าวในบทที่ 4

5. การสรุปผลการวิจัย

การสรุปผลการวิจัย จะกล่าวในบทที่ 5

บทที่ 4
การทดสอบการทำงานของระบบ

ในการพัฒนาระบบและการวิเคราะห์ การประยุกต์ไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พายเพื่อสนับสนุนการให้บริการธุรกิจของ CAT2Call Plus นั้นเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์งานค้นคว้าอิสระ จะแบ่งหัวข้อการทดสอบในหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. การทดสอบการทำงานของระบบตู้สาขาระบบไอพีพีบีเอกซ์ โดยในหัวข้อนี้จะทดสอบการใช้ซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์ร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พาย และใช้หมายเลขของ CAT2call Plus ในการทดสอบการโทรเข้าและโทรออก และในการทดสอบ ต้องครอบคลุมการใช้งาน 3 ด้านคือการใช้งานผ่านข่ายงานบริเวณเฉพาะที่ (LAN, Wireless LAN) การใช้งานผ่านการเชื่อมต่อแบบอินทราเน็ต (Intranet) และ การใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ต (Internet) พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง

2. การตรวจสอบข้อมูลการใช้โทรศัพท์หรือข้อมูล CDR (Call Detail Record)

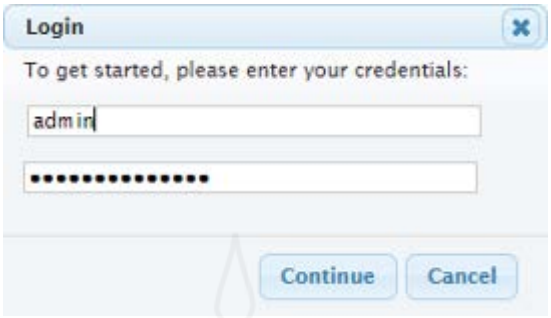
3. การทดสอบและเปรียบเทียบการทำงานระหว่างตู้ชุมสายอัตโนมัติแบบระบบไอพีพีบีเอกซ์ (IP-PBX) ที่ใช้ซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์ (Asterisk) บนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายกับการใช้บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi board)

1. การทดสอบการทำงานของไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พาย

หลังจากในบทที่ 3 หัวข้อที่ 2.5 การติดตั้งระบบปฏิบัติการสำหรับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi Board) เสร็จเรียบร้อยแล้วนั้น ขั้นตอนต่อไปคือการตั้งค่าการใช้งานของโปรแกรมแอสเทอริสค์ร่วมกับหมายเลขของ CAT2Call Plus สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

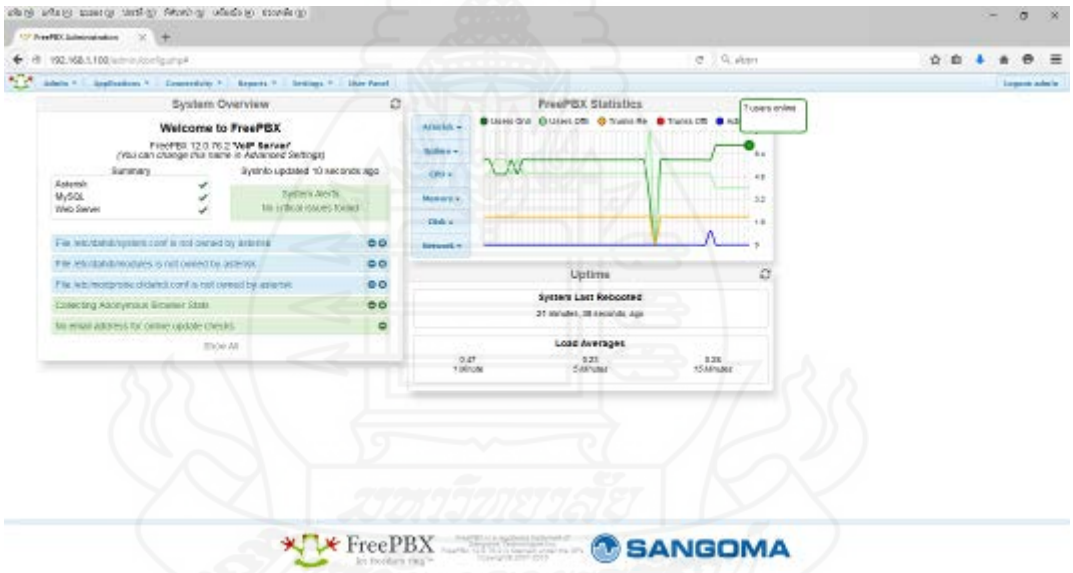
1.1 การตั้งค่าการเชื่อมต่อ Trunk และการตรวจการรีจิสเตอร์ (Registration)

1.1.1 ทำการเข้าสู่หน้าเข้าเว็บอินเตอร์เฟส FreePBX เพื่อเข้าสู่ระบบในการตั้งค่า โดยเข้าผ่าน URL : http://192.168.1.100 ใช้ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านคือ User name: admin และ Password: admin (สามารถเปลี่ยนได้ภายหลัง)



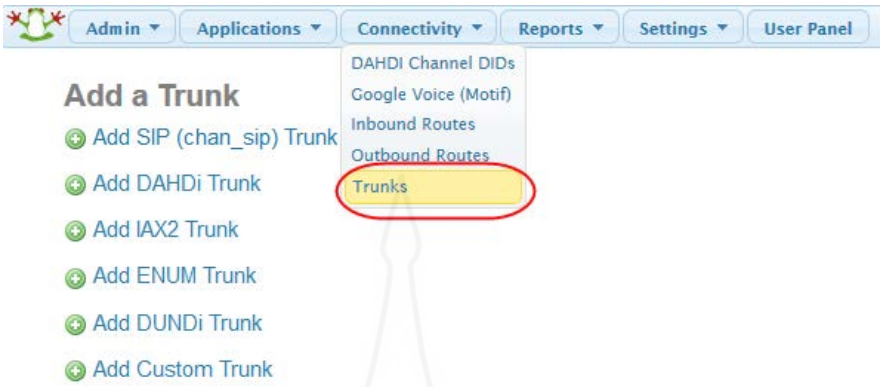
ภาพที่ 4.1 แสดงหน้าต่างเพื่อเข้าทำการการป้อนชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน

เมื่อเข้าระบบได้แล้วหน้าแรกจะแสดงรายงานสถานะของระบบต่างๆ ของบอร์ด ราสเบอร์รี่พายที่ติดตั้งโปรแกรมแอสเทอริสค์ โดยหน้าหน้าเว็บอินเตอร์เฟส FreePBX



ภาพที่ 4.2 แสดงรายงานสถานะของระบบต่างๆของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย

1.1.2 เมนู Connectivity เลือกไปที่หัวข้อ Trunks



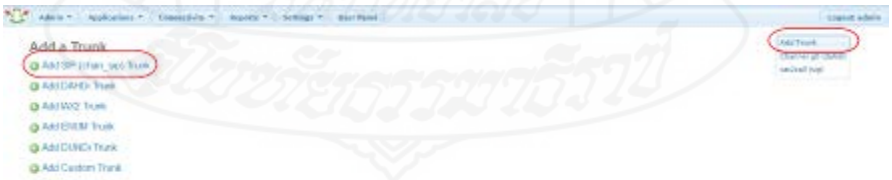
ภาพที่ 4.3 แสดงการเลือกเมนู Trunks

เลือก Add Trunk จากนั้นเลือกหัวข้อ Add SIP (Chan_sip) Trunk และตั้งค่าที่จำเป็นคือ

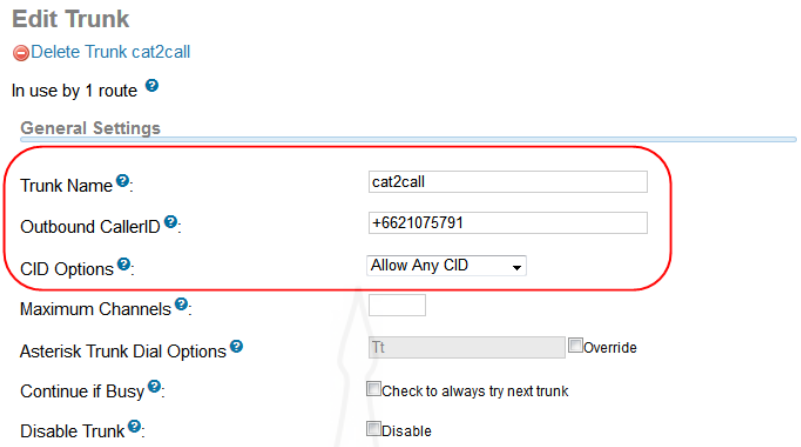
Trunk Name : ตั้งชื่อตามที่ต้องการในที่นี้ตั้งว่า cat2call

Outbound CallerID : คือหมายเลขที่ใช้ในการเรียกโทรออก (ในที่นี้คือหมายเลขของ CAT2call plus ที่สมัครมา โดยต้องใส่ +66 ตามด้วยเลขหมาย เช่น +6621075791)

CID Options : เลือก Allow Any CID คือการอนุญาตให้โทรเข้าได้จากทุกเลขหมาย

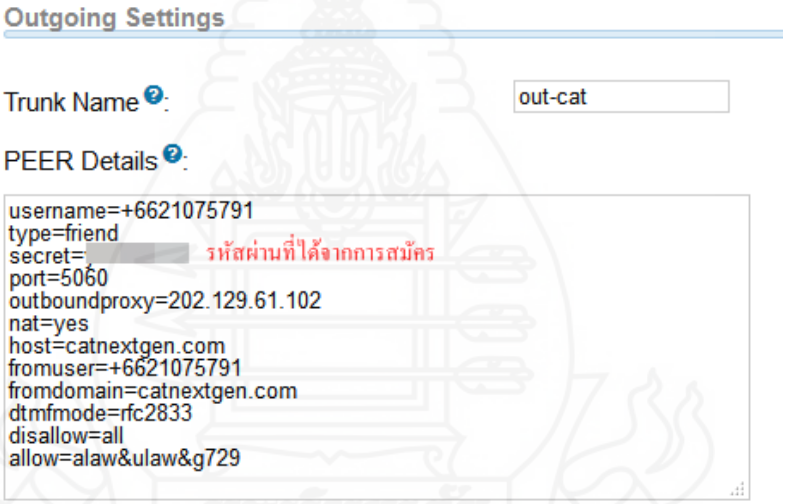


ภาพที่ 4.4 แสดงการเลือกเมนู Add SIP Trunks



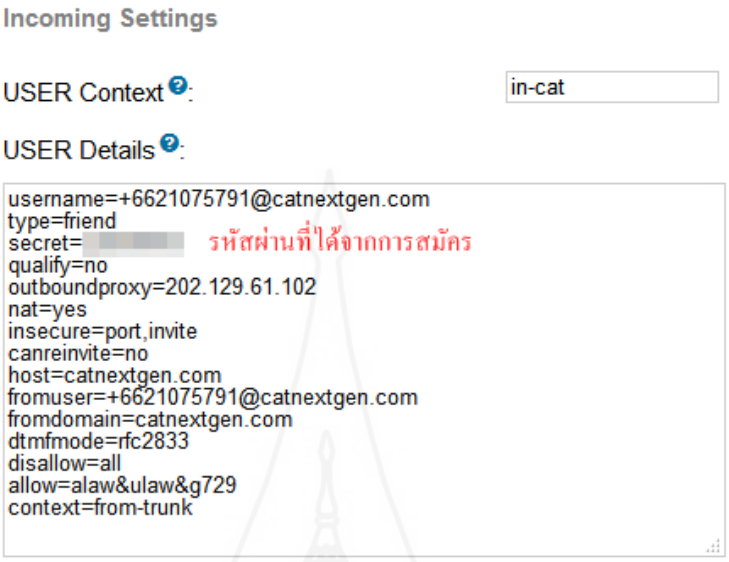
ภาพที่ 4.5 แสดงการใส่รายละเอียดในการกำหนด Trunks

Outgoing Settings ตั้งค่าดังนี้



ภาพที่ 4.6 แสดงการตั้งค่าและระบุรายละเอียดต่างใน Outgoing

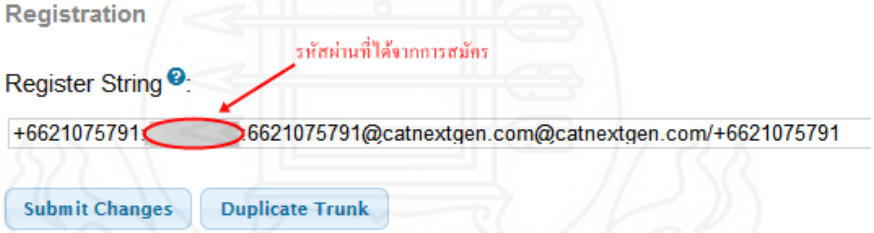
Incoming Settings ตั้งค่าดังนี้



ภาพที่ 4.7 แสดงการตั้งค่าและระบุรายละเอียดต่างใน Incoming

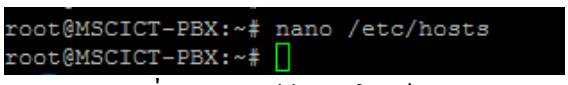
Registration ตั้งค่า ดังนี้

+6621075791:รหัสผ่าน:6621075791@catnextgen.com@catnextgen.com/+6621075791



ภาพที่ 4.8 แสดงการตั้งค่า Registration

เมื่อตั้งค่าเรียบร้อยเลือกที่ปุ่ม Submit Changes เพื่อบันทึกค่า และกด Apply Config เพื่อให้เริ่มใช้การตั้งค่าให้กับระบบ ซึ่งในส่วนของแอสเทอริสค์แสดงว่ามีการตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว แต่หมายเลข CAT2Call plus จะต้องเพิ่มการแก้ไขไฟล์ hosts โดยเข้าไปที่ Terminal แล้วพิมพ์คำสั่ง ไฟล์ /etc/hosts ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 การเข้าไปแก้ไฟล์ hosts

จากนั้นเพิ่มบรรทัด 202.129.61.102 catnextgen.com เข้าไป แล้วทำการบันทึก

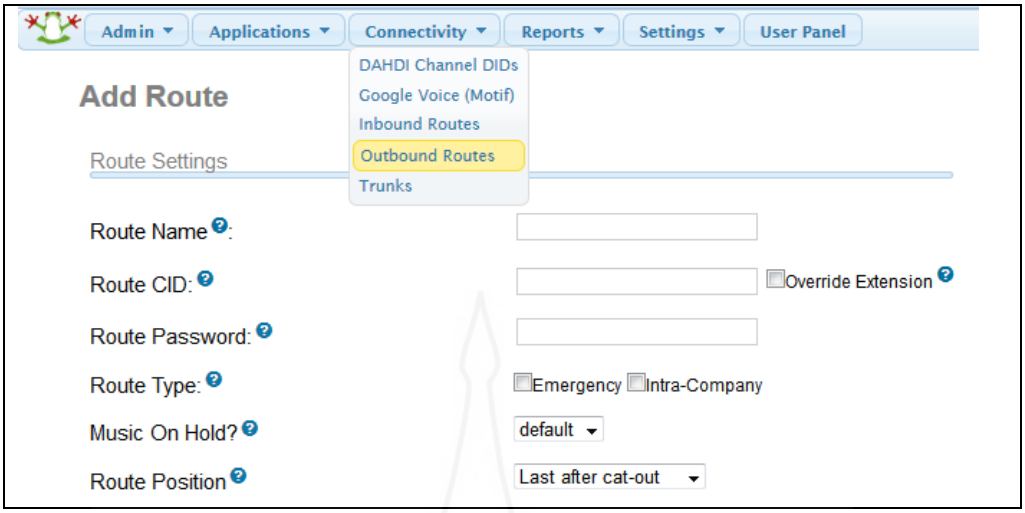
ภาพที่ 4.10 แสดงการเพิ่ม 202.129.61.102 catnextgen.com ในไฟล์ hosts

หากทำการรีจิสเตอร์ได้ ในหน้า FreePBX จะแสดงสถานะดังภาพที่ 4.9

ภาพที่ 4.11 แสดงการตรวจสอบสถานการณ์รีจิสเตอร์ของหมายเลข

1.2 การสร้าง Outbound Routes และ Inbound Routes

1.2.1 การสร้าง Outbound Routes คือการจัดการการโทรออก โดยในงานวิจัยนี้จะใช้รูปแบบการกดเลขหมายในการโทรตามภาพที่ 3.2 ผังงานการทำงานการโทรการตั้งค่า โดยไปที่เมนู Connectivity > Outbound Routes



ภาพที่ 4.12 แสดงการเข้าเมนู Connectivity เพื่อสร้าง Outbound Routes

จากนั้นทำการตั้งค่า Route Name ตามชื่อที่ต้องการ และ ในหัวข้อ Dial Patterns that will use this Route คือข้อกำหนดว่า การที่จะทำการโทรออกเส้นทางนี้ จะมีการกดเรียกอย่างไร ตามแผนภูมิสายงานก่อนหน้า จะต้องกด 8 ในการโทรออกกต่างประเทศ ตามด้วย 009 และ กดตัด 9 เพื่อทำการโทรออกเบอร์พื้นฐานและเบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยการใส่ 9 และ 0X. ดังภาพที่ 4.13 โดยมีการกำหนดค่าดังต่อไปนี้

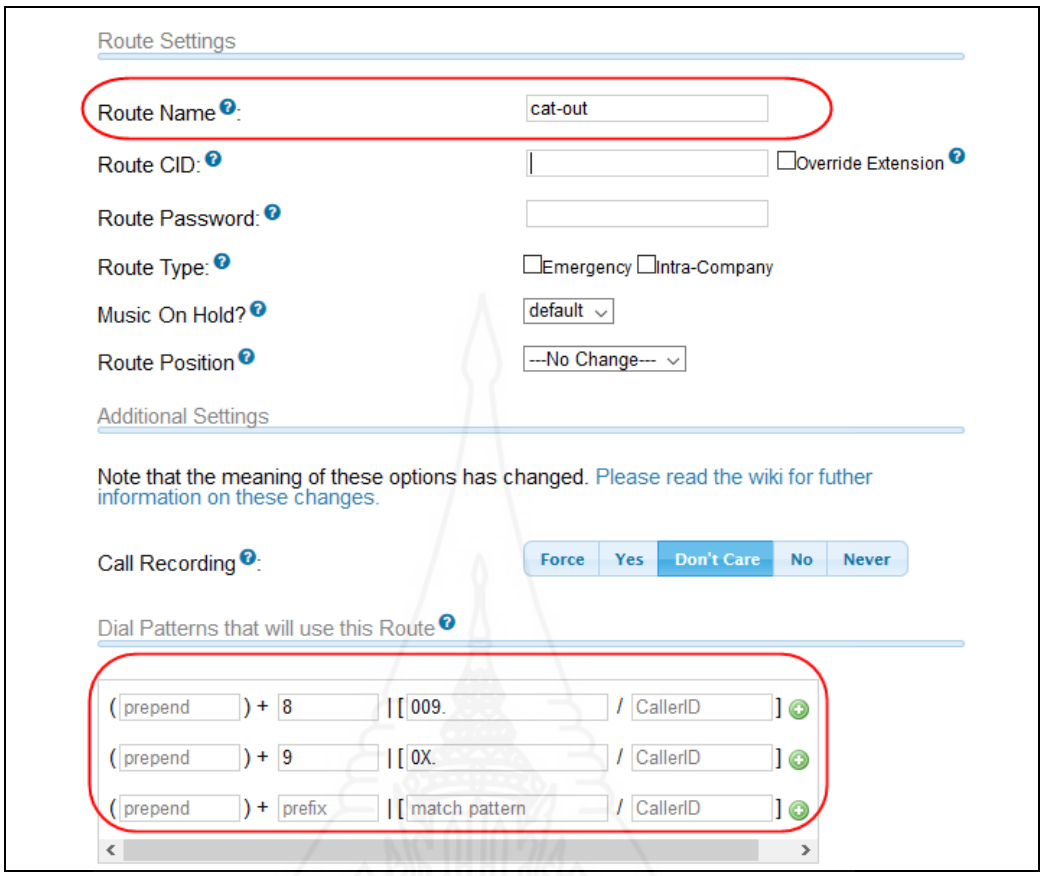
[1-9] หมายถึงตัวเลข 1 หรือ 2 ถึง 9 ตัวใดตัวหนึ่งเท่านั้น

X หมายถึง 0 ถึง 9 ตัวใดตัวหนึ่งเพียงตัวเดียวเท่านั้น

Z หมายถึง 1 ถึง 9 ตัวใดตัวหนึ่งเพียงตัวเดียวเท่านั้น

N หมายถึง 2 ถึง 9 ตัวใดตัวหนึ่งเพียงตัวเดียวเท่านั้น

. (dot) หมายถึง ตัวเลขอะไรก็ได้และมีหนึ่งหลักหรือมากกว่าหนึ่งหลักก็ได้



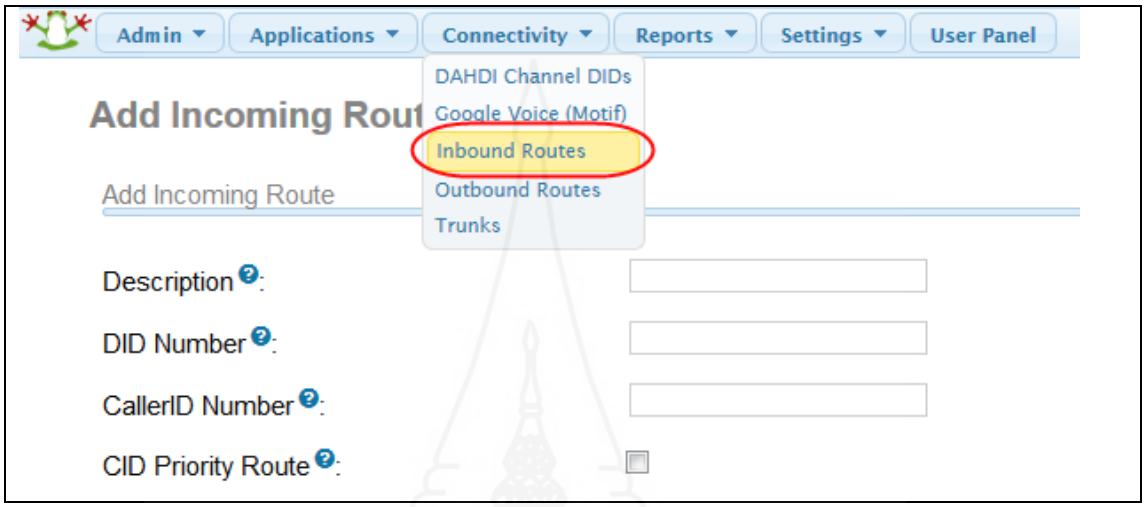
ภาพที่ 4.13 แสดงการตั้งค่า Dial Patterns that will use this Route

จากนั้นเลือกเส้นทางที่จะใช้ในการเรียกออก คือ Trunk cat2call (ชื่อ Trunk ดังกล่าว คือ Trunks ที่สร้างตามหัวข้อ 1.1)

ภาพที่ 4.14 แสดงการตั้งค่าเส้นทาง Trunk ที่จะใช้ในการเรียกออกไปยังหมายเลขภายนอก

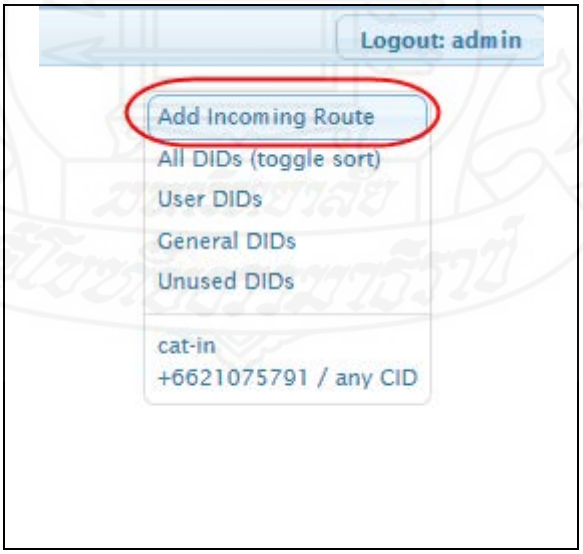
1.2.2 การสร้าง Inbound Routes คือการจัดการการโทรเข้า

โดยไปที่เมนู Connectivity Routes > Inbound Routes



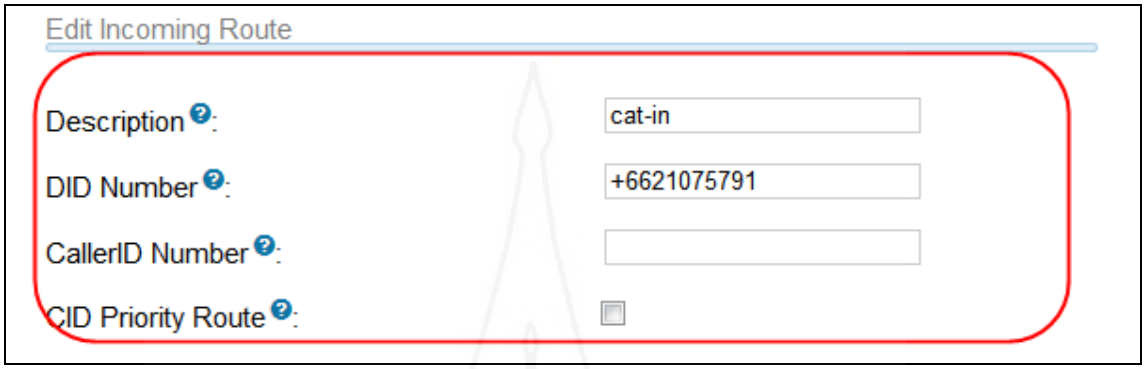
ภาพที่ 4.15 แสดงการเลือกเมนูเพื่อสร้าง Inbound Routes

เมื่อเข้ามา จากนั้นทำการเลือกไปที่ Add incoming Route



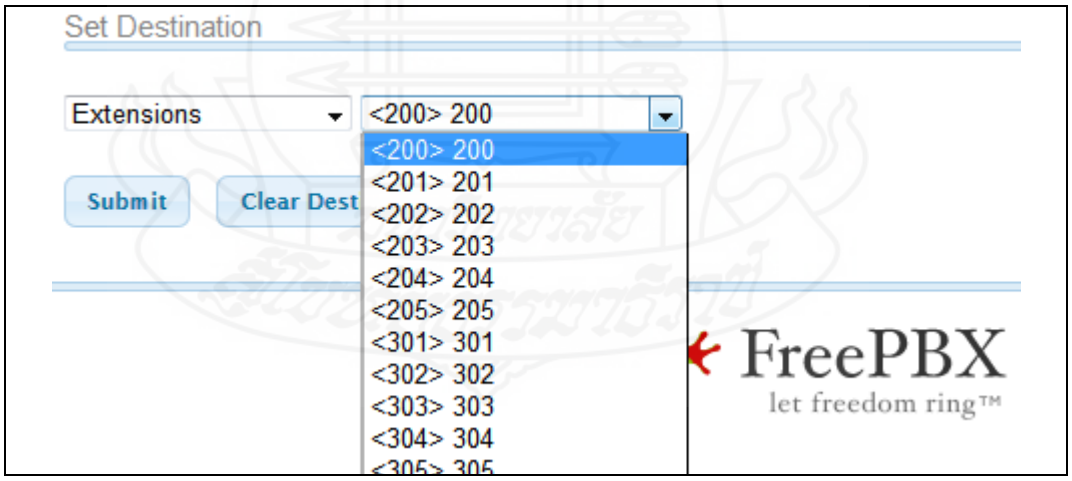
ภาพที่ 4.16 การเลือก Add incoming Route

กำหนดชื่อ Description คือชื่อเส้นทางที่ตั้งขึ้นมา และ DID Number คือหมายเลข CAT2Call plus โดยจะต้องใส่เป็นรูปแบบ +66 ตามด้วย 21075791 (หรือตามหมายเลขอื่น ๆ ที่ได้สมัครใช้บริการ)



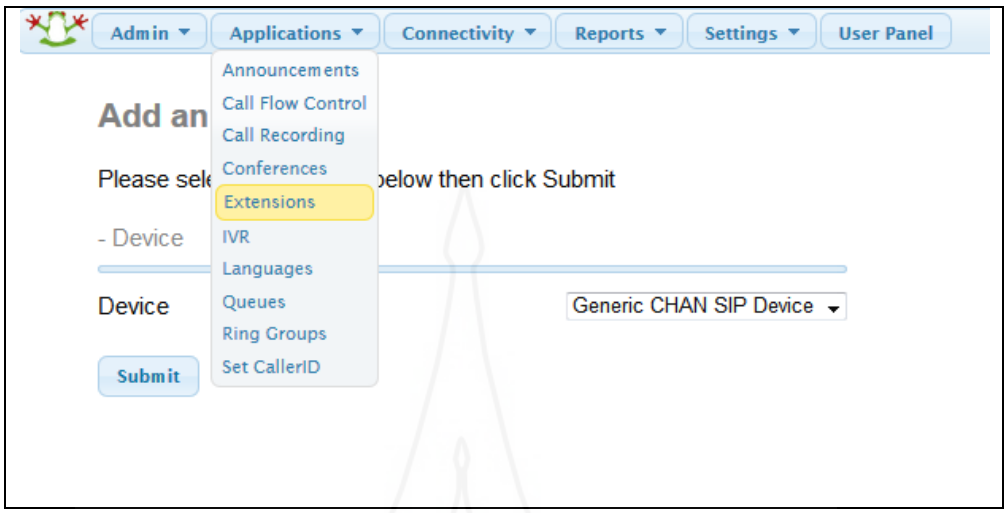
ภาพที่ 4.17 การตั้งค่า Incoming Route

และต่อไปกำหนดเส้นทางว่า หากมีหารเรียกเข้ามาที่ +6621075791 แล้วจะให้ดำเนินการต่ออย่างไร โดยในการวิจัยนี้ ให้โทรไปยังหมายเลขภายใน (Extensions 200) จากนั้นกด Submit และ Apply Config



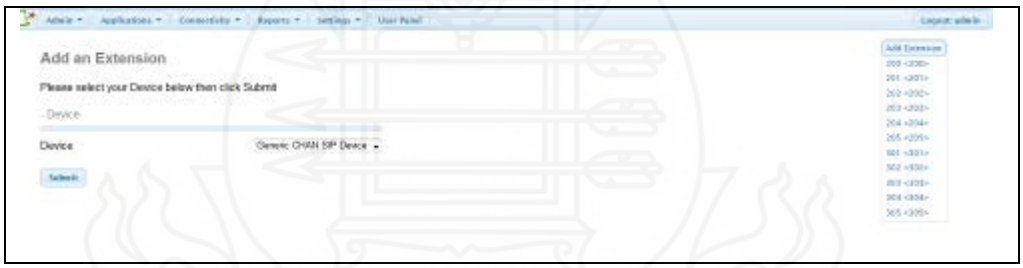
ภาพที่ 4.18 การเลือกตั้งค่าเส้นทางการเรียกเข้าให้ไปที่หมายเลข Extensions 200

1.3 การสร้างเบอร์หมายเลขภายใน (Extensions) โดยไปที่เมนู Applications เลือก Extensions



ภาพที่ 4.19 แสดงการเข้าที่ไปที่เมนูการสร้าง Extensions

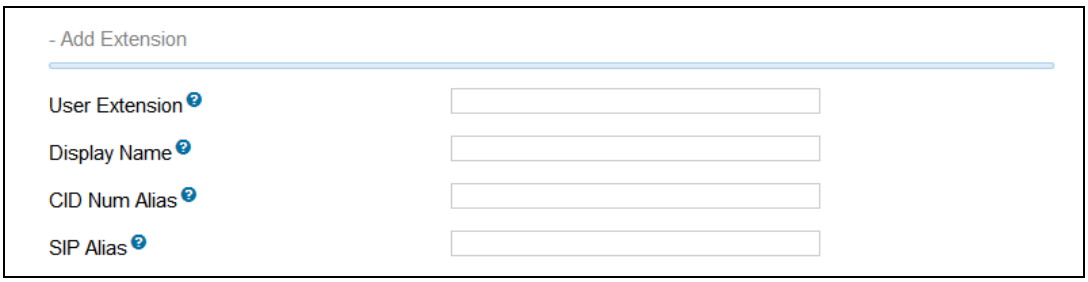
จากนั้นเลือกที่ Add Extension > Generic CHAN SIP Device แล้วเลือก Submit



ภาพที่ 4.20 แสดงการเข้าเมนูเพื่อทำการ Add Extensions

จะมีหน้าต่างให้ใส่ค่าหมายเลขภายใน หรือเบอร์ Extensions ที่ต้องการสร้างขึ้นมา

User Extension	: หมายเลขบัญชี
Display Name	: ชื่อที่แสดง ตั้งเป็นชื่อที่ต้องการ
SIP User ID	: หมายเลขบัญชี
Authenticate Password	: รหัสผ่าน

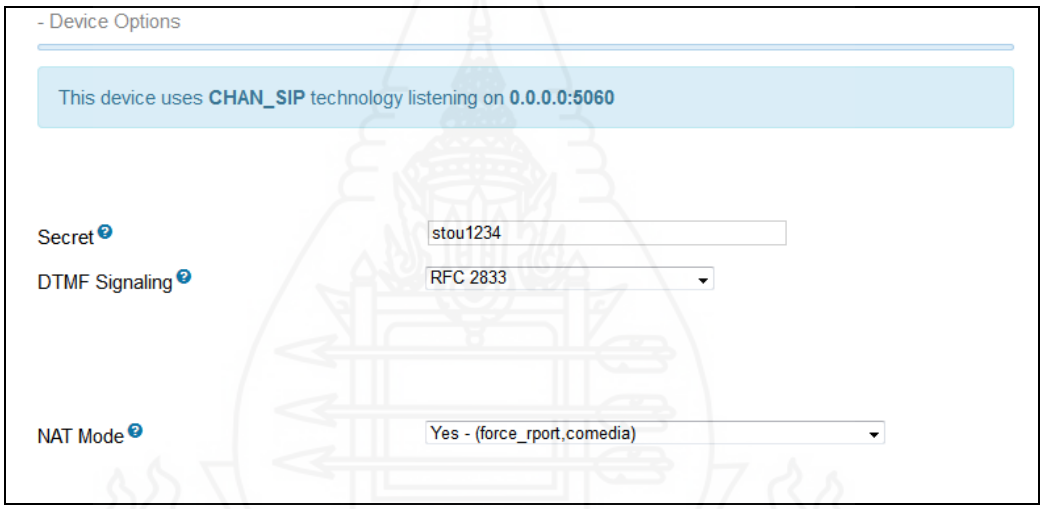


ภาพที่ 4.21 แสดงรายละเอียดของหมายเลขภายในที่ต้องการสร้าง

Secret : รหัสผ่านที่ใช้ลงทะเบียนกับแอสเทอริสค์

DTMF Signaling: RFC 2833

NAT Mode : เป็นการบอกว่า SIP Account นี้ลงทะเบียนมาจาก NAT



ภาพที่ 4.22 แสดงการตั้งค่ารหัสผ่าน DTMF Signaling และ NAT Mode

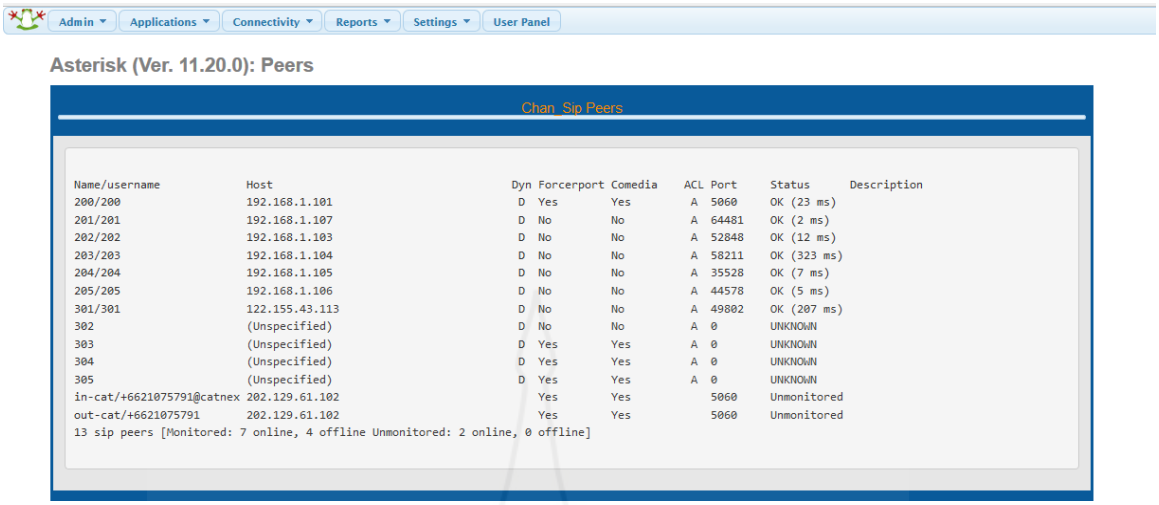
เมื่อตั้งค่าครบจำนวนหมายเลขภายในที่ต้องการแล้ว สามารถตรวจสอบได้จากเมนู Reports > Asterisk Info > Peer จะแสดงหมายเลขภายในทั้งหมดที่มี พร้อมทั้งแสดงสถานะว่าตอนนี้มีการลงทะเบียนอยู่ใน IP-PBX หรือไม่ โดยจะ

Name/username : คือชื่อบัญชีและชื่อที่แสดงของเบอร์นั้นๆ

Host : คือหมายเลขไอพีบัญชีนั้นๆ

Port : สถานะ Port ที่ register

Status : คือสถานะที่อยู่ในระบบถึงปัจจุบัน



ภาพที่ 4.23 แสดงการตรวจสอบสถานะหมายเลข Extensions ที่สร้างขึ้นมาและสถานะต่างๆ

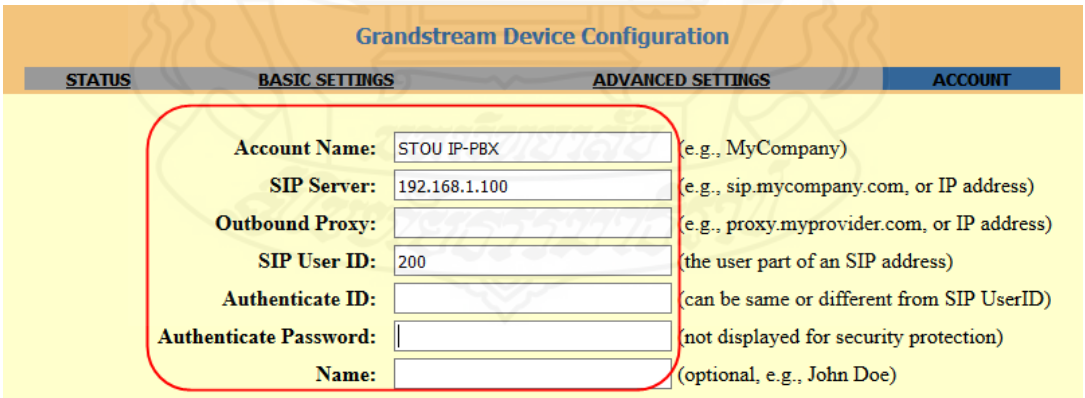
1.4 การตั้งค่า IP Phone เพื่อใช้งาน IP-Phone รุ่นที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นยี่ห้อ Grandstream รุ่น GXP280 โดยค่าที่จำเป็นคือหัวข้อ Account มีการตั้งค่าคือ

Account Name : ชื่อตั้งเป็นชื่อที่ต้องการ

SIP Server : หมายเลข IP ของ Raspberry Pi IP-PBX

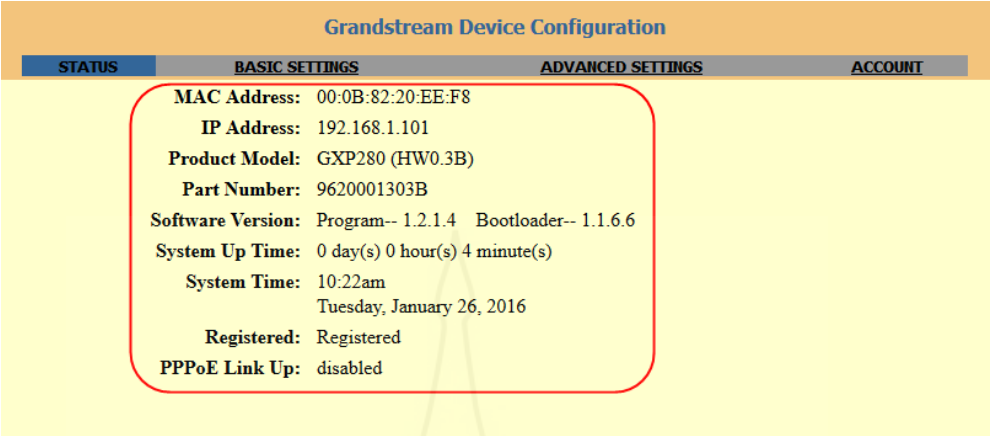
SIP User ID : หมายเลขบัญชี

Authenticate Password : รหัสผ่าน



ภาพที่ 4.24 แสดงการตั้งค่า IP-Phone Grandstream รุ่น GXP280

หากการตั้งค่าเรียบร้อย และสามารถลงทะเบียนกับ IP-PBX ได้จะสามารถเข้าดูที่หัวข้อ STATUS จะเห็นสถานะ Registered: Registered



ภาพที่ 4.25 แสดงสถานะของ IP-Phone Grandstream รุ่น GXP280 ที่ลงทะเบียนได้เรียบร้อย

1.5 การตั้งค่า Softphone เพื่อใช้งาน

1.5.1 โปรแกรม X-Lite ตั้งค่าที่จำเป็นดังต่อไปนี้

Account Name : ชื่อตั้งเป็นชื่อที่ต้องการ

User ID : หมายเลขบัญชี

Domain : หมายเลข IP ของ Raspberry Pi IP-PBX

Password : รหัสผ่าน

Display name : ชื่อที่ต้องการให้แสดง

ภาพที่ 4.26 แสดงการตั้งค่าโปรแกรม X-Lite

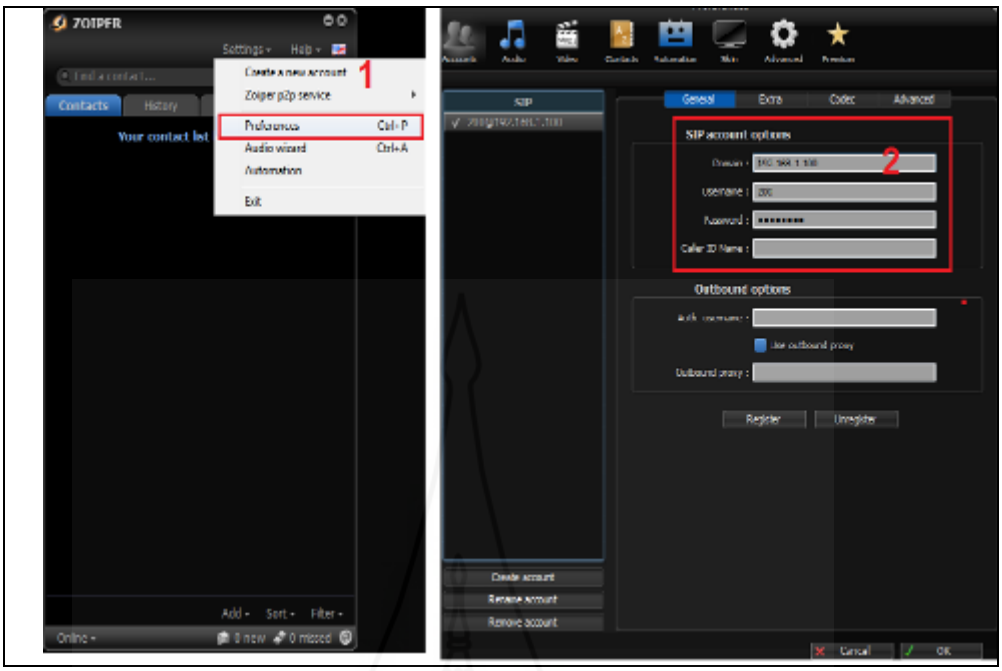
1.5.2 โปรแกรม Zoiper ตั้งค่าที่จำเป็น ดังต่อไปนี้

Domain : หมายเลข IP ของ Raspberry Pi IP-PBX

Username : หมายเลขบัญชี

Password : รหัสผ่าน

Caller ID name : ชื่อที่ต้องการให้แสดง ซึ่งจะแสดงที่ปลายทาง



ภาพที่ 4.27 การตั้งการใช้งานโปแกรม Zoiper

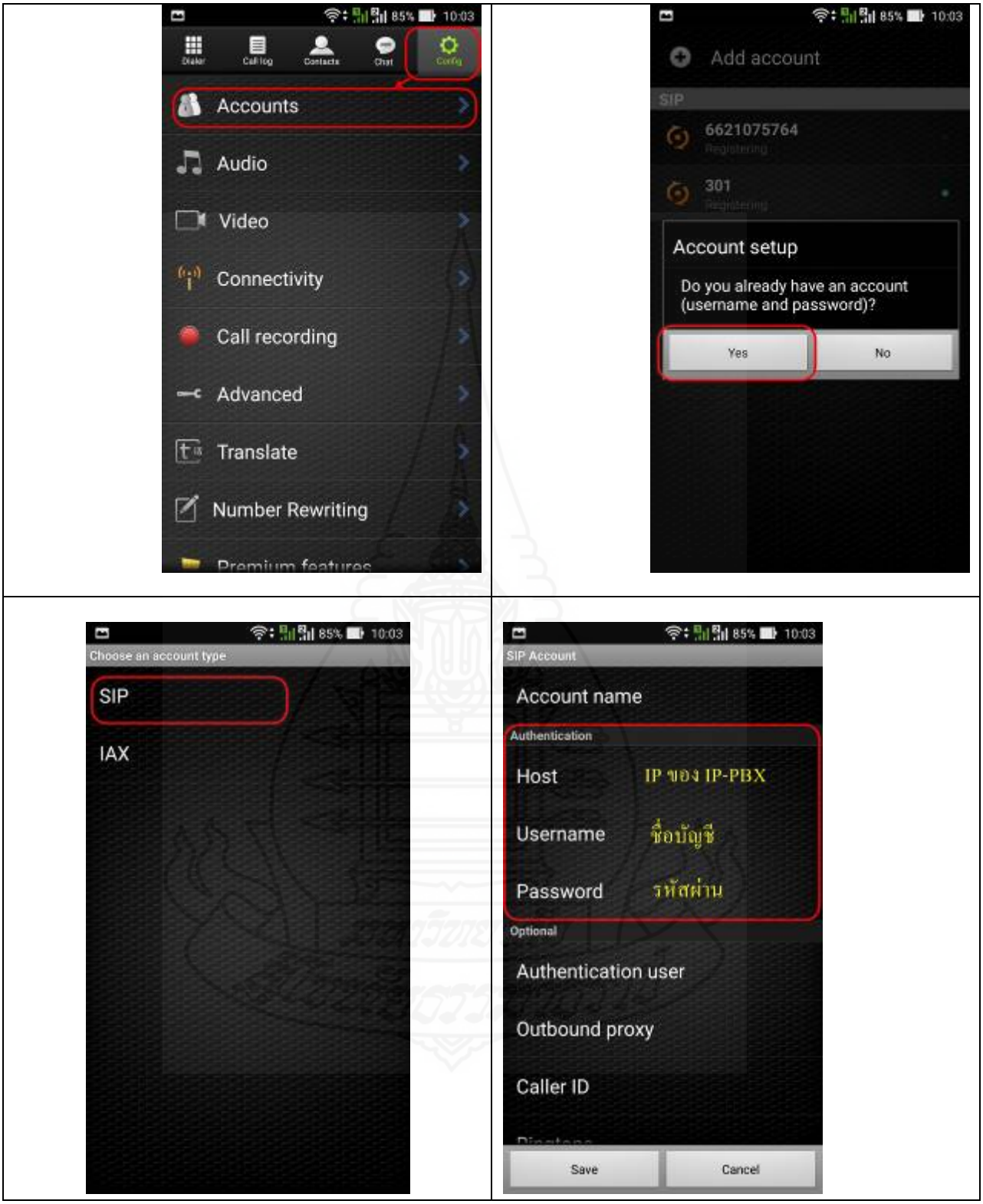
1.6 การตั้งค่าสมาร์ตโฟนเพื่อใช้งาน

1.6.1 โปรแกรม Zoiper หลังจากทำการโหลดแอปพลิเคชั่น จากPlay store หรือจาก Apple Store ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้งาน ในงานวิจัยนี้ใช้จาก Play store เมื่อ โหลดเรียบร้อยให้เข้าไปตั้งค่าดังภาพ

HOST : หมายเลข IP ของ Raspberry Pi IP-PBX

Username : หมายเลขบัญชี

Password : รหัสผ่าน



ภาพที่ 4.28 แสดงการตั้งค่าโปรแกรม Zoiper บนสมาร์ตโฟน

1.7 การทดสอบการโทร

1.7.1 การโทรหากันภายในเครือข่าย LAN และ Wireless LAN การทดสอบการโทรหากันภายในเครือข่าย จะทดสอบโดยใช้แผนผังเครือข่ายดังภาพที่ 3.3 โดยจะเป็นการเรียกภายในวนหากันจนครบทุกเลขหมาย

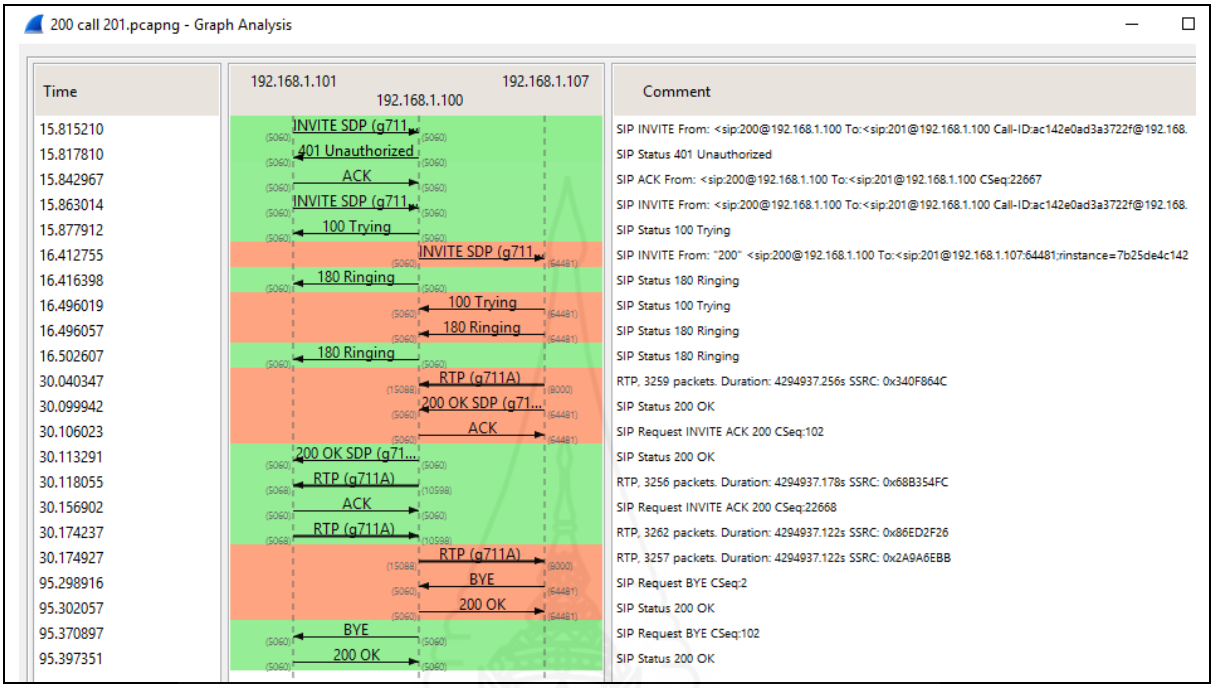
1) ผลการทดสอบหมายเลขทุกหมายเลข สามารถโทรหากันได้แสดงผลการทดสอบตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการโทรหากันในเครือข่าย LAN และ Wireless LAN

A number / B number	extension 200	extension 201	extension 202	extension 203	extension 204	extension 205
extension 200		✓	✓	✓	✓	✓
extension 201	✓		✓	✓	✓	✓
extension 202	✓	✓		✓	✓	✓
extension 203	✓	✓	✓		✓	✓
extension 204	✓	✓	✓	✓		✓
extension 205	✓	✓	✓	✓	✓	

การจำแนกลักษณะการโทรของหมายเลขต่างๆ โดยใช้โปรแกรม Wireshark โดยกรองโปรโตคอล SIP และ RTP เพื่อตรวจสอบการติดต่อสื่อสาร แสดงได้ดังนี้

2) การโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 201



ภาพที่ 4.29 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 201

จากภาพที่ 4.29 การทดสอบการเชื่อมโดยผ่าน SIP Server หมายเลขไอพี 192.168.1.100 โดยเรียกสายจาก IP-Phone extension 200 หมายเลขไอพี 192.168.1.101 ไปยัง SoftPhone extension 201 หมายเลขไอพี 192.168.1.107 โดยการสื่อสารเสียงผ่าน SIP นั้น ข้อความ SIP request และ SIP respond จะส่งผ่าน SIP server สามารถแสดงลำดับขั้นตอนการเรียกสายได้ดังนี้

(1) หมายเลข extension 200 ส่งข้อความร้องขอการเชื่อมต่อ (INVITE) ไปยัง SoftPhone extension 201 และยังแสดงคุณสมบัติของ softphone ด้วย SDP protocol

2) หมายเลข 201 ได้ตอบรับ (ACK) การเชื่อมต่อกลับหมายเลข 200 และระหว่างนั้นจะมีเสียง Ringing tone (180 Ringing) ในระหว่างรอการตอบรับจากปลายทาง

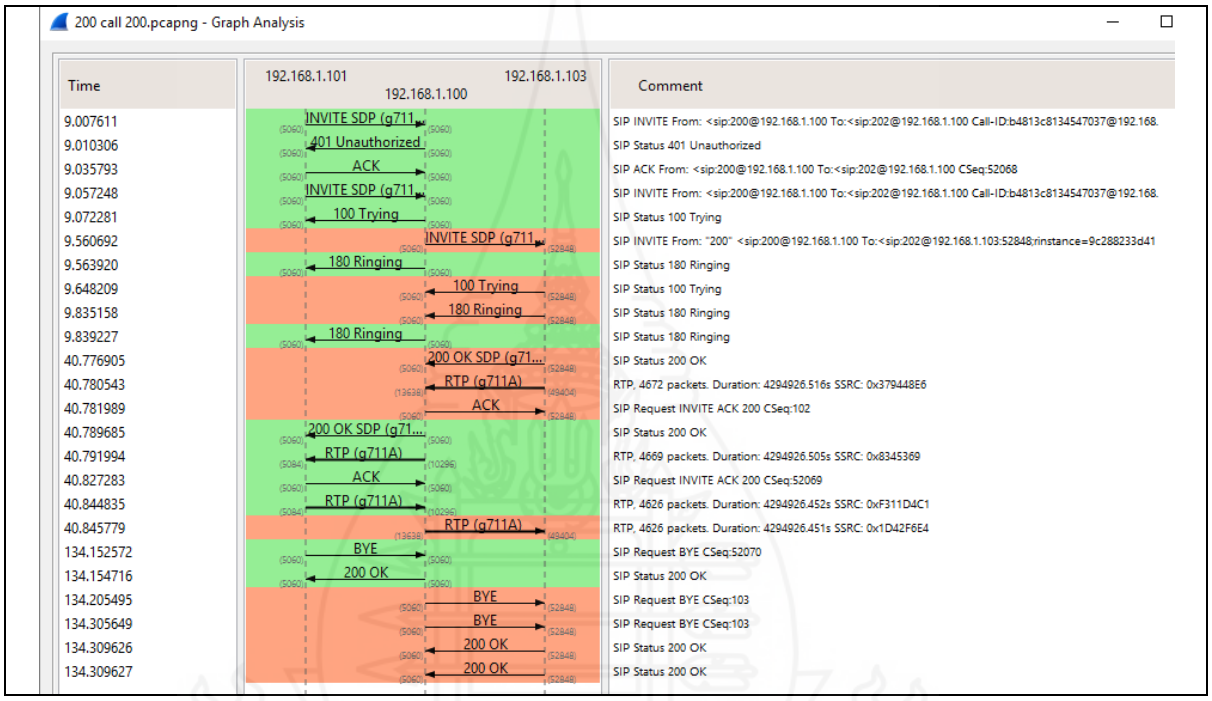
(3) เมื่อหมายเลข 201 รับสาย ระบบจะส่งข้อความรับการร้องข้อโดยการส่งข้อความตอบกลับ sip respond 200 OK ตอบกลับ หมายถึงการติดต่อสำเร็จ เมื่อทำการเชื่อมต่อเสร็จสิ้นแล้วข้อมูลเสียงจะสื่อสารด้วย RTP Protocol และบีบอัดเสียงด้วย g711 alaw

(4) จากนั้นเป็นช่วงทำการสนทนากันได้ระหว่างสองหมายเลข

(5) เมื่อ Softphone extension 201 ต้องการจบการสนทนาจะส่ง SIP request ข้อความ BYE ไปยัง IP-Phone extension 200 และเมื่อได้รับข้อความร้องขอดังกล่าวก็จะตอบกลับด้วย 200 OK เป็นการสิ้นสุดการติดต่อสื่อสาร

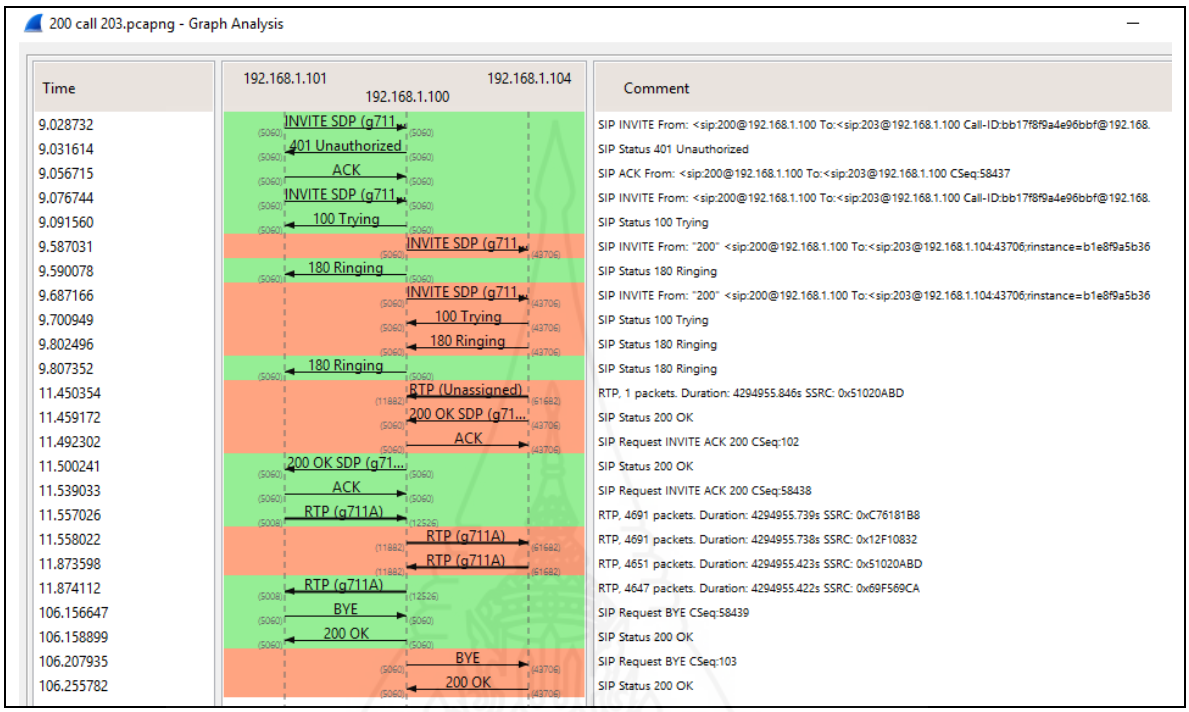
และการโทรในหมายเลขอื่นๆ กะบวนการทำงานก็ลักษณะคล้ายกัน เปลี่ยนเพียงหมายเลขไอพีปลายทางที่เป็นหมายเลขประจำอุปกรณ์นั้นๆ ดังนี้

3) การโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 202



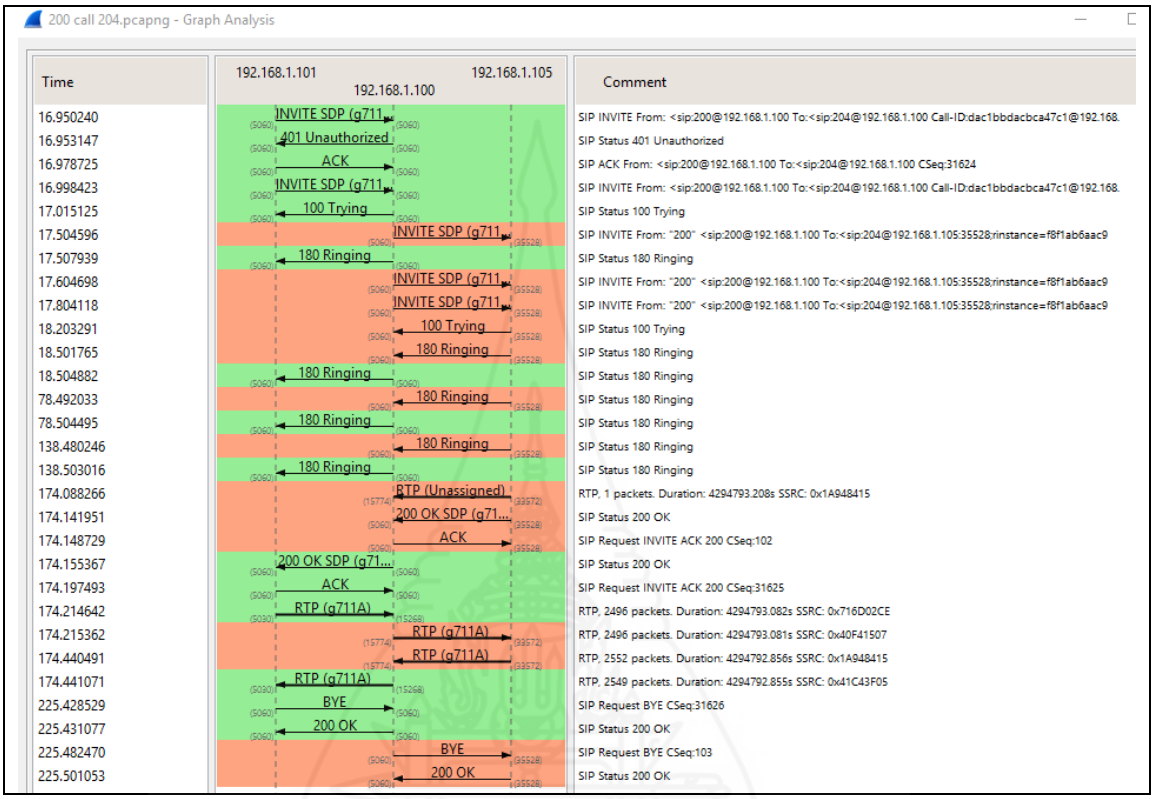
ภาพที่ 4.30 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 202

4) การโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 203



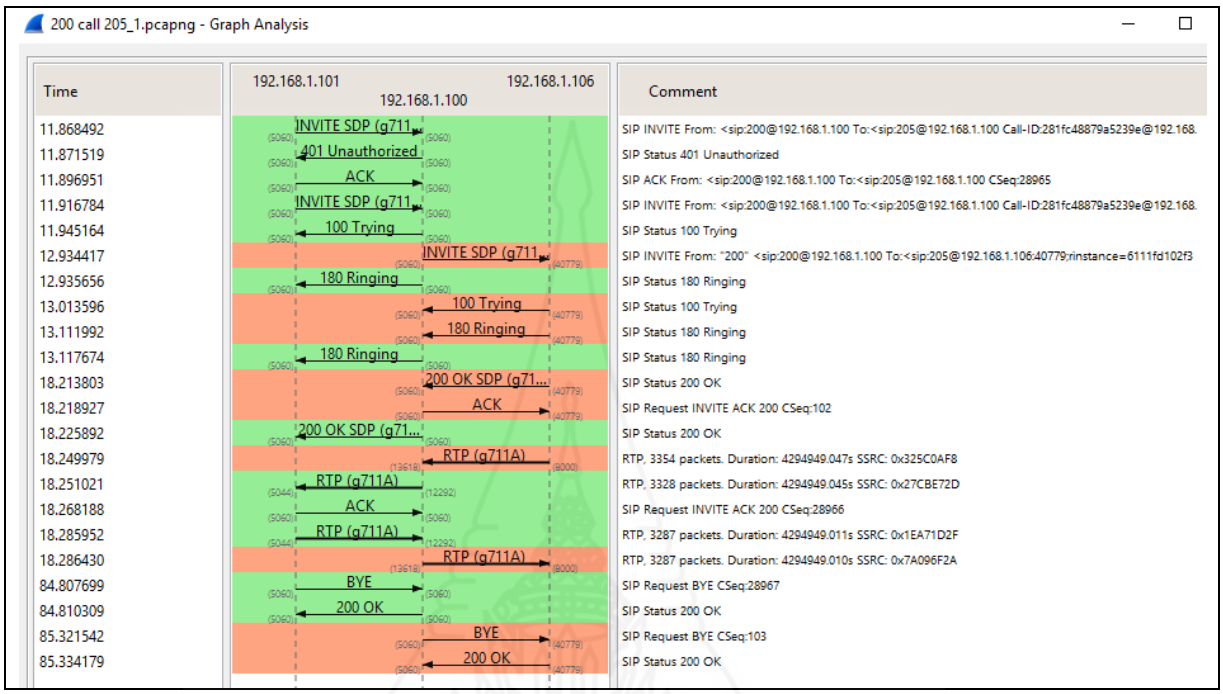
ภาพที่ 4.31 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 203

5) การโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 204



ภาพที่ 4.32 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 204

6) การโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 205



ภาพที่ 4.33 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 205

1.7.2 การโทรหากันระหว่างสาขาโดยผ่านอินทราเน็ตขององค์กร

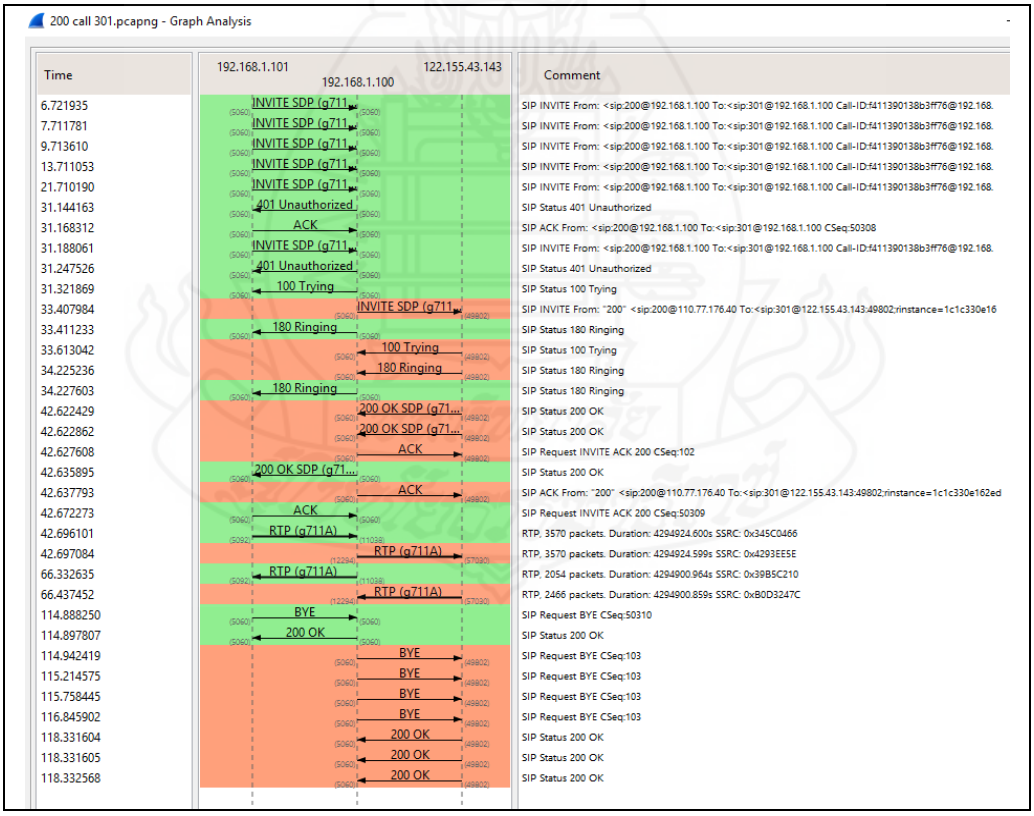
การโทรหากันระหว่างองค์กร หรือภายในสาขา ด้วยจำลองตามแผนผังเครือข่ายดังภาพที่ 3.4 โดยหมายเลขในส่วน SITE A ได้แก่ 200 ถึง 205 จะต้องโทรหาหมายเลข 301 หรือ 302 ได้

1) ผลการทดสอบหมายเลข 201-205 สามารถโทรหาหมายเลข 301 ได้ปกติ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการโทรจากหมายเลข 200-205 ไปยังหมายเลข 301

A number / B number	extension 301
extension 200	✓
extension 201	✓
extension 202	✓
extension 203	✓
extension 204	✓
extension 205	✓

2) การติดต่อสื่อสารโดยใช้โปรแกรม Wireshark โดยกรองโปรโตคอล SIP และ RTP เพื่อตรวจสอบการติดต่อสื่อสารจะยกตัวอย่างการโทรระหว่างหมายเลข 200 ไปยังหมายเลข 301 แสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 4.34 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 301

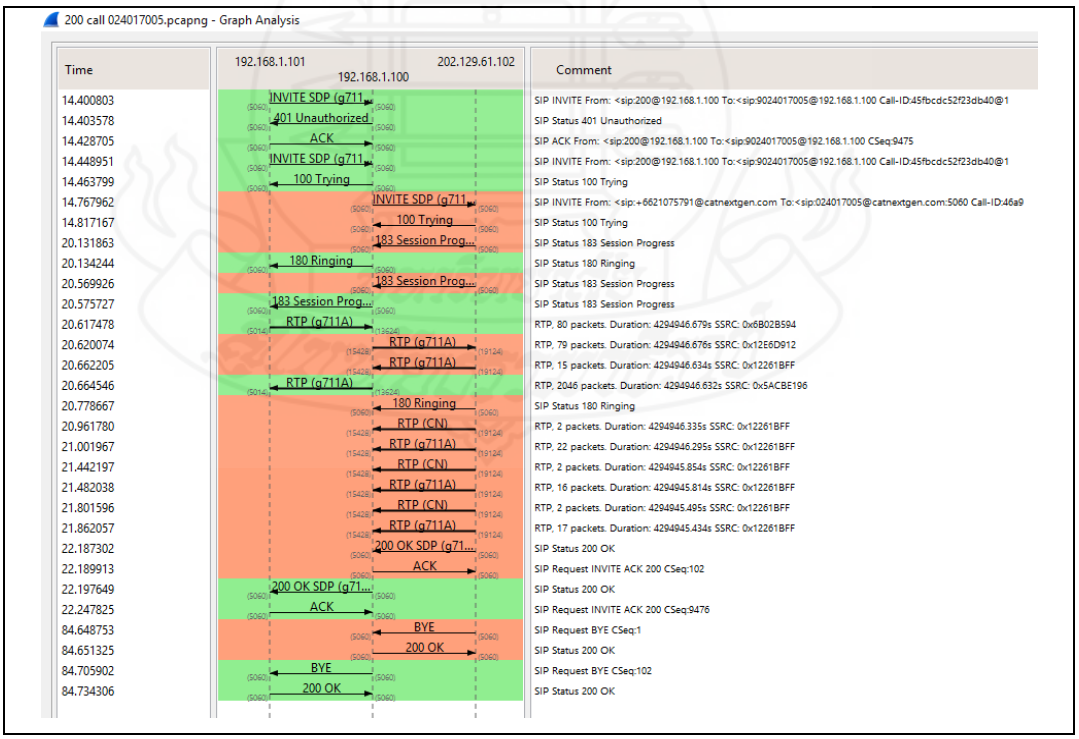
1.7.3 การใช้งานผ่าน Internet โทรหาเบอร์ VoIP เบอร์มือถือ และ Fixed line การทดสอบการโทร จะทดสอบโดยใช้แผนผังเครือข่ายดังภาพที่ 3.5

1) ผลการทดสอบการโทรออก หมายเลขภายใน สามารถโทรออกไปหายังหมายเลขโทรศัพท์พื้นฐาน (Fixed line) หมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile) หมายเลข VoIP และหมายเลขต่างประเทศ ได้ทั้งหมด โดยตามตารางที่ 4.3 นั้น เป็นการทดสอบโดยเรียกจากหมายเลขภายใน 200 ออกไปยังหมายเลขต่างๆ สามารถเรียกออกได้ปกติทุกหมายเลข

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการโทรออกจากหมายเลขภายใน ไปยังหมายเลขภายนอก

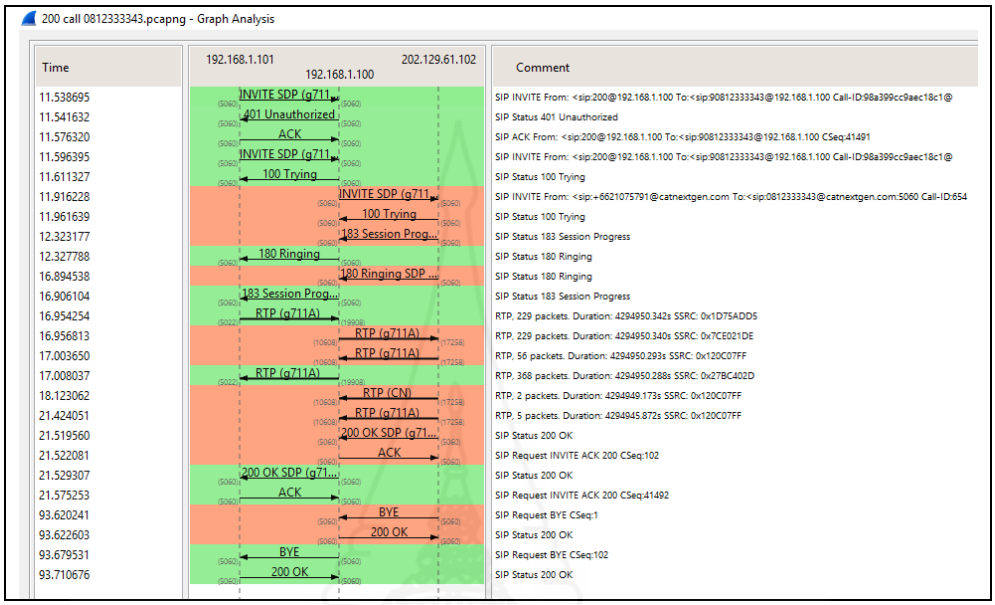
A number / B number	Fixed line 024017005	Mobile 0812333343	VoIP 021065764	หมายต่างประเทศ (อินเดีย) 009 861 3640990109
extension 200	✓	✓	✓	✓

2) *กระบวนการทำงานการโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 024017005*



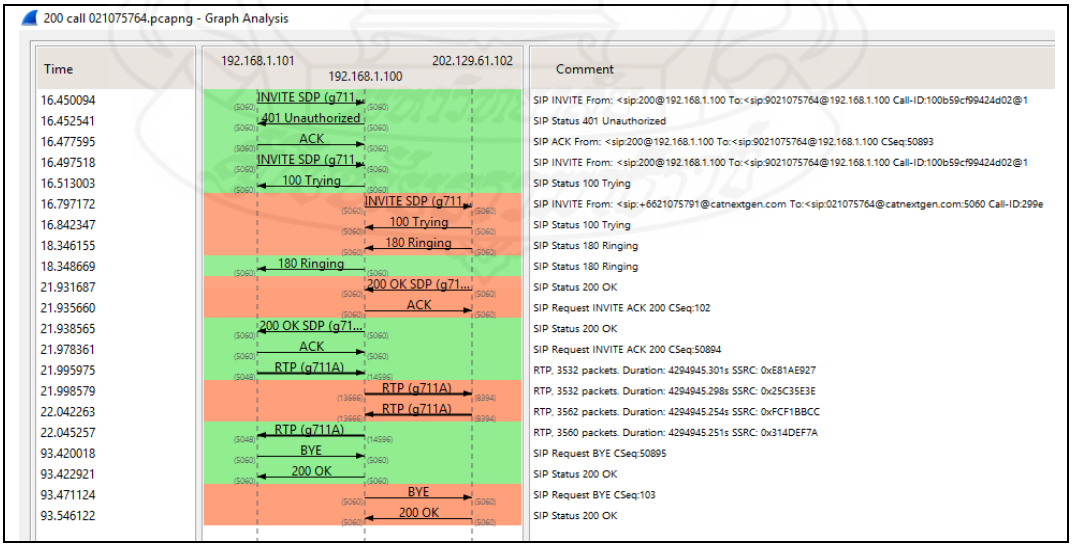
ภาพที่ 4.35 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลข 200 ไปยัง 024017005

3) กระบวนการทำงานการโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 0812333343



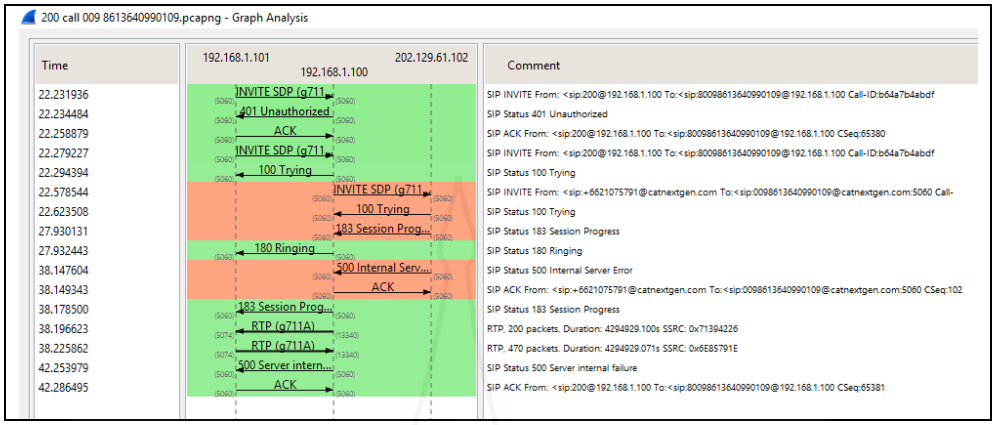
ภาพที่ 4.36 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลข 200 ไปยัง 0812333343

4) กระบวนการทำงานการโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 021075764



ภาพที่ 4.37 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลข 200 ไปยัง 021065764

5) กระบวนการทำงานการโทรจากหมายเลขภายใน 200 ไปยังหมายเลข 009



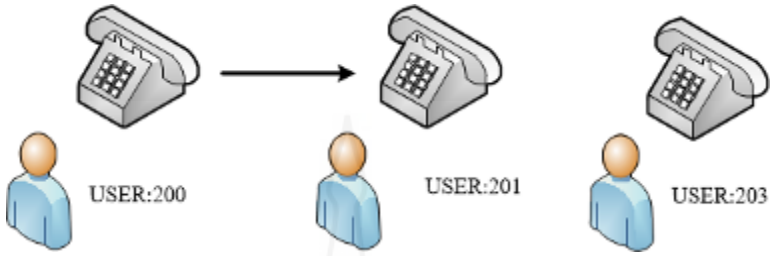
ภาพที่ 4.38 แสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรจากหมายเลข 200 ไปยัง 009 8613640990109

6) ผลการทดสอบการเข้าจากหมายเลขภายนอก การโทรเข้าจากหมายเลขภายนอก โดยใช้หมายเลขโทรศัพท์พื้นฐาน (Fixed line) หมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile) และหมายเลข VoIP สามารถโทรเข้ามาได้ปกติ ซึ่งการโทรเข้านี้ กำหนดให้สายที่โทรเข้ามา +6621075791 จะมาที่หมายเลข 200

ตารางที่ 4.4 ผลการโทรเข้าจากหมายเลขภายนอกเข้ามายังเบอร์ภายในที่ตั้งไว้

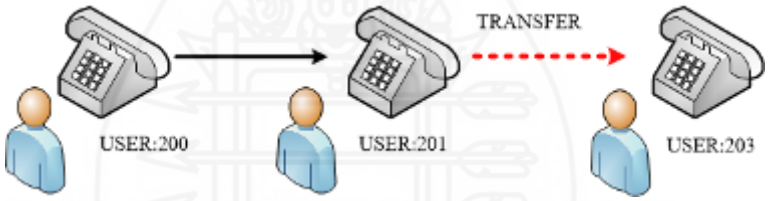
A number / B number	Extension 200
Fixed line 024017005	✓
Mobile 0812333343	✓
VoIP 021065764	✓

1.7.4 **การโอนสาย การทดสอบการโอนสาย จะใช้วิธีการทดสอบ** ดังภาพ หมายเลข 200 โทรหาหมายเลข 201 จากนั้นสนทนากัน



ภาพที่ 4.39 แสดงการสนทนากันระหว่างหมายเลข 200 และหมายเลข 201

เมื่อหมายเลข 200 ต้องการจะสนทนากับหมายเลข 203 จึงให้หมายเลข 201 ทำการกดโอนสายให้ โดยสามารถกดปุ่ม Transfer ที่เครื่องโทรศัพท์ แล้วกดเบอร์ 203 หรือกด *2 แล้วตามด้วย 203 แล้วแต่ว่าหมายเลข 201 จะใช้รูปแบบไหน จากนั้นรอหมายเลข 203 รับสาย ส่วนหมายเลข 200 นั้นในช่วงนี้จะได้ยินเป็นเสียงรอสาย



ภาพที่ 4.40 แสดงการโอนสาย จากหมายเลข 201 ไปยังหมายเลข 203

เมื่อหมายเลข 203 รับสาย หมายเลข 201 สามารถวางสายได้ จากนั้นทางหมายเลข 200 ก็จะสามารถสนทนากับหมายเลข 203 ได้ปกติ

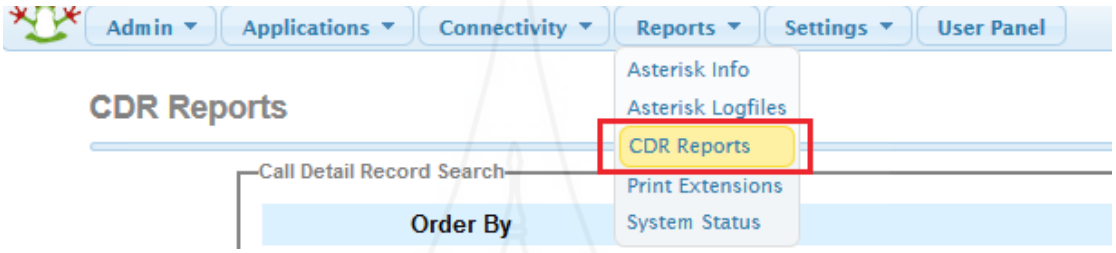
ภาพที่ 4.41 แสดงการสนทนากันระหว่างหมายเลข 200 และหมายเลข 203

ซึ่งสรุปว่า การโอนสายสามารถทำงานได้ปกติ โดยสามารถแสดงกราฟกระบวนการทำงานของการโทรดังภาพ

ภาพที่ 4.42 แสดงกราฟกระบวนการทำงานการสานทนาระหว่างเบอร์ 200 และ 201 จากนั้นหมายเลข 201 โอนสายไปยังหมายเลข 203

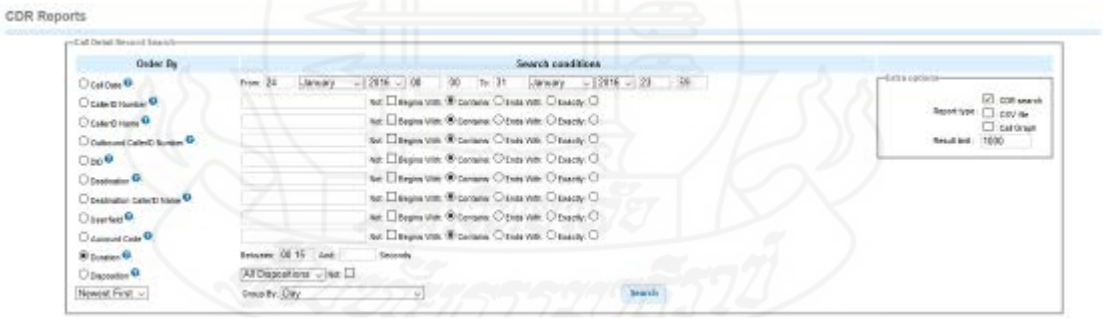
2. การตรวจสอบข้อมูลการใช้โทรศัพท์หรือข้อมูล CDR (Call Detail Record)

จากการทดสอบการเรียกในลักษณะต่างๆนั้น ข้อมูลการใช้งานโทรศัพท์จะมีการบันทึกไว้ว่ามีหมายเลขใดมีการเรียกออกไปไหนบ้าง หรือการเรียกเข้าจากภายนอกมาจากไหนบ้าง ซึ่งจะมีระบุวัน เวลา ระยะเวลาที่ใช้งาน เป็นต้น โดยสามารถเข้าไปที่หน้า FreePBX จากนั้นไปที่เมนู Report > CDR Report

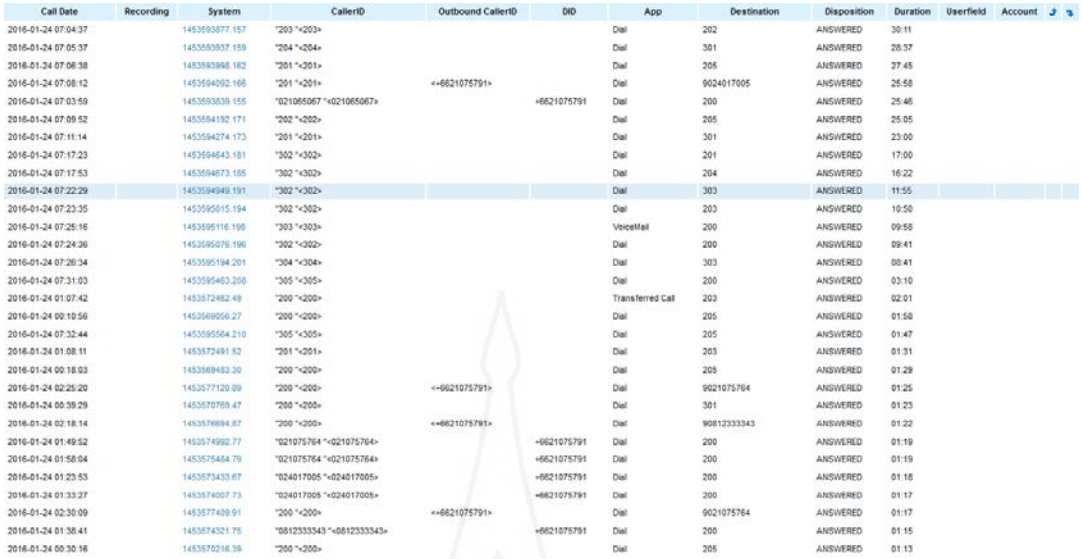


ภาพที่ 4.43 แสดงการเข้าดูข้อมูลการโทร

สามารถระบุเงื่อนไขตามความต้องการได้ เช่นเลือกตามวันที่ เลือกตามหมายเลขที่เรียกออก เลือกตามชื่อ ระยะเวลาที่ใช้ เป็นต้น เมื่อระบุเงื่อนไขที่ต้องการได้แล้ว ก็กด Search



ภาพที่ 4.44 แสดงรูปแบบเงื่อนไขที่สามารถเลือกได้ในการค้นหา



Call Date	Recording	System	CallerID	Outbound CallerID	DID	App	Destination	Disposition	Duration	Userfield	Account
2016-01-24 07:04:37		1453593877.157	"203 "<203>			Dial	202	ANSWERED	30:11		
2016-01-24 07:05:37		1453593937.159	"204 "<204>			Dial	301	ANSWERED	28:37		
2016-01-24 07:06:38		1453593998.162	"201 "<201>			Dial	205	ANSWERED	27:45		
2016-01-24 07:08:12		1453594092.166	"201 "<201>	<+6621075791>		Dial	9024017005	ANSWERED	25:58		
2016-01-24 07:03:59		1453593839.155	"021065067 "<021065067>		+6621075791	Dial	200	ANSWERED	25:46		
2016-01-24 07:09:52		1453594192.171	"202 "<202>			Dial	205	ANSWERED	25:05		
2016-01-24 07:11:14		1453594274.173	"201 "<201>			Dial	301	ANSWERED	23:00		
2016-01-24 07:17:23		1453594643.181	"302 "<302>			Dial	201	ANSWERED	17:00		
2016-01-24 07:17:53		1453594673.185	"302 "<302>			Dial	204	ANSWERED	16:22		
2016-01-24 07:22:29		1453594949.191	"302 "<302>			Dial	303	ANSWERED	11:55		
2016-01-24 07:23:35		1453595015.194	"302 "<302>			Dial	203	ANSWERED	10:50		
2016-01-24 07:25:16		1453595116.196	"303 "<303>			VoiceMail	200	ANSWERED	09:58		
2016-01-24 07:24:36		1453595076.196	"202 "<302>			Dial	200	ANSWERED	09:41		
2016-01-24 07:26:34		1453595194.201	"304 "<304>			Dial	303	ANSWERED	08:41		
2016-01-24 07:31:03		1453595463.206	"305 "<305>			Dial	200	ANSWERED	03:10		
2016-01-24 01:07:42		1453572462.49	"200 "<200>			Transferred Call	203	ANSWERED	02:01		
2016-01-24 00:10:56		1453569056.27	"200 "<200>			Dial	205	ANSWERED	01:58		
2016-01-24 07:32:44		1453595564.210	"305 "<305>			Dial	205	ANSWERED	01:47		
2016-01-24 01:08:11		1453572491.52	"201 "<201>			Dial	203	ANSWERED	01:31		
2016-01-24 00:18:03		1453569483.30	"200 "<200>			Dial	205	ANSWERED	01:29		
2016-01-24 02:25:20		1453577120.89	"200 "<200>	<+6621075791>		Dial	9021075764	ANSWERED	01:25		
2016-01-24 00:39:29		1453570769.47	"200 "<200>			Dial	301	ANSWERED	01:23		
2016-01-24 02:18:14		1453576694.87	"200 "<200>	<+6621075791>		Dial	90812333343	ANSWERED	01:22		
2016-01-24 01:49:52		1453574992.77	"021075764 "<021075764>		+6621075791	Dial	200	ANSWERED	01:19		
2016-01-24 01:58:04		1453575484.79	"021075764 "<021075764>		+6621075791	Dial	200	ANSWERED	01:19		
2016-01-24 01:23:53		1453573433.67	"024017005 "<024017005>		+6621075791	Dial	200	ANSWERED	01:18		
2016-01-24 01:33:27		1453574007.73	"024017005 "<024017005>		+6621075791	Dial	200	ANSWERED	01:17		
2016-01-24 02:30:09		1453577409.91	"200 "<200>	<+6621075791>		Dial	9021075764	ANSWERED	01:17		
2016-01-24 01:38:41		1453574321.75	"0812333343 "<0812333343>		+6621075791	Dial	200	ANSWERED	01:15		
2016-01-24 00:30:16		1453570216.39	"200 "<200>			Dial	205	ANSWERED	01:13		

ภาพที่ 4.45 แสดงการใช้งานการโทรหลังจากที่กำหนดเงื่อนไขในการค้นหา

3. การทดสอบและเปรียบเทียบการทำงานระบบไอพีพีบีเอกซ์

3.1 การเปรียบเทียบด้านคุณภาพเสียง พารามิเตอร์ที่สำคัญที่มีผลคุณภาพของการบริการ หรือ QoS (Quality of Service) นั้น เช่น ค่า Jitter หมายถึงค่าแปรปรวนของเวลาที่แพ็กเก็ตใช้เวลาในการเดินทาง จากต้นทางสู่ปลายทาง ค่า Packet loss คือค่าการสูญเสียของแพ็กเก็ตที่ส่งมาจากต้นทางเปรียบเทียบกับแพ็กเก็ตที่ปลายทางได้รับ แบนด์วิดท์ (Bandwidth) ที่ใช้งานในเครือข่าย การเลือกใช้โคเดก (CODEC) หรือตัวอุปกรณ์ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) เอง ซึ่งในการวัดค่า QoS ของระบบ VoIP นั้นมีหลายมาตรฐาน เช่น

Mean Opinion Score (MOS) กำหนดโดย ITU-T P.800 และเป็นวิธีที่นิยม

Perceptual Speech Quality Measure (PSQM) กำหนดโดย ITU P.861

Measuring Normalized Blocks (MNB) กำหนดโดย ITU P.861

Perceptual Evaluation of Speech Quality (PESQ) กำหนดโดย ITU P.862

Perceptual Analysis Measurement System (PAMS) กำหนดโดย British Telecom

The E-model กำหนดโดย ITU G.107

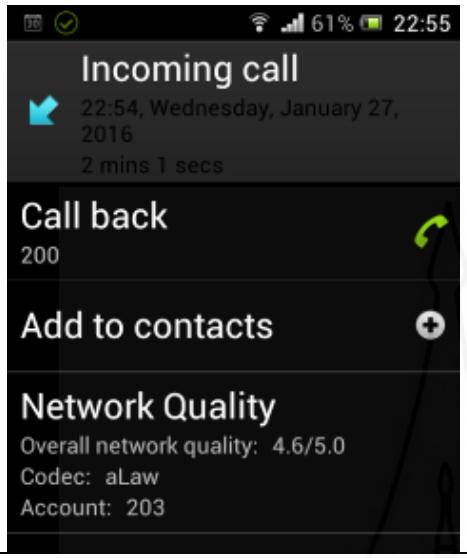
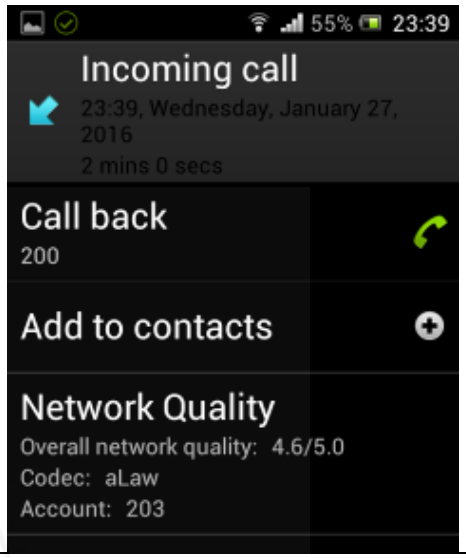
การวัดคุณภาพเสียงโดยใช้มาตรฐานแบบ MOS จะมีระดับคะแนนดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.5 ค่า MOS และระดับคุณภาพของเสียง

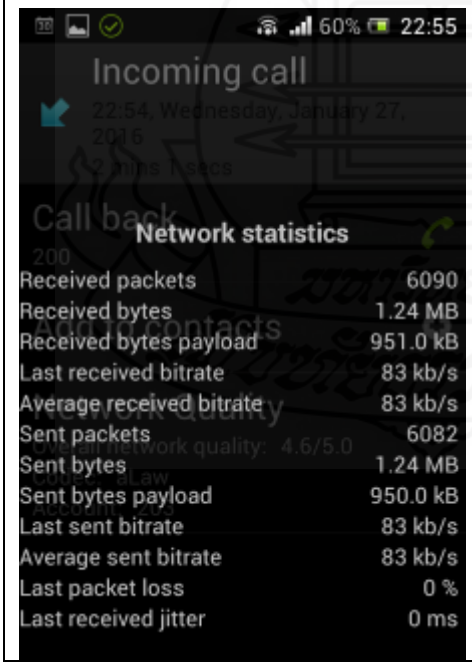
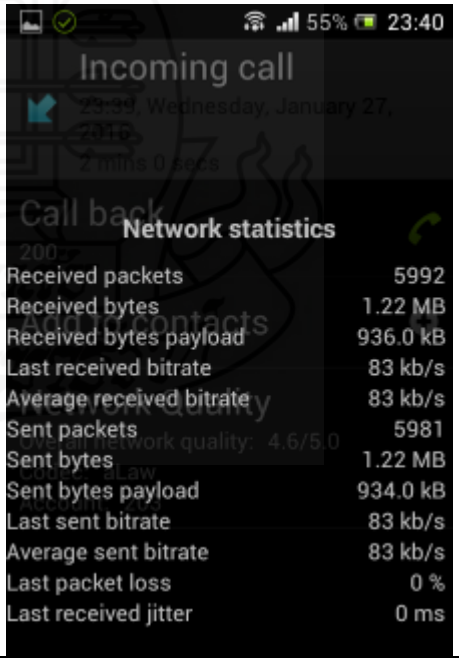
MOS	คุณภาพ	ลักษณะ
5	Excellent ยอดเยี่ยม	คาดไม่ถึง (Imperceptible)
4	Good ดี	ใช้ได้ดี (Perceptible)
3	Fair พอใช้	น่าหงุดหงิดเล็กน้อย (Slightly annoying)
2	Poor ไม่ดี	ไม่น่าพอใจ (Annoying)
1	Bad แย่	ไม่พอใจ (Very annoying)

ซึ่งการวัดค่าก็จะแตกต่างกันไปตามมาตรฐานนั้นๆ ซึ่งงานงานวิจัยนี้จะขอยกตัวอย่างจากโปรแกรมที่ใช้งานคือโปรแกรม Zoiper โดยขณะที่ทำการสนทนาและหลังสนทนา สามารถที่จะตรวจสอบค่า Network Quality และ Network Statistics ได้ในเบื้องต้น ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถตรวจสอบได้ง่ายโดยผู้ใช้ ซึ่งการทดสอบจะใช้ระบบเครือข่ายเดียวกัน ช่วงเวลาใกล้เคียงกัน อุปกรณ์ที่ใช้ต้นทางเป็น VoIP Phone เบอร์ภายใน 200 และหมายเลขปลายทางเป็นสมาร์ตโฟนที่ใช้โปรแกรม Zoiper เป็นโปรแกรม Soft Phone โดยใช้เวลาในการทดสอบการสนทนา ประมาณ 2 นาที ซึ่งจะแตกต่างกันเฉพาะไอพีพีบีเอกซ์ที่ทำงานบนบอร์ดราสเบอร์รี่พายกับไอพีพีบีเอกซ์ที่ทำงานบนเครื่องแม่ข่าย

จากภาพที่ 4.46 การเปรียบเทียบ Network Quality ระหว่าง ไอพีพีบีเอกซ์ บนบอร์ดราสเบอร์รี่พายกับไอพีพีบีเอกซ์บนเครื่องแม่ข่าย คุณภาพโดยรวมของไอพีพีบีเอกซ์บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ได้ค่าเท่ากับไอพีพีบีเอกซ์บนเครื่องแม่ข่าย คือ 4.6 จากเต็ม 5.0

ไอพีพีบีเอกซ์บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย	ไอพีพีบีเอกซ์บนเครื่องแม่ข่าย
	

ภาพที่ 4.46 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบ Network Quality ระหว่างบนบอร์ดราสเบอร์รี่พายและบนเครื่องแม่ข่าย

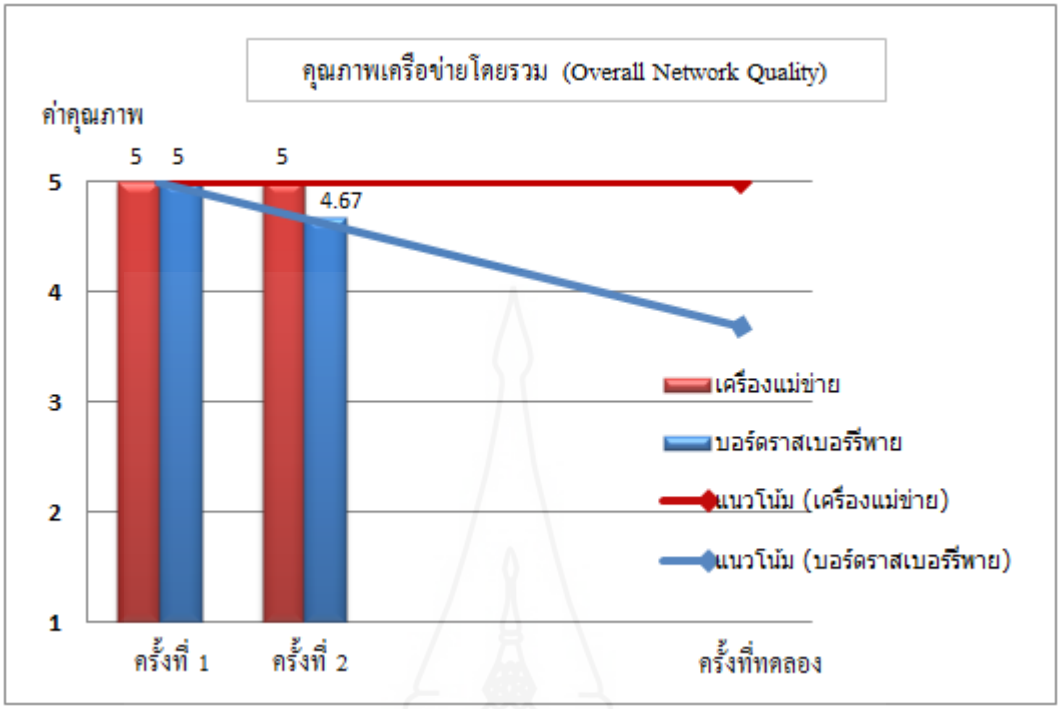
ไอพีพีบีเอกซ์บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย	ไอพีพีบีเอกซ์บนเครื่องแม่ข่าย
	

ภาพที่ 4.47 แสดงการเปรียบเทียบ Network Statistics บนบอร์ดราสเบอร์รี่พายและบนเครื่องแม่ข่าย

ทำการทดสอบเพิ่มเติมเพื่อประเมินประสิทธิภาพ โดยการกำหนดเวลาการโทรเป็น 3 ช่วงเวลาคือ 1 นาที 5 นาที และ 15 นาที เป็นจำนวน 2 ครั้ง ทั้งไอพีพีบีเอกซ์บนบอร์ดราสเบอร์รี่พายและไอพีพีบีเอกซ์บนเครื่องแม่ข่าย ผลการทดสอบแสดงตามรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 4.6 ค่า Network Statistics ของไอพีพีบีเอกซ์โดยการโทรเวลา 1 นาที

เวลา	Network Statistics	IP-PBX บนเครื่องแม่ข่าย		IP-PBX บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1 นาที	Received Packets	3043	3045	3044	3043
	Received Bytes	635.0 kB	636.0 kB	636.0 kB	635.0 kB
	Received bytes payload	475.0 KB	475.0 KB	475.0 KB	475.0 KB
	Last received bitrate	83 kb/s	83 kb/s	83 kb/s	84 kb/s
	Average received bitrate	84 kb/s	84 kb/s	83 kb/s	83 kb/s
	Sent packets	3032	3035	3029	3037
	Sent bytes	633.0 kB	632.0 kB	633.0 kB	634.0 kB
	Sent bytes payload	473.0 Kb	472.0 Kb	473.0 Kb	474.0 Kb
	Last sent bitrate	83 kb/s	83 kb/s	83 kb/s	84 kb/s
	Average sent bitrate	84 kb/s	82 kb/s	83 kb/s	83 kb/s
	Last packet loss	0%	0%	0%	0%
	Last received jitter	10 ms	12 ms	11 ms	13 ms
	Overall	5	5	5	4.67

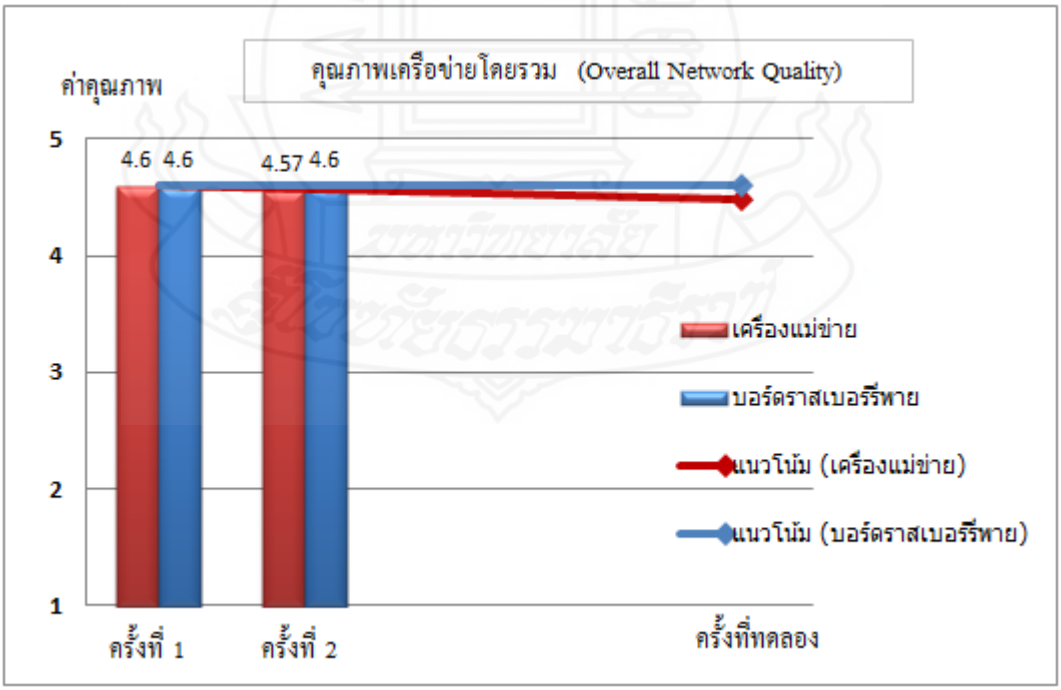


ภาพที่ 4.48 ผลแสดงคุณภาพเครือข่ายโดยรวมของไอพีพีบีเอกซ์โดยการโทรเวลา 1 นาที

จากตางรางที่ 4.4 และภาพที่ 4.48 เป็นผลการเปรียบเทียบในการโทรเป็นเวลา 1 นาที ค่าที่ได้จากไอพีพีบีเอกซ์บนเครื่องแม่ข่าย และไอพีพีบีเอกซ์บนบอร์ดราสเบอร์รี่พายครั้งที่ 1 มีค่าคุณภาพเครือข่ายโดยรวมบนเครื่องแม่ข่ายและบนบอร์ดราสเบอร์รี่พายเท่ากับ 5 เท่ากัน และครั้งที่ 2 มีค่า 5 และ 4.67 ซึ่งไม่ต่างกันมาก แต่หากทำการพยากรณ์ล่วงหน้าหากมีการทดสอบหากเพิ่มจำนวนครั้งการโทร เส้นแนวโน้มของบอร์ดราสเบอร์รี่พายจะมีแนวโน้มลดต่ำลง เมื่อเทียบกับแนวโน้มของเครื่องแม่ข่าย ซึ่งอาจจะมาจากค่าในการทดลองของครั้งที่ 2 ของบอร์ดราสเบอร์รี่พายที่ค่าครั้งแรก และครั้งที่ 2 มีความแตกต่างกัน จึงทำให้เส้นแนวโน้มลดต่ำลงกว่าเส้นแนวโน้มของเครื่องแม่ข่าย

ตารางที่ 4.7 ค่า Network Statistics ของไอพีพีบีเอกซ์โดยการโทรเวลา 5 นาที

เวลา	Network Statistics	IP-PBX บนเครื่องแม่ข่าย		IP-PBX บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
5 นาที	Received Packets	15092	15041	15040	15041
	Received Bytes	3.08 MB	3.07 MB	3.07 MB	3.07 MB
	Received bytes payload	2.3 MB	2.29 MB	2.29 MB	2.29 MB
	Last received bitrate	83 kb/s	83 kb/s	83 kb/s	83 kb/s
	Average received bitrate	83 kb/s	83 kb/s	83 kb/s	83 kb/s
	Sent packets	15082	15031	15037	15036
	Sent bytes	3.08 MB	3.07 MB	3.07 MB	3.07 MB
	Sent bytes payload	2.3 MB	2.29 MB	2.29 MB	2.29 MB
	Last sent bitrate	83 kb/s	84 kb/s	83 kb/s	83 kb/s
	Average sent bitrate	83 kb/s	83 kb/s	83 kb/s	83 kb/s
	Last packet loss	0%	0%	0%	0%
	Last received jitter	0 ms	11 ms	14 ms	11 ms
	Overall	4.6	4.57	4.6	4.6

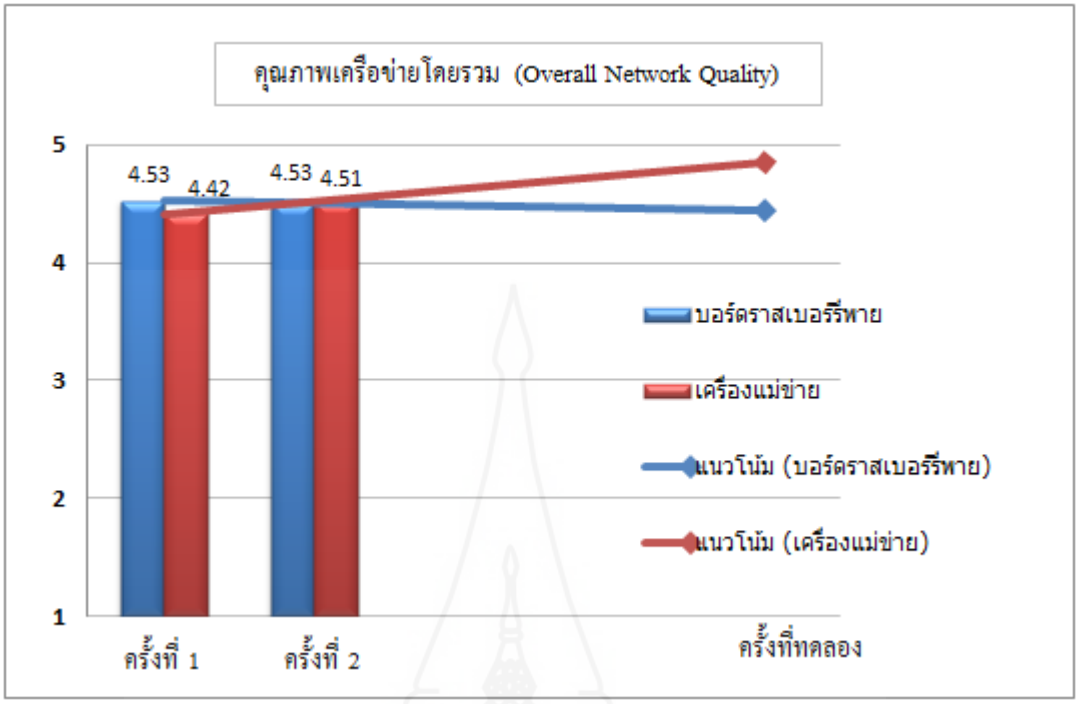


ภาพที่ 4.49 ผลแสดงคุณภาพเครือข่ายโดยรวมของไอพีพีบีเอกซ์โดยการโทรเวลา 5 นาที

จากตางรางที่ 4.5 และภาพที่ 4.49 เป็นผลการเปรียบเทียบในการโทรเป็นเวลา 1 นาที ค่าที่ได้จากไอพีพีบีเอกซ์บนเครื่องแม่ข่าย และไอพีพีบีเอกซ์บนบอร์ดราสเบอร์รี่พายครั้งที่ 1 มีค่าคุณภาพเครือข่าย 4.6 บนเครื่องแม่ข่าย และ 4.57 บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย และครั้งที่ 2 มีค่าคุณภาพเครือข่าย 4.6 บนเครื่องแม่ข่าย และ 4.6 หากทำการพยากรณ์ล่วงหน้าหากมีการทดสอบหากเพิ่มจำนวนครั้งการโทร เส้นแนวโน้มของบอร์ดราสเบอร์รี่พายและแนวโน้มของเครื่องแม่ข่ายยังมีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.8 ค่า Network Statistics ของไอพีพีบีเอกซ์โดยการโทรเวลา 15 นาที

เวลา	Network Statistics	IP-PBX บนเครื่องแม่ข่าย		IP-PBX บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
15 นาที	Received Packets	44787	45088	45029	45170
	Received Bytes	9.14 MB	9.2 MB	9.19 MB	9.22 MB
	Received bytes payload	6.83 MB	6.88 MB	6.87 MB	6.89 MB
	Last received bitrate	59 kb/s	83 kb/s	83 kb/s	83 kb/s
	Average received bitrate	83 kb/s	83 kb/s	83 kb/s	83 kb/s
	Sent packets	45081	45081	45038	45187
	Sent bytes	9.2 MB	9.2 MB	9.19 MB	9.22 MB
	Sent bytes payload	6.88 MB	6.88 MB	6.87 MB	6.89 MB
	Last sent bitrate	83 kb/s	83 kb/s	83 kb/s	83 kb/s
	Average sent bitrate	83 kb/s	83 kb/s	83 kb/s	83 kb/s
	Last packet loss	0%	0%	0%	0%
	Last received jitter	0 ms	0 ms	13 ms	0 ms
	Overall	4.42	4.53	4.53	4.51



ภาพที่ 4.50 ผลแสดงคุณภาพเครือข่ายโดยรวมของไอพีพีบีเอกซ์โดยการโทรเวลา 15 นาที

จากตางรางที่ 4.6 และภาพที่ 4.50 เป็นผลการเปรียบเทียบในการโทรเป็นเวลา 15 นาที ค่าที่ได้จากไอพีพีบีเอกซ์บนเครื่องแม่ข่าย และไอพีพีบีเอกซ์บนบอร์ดราสเบอร์รี่พายครั้งที่ 1 มีค่าคุณภาพเครือข่าย 4.42 บนเครื่องแม่ข่าย และ 4.53 บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย และครั้งที่ 2 มีค่าคุณภาพเครือข่าย 4.53 บนเครื่องแม่ข่าย และ 4.51 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาของการรับส่งแพคเก็ตมากขึ้นคุณภาพเครือข่ายโดยรวมก็จะลดลงด้วยแต่ยังอยู่ในระดับดีที่สามารถสนทนากันได้ปกติ หากทำการพยากรณ์ล่วงหน้า ถ้ามีการทดสอบหากเพิ่มจำนวนครั้งการโทร เส้นแนวโน้มของบอร์ดราสเบอร์รี่พายและแนวโน้มของเครื่องแม่ข่ายยังมีค่าใกล้เคียงกัน

จากการเปรียบเทียบ Network Statistics ไอพีพีบีเอกซ์ที่ทำงานบนบอร์ดราสเบอร์รี่พายกับ ไอพีพีบีเอกซ์ที่ทำงานบนเครื่องแม่ข่าย ค่า Package loss และ Jitter รวมถึงปริมาณการรับส่งข้อมูลระยะเวลา การเลือกใช้โคแดก เป็นต้น ทั้งของไอพีพีบีเอกซ์บนบอร์ดราสเบอร์รี่พายกับไอพีพีบีเอกซ์บนเครื่องแม่ข่ายมีผลต่อคุณภาพโดยรวมของการสนทนา

สรุปได้ว่า หากใช้การทดสอบในเครือข่ายเดียวกัน และอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้เหมือนกับอุปกรณ์ไอพีพีบีเอกซ์ที่ทำงานบนบอร์ดราสเบอร์รี่พายกับไอพีพีบีเอกซ์ที่ทำงานบนเครื่องแม่ข่ายสามารถทำงานได้เท่าเทียมกัน

1. การเปรียบเทียบคุณลักษณะอื่นๆ

นอกเหนือจากด้านคุณภาพเสียงแล้ว สามารถเปรียบเทียบด้านอื่นๆ ตามการเปรียบเทียบดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบคุณลักษณะอื่นๆ

คุณสมบัติ	บอร์ดราสเบอร์รี่พาย	เครื่องแม่ข่าย
ราคา	ราคาประมาณของชุด Raspberry Pi Model B+ = 880 บาท Acrylic Case = 150 บาท Micro SD Card = 120 บาท Adapter 5VDC 2A = 200 บาท รวมประมาณ 1350 บาท	เนื่องจากคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่นำมาใช้ในการทดสอบเป็นคอมพิวเตอร์รุ่นเก่าที่ไม่ได้ใช้งาน จึงประเมินราคาตามสภาพอยู่ที่ประมาณ 2500-3500
ซอฟต์แวร์	ฟรี สามารถใช้ซอฟต์แวร์แอสเทอร์ริสค์ฟรี (RASPBX)	ฟรี สามารถใช้ซอฟต์แวร์แอสเทอร์ริสค์ฟรี (AsteriskNow)
การติดตั้ง	สามารถติดตั้งได้ง่าย โดยการเขียนข้อมูลลงใน Micro SD card และเชื่อมต่อกับราสเบอร์รี่พายบอร์ด สามารถใช้งานได้ทันที	ต้องมีแผ่นบูตหรือต้องใช้กาบูตผ่านทาง USB Port ซึ่งจะต้องมีความชำนาญในเรื่องคอมพิวเตอร์ระดับหนึ่ง
ความสิ้นเปลืองพลังงาน	ใช้พลังงานประมาณ 3W หากเปิดทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จะใช้พลังงานไฟฟ้า = (กำลังไฟฟ้า (watt) x เวลาที่ใช้งาน (hr.)) / 1000 ราสเบอร์รี่พายบอร์ดจะใช้ไฟประมาณ 0.072 kWh	ใช้พลังงานน้อยประมาณ 240W หากเปิดทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จะใช้พลังงานไฟฟ้า = (กำลังไฟฟ้า (watt) x เวลาที่ใช้งาน (hr.)) / 1000 คอมพิวเตอร์แม่ข่าย จะใช้ไฟประมาณ 5.76 kWh
รองรับการเชื่อมเพื่อการขยายต่อ	ยังไม่รองรับ เช่นการ์ด E1	รองรับ

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ตู้ชุมสายอัตโนมัติไอพีพีบีเอกซ์ เริ่มเป็นที่นิยมขึ้นในวงกว้าง ทั้งในองค์กรขนาดเล็กและแม้แต่องค์กรขนาดใหญ่ เพราะความประหยัดของการใช้งานหมายเลข VoIP และมีฟังก์ชั่นการทำงานที่หลากหลาย แต่เนื่องจากราคาหรือการติดตั้งอาจจะดูยุ่งยากหากไม่มีเจ้าหน้าที่ที่ดูแลด้านเทคโนโลยีด้านสารสนเทศโดยตรง ซึ่งในงานวิจัยนี้เห็นว่ามีบอร์ดคอมพิวเตอร์แบบฝังตัวที่เรียกว่าราสเบอร์รี่พาย ที่มีขนาดเล็ก ราคาถูกเมื่อเทียบกับเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่มีใช้งานทั่วไป หากนำมาประยุกต์ใช้เป็นไอพีพีบีเอกซ์โดยและทดสอบการทำงานว่าสามารถใช้งานได้ในระดับพื้นฐานที่ใช้กันบ่อยๆ เช่นการโทรเข้า การโทรออก หรือการโอนสาย สามาถที่จะเป็นต้นแบบในการใช้งานเพื่อสนับสนุนการให้บริการธุรกิจของ CAT2Call Plus ได้นั้น หลังจากทำการทดสอบในหัวข้อต่างๆ สามารถสรุปผลเป็นประเด็นต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 การใช้งานโดยการติดตั้งระบบไอพีพีบีเอกซ์ (IP-PBX) โดยใช้ซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์ (Asterisk) เพื่อให้ทำงานบนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi board) สามารถใช้งานได้ ระบบสามารถใช้งานโทรศัพท์เข้า-ออกระหว่างโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตกับโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต โทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตกับโทรศัพท์พื้นฐาน และ โทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ปกติ ตัวบอร์ดสามารถรองรับการทำงานร่วมกับการใช้หมายเลขของ CAT2Call plus ได้ดี และผลการทดสอบคุณภาพการโทรจากโปรแกรม Zoiper ค่า Network Quality และ Network Statistics คุณภาพโดยรวมไม่แตกต่างกันมากเมื่อทดสอบจะใช้ระบบเครือข่ายเดียวกัน ช่วงเวลาใกล้เคียงกัน และอุปกรณ์ที่ใช้ต้นทางเป็นชนิดเดียวกัน

1.2 ระบบสามารถใช้งานได้ครอบคลุมทั้ง 3 ด้านคือการโทรหากันภายในเครือข่าย LAN และ Wireless LAN การโทรหากันระหว่าสาขาโดยผ่านอินทราเน็ตองค์กร เช่น Lease Line, Frame Relay, MPLS หรือ VPN การใช้งานผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ต

1.3 ระบบไอพีพีบีเอกซ์ที่ใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พาย ทำให้ได้ระบบใช้งานที่ราคาประหยัดและยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนส่วนฮาร์ดแวร์ สามารถเป็นทางเลือกที่องค์กรขนาดเล็ก

นำมาปรับเพื่อใช้ภายใน ตัวอย่างเช่นตามห้างสรรพสินค้าที่ไม่สามารถเดินคู่สายได้เพิ่ม สามารถนำระบบไอพีพีบีเอกซ์ ที่ใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พาย ไปติดตั้งและใช้งาน จะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานโทรศัพท์และลดค่าใช้งานในส่วนอุปกรณ์ซอฟต์แวร์หรือฮาร์ดแวร์ราคาแพง

2. อภิปรายผล

2.1 การใช้งาน VoIP จะติดปัญหากับหน่วยงานหรือองค์กรที่ใช้งาน NAT, Firewall ทำให้การสื่อสารอาจจะมีปัญหา เช่นการได้ยินเสียงด้านเดียว ซึ่งกรณีนี้ต้องประสานงานผู้ดูแลระบบ หรือผู้ให้บริการโครงข่ายอินเทอร์เน็ต

2.2 การวัดคุณภาพการบริการ หรือ Quality of Service นั้นเป็นตัวแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการทำงานของระบบ VoIP มีคุณภาพเพียงใด หากไม่ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดประสิทธิภาพการใช้งานก็จะลดลงและทำให้ไม่ได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน ซึ่งคุณภาพขึ้นอยู่กับหลายๆปัจจัยเช่น ความเร็วอินเทอร์เน็ตและความเสถียรภาพของโครงข่ายที่ใช้ทั้งต้นทาง และปลายทาง จำนวนอุปกรณ์ที่ใช้งานพร้อมกัน การกำหนดโคแดกในการใช้งาน เป็นต้น

2.3 การทดสอบทำงานได้ดีทั้งบน IP-Phone โปรแกรม Softphone ที่ติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์และที่ติดตั้งบนสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ต และด้วยปัจจุบันพนักงานตามองค์กรก็มีอุปกรณ์สมาร์ตโฟนใช้งานแพร่หลาย การที่จะนำระบบ VoIP เพื่อมาใช้ในองค์กรนั้นๆ และสามารถโทรหากันฟรีย่อมได้รับการตอบรับที่ไม่ยาก ตัวอย่างองค์กรที่มีอุปกรณ์โทรศัพท์ 10-20 เครื่องสามารถประยุกต์ใช้งานได้เลย สามารถโทรหากันฟรี และไม่ต้องติดตั้งคู่สายให้ยุ่งยาก และในบางพื้นที่เช่น ตามห้างสรรพสินค้า บางที่จะได้รับการทำสัญญากับบริษัทผู้ให้บริการโทรศัพท์พื้นฐานไว้จนหกว่าจะหมดสัญญา ต้องใช้ค่ายนั้นๆ ไม่สามารถเดินคู่สายเพิ่มได้ การเลือกใช้บริการ CAT2Call Plus ก็เป็นทางเลือกแบบหนึ่งที่สามารถเพิ่มเบอร์ได้

2.4 ในปัจจุบันถึงแม้โปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน ที่สามารถใช้งานได้ฟรี เช่น Skype Facebook หรือ LINE ที่สามารถสนทนาได้เช่นเดียวกับการโทรผ่านอินเทอร์เน็ต แต่บริการดังกล่าวก็ยังไม่สามารถติดตั้งเป็น IP-PBX ได้ (นอกจาก skype ที่สามารถติดตั้งบน PBX ได้แต่หมายเลข Skype number ยังไม่สนับสนุนเป็นหมายเลขของประเทศไทย) แต่ CAT2Call Plus จะได้หมายเลขประจำเป็น 02 xxx xxxx เป็นเลขหมายประจำจนกว่าจะทำการยกเลิกใช้บริการ

2.5 การติดตั้งซอร์ฟแวร์หรือแอบพลิเคชั่นเพิ่มเติมลงในบอร์ดราสเบอร์รี่บาย ยิ่งติดตั้งมากก็จะทำให้ระบบประมวลผลช้าลง จะทำให้มีผลต่อการใช้งาน VoIP ซึ่งถ้าหัวข้อไหน หรือฟังก์ชันไหนไม่จำเป็นต้องใช้ก็ควรปิดการทำงานไป

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย ยังมีฟังก์ชันอีกหลายๆด้าน ที่สามารถใช้กับร่วมกับซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์ เช่น ระบบฝากข้อความเสียง (Voice Mail) ระบบประชุมทางโทรศัพท์ (Teleconference) ระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ (IVR) เป็นต้น หากได้นำมาทดสอบให้ครบถ้วน จะได้ระบบที่สามารถใช้งานได้หลากหลายขึ้น

3.2 หากมีพื้นฐานความรู้เรื่องการเขียนโปรแกรมด้วย PHP, MySQL หรือ Perl สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานเพื่อใช้งานเอง เช่น การเขียนโปรแกรม Web Management (การตั้งค่าคอนฟิกผ่านหน้าเว็บบราวเซอร์) ขึ้นมาใหม่ หรือสามารถเขียนโปรแกรมติดต่อกับฐานข้อมูลเพื่อดึงข้อมูลการโทรมาแสดง หรือคิดค่าโทร เป็นการทำบิล เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กิติพงษ์ สุวรรณราช. (2551). *ออกแบบและติดตั้งระบบโทรศัพท์ IP-PBX ด้วย Asterisk.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ออฟเซ็ทเพรส.

จตุชัย แพงจันทร์. (2555). *เจาะระบบ Network 3rd Edition.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). นนทบุรี: ไอดีซีฯ.

ธีระภัทร์ ไกรมะณี. (2556). *ระบบรายงานสภาพแวดล้อมของศูนย์ข้อมูลด้วยบอร์ดราสเบอร์รี่พาย.* (สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร,กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก http://www.msit.mut.ac.th/newweb/phpfile/Thesis/Thesis_2556/81 ระบบรายงานสภาพแวดล้อมของศูนย์ข้อมูลด้วยบอร์ดราสเบอร์รี่พาย.pdf

นุชจรี ปัญญาวุฒิไกร. (2556). *การโต้ตอบของ SIP บน Softphone ชนิดต่างๆ.* (สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร,กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก http://www.msit.mut.ac.th/newweb/phpfile/Thesis/Thesis_2556/71 การศึกษาการโต้ตอบของ SIP บน Softphone ชนิดต่างๆ.pdf

บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน). *CAT2call plus.* Retrieved from http://www.cattelecom.com/site/th/list_service.php?cat=190

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. *AsteriskNow for Thai (ANt).* สืบค้นจาก http://voip.sit.kmutt.ac.th/index.htm

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. (2558, พฤษภาคม). *NBTC - Raspberry Pi.* สืบค้นจาก http://nbtc-raspberrypi.info/

สุวัฒน์ ปุณณชัยยะ. (2545). *เปิดโลก TCP/IP และโปรโตคอลของอินเตอร์เน็ต.* กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.

Asterisk for Raspberry Pi. (n.d.). Retrieved from Asterisk for Raspberry Pi: www.raspberry-asterisk.org

CounterPath. (n.d.). *X-Lite SIP Softphone: The Best Free VoIP Software Phone Client.* Retrieved from X-Lite: http://www.counterpath.com/x-lite/

Free VoIP SIP softphone dialer with voice, video and instant messaging. (n.d.). Retrieved from Zoiper: http://www.zoiper.com/en

José Antonio Estrada, David Peláez, Christian Tipantuña, Juan Carlos Estrada. (2015,September). *Performance Analysis Raspberry Pi Based IP Telephony Platform Proceedings of Revista Politécnica : Vol.36*. (pp. 72-77). Retrieved from http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/603/pdf

PuTTY - a free SSH and telnet client for Windows. (n.d.). Retrieved from PuTTY: http://www.putty.org/

Raspberry Pi - Teach, Learn, and Make with Raspberry Pi. (n.d.). Retrieved from Raspberry Pi: https://www.raspberrypi.org/

voip4share. (2552). *พื้นฐานเกี่ยวกับ VoIP.* Retrieved from VoIP Community of Thailand: http://www.voip4share.com/voip-f39/

Walberto Abad. (2014, August). Using Asterisk to implement a low cost telephone system. *The MagPi*, (ISSUE 26, pp. 30-33). Retrieved from https://www.raspberrypi.org/magpi-issues/MagPi26.pdf

Walberto Abad. (2014, November). Using Asterisk to implement a low cost telephone system – Part 2. *The MagPi,* (ISSUE 28, pp. 20-23). Retrieved from https://www.raspberrypi.org/magpi-issues/MagPi28.pdf

Wireshark · Go Deep. (n.d.). Retrieved from Wireshark: https://www.wireshark.org

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

หลักฐานแสดงการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8
ECTI CARD 2016
27-29 กรกฎาคม 2559
โรงแรมหัวหินแกรนด์ โฮเทล แอนด์ พลาซ่า จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
Conference Committee
Advisory
รศ.สุภัทรา โกไศยกานนท์ (มทร.พระนคร)
ศ.ดร.ประกาส จงสถิตวัฒนา (จุฬาลงกรณ์)
General Co-Chair
ศ.ดร.ประยุทธ อัครเอกฮาสิน (มจพ.)
ผศ.ดร.วีโรจน์ ฤทธิ์ทอง (มทร.พระนคร)
นายประธูร เชี่ยวรัฒนา (มว.)
ผศ.ดร.ปฏิภาณ ถิ่นพระบาท (มทร.พระนคร)
Technical Program Chairs
ศ.ดร.โกสินทร์ จำนงไทย (มจธ.)
รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี (สจล.)
รศ.ดร.อิทธิพงศ์ ชัยชาญณัฐ (มเจียอาคเนย์)
รศ.ดร.พรชัย พฤกษ์ภัทรทรานนท์ (มอ.)
ดร.พลิษฐ์ สุวรรณกิงคาร (มทร.พระนคร)
ดร.สมชัย หิรัญวโรดม (มทร.ธัญบุรี)
ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ สาฤล (มทร.ศรีวิชัย)
ดร.ชัยวัฒน์ เจษฎาจินต์ (มว.)
Secretaries
ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ (มทร.พระนคร)
อ.ธนะกิจ วัฒกีกำธร (มทร.พระนคร)
2nd Call for Papers
งานประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2016 ครั้งที่ 8 "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดเพื่อตอบสนองภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างยั่งยืน" จัดโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ และสมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคมและสารสนเทศประเทศไทย ที่ถูกจัดขึ้นระหว่างวันที่ 27-29 กรกฎาคม พ.ศ.2559 ณ โรงแรมหัวหินแกรนด์แอนด์พลาซ่า จ.ประจวบคีรีขันธ์ มีจุดมุ่งหมายหลักของการจัดงานเพื่อรวบรวมผลงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ งานนวัตกรรม และสิ่งประดิษฐ์รวมถึงเปิดโอกาสให้นักวิจัย ผู้พัฒนาและผู้ใช้งานหรือหน่วยงานต่างๆ ได้มีโอกาสในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันและสามารถนำผลงานที่ตีพิมพ์ไปพัฒนาต่อยอดหรือพัฒนาสู่ผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งบทความที่ส่งมานั้นจะได้รับการพิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิจากคุณภาพและความสมบูรณ์ของงาน บทความที่ได้รับการคัดเลือกและได้ถูกนำเสนอในที่ประชุม ECTI-CARD 2016 จะถูกตีพิมพ์ใน ECTI-CARD Proceedings ซึ่งสามารถสืบค้นได้ที่ฐานข้อมูลของสมาคม ECTI
หัวข้อบทความที่เกี่ยวข้อง
กลุ่มที่ 1 : เกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร
กลุ่มที่ 2 : เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์การศึกษา
กลุ่มที่ 3 : การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงานบ้านอัตโนมัติ
กลุ่มที่ 4 : การเรียนการสอนทางไกล การศึกษาบันเทิงคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน
กลุ่มที่ 5 : การกู้ภัย ระบบเตือนภัย และพยากรณ์
กลุ่มที่ 6 : การสื่อสาร การสนับสนุนผู้เข้าตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย
กลุ่มที่ 7 : การขนส่ง การควบคุมจราจร การจัดการอุตสาหกรรม
กลุ่มที่ 8 : ธุรกิจการธนาคาร การท่องเที่ยว และการโรงแรม
กลุ่มที่ 9 : ระบบความปลอดภัย การควบคุมการเข้าถึงการยืนยันตัวตน ระบบตรวจจับ
กลุ่มที่ 10 : มาตรวิทยา การวัดและควบคุม
กลุ่มที่ 11 : หัวข้ออื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
การส่งบทความแบ่งเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้
1. รูปแบบบทความวิจัย เป็นบทความเต็มรูปแบบภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษไม่เกิน 4 หน้ากระดาษ A4 ในรูปแบบมาตรฐาน 2 คอลัมน์ของ IEEE โดยต้องกล่าวถึงทีมาและผลที่ได้รับ รายละเอียดและ/หรือการนำไปใช้งาน ซึ่งเกี่ยวข้องกับหัวข้อใดหัวข้อหนึ่งหรือมากกว่า จากกลุ่มต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้
2. รูปแบบสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเป็นบทความเต็มรูปแบบภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษไม่เกิน 2 หน้ากระดาษ A4 ในรูปแบบมาตรฐาน 2 คอลัมน์ของ IEEE โดยผู้เขียนบทความอาจจะนำผลงานหรือสิ่งประดิษฐ์มาร่วมจัดแสดงในงานประชุมด้วยก็ได้
http://ecticard2016.ecticard.org/
WORKSHOP
Session A
การสาธิตอุปกรณ์การวัดสัญญาณไฟฟ้าแบบต่างๆ
Session B
การสอบเทียบเครื่องมือ ข้อมูลจำเพาะของเครื่องมือ กระบวนการสอบเทียบ สาธิตการสอบเทียบ DMM
Session C,D
ให้บริการสอบเทียบ DMM ให้แก่ผู้ร่วมงานสัมมนา
ECTI-CARD 2016
กำหนดการสำคัญ
วันสุดท้ายของการส่งบทความฉบับสมบูรณ์
วันที่ 6 มีนาคม 2559
ประกาศผลการพิจารณาบทความ
วันที่ 11 พฤษภาคม 2559
ส่งบทความต้นฉบับเพื่อตีพิมพ์และลงทะเบียน
วันที่ 24 มิถุนายน 2559
วันจัดประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2016
วันที่ 27 - 29 กรกฎาคม 2559
ประสานงานโดย :
ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ 081-838-6780
ผศ.กมลทิพย์ วัฒกีกำธร 090-925-5856
ดร.พลิษฐ์ สุวรรณกิงคาร 080-044-1915
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ร่วมจัดประชุมโดย :
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
โทรศัพท์ 02-836-3000 ต่อ 4150 โทรสาร 02-836-3000 ต่อ 4151
EMAIL : ecticard2016@gmail.com
ECTI Association
RMUTP
NIMT

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๘ (ECTI-CARD ๒๐๑๖)

๑๐ มิถุนายน ๒๕๕๙

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาบทความ ECTI-CARD ๒๐๑๖

เรียน Paradorn Sriarwut, Walisa Romsaiyud

ตามที่ท่านได้ส่งบทความ เพื่อเข้าร่วมงานประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๘ (ECTI-CARD ๒๐๑๖) ระหว่างวันที่ ๒๗-๒๙ กรกฎาคม ๒๕๕๙ ณ โรงแรมหัวหินแกรนด์ แอนด์พลาซ่า อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในหัวเรื่อง

"Applying IP-PBX on Raspberry Pi board for business support services of CAT๒Call plus"

ในการนี้ คณะกรรมการดำเนินงาน การจัดประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๘ (ECTI-CARD ๒๐๑๖) มีความยินดีที่จะเรียนให้ท่านทราบว่า บทความเรื่องดังกล่าวได้ "ผ่านการพิจารณา" โดยผู้ทรงคุณวุฒิให้นำเสนอแบบปากเปล่า (Oral Presentation) ในการประชุมทางวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๘ (ECTI-CARD ๒๐๑๖) แล้ว

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ลงชื่อ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย)

นายกสมาคม ECTI

8th Conference on Application Research and Development

ECTI-CARD 2016 COPYRIGHT TRANSER FORM

PAPER ID 1115

Title of Paper

Applying IP-PBX on Raspberry Pi board for business support services of CAT2Call plus

List of Author(s):

Mr.Paradorn Sriarwut

Asst. Prof. Dr. Walisa Romsaiyud

Agreement on the Copyright Transfer

The undersigned agrees to transfer all copyright rights in and to the above work to the ECTI Steering Board so that the ECTI Steering Board shall have the right to publish the work for nonprofit use in any media or form. In return, authors retain (1) all proprietary right other than copyright (2) re-use of all or part of the above paper in their other work, and (3) right to reproduce or authorize others to reproduce the above paper for authors' personal use or for company use if the source and ECTI copyright notice is indicated, and if the reproduction is not made for the purpose of sale

Name (please print)

Mr.Paradorn Sriarwut

Authorized signature (or if joint work, as Agent for all authors)

Name of Employer (please print)

Sukhothai Thammathirat Open University.

Date May 12,2016

ECTI-CARD Conference 2016
8th Conference on Application Research and Development
27-29 July 2016 | Prachuabkhirikhan, THAILAND

ECTI-CARD 2016 SPEAKER's BIOGRAPHY FORM

PAPER ID 1115

Title of Paper

Applying IP-PBX on Raspberry Pi board for business support services of CAT2Call plus

Speaker's Name

Mr.Paradorn Sriarwut

Affiliation

Sukhothai Thammathirat Open University.

Biography

- **Current Status/Position**

  Master student in Science and Technology School (Information and Communication Technology), Sukhothai Thammathirat Open University

  I'm a Telecommunication technician at CAT Telecom Public Co., Ltd.

- **Education**

  2005: Bachelor of Engineering in Electronics and Telecommunication Engineering from Rajamangala University of Technology Thanyaburi

- **Research Area**

  1. Information and Communications Technology
  2. Data Communication and Networking

NIMT
ECTI
Association
ECTI-CARD
2016
การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8
ECTI CARD 2016
การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาด เพื่อตอบสนองกาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างยั่งยืน
วันที่ 27-29 กรกฎาคม พ.ศ.2559
ณ โรงแรมหัวหินแกรนด์ โฮเทล แอนด์ รีสอร์ท
อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
จัดโดย
สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคมและสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ECTI-CARD 2016

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 8

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดเพื่อตอบสนองภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างยั่งยืน

วันที่ 27-29 กรกฎาคม พ.ศ.2559
ณ โรงแรมหัวหินแกรนด์ โฮเทล แอนด์ รีสอร์ท
อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

จัดโดย

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

© ลิขสิทธิ์นี้เป็นของ
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ

สารอธิการบดี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครตั้งปณิธานที่จะมุ่งมั่นความเป็นผู้นำการจัดการศึกษาด้านวิชาชีพด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเชิงบูรณาการ พัฒนากำลังคนให้มีคุณภาพ คู่คุณธรรม สู่มาตรฐานสากล ด้วยการคิดอย่างสร้างสรรค์และทำอย่างมืออาชีพ และมีเป้าหมายที่จะก้าวไปสู่ความเป็นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีแห่งโลกอาชีพ ดังวิสัยทัศน์ “มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีชั้นนำด้านการผลิตบัณฑิตมืออาชีพ”

ตั้งแต่สถาปนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เมื่อ พ.ศ.2548 เป็นต้นมา มหาวิทยาลัยฯได้วางรากฐานการพัฒนาบุคลากร โดยส่งเสริมให้อาจารย์ นักวิจัย บุคลากรสายวิชาการ เจ้าหน้าที่และนักศึกษาทุกสาขาวิชาชีพได้ทำงานวิจัย และสิ่งประดิษฐ์ส่งเข้าร่วมงานประชุมวิชาการทั้งระดับชาติและนานาชาติมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การพัฒนาและขยายเครือข่ายผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาอาชีพอย่างมากมาย โดยมุ่งเน้นในการให้ร่วมมือกับภาคเอกชน ภาคอุตสาหกรรมด้านต่างๆ ในหลายรูปแบบเพื่อออกแบบหลักสูตรการเรียนการสอนให้ตรงตามความต้องการของตลาดแรงงานในปัจจุบัน โดยพัฒนาหลักสูตรให้มีความทันสมัย เพื่อให้ก้าวทันต่อความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีของโลกที่พัฒนาไปอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง

นับเป็นโอกาสที่ดีในปีนี้มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ได้มีโอกาสร่วมมือกับและสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคมและสารสนเทศ (ECTI) ร่วมกันจัดการประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ หรือ ECTI-CARD 2016 ซึ่งในปีนี้จัดขึ้นเป็นครั้งที่ 8 ภายใต้หัวข้อ “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดเพื่อตอบสนองภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างยั่งยืน” ณ โรงแรมหัวหินแกรนด์ โฮเทล แอนด์ พลาซ่า จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระหว่างวันที่ 27-29 กรกฎาคม พ.ศ.2559 ดังนั้นจึงเป็นโอกาสที่ดีที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ นวัตกรรม และงานวิจัยเชิงประยุกต์ระหว่างนักวิจัย อาจารย์ นักศึกษาในสถาบันการศึกษาชั้นนำทั่วประเทศกับภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่ ซึ่งจะก่อให้เกิดองค์ความรู้และนวัตกรรมใหม่ๆที่สามารถนำไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยได้

ในนามของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ขอขอบคุณกรรมการในทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ทุ่มเทกำลังกายกำลังใจเพื่อให้การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ หรือ ECTI-CARD 2016 สามารถดำเนินการไปได้ตามวัตถุประสงค์ และสุดท้ายขออวยพรให้การประชุมวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีบรรลุผลสำเร็จดังเจตนารมณ์ที่มุ่งหวังไว้ทุกประการ และมีนวัตกรรมงานวิจัยเชิงประยุกต์ที่มีประโยชน์นำไปสู่การพัฒนาความเจริญก้าวหน้าทางวิชาการ การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยได้อย่างต่อเนื่องสืบไป

รองศาสตราจารย์ สุภัทรา โกไศยกานนท์
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Conference Organizer

นายกสมาคม

สมาคม ECTI

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ (Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications, and Information Technology Association) ซึ่งเรียกย่อๆว่า ECTI Association หรือ สมาคมอีซีทีไอ จัดตั้งขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อส่งเสริมความก้าวหน้าด้านวิชาการในประเทศไทยในสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคมและสารสนเทศ และเป็นแหล่งรวมข้อมูลความรู้ของงานประชุมวิชาการต่างๆ ที่จัดขึ้นภายในประเทศให้สามารถค้นหาข้อมูลบทความในสาขาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสะดวก และสามารถนำไปใช้ในการวิจัยต่อๆ ไปได้ โดยสมาคมฯได้จดทะเบียนเมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม 2545 ในการจัดตั้งสมาคมฯ นั้น ตั้งใจว่าจะพยายามให้คล้ายกับ IEEE หรือ IEICE (ของประเทศญี่ปุ่น). กิจกรรมหลักๆจะมี การออกวารสารวิชาการ (ซึ่งมีสองฉบับ คือ ECTI Transactions on Electrical Engineering, Electronics and Communications, ECTI-EEC และ ECTI Transactions on Computers and Information Technology, ECTI-CIT) โดยตีพิมพ์บทความวิจัย และบทความประเมินเป็นภาษาอังกฤษ ดำเนินการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ และระดับนานาชาติ การอบรมทางวิชาการ และการจัดบรรยายพิเศษ เป็นต้น

ตลอดระยะเวลา 15 ปีที่ผ่านมา สมาคมอีซีทีไอ ได้ดำเนินการจัดประชุมทางวิชาการทั้งในระดับ นานาชาติและระดับชาติ มาอย่างสม่ำเสมอ การประชุมทางวิชาการของสมาคมฯเองในระดับนานาชาตินั้น ชื่อ ECTI-CON จัดขึ้นครั้งแรก เมื่อปี พ.ศ. 2547 ส่วน ECTI-CARD เป็นการประชุมระดับชาติ ได้จัดขึ้นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2552 ในแต่ละครั้งของการประชุม สถานที่จัดก็จะหมุนเวียนไปตามจังหวัดต่าง ๆ ทุกภูมิภาคของประเทศ

ECTI-CARD เป็นการประชุมทางวิชาการที่เน้นการวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการศึกษา อันส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย โดยผลงานที่นำเสนอจะได้รับการคัดกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิอย่างเข้มข้น นอกจากนี้คณะกรรมการจัดการประชุมยังได้คัดเลือกบทความรับเชิญที่น่าสนใจอีกจำนวนหนึ่งมานำเสนอในการประชุมอีกด้วย การประชุม ครั้งที่ 8 หรือ ECTI-CARD 2016 เป็นการจัดร่วมกัน ระหว่างสมาคมฯ กับคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ โดยกำหนดให้จัดขึ้นระหว่างวันที่ 27-29 กรกฎาคม 2559 ณ โรงแรม หัวหิน แกรนด์ โฮเทล แอนด์ พลาซ่า จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ภายใต้หัวเรื่อง "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดเพื่อตอบสนองภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างยั่งยืน" ซึ่งเป็นที่แน่นอนว่าระดับของเทคโนโลยีในปัจจุบันนั้นได้ก้าวหน้าไปมาก เมื่อเทียบกับปีก่อนเก่า การใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมนั้นจึงเป็นเรื่องจำเป็นสำหรับประเทศไทย ซึ่งก็เป็นหนึ่งสมาชิกใน ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (เออีซี)

ในฐานะนายกสมาคมอีซีทีไอ จึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผู้เข้าร่วมประชุมจะได้รับประโยชน์อย่างสูงสุด และสามารถนำความรู้ไปพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและพัฒนาได้เป็นอย่างดี ตลอดจนได้พบปะนักวิชาการ นักวิจัยและพัฒนา สามารถสร้างเครือข่ายการทำงานในอนาคตได้ อันจะส่งผลต่อการพัฒนาประเทศในภาพรวมต่อไป

ท้ายที่สุด สมาคมฯ ขอขอบพระคุณอย่างสูงแก่ผู้บริหารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้บริหารของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ คณะกรรมการจัดงานทุกฝ่าย ผู้ทรงคุณวุฒิ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาที่มีส่วนร่วมทุกท่าน ในการจัดการประชุมวิชาการครั้งนี้

รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย

นายกสมาคม ECTI

คณะกรรมการอำนวยการประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2016

รองศาสตราจารย์สุภัทรา	โกไศยกานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์	ชุมช่วย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ศาสตราจารย์ ดร.ประยุทธ	อัครเอกฒาลิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ศาสตราจารย์ ดร.โกสินทร์	จำนงไทย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศาสตราจารย์ ดร.ประภาส	จงสถิตวัฒนา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.ประยูร	เชี่ยววัฒนา	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิโรจน์	ฤทธิ์ทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะกรรมการดำเนินการประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2016

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์	พันธุนะ	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ	ถิ่นพระบาท	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กมลทิพย์	วัฒกีกำธร	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมเกียรติ	ทองแก้ว	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิศักดิ์	วรดิษฐ์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ	รักไทยเจริญชีพ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์มนัส	บุญเทียรทอง	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พูนศรี	วรรณการ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร	วุฒิพัฒนพันธุ์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จตุรงค์	จตุรเชิดชัยสกุล	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนา	ดุสิตากร	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์โกศล	นิธิโสภา	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิจจา	ลักษณ์อำนวยพร	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทง	ลานธารทอง	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรุณ	ชลังสุทธิ์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภวุฒิ	เนตรโพธิ์แก้ว	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิชญ	ดาราพงษ์	กรรมการ
เรืออากาศตรี ดร.พลกฤษณ์	จริยตันติเวทย์	กรรมการ

คณะกรรมการดำเนินการประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2016 (ต่อ)

อาจารย์ ดร.สุรเชษฐ	เดชฟุ้ง	กรรมการ
อาจารย์ ดร.วรินทร์	สุดคนึง	กรรมการ
อาจารย์ ดร.ฉัตรแก้ว	จริยตันติเวทย์	กรรมการ
อาจารย์ ดร.พสิษฐ์	สุวรรณภิงคาร	กรรมการ
อาจารย์ เลอพงษ์	พิศนุย	กรรมการ
อาจารย์ กมลพรรณ	จารุวาระกูล	กรรมการ
อาจารย์ กร	พวงนาค	กรรมการ
อาจารย์ คชพงศ์	สุมานนท์	กรรมการ
อาจารย์ ธนะกิจ	วัฒกีกำธร	กรรมการ
อาจารย์ นพกฤศณ์	ดำน้อย	กรรมการ
อาจารย์ นิลมิต	นิลาศ	กรรมการ
อาจารย์ พิพัฒน์พล	ลาภอมรภิญโญ	กรรมการ
อาจารย์ มนต์ชัย	นรเศรษฐ์สิงห์	กรรมการ
อาจารย์ วณพันธ์	วัยวุฒิ	กรรมการ
อาจารย์ วัลภา	ภุมมะระ	กรรมการ
อาจารย์ สุรสิทธิ์	ประกอบกิจ	กรรมการ
อาจารย์ อดิศักดิ์	วิริยกรรม	กรรมการ
อาจารย์ อรรถพล	ช่วยค้ำชู	กรรมการ
อาจารย์ อัญชลี	มโนสืบ	กรรมการ
อาจารย์ อานนท์	สิงห์เสถียร	กรรมการ
รต.ชลิต	คุ้มทวี	กรรมการ
ดร.ชัยวัฒน์	เจษฎาจินต์	กรรมการ
ดร.กนกวรรณ	นนทพจน์	กรรมการ
ดร.ศริญญา	ปะสะกวี	กรรมการ
ดร.ชัชวาล	คุรุภากรณ์	กรรมการ
ดร.มณฑล	หอมกลิ่นเทียน	กรรมการ
ดร.ปิยพัฒน์	พูลทอง	กรรมการ

คณะกรรมการดำเนินการประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2016 (ต่อ)

ดร.ทยาทิพย์	ทองดัน	กรรมการ
นางเนตรนพิศ	คุ้มทุกทิศ	กรรมการ
นส.จุฑารัตน์	ทานะรมณ์	กรรมการ
นายกองศักดิ์	ทองบุญ	กรรมการ
นายอดิเทพ	จ่างอ่อน	กรรมการ
นางเยาวเรศ	พิมสุทธิ์	กรรมการ
นส.พัชรินทร์	มูลมิรัตน์	กรรมการ
นายเทพบดินทร์	บริรักศ์อราวินท์	กรรมการ
นายสุรเชษฐ	เพิ่มฉลาด	กรรมการ
นายสิทธิศักดิ์	พิมสุทธิ์	กรรมการ
นายดนัย	ภัทรกิจกุล	กรรมการ
อาจารย์ มัณฑนา	เตี๋ยวงษ์สุวรรณ์	กรรมการและเลขานุการ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

Dr.Weerawat	Khawsuk	Chulachomklao Royal Military Academy
Dr.Uthane	Supatti	Kasetsart Uniiversity Si Racha Cumpus
Assoc.Prof.Ekachai	Phaisangittisagul	Kasetsart University
Dr.Parichat	Sermwuthisarn	Kasetsart University
Assoc.Prof.Anan	Phonphoem	Kasetsart University
Dr.Winai	Jaikla	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Assoc.Prof.Dr.Naruemon	Wattanapongsakorn	King Mongkut's University of Tecgnology Thonburi
Assist.Prof.Dr.Gridaphat	Siharee	King Mongkut's University of Tecgnology Thonburi
Dr.Roongrojana	Songprakorp	King Mongkut's University of Tecgnology Thonburi
Assoc.Prof.Gridaphat	Sriharee	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Assoc.Prof.Titipong	Lertwiriyaprapa	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Dr.Luepol	Pipanmaekaporn	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Dr.Tanapat	AnusasAmornkul	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Dr.Vitawat	Sittakul	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Dr.Chatchai	Khunboa	Kon Kean University
Dr.Nararat	Ruangchaijatupon	Kon Kean University
Dr.Bancha	Luadang	National Electronics and Computer Technology Center
Dr.Chalermpol	Charnsripinyo	National Electronics and Computer Technology Center
Dr.Chaiwat	Jassadajin	National Institute of Metrology Thailand
Dr.Chatchaval	Kurupakorn	National Institute of Metrology Thailand
Dr.Sarinya	Pasakawee	National Institute of Metrology Thailand
Dr.Piyaphat	Phoonthong	National Institute of Metrology Thailand
Dr.Thayathip	Thongtan	National Institute of Metrology Thailand
Mrs.Natenapit	Khumthukthit	National Institute of Metrology Thailand
Mr.Thepbodin	BarirakArawin	National Institute of Metrology Thailand
Assoc.Prof.Seumsak	Douangsyla	National University of Laos
Assoc.Prof.Sinchai	Kamolphiwong	Prince of Songkhla University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

Assist.Prof.Nikom	Suvonvorn	Prince of Songkhla University
Assist.Prof.sakuna	Charoenpanyasak	Prince of Songkhla University
Dr.Nopporn	Patcharaprakiti	Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai
Dr.Suwan	Janin	Rajamangala University of Technology Lanna Lampang
Dr.Jukkrit	Kluabwang	Rajamangala University of Technology Lanna Tak
Asst.Prof.DrSubongkoj	Topaiboul	Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai
Assist.Prof.Teerayoot	Boonnak	Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai
Dr.Pollakrit	ToonKum	Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai
Mr.Phichit	Thananchai	Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai
Assist.Prof.Dr.Nattapong	Phanthuna	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Dr.Pasist	Suwanapingkarl	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Mr.Korn	Poungnak	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Mr.Arnon	Singhasathein	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Mr.Thanakit	Wattakeekamthorn	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Ms.Anchalee	Manosuab	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Ms.Manthana	Tiawongsuwan	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Assist.Prof.Chaiwat	Sakul	Rajamangala University of Technology Srivijaya
Assist.Prof.Pituk	Bunnoon	Rajamangala University of Technology Srivijaya
yutthana	Kanthaphayao	Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi
Sirichai	Dangeam	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Assist.Prof.Nathabhat	Phankong	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Assist.Prof.Boonyang	Plangklang	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Assist.Prof.Dr.DuangArthit	Srimoon	Rangsit University
Dr.Sopon	Phumeechanya	Silpakorn University
Asst.Prof.DrSommart	Khamkleang	Songkhla Rajabhat University
Assoc.Prof.Suranan	Noimanee	Srinakharinwirot University
Dr.Kampol	Woradit	Srinakharinwirot University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

Assoc.Prof.Suranan	Noimanee	Srinakharinwirot University
Assoc.Prof.Dr.Peerapong	Uthansakul	Suranaree University of Technology
Assist.Prof.Dr.Rangsan	Tongta	Suranaree University of Technology
Assist.Prof.Dr.Monthippa	Uthansakul	Suranaree University of Technology
Assoc.Prof.Dr.Chanchai	Thongsopa	Suranaree University of Technology
Dr.Paramate	Horkaew	Suranaree University of Technology
Assoc.Prof.Dr.Rangsan	Wongsan	Suranaree University of Technology
Assist.Prof.Dr.Kongpol	Areerak	Suranaree University of Technology
Assist.Prof.Dr.Kongpan	Areerak	Suranaree University of Technology
Dr.Jitimon	Angskun	Suranaree University of Technology
Assist.Prof.Dr.Pornsiri	Jongkol	Suranaree University of Technology
Dr.Sudarat	Khwanon	Suranaree University of Technology
Assist.Prof.Chawasak	Rakpenthai	University of Phayao
Dr.Thunyawat	Limpiti	Walailak University
Dr.Ajalawit	Chantaveerod	Walailak University
Dr.Jirarat	Sitthiworachart	Walailak University
Dr.Jidtima	Sunkhamani	Walailak University

สรุปจำนวนบทความที่ส่งเข้าร่วมการประชุมวิชาการ ECTI-CARD2016

จำนวนบทความที่ส่งเข้าร่วมฯมีทั้งสิ้น	**207**	**บทความ**
ผ่านการพิจารณา	191	บทความ
นำเสนอแบบบรรยาย	175	บทความ
นำเสนอแบบโปสเตอร์	16	บทความ
ไม่ผ่านการพิจารณา	16	บทความ

สรุปจำนวนบทความที่ผ่านการพิจารณา

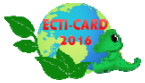
กลุ่มที่ 1 : เกษตรกรรม อุตสาหกรรมเกษตร	13	บทความ
กลุ่มที่ 2 : เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา	9	บทความ
กลุ่มที่ 3 : การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงานบ้านอัตโนมัติ	14	บทความ
กลุ่มที่ 4 : การเรียนการสอนทางไกล การศึกษาบันเทิงคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน	12	บทความ
กลุ่มที่ 5 : การกู้ภัย ระบบเตือนภัย และพยากรณ์	7	บทความ
กลุ่มที่ 6 : การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้านเครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย	45	บทความ
กลุ่มที่ 7 : การขนส่ง การควบคุมจราจร การจัดการอุตสาหกรรม	5	บทความ
กลุ่มที่ 8 : ธุรกิจการธนาคาร การท่องเที่ยว และการ โรงแรม	2	บทความ
กลุ่มที่ 9 : ระบบความปลอดภัย การควบคุมการเข้าถึงการยืนยันตัวตนฯ	21	บทความ
กลุ่มที่ 10 : มาตรวิทยา การวัดและควบคุม	14	บทความ
กลุ่มที่ 11 : หัวข้ออื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	49	บทความ
รวม	**191**	**บทความ**

สรุปจำนวนบทความที่ผ่านการพิจารณาแยกตามหน่วยงาน

Bangkok University	3	บทความ
Chiangrai Rajabhat University	7	บทความ
Chulalongkorn University	1	บทความ
Dhurakij Pundit University	6	บทความ
Expressway Authority of Thailand	2	บทความ
Kasembundit University	1	บทความ
Kasetsart University	9	บทความ
Khon Kaen University	3	บทความ
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	14	บทความ
King Mongkut's University of Technology North Bangkok	10	บทความ
Maejo University	1	บทความ
Mahanakorn University of technology	4	บทความ
Mahidol University	3	บทความ
Nakhon Phanom University	1	บทความ
Nakhon Si Thammarat Rajabhat University	3	บทความ
Naresuan University	2	บทความ
National Institute of Metrology Thailand	10	บทความ
NECTEC	1	บทความ
North-Chiang Mai University	1	บทความ
Phetchaburi Rajabhat University	2	บทความ
Phranakhon Rajabhat University	1	บทความ
Prince of Songkla University	9	บทความ
Rajabhat Maha Sarakham University	1	บทความ
Rajamangala university of Technology Isan	7	บทความ
Rajamangala University of Technology Lanna	11	บทความ
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon	21	บทความ
Rajamangala University of Technology Rattanakosin	1	บทความ
Rajamangala University of Technology Srivijaya	8	บทความ

สรุปจำนวนบทความที่ผ่านการพิจารณาแยกตามหน่วยงาน (ต่อ)

Rajamangala University of Technology Thanyaburi	17	บทความ
Ramkhamhaeng University	1	บทความ
Rangsit University	7	บทความ
Siam University	2	บทความ
Silpakorn	1	บทความ
Songkhla Rajabhat University	2	บทความ
Sripatum University	2	บทความ
Sukhothai Thammathirat Open University	1	บทความ
Suranaree University of Technology	1	บทความ
thaksin	1	บทความ
Thammasat University	1	บทความ
Thepsatri Rajabhat University	3	บทความ
Udon Thani Rajabhat University	8	บทความ
Walailak University	1	บทความ
รวม	**191**	**บทความ**



กำหนดการประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๘ หรือ ECTI-CARD 2016

"การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดเพื่อตอบสนองภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างยั่งยืน"

วันพุธที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ.2559				
8:00-8:45 น.	ลงทะเบียนเข้าร่วมงาน ECTI-CARD 2016			
ห้องสัมมนา	หัวหินบอลรูม1	เขาตะเกียบ	บ่อแก้ว	เขาเต่า
8:45-10:15	Medical Application	Programming & Robot	Wireless Network	Antenna Tech#1
Session1	ID 1029 1051 1106 1196 1207	ID 1031 1125 1144 1154 1182	ID 1044 1086 1116 1167 1193	ID 1158 1165 1192 1213 1214
ประธาน	ผศ.ดร.ประมุข อุณหเลขกะ	ผศ.วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ	ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ สากุล	ดร.กนกวรรณ นนทพจน์
สังกัด	(RMUTSB)	(RMUTL เชียงราย)	(RMUTSV)	(มว.)
รองประธาน	ดร.ชัยวัฒน์ เจษฎาจินต์	อาจารย์ชลิดา อุดมรักษาสกุล	ดร.ศริญญา ปะสะวี	ดร.ชัชวาล คุรุภากรณ์
10.15-10.30 น.	พักรับประทานอาหารว่าง			
ห้องสัมมนา	บอลรูม1	เขาตะเกียบ	บ่อแก้ว	เขาเต่า
10:30-12:00 น.	Sensor Technology	Animation & Robot	DSP & Application	Antenna Tech#2
Session2	ID 1066 1156 1177 1184 1185 1191	ID 1046 1083 1084 1085 1089 1208	ID 1057 1064 1076 1180 1199	ID 1020 1021 1075 1077 1092 1170
ประธาน	อาจารย์สัญญา อุทธโยธา	อาจารย์ชลากร อุดมรักษาสกุล	ดร.สุรเชษฐ เดชฟุ้ง	รศ.ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์
สังกัด	(RMUTL)	(RMUTSV)	(RMUTP)	(RMUTT)
รองประธาน	อาจารย์สุรสิทธิ์ ประกอบกิจ	อาจารย์ชลิดา อุดมรักษาสกุล	ดร.ศริญญา ปะสะวี	ดร.ชัชวาล คุรุภากรณ์
พักรับประทานอาหารกลางวัน				

วันพุธที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ.2559				
ห้องสัมมนา	บอลรูม1	เขาตะเกียบ	บ่อแก้ว	เขาเต่า
13:00-14:30 น.	Control Systems	Energy Management#1	Image Processing	Web Application
Session3	ID 1006 1007 1014 1023 1147 1205	ID 1041 1068 1120 1148 1171 1181	ID 1096 1114 1121 1123 1149 1211	ID 1062 1063 1073 1198 1206 1243
ประธาน	ผศ.ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง	รศ.ดร.ยุทธนา ขำสุวรรณ์	อาจารย์นเรศ ขวัญทอง	ดร.สาธิต โอวาทชัยพงศ์
สังกัด	(RMUTT)	(CMU)	(RMUTSV)	(KMUTNB)
รองประธาน	ดร.มณฑล หอมกลิ่นเทียน	ดร.ปิยพัฒน์ พูลทอง	อาจารย์สิทธิชัย เด่นตรี	ดร.บัญชา เหลือแดง
14:30-14:45 น.	พักรับประทานอาหารว่าง 15 นาที			
ห้องสัมมนา	บอลรูม1	เขาตะเกียบ	บ่อแก้ว	เขาเต่า
14:45-16:15 น.	Non-Destructive Inspection & Analysis	Energy Management#2	Special DSI	Monitoring System
Session4	ID 1002 1049 1122 1152 1153 1215	ID 1055 1107 1129 1137 1142 1157	ID 1237, 1238, 1241	ID 1004 1026 1027 1072 1126 1132
ประธาน	ดร.พสิษฐ์ สุวรรณภิงคาร	ดร.ชัยวัฒน์ เจษฎาจินต์	ผศ.ดร.เกริก ภิรมย์โสภา	อาจารย์วิโรจน์ พิราจเนนชัย
สังกัด	(RMUTP)	(มว.)	(CU)	(RMUTT)
รองประธาน	ดร.มณฑล หอมกลิ่นเทียน	ดร.ปิยพัฒน์ พูลทอง	ดร.ฉัตรแก้ว จริยตันติเวทย์	ดร.บัญชา เหลือแดง
16:15-18:00 น.	Free Discussion			
18:00-20:00 น.	งานเลี้ยงต้อนรับ Welcome Party			

วันพฤหัสบดีที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2559				
7:30-8:00 น.	ลงทะเบียนเข้าร่วมงาน ECTI-CARD 2016			
8:00-9.00 น.	พิธีเปิด ECTI-CARD 2016 ณ ห้องแกรนด์บอลลูม โดย รศ.สุภัทรา โกศัยกานนท์ อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร			
9.00-10.00 น.	บรรยายพิเศษ (Keynote Speaker) : คุณอัจฉรา เจริญสุข (รองผู้อำนวยการสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ)			
10.00-10.10 น.	พักรับประทานอาหารว่าง 10 นาที			
10.10-11.10 น.	บรรยายพิเศษ (Keynote Speaker) : ดร.ศักดา พรรณไวย (ผู้แทนผู้ว่าการการทางพิเศษแห่งประเทศไทย)			
11.10-12.10 น.	บรรยายพิเศษ (Keynote Speaker) : ผศ.ดร.ยศชนัน วงศ์สวัสดิ์ (Dept. of Biomedical Engineering, Mahidol University)			
12:10-13:00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน			
ห้องสัมมนา	ห้องหัวหิน ชั้น 2	เขาตะเกียบ	บ่อแก้ว	เขาเต่า
13:00-14:30 น.	WORKSHOP	Technology Applications#1	Intelligent Computing System#1	Wireless Communication
Session5	- บรรยายหัวข้อ "ความสำคัญของมาตร	ID 1052 1069 1101 1130 1150 1169	ID 1079 1155 1218 1227 1230	ID 1038 1100 1102 1117 1159 1195
ประธาน	วิทยา กับการวิจัย" โดย รต.ชลิต คุ้มทวี	อาจารย์เกรียงไกร เหลืองอำพล	ผศ.ดร.วุฒิชัย สง่างาม	รศ.ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม
สังกัด	- บริการสอบเทียบ DMM ฟรี พร้อมใบ	(RMUTP)	(RMUTI)	(KU)
รองประธาน	รายงานผลการสอบเทียบแก่	ดร.ทยาทิพย์ ทองตัน	อาจารย์พิพัฒน์พล ลาภอมรภิญโญ	อาจารย์ธนะกิจ วัฒกีกำธร
14:30-14:45 น.	- Resolution < 5.5 digits	พักรับประทานอาหารว่าง 15 นาที		
ห้องสัมมนา	- Volt Ohm Amps Function	เขาตะเกียบ	บ่อแก้ว	เขาเต่า
14:45-16:15 น.	- Calibration Report	Technology Applications#2	Intelligent Computing System#2	Communication Technology
Session6	- Measuretronix Seminar & Workshop	ID 1025 1028 1065 1124 1161 1212	ID 1010 1067 1151 1189 1228 1229	ID 1018 1043 1099 1112 1115 1136
ประธาน	- Poster presentation	ผศ.ดร.กฤษดา ยิ่งขยัน	ผศ.ดร.สาคร วุฒิพัฒนพันธุ์	รศ.ดร.อภิรักษ์ จันทร์สร้าง
สังกัด	- มอบรางวัล Poster	(RMUTL)	(RMUTP)	(KU)
รองประธาน		ดร.ทยาทิพย์ ทองตัน	อาจารย์พิพัฒน์พล ลาภอมรภิญโญ	อาจารย์ธนะกิจ วัฒกีกำธร
16:15-18:00 น.	Free Discussion			
18:00-22:00 น.	งานเลี้ยงรับรอง (Banquet) การประกาศผลรางวัลบทความดีเด่น			

วันศุกร์ที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ.2559				
8:00-8:45 น.	ลงทะเบียนเข้าร่วมงาน ECTI-CARD 2016			
ห้องสัมมนา	บอลลูม1	เขาตะเกียบ	บ่อแก้ว	เขาเต่า
8:45-10:15 น.	Metrology & Automation	Signal Conditioning	Automatic Systems for Agriculture	Information Technology & App
Session7	ID 1094 1109 1138 1222 1225 1226	ID 1013 1074 1131 1146 1188 1217	ID 1034 1098 1163 1175 1194 1219	ID 1022 1033 1054 1103 1104 1183
ประธาน	ผศ.ดร.อุเทน คำน่าน	ผศ.สมเกียรติ ทองแก้ว	ผศ.ดร.ยุทธนา กันทะพะเยา	ดร.วรินทร์ สุดคนึง
สังกัด	(RMUTL)	(RMUTP)	(RMUTSB)	(RMUTP)
รองประธาน	ผศ.พูนศรี วรรณการ	อาจารย์ปิยะภัทร พ่วงศรี	อาจารย์อานนท์ สิงห์เสถียร	อาจารย์คชพงศ์ สุมานนท์
10.15-10.30 น.	พักรับประทานอาหารว่าง			
ห้องสัมมนา	บอลลูม1	เขาตะเกียบ	บ่อแก้ว	เขาเต่า
10:30-12:00 น.	Metrology & Control	Measurement & Circuit	Information Management	Motor & Induction Machine
Session8	ID 1093 1095 1110 1113 1204 1247	ID 1053 1087 1134 1141 1223 1224	ID 1050 1080 1119 1143 1178 1190	ID 1009 1082 1088 1216 1220 1221
ประธาน	ดร.วิทวัส สิฏฐกุล	ผศ.ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ	รศ.ดร.กีรติ ชยะกุลศิริ	ผศ.วิภาวัลย์ นาคทรัพย์
สังกัด	(KMUTNB)	(RMUTP)	(SPU)	(ม.สยาม)
รองประธาน	ผศ.พูนศรี วรรณการ	อาจารย์ปิยะภัทร พ่วงศรี	อาจารย์อานนท์ สิงห์เสถียร	อาจารย์คชพงศ์ สุมานนท์
12:00-13:00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน			
13:00-16:00 น.	Free Discussion			
16:00-17:00 น.	ประชุมคณะกรรมการดำเนินงาน / ปิดงาน			

วันพฤหัสบดีที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2559		SESSION 6
Communication Technology ห้อง เขาเต่า ชั้น 1 ประธาน : รศ.ดร.อภิรักษ์ จันทร์สร้าง		
14:45-16:15 น.		
ID	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
1018	ระบบโปรแกรมปลูกข้าวโดยการเฝ้าระวังระดับน้ำในแปลงนาด้วยเครือข่ายเครื่องตรวจวัดไร้สาย เจตสรรค์ ขันสิงหา, ดวงอาทิตย์ ศรีบูล	479
1043	การรวมกลุ่มลิ้งค์ของวายฟาย สำหรับ IEEE 802.11n นิสิต ภูครองตา, ไพฑูรย์ รักเหลือ	485
1099	เครื่องรบกวนสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ ย่านความถี่ 850 MHz โดยใช้โปรแกรม MATLAB Simulink ร่วมกับ บอร์ด Arduino ภูเบต แสงมะสะหมัด, บุญฤทธิ์ คุ้มเขต, วิโรจน์ พิราจเนนชัย	487
1112	การออกแบบตัวสะท้อนพื้นผิวเลือกความถี่ผ่านใช้การเจาะช่องด้วยเทคนิคอินเตอร์ดิจิตอลสำหรับระบบ LTE รณชัย สูเจ๊ะ, พงศธร ชมทอง, ประยุทธ อัครเอกฆาลิน	491
1115	การประยุกต์ไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พายเพื่อสนับสนุนการให้บริการธุรกิจของ CAT2Call Plus ภราดร ศรีอาวุธ, วฤษาย์ ร่มสายหยุด	495
1136	การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโพรโทคอลการเข้าถึงหลายทางที่ไวต่อการยับยั้งในระบบสื่อสารแบบแพ็กเกต สุชาดา สิทธิ์จงสถาพร, อภิชฎา ทองรักษ์	499

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

8th ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand

การประยุกต์ไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พายเพื่อสนับสนุนการให้บริการธุรกิจของ CAT2Call Plus

Applying IP-PBX on Raspberry Pi Board for Business Support Services of CAT2Call Plus

ภราดร ศรีอาวุธ[1] และ วฉุษย์ ร่มสายหยุด[2]

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แขนงวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

9/9 หมู่ 9 ต.บางพูด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120 E-mail : sriarwut@gmail.com

[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แขนงวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

9/9 หมู่ 9 ต.บางพูด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120 E-mail: Walisa.rom@stou.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ขอนำเสนอการประยุกต์ไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้ราสเบอร์รี่พายเพื่อสนับสนุนการให้บริการธุรกิจของ CAT2Call Plus โดยวัตถุประสงค์หลักของการพัฒนาระบบตู้ชุมสายอัตโนมัติไอพีพีบีเอกซ์คือการนำไปใช้กับระบบโทรศัพท์ภายในองค์กรขนาดเล็ก หรือกลุ่มธุรกิจขนาดย่อมได้ การศึกษาดำเนินการการทดลอง 1) ค่าใช้จ่ายและ 2) ผลประโยชน์ ด้านค่าใช้จ่ายของระบบที่นำเสนอต่ำกว่ากับระบบไอพีพีบีเอกซ์ที่ใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) และเพิ่มประสิทธิภาพของคุณสมบัติพื้นฐาน ได้แก่ การโทรเข้า, การโทรออก, การโอนสาย และการตรวจสอบข้อมูลการโทรได้

คำสำคัญ: ไอพีพีบีเอกซ์, บอร์ดราสเบอร์รี่พาย, วีโอไอพี, คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว

Abstract

This research proposed the applying IP-PBX on Raspberry Pi Board for Business Support Services of CAT2Call Plus. The main objective of developing a Private Automatic Branch Exchange (PABX) System used the internal phone systems or small business. The study conducted the experiments; 1) Cost and 2) Benefit. The costing of the proposed system with IP-PBX system on the server, to reduce the cost and enhance the performance functions such as call in, call out and call forward include can monitoring the call information by CDR (Call Detail Record).

Keywords: IP-PBX, Raspberry Pi board, VoIP, Embedded computer

1. บทนำ

บมจ. กสท โทรคมนาคม มีบริการโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตที่เรียกกันว่า Voice over Internet Protocol (VoIP) ในชื่อบริการว่า CAT2Call Plus ผู้ใช้บริการสามารถเลือกใช้งานได้กับอุปกรณ์รูปแบบต่างๆ เช่นอุปกรณ์แปลงสัญญาณ, เครื่องโทรศัพท์ IP-Phone, โปรแกรม Soft phone หรือติดตั้ง Application บน Smart phone และประยุกต์ใช้กับตู้สาขาได้ และในปัจจุบันซึ่งมีบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่เรียกว่าบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi board) ที่กำลังได้รับความนิยมใช้งานทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากมีราคาไม่แพงและมีฟังก์ชั่นการใช้งานที่สามารถประยุกต์ได้หลากหลาย จึงนำมาประยุกต์เพื่อติดตั้งเพื่อใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์ (Asterisk) เพื่อสร้างเป็นระบบไอพีพีบีเอกซ์ได้

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาการประยุกต์บริการโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ต CAT 2 Call Plus เพื่อใช้กับตู้ชุมสายอัตโนมัติโดยใช้ราสเบอร์รี่พายบอร์ดครั้งนี้ ต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจในทฤษฎีและหลักการของเรื่องดังต่อไปนี้

2.1 เทคโนโลยี Voice over IP (VoIP)

Voice over IP [1-3] หรือ VoIP เป็นการส่งสัญญาณเสียงผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ต โดยวิธีแปลงสัญญาณเสียงจากผู้ส่งที่เป็นสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล และจะต้องอาศัยอุปกรณ์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อทำงานร่วมกัน ในการศึกษาการทำงานต้องมีพื้นฐานทางด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งโครงสร้างและหลักการทำงานของโพรโทคอล ที่ใช้งาน

2.2 บริการโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต CAT2Call Plus

CAT2 Call Plus [4] เป็นบริการที่ใช้งานแบบ VoIP ของบริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) รูปแบบหนึ่ง มีให้บริการแบบรายเดือน (Postpaid) และแบบเติมเงิน (Prepaid) สามารถใช้งานได้กับ IP Phone, Analog Phone Adaptor, PC softphone และ Application บนระบบ iOS และ Android โดยสามารถใช้งานผ่านอินเตอร์เน็ตทุกเครือข่าย

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

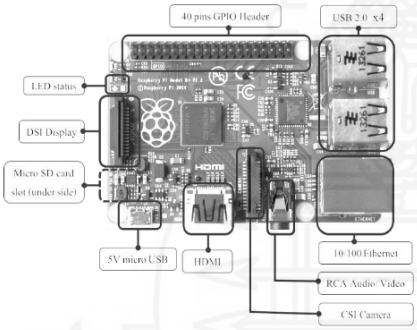
8th ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand

2.3 เทคโนโลยีระบบไอพีพีบีเอกซ์ (IP-PBX)

ไอพีพีบีเอกซ์ [1] เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมโยง, ควบคุมเครื่องโทรศัพท์ในระบบ และทำหน้าที่หลักของตู้ชุมสายโทรศัพท์ (เช่น ระบบ Voicemail, IVR) ในการสื่อสารทางเสียงผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตหรืออินทราเน็ต

2.4 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi board)

บอร์ดราสเบอรี่พาย (Raspberry Pi Board) [6-7] เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์แบบฝังตัว ราคาประหยัด สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้หลากหลายเช่น เมาส์, คีย์บอร์ด, จอภาพคอมพิวเตอร์หรือจอโทรทัศน์ที่รองรับ HDMI, โมดูลกล้อง, อีเทอร์เน็ต และอื่นๆ สามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการได้หลากหลาย เช่น ระบบปฏิบัติการ Rasbian, UBUNTU MATE, SNAPPY UBUNTI CORE, PINET, Windows 10 IOT CORE, OSMC, OPENELEC และ RISC OS จึงเป็นที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานทางด้านไฟฟ้า, อิเล็กทรอนิกส์ เช่นการเขียนโปรแกรมสั่งงานควบคุมอุปกรณ์ หรือเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะขนาดเล็ก



รูปที่ 1 ลักษณะของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย รุ่น MODEL B+

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

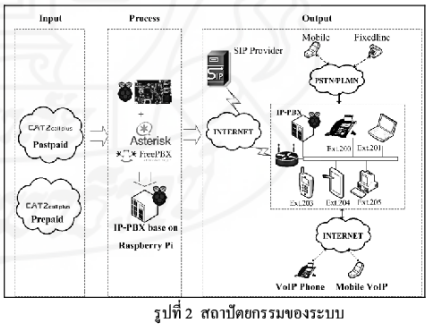
สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (สำนักงาน กสทช.) ร่วมกับ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง [5] ได้จัดทำ "โครงการวิเคราะห์ทิศทางและแนวโน้มการใช้งานเทคโนโลยีในการพัฒนาตู้ชุมสายอัตโนมัติราคาประหยัดราคาประหยัดโดยใช้ Raspberry Pi" โดยงานวิจัยนี้ ทำการทดสอบการโทรหากันภายใน และการต่อใช้งานกับแอร์การ์ดเพื่อใช้สำหรับโทรเข้า โทรออกไปยังเลขหมายภายนอก ข้อดีของงานวิจัยนี้คือมีหน้าเว็บไซต์สำหรับตั้งค่าเป็นภาษาไทย แต่การใช้งานต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเป็นแอร์การ์ดเพื่อใช้สำหรับติดตั้งชิมการ์ดหมายเลขโทรศัพท์มือถือในการโทรออกไปยังเบอร์เครือข่ายนอก

Walberto Adad (2014) [8-9] ศึกษาเรื่อง "Using Asterisk to implement a low cost telephone system" มีการสาธิตการตั้งค่าการโทรเข้า โทรออกร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อต่อระบบ VoIP กับโครงข่าย PSTN โดยใช้ Voice Gateway ซึ่งให้แนวคิดในการทำ VoIP Server ที่ราคาถูก ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการอธิบายวิธีการตั้งค่าเบื้องต้นกับอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ แต่ไม่ได้แสดงผลการทดสอบให้เห็นว่าการเรียกเข้า เรียกออกสามารถทำได้ปกติหรือมีข้อจำกัดอะไรหรือไม่

ในงานวิจัยนี้จึงกำหนดสมมุติฐานงานวิจัยในการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างไอพีพีบีเอกซ์ที่ใช้งานบนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย โดยรุ่นที่ใช้ในงานวิจัยคือ รุ่น MODEL B+ กับไอพีพีบีเอกซ์ที่ทำงานบนเครื่องแม่ข่ายว่าหากนำมาใช้งานจริง สามารถที่จะทดแทนกับเครื่องแม่ข่ายได้หรือไม่ เมื่อใช้กับการทำงานฟังก์ชั่นพื้นฐาน คือ การโทรเข้า การโทรออกและการโอนสาย เป็นต้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การประยุกต์ไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พายเพื่อสนับสนุนการให้บริการธุรกิจของ CAT2Call Plus จะต้องมีการออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ และการวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยประกอบไปด้วย (1) ออกแบบและติดตั้งระบบไอพีพีบีเอกซ์บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย พร้อมทั้งตั้งค่าการใช้งานกับบริการ CAT2Call Plus (2) ออกแบบการใช้งานโทรศัพท์เข้า-ออก ระหว่างโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตกับโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ต โทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตกับโทรศัพท์พื้นฐาน และโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ (3) ทำการทดสอบความสามารถครอบคลุมการใช้ และ (4) เก็บข้อมูลการใช้งานจากข้อมูลการโทร Call Detail Record และบันทึกผล พร้อมทั้งวิเคราะห์คุณภาพการสื่อสาร



รูปที่ 2 สถาปัตยกรรมของระบบ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

8th ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand

จากรูปที่ 2 บริการของ CAT2Call Plus มีทั้งแบบรายเดือนและบริการแบบเติมเงิน ซึ่งจะนำหมายเลขของ CAT2Call plus มาประยุกต์เป็นระบบตู้ชุมสายอัตโนมัติไอพีพีบีเอกซ์ โดยติดตั้งระบบบนใช้ราสเบอรี่พายบอร์ดและมีซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์เป็น โปรแกรมจัดการการโทรเข้า โทรออก ในส่วนการใช้งานเพื่อทดสอบการวิจัยครั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ ประกอบไปด้วย

ในส่วนของฮาร์ดแวร์ (1) เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย สำหรับทำหน้าที่เป็นระบบโทรศัพท์ไอพีพีบีเอกซ์ที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (2) เครื่องคอมพิวเตอร์ผู้ใช้บริการ (client) สำหรับทำการเชื่อมต่อเพื่อตั้งค่าการทำงานระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย และการเชื่อมต่อกับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (3) บอร์ดราสเบอร์รี่พาย สำหรับทำหน้าที่เป็นระบบโทรศัพท์ไอพีพีบีเอกซ์ (4) อุปกรณ์จ่ายไฟเลี้ยงขนาดแรงดัน 5 Volt 650mA, 3W (5) IP Phone สำหรับเป็นเครื่องโทรศัพท์ระบบ VoIP (6) อุปกรณ์จัดเส้นทาง (router) (7) เครื่องโทรศัพท์สมาร์ตโฟน (8) สาย UTP CAT5e

ในส่วนของซอฟต์แวร์ (1) โปรแกรม AsteriskNOW (2) โปรแกรม RasPBX (3) โปรแกรม Soft Phone Zoiper (4) โปรแกรม Soft Phone X-Lite (5) โปรแกรมไวร์ชาร์ก (Wireshark) สำหรับดักจับและวิเคราะห์ข้อมูลในระบบเครือข่ายที่ทำการทดสอบ (6) โปรแกรม PuTTy เป็นโปรแกรม SSH client สำหรับการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่ายและบอร์ดราสเบอร์รี่พายผ่านเครือข่าย

3. ผลการทดสอบการทำงาน

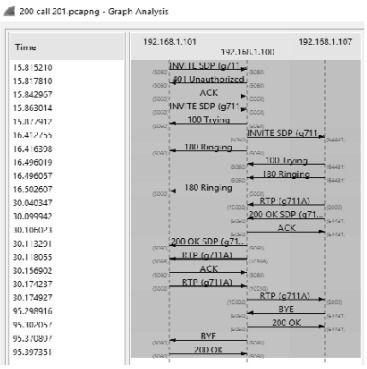
การทดสอบโทรหากันภายในเครือข่ายโดยใช้แผนผังเครือข่ายดังรูปที่ 2 และผลการทดสอบดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการโทรหากันในเครือข่าย

A number / B number	Ext. 200	Ext. 201	Ext. 202	Ext. 203	Ext. 204	Ext. 205	Ext. 301
Ext. 200		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ext. 201	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Ext. 202	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Ext. 203	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Ext. 204	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Ext. 205	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Ext. 301	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

จากตารางที่ 1 เป็นตัวอย่างผลการทดสอบเรียกหากันภายในเครือข่าย โดยเริ่มจากหมายเลข Extension 200 เรียกออกไปยังหมายเลข Extension 201 จบครบทุกเลขหมายที่มี ผลการทดสอบทุกหมายเลขสามารถเรียกเข้า เรียกออกได้ปกติ

และในส่วนการวิเคราะห์ผลการโทรโดยใช้โปรแกรม Wireshark แสดงได้ดังรูป ที่ 3



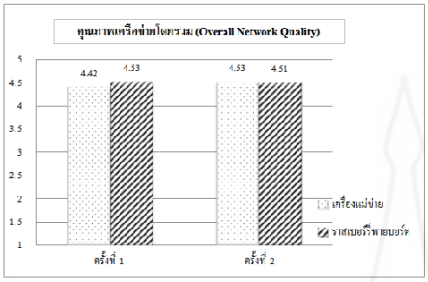
รูปที่ 3 กระบวนการทำงานการโทรโดยใช้โปรแกรม Wireshark

จากรูปที่ 3 เป็นตัวอย่างการโทรออกจากหมายเลข Extension 200 หมายเลขไอพี 192.168.1.101 เรียกไปยังหมายเลข Extension 201 หมายเลขไอพี 192.168.1.107 โดยผ่าน ผ่าน SIP server หมายเลขไอพี 192.168.1.100 และใช้โปรแกรมวิเคราะห์แพ็กเกจด้วยโปรแกรม Wireshark โดยกรองโปรโตคอล SIP และ RTP เพื่อตรวจสอบการติดต่อสื่อสารนั้น จากรูปหมายเลข 200 ส่งข้อความร้องขอการเชื่อมต่อ (INVITE) ไปยังหมายเลข 201 จากนั้นหมายเลข 201 ได้ตอบรับ (ACK) การเชื่อมต่อกลับหมายเลข 200 และระหว่างนั้นจะมีเสียง (Ringing) ในระหว่างรอการตอบรับจากปลายทาง เมื่อหมายเลข 201 รับสาย ระบบจะส่งข้อความ 200 OK หมายถึงการติดต่อสำเร็จ และสามารถทำการสนทนากันได้ระหว่างสองหมายเลข และเมื่อสนทนาเสร็จสิ้นก็จะมีการส่งข้อความ BYE เป็นการสิ้นสุดการติดต่อสื่อสาร

4. สรุปการผล

(1) การใช้งานโดยการติดตั้งระบบไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้ซอฟต์แวร์แอสเทอริสค์เพื่อให้ทำงานบนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย สามารถใช้งานร่วมกับการใช้หมายเลขของ CAT2Call plus ได้อย่างดี และเมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของระบบไอพีพีบีเอกซ์ที่ทำงานบนเครื่องแม่ข่าย คุณภาพโดยรวมไม่แตกต่างกันมาก ดังรูปที่ 3

(2) ระบบสามารถใช้งานโทรศัพท์เข้า-ออกระหว่างโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตกับโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ต, โทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตกับโทรศัพท์พื้นฐาน และโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ปกติ รวมทั้งการใช้งานฟังก์ชั่นพิเศษ เช่นการโอนสาย



รูปที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพเครือข่ายโดยรวม

จากรูปที่ 3 เป็นผลการเปรียบเทียบคุณภาพเครือข่ายโดยรวม ซึ่งการทดสอบจะใช้ระบบเครือข่ายเดียวกัน ช่วงเวลาใกล้เคียงกัน อุปกรณ์ที่ใช้ต้นทางเป็น VoIP Phone เบอร์ภายใน 200 และหมายเลขปลายทางเป็นสมาร์ตโฟนที่ใช้โปรแกรม Zoiper เป็นโปรแกรม Soft Phone โดยใช้เวลาในการทดสอบการสนทนาประมาณ 15 นาที ซึ่งผลการทดสอบไอพีพีบีเอกซ์ จากคะแนนคุณภาพเต็ม 5 ครั้งที่ 1 บนเครื่องแม่ข่ายได้ 4.42 และบนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ได้ 4.53 ครั้งที่ 2 บนเครื่องแม่ข่ายได้ 4.53 และบนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ได้ 4.51 ซึ่งจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันไม่มาก จึงสรุปได้ว่าไอพีพีบีเอกซ์ที่ทำงานบนบอร์ดราสเบอร์รี่พายมีความสามารถเทียบเท่ากับไอพีพีบีเอกซ์ ที่ทำงานบนเครื่องแม่ข่าย

(3) ระบบไอพีพีบีเอกซ์ที่ใช้งานบนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ทำให้ได้ระบบใช้งานที่ราคาประหยัดและยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนส่วนฮาร์ดแวร์ เป็นทางเลือกที่องค์กรขนาดเล็กนำมาปรับเพื่อใช้ภายใน ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานโทรศัพท์, ค่าใช้งานในส่วนอุปกรณ์ซอฟต์แวร์หรือฮาร์ดแวร์ราคาแพง และรวมถึงประหยัดพลังงานไฟฟ้าอีกด้วย เช่น ไอพีพีบีเอกซ์บนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (ใช้พลังงานประมาณ 3W) หากเปิดทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงจะใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 0.072 kWh แต่คอมพิวเตอร์แม่ข่าย (ขนาด 240W) หากเปิดทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงจะใช้ไฟประมาณ 5.76 kWh

5. กิตติกรรมประกาศ

นักวิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วฤษาย์ ร่มสายหยุด อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระและงานวิจัยนี้ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆเพื่อให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กิตติพงษ์ สุวรรณราช. *"ออกแบบและติดตั้งระบบโทรศัพท์ IP-PBX ด้วย Asterisk,"* พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: ออฟเซ็ทเพรส, 2551.

[2] จตุชัย แพงจันทร์. *"เจาะระบบ Network 3rd Edition,"*พิมพ์ครั้งที่ 1, นนทบุรี: ไอดีซีฯ, 2555.

[3] สุวัฒน์ ปุณณชัยยะ. *"เปิดโลก TCP/IP และโปรโตคอลของอินเตอร์เน็ต,"*พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น, 2545.

[4] CAT2Call Plus [Online] Available : http://www.cattelecom.com/site/th/list_service.php?cat=190

[5] สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (2557). *โครงการวิเคราะห์ทิศทางและแนวโน้มการใช้งานเทคโนโลยีในการพัฒนาคู่ชุมสายอัตโนมัติราคาประหยัดโดยใช้ Raspberry Pi* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://nbtc-raspberrypi.info

[6] Raspberry Pi [Online]. Available : https://www.raspberrypi.org

[7] Asterisk for Raspberry Pi [Online]. Available: http://www.raspberry-asterisk.org

[8] Walberto Abad. (2014, August). *Using Asterisk to implement a low cost telephone system.* [Online]. Available : https://www.raspberrypi.org/magpi-issues/MagPi26.pdf

[9] Walberto Abad. (2014, November). *Using Asterisk to implement a low cost telephone system – Part 2.* [Online]. Available : https://www.raspberrypi.org/magpi-issues/MagPi28.pdf

นายภราดร ศรีอาวุธ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัย สุโขทัย-ธรรมาธิราช งานวิจัยที่สนใจ ด้านเทคโนโลยีสื่อสารและโทรคมนาคม

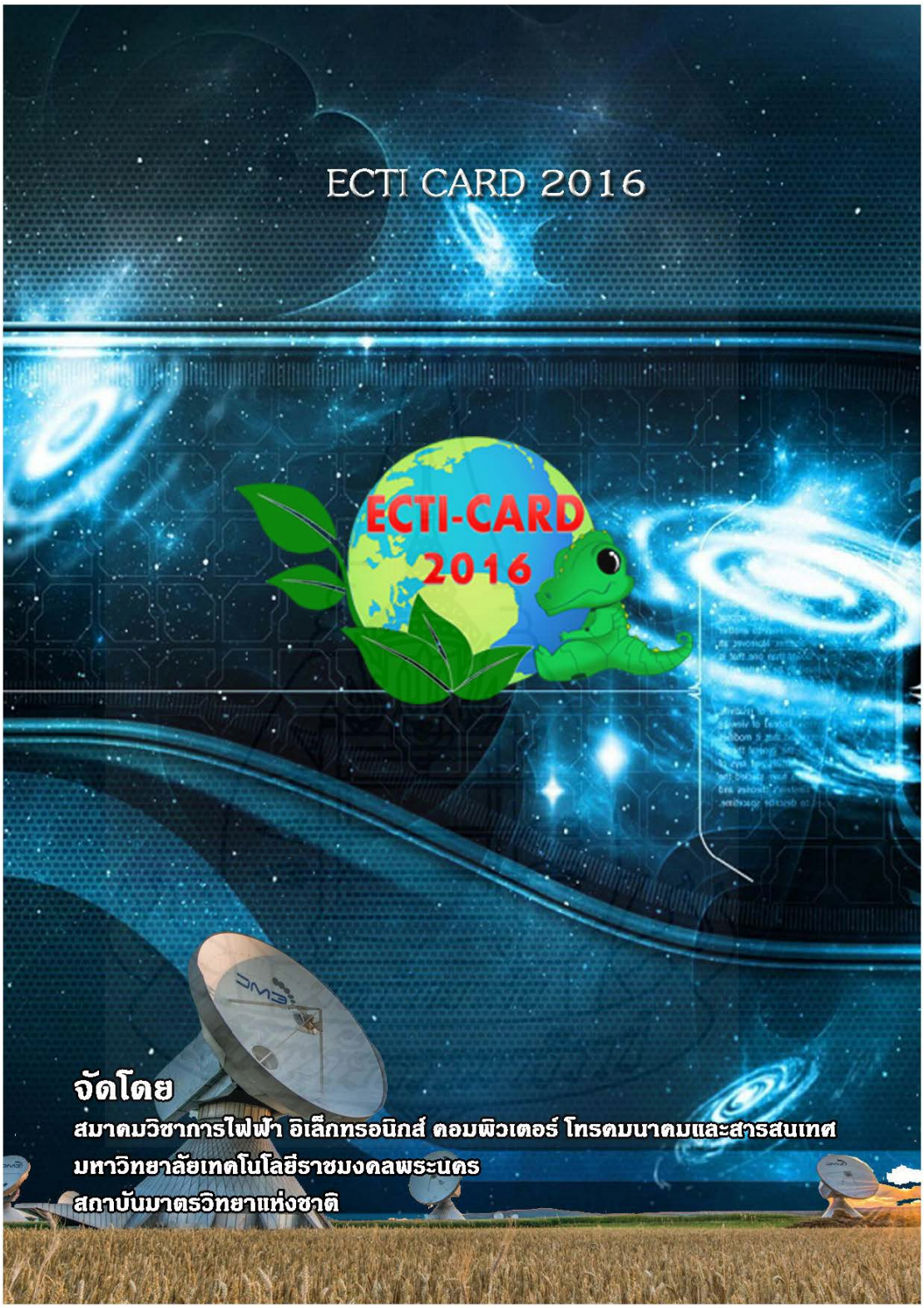
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วฤษาย์ ร่มสายหยุด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย สุโขทัยธรรมาธิราช งานวิจัยที่สนใจ ด้านเทคโนโลยีสื่อสารและโทรคมนาคม

		หน้า
	พินิจนัย สิทธิไทย	279
	พิมพ์นภัส เอี่ยมสมบูรณ์	547
	พิศณุ ชัยจิตวณิชกุล	97
	พีรชัย ฐิติไชโย	571
	พีรพล โพธิ์ทัย	657
	พุทธาวุฒิ ลีกุลธร	177
	พุธิตา สมุทรรัตน์	343
	พูนศรี วรรณการ	693, 697
	ไพฑูรย์ รักเหลือ	271, 293, 431, 471, 485, 635
	ไพโรจน์ ทองประศรี	685
	ไพศาล ดาแร่	403
ภ	ภราดร ศรีอาวุธ	495
	ภวินท์ ลำพูน	363
	ภัทรวรรณ ชุ่มสายยันต์	297
	ภัทราวุธ คุณวิภูษิต	251
	ภัสส์กุญช์ ฐิติมหัทธนกุศล	567
	ภานี น้อยยิ่ง	69
	ภูเบต แสงมะสะหมัด	487
	ภูมินทร์ อินทร์แป้น	93, 409
	ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง	475
ม	มณเฑียร งามแก้ว	387
	มธุรส กัปโก	317
	มนตรี ไชยชาญยุทธ์	709, 715
	มนัส บุญเทียรทอง	689
	มนัส สังวรศิลป์	13
	มโนเธียร อยู่ยรรยง	367
	มยุรา เผ่าบ้านฝาง	185
	มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ	259
	มัณฑนา เตี๋ยวงษ์สุวรรณ์	419
	มัลลิกา พุ่มพวง	730
	มัลลิกา วัฒนะ	736, 738
	มานพ ผู้พัฒน์	367
ย	ยศธร ใจสว่าง	467
	ยุทธนา ปิติธีรภาพ	65
	ยุพดี หัตถสิน	5
ร	รณกร ขาเพชร	707
	รณชัย ฮูเจี่ย	491
	ระพินทร์ ขัดปีก	301
	รัชฎาพร คำภู	181

ขอขอบคุณผู้ให้การสนับสนุนการจัดประชุมวิชาการ ECTI-CARD2016

บริษัท เมเชอร์โทรนิกซ์ จำกัด
บริษัท ไพรเมชี่ ซัพพลาย จำกัด
บริษัท แสงวิทย์ ซายน์ จำกัด
บริษัท แมริโกลด์ เทคโนโลยีส์ จำกัด
บริษัท เมสเซอร์เมนท์เอเชีย จำกัด
บริษัท ไวส์ไลฟ์ จำกัด
บริษัท แปซิฟิค เพาเวอร์ เทคโนโลยี จำกัด
บริษัท ดีอาร์เค เทคโนโลยี จำกัด

บริษัท เอสซีจี โซลูชั่น จำกัด
บริษัท พีทีเอส คอมบิเนชั่น จำกัด
บริษัท ไออาร์ซี เทคโนโลยีส์ จำกัด
บริษัท วีนัส ซัพพลาย จำกัด
บริษัท ออโต ไดแด็กติก จำกัด
บริษัท ที ไซน์ โซลูชั่น จำกัด
บริษัท เอสซอม จำกัด
บริษัท ดีอาร์เค เพาเวอร์ เซอร์วิส จำกัด


ECTI CARD 2016
ECTI-CARD
2016
จัดโดย
สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคมและสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

NIMT
ECTI
Association
ECTI-CARD
2016
การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8 หรือ ECTI-CARD 2016
"การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดเพื่อตอบสนองภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างยั่งยืน"
ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ให้เพื่อแสดงว่า
ภราดร ศรีอาวุธ, วฤษาย์ ร่มสายหยุด
ได้นำเสนอบทความวิจัยเรื่อง
"การประยุกต์ไอพีพีบีเอกซ์โดยใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พายเพื่อสนับสนุนการให้บริการธุรกิจของ CAT2Call Plus"
ในการประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8 หรือ ECTI-CARD 2016
ระหว่างวันที่ 27 - 29 กรกฎาคม พ.ศ.2559 ณ โรงแรมหัวหินแกรนด์ โฮเทล แอนด์ พลาซ่า จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย
นายกสมาคม ECTI

ECTI Association
ECTI-CARD 2016
ภราดร ศรีอาวุธ
SPEAKER
การประชุมวิชาการ "งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8"
วันที่ 27-29 กรกฎาคม 2558
ณ โรงแรมหัวหินแกรนด์ แอนด์ พลาซ่า หัวหิน ประจวบคีรีขันธ์
ECTI-CARD 2016

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นายภราดร ศรีอาวุธ
วัน เดือน ปีเกิด	23 มีนาคม 2524
สถานที่เกิด	อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ. 2548
สถานที่ทำงาน	บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด มหาชน แขวงบางรัก เขตบางรัก กรุงเทพฯ
ตำแหน่ง	ช่างโทรคมนาคม 4