



การพัฒนาระบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพี

ร.ต.ท.เนติรัฐ ศรีชมภู

งานค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2551

Development of IP-Based Police Radio Communication System

Pol.Lt.Naetirut Srichomphu

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

Department of Computer and Communication Technology

Graduate School, Dhurakij Pundit University

2008

เลขทะเบียน.....	0203356.....
วันลงทะเบียน.....	1 พ.ค. 2552.....
เลขเรียกหนังสือ.....	621.384.....
	๒๖๗๘๖๗
	[๒๕๕๑]
	๓๒




ใบรับรองงานคั่นคว้าอิสระ

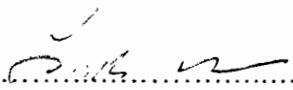
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

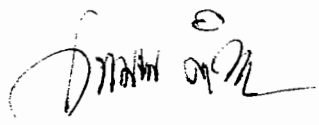
หัวข้องานคั่นคว้าอิสระ การพัฒนาระบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพี
เสนอโดย ร้อยตำรวจโทเนตรัฐ ศรีชมภู
สาขาวิชา เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร
อาจารย์ที่ปรึกษางานคั่นคว้าอิสระ ผศ. ดร. ประณต บุญไชยอภิสิทธิ์
ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบงานคั่นคว้าอิสระแล้ว


.....ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร.ณรงค์ มั่งคั่ง)


.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษางานคั่นคว้าอิสระ
(ผศ.ดร.ประณต บุญไชยอภิสิทธิ์)


.....กรรมการ
(น.อ.ดร.วีระชัย เขาว์กำเนิด)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผศ.ดร.สมศักดิ์ คำริชอบ)

วันที่ 15 เดือน สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๕1

หัวข้องานค้นคว้าอิสระ	การพัฒนาระบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพี
ชื่อผู้เขียน	ร.ต.ท.เนติรัฐ ศรีชมภู
อาจารย์ที่ปรึกษางานค้นคว้าอิสระ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประณต บุญไชยอภิสิทธิ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร
ปีการศึกษา	2551

บทคัดย่อ

งานวิจัย การพัฒนาบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพี เป็นการศึกษาเทคโนโลยี VoIP และ ประยุกต์ใช้กับงานระบบสื่อสารของตำรวจ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการรบกวนกันของสัญญาณในระบบเดิม และ เพื่อเป็นช่องทางเลือกในการติดต่อสื่อสารของตำรวจ ให้สามารถทำการติดต่อสื่อสารกันได้ตลอดเวลา

ผู้วิจัยได้พัฒนาอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับเชื่อมต่อเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร กับเครื่องคอมพิวเตอร์ให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ เพื่อแปลงสัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปแบบสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล แล้วส่งผ่านเครือข่ายไอพี โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร วงจรอินเตอร์เฟส เครื่องคอมพิวเตอร์เกตเวย์ เครื่องคอมพิวเตอร์ไคลเอนต์ เครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ซอฟต์แวร์สำหรับกำหนดค่าของเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ซอฟต์แวร์สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์เกตเวย์ ซอฟต์แวร์สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ไคลเอนต์ และ ซอฟต์แวร์สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์

ผลการทดสอบพบว่า ระบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพีสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ คือ การสื่อสารส่งการบังคับบัญชาต่างๆ ของตำรวจ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว ทัวถึงกันทั้งประเทศ สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายจากการที่จะต้องเช่าวงจรคู่สายโทรศัพท์ หรือเครือข่ายในการเชื่อมโยงการติดต่อสื่อสารแบบเดิมเข้าด้วยกัน และ เป็นการใช้ประโยชน์จากเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีค่าใช้จ่ายอยู่แล้วให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าสูงสุด

Independent Study Title Development of IP-Based Police Radio Communication System
Author Pol.Lt.Naetirut Srichomphu
Independent Study Advisor Assistant Professor Dr.Pranot Boonchai-Apisit
Department Computer and Communication Technology
Academic Year 2008

ABSTRACT

The Development of IP-Based Police Radio Communication System is an applied research. The objectives of this research are to study and apply VoIP technology for solving a signal interference problem in an existing system, and to provide an alternative communication channel for seamless communication.

We developed a prototype analog to digital signal converter, and installed related hardware and software, such as, a radio, interface circuit, computer gateway, computer client, computer server, radio software, gateway software, client software, and server software.

We found that the developed system satisfies development objectives. By using the developed system communication of police commands is fast, efficiency, and cover wide area. Moreover, operating cost is reduced according to reducing numbers of leased lines, and optimization of using the Internet.

กิตติกรรมประกาศ

งานค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีได้นั้น ต้องขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา
ค้นคว้าอิสระ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประณต บุญไชยอภิสิทธิ์ ที่ท่านได้ให้คำแนะนำปรึกษาเป็น
อย่างดี รวมทั้งขอขอบคุณ กองตำรวจสื่อสาร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ที่ให้ข้อมูลและสนับสนุน
อุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงอนุญาตให้ใช้สถานที่ในการจัดทำและทดสอบระบบทั้งหมดที่พัฒนาใน
งานค้นคว้าอิสระฉบับนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณบิดา มารดา และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ที่คอยสนับสนุนให้ความ
ช่วยเหลือและให้กำลังใจจนการศึกษาในครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานค้นคว้าอิสระฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจศึกษา
ในเทคโนโลยีนี้ โดยเฉพาะนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร หากมี
ข้อผิดพลาดประการใดในงานค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ต้องขออภัยมา ณ ที่นี้

ร.ต.ท.เนติรัฐ ศรีชมภู

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ฉ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ซ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2. แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 การสื่อสารด้วยเทคโนโลยี VoIP.....	3
2.1.1 ภาพรวมของ VoIP.....	3
2.1.2 หลักการพื้นฐานของเครือข่ายไอพี.....	5
2.1.3 รูปแบบการเชื่อมโยงเครือข่ายการสื่อสาร VoIP.....	14
2.2 มาตรฐานของเทคโนโลยี VoIP.....	17
2.2.1 H.323 Protocol.....	18
2.2.2 SIP Protocol.....	28
2.3 อินเทอร์เน็ต EIA-232/RS-232.....	37
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	44

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3. ระเบียบวิธีวิจัย.....	46
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการ.....	46
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	46
3.2.1 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่จะนำมาใช้.....	46
3.2.2 ซอฟต์แวร์ที่จะนำมาใช้.....	47
3.3 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย.....	48
3.4 สรุป.....	48
4. ผลการวิเคราะห์และการออกแบบระบบ.....	49
4.1 การศึกษาระบบงาน.....	49
4.2 การวิเคราะห์ระบบ.....	50
4.3 การออกแบบระบบ.....	51
4.3.1 การออกแบบเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์.....	52
4.3.2 การออกแบบเครื่องคอมพิวเตอร์ไคลเอนต์.....	52
4.3.3 การออกแบบเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร.....	53
4.3.4 การออกแบบวงจรอินเตอร์เฟส.....	56
5. ผลการจัดทำและการทดสอบระบบ.....	58
5.1 การจัดทำระบบ.....	58
5.1.1 การจัดทำเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์.....	58
5.1.2 การจัดทำเครื่องคอมพิวเตอร์ไคลเอนต์.....	61
5.1.3 การจัดทำเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร.....	65
5.1.4 การจัดทำวงจรอินเตอร์เฟส.....	67
5.2 การทดสอบระบบ.....	69

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6. สรุปผลการวิจัย.....	72
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	72
6.2 อภิปรายผล.....	73
6.3 ข้อเสนอแนะ.....	73
บรรณานุกรม.....	74
ภาคผนวก.....	78
ภาคผนวก ก การติดตั้งใช้งาน โปรแกรม EQSO.....	79
ภาคผนวก ข ความหมายของตัวแปรต่างๆ ในโปรแกรม EQSO.....	87
ภาคผนวก ค การกำหนดค่า I/O Port และการตั้งค่าความถี่วิทยุ Motorola GM-300....	98
ประวัติผู้เขียน.....	104

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ฟังก์ชันการทำงานของโปรโตคอลแบบต่างๆ.....	24
2.2 SIP Response.....	33
2.3 รายละเอียดของสัญญาณตามมาตรฐาน RS-232 (DB25 และ DB9).....	42
3.1 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย.....	48
4.1 เปรียบเทียบระบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจแบบเก่าและแบบใหม่.....	50
4.2 การกำหนดค่าการทำงานให้กับ I/O Port ของเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร.....	55
4.3 การทำงานของ I/O Port ที่กำหนดมาจากบริษัทผู้ผลิต.....	55

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะของการสื่อสารผ่านทางเครือข่ายไอพี.....	3
2.2 หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางเครือข่ายไอพี.....	5
2.3 การสื่อสารทางเครือข่ายไอพีโดยเชื่อมต่อผ่านเราเตอร์.....	6
2.4 การสื่อสารทางเครือข่ายไอพีโดยเชื่อมต่อผ่าน VoIP Gateway.....	7
2.5 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลแบบ 4-bit PCM.....	9
2.6 ขั้นตอนการแปลงสัญญาณเสียงจาก Analog เป็น Digital.....	9
2.7 ขั้นตอนการตัดสัญญาณ Echo.....	10
2.8 ขั้นตอนการจัด Frame สัญญาณ.....	10
2.9 ขั้นตอนการแปลง Frame สัญญาณให้อยู่ในรูปแพ็กเก็ต.....	11
2.10 ขั้นตอนการใส่ Address ให้กับสัญญาณแพ็กเก็ต.....	11
2.11 ขั้นตอนการแปลงสัญญาณ Digital ให้กลับมาเป็นสัญญาณเสียง Analog.....	11
2.12 ขั้นตอนการตรวจเช็คความผิดพลาดของสัญญาณ.....	12
2.13 วิธีการเชื่อมโยงเครือข่ายแบบ PC to PC.....	14
2.14 วิธีการเชื่อมโยงเครือข่ายแบบ PC to Phone.....	15
2.15 วิธีการเชื่อมโยงเครือข่ายแบบ Phone to Phone.....	15
2.16 องค์ประกอบต่างๆ ของโครงข่ายไอพี.....	17
2.17 เครือข่าย H.323.....	18
2.18 H.323 Terminal.....	19
2.19 หลักการทำงานของเกตเวย์.....	20
2.20 การสื่อสารโดยตรงระหว่างเทอร์มินอลและเกตเวย์.....	21
2.21 การสื่อสารที่ต้องผ่านเกตคีปเปอร์.....	22
2.22 ชุดโปรโตคอล H.323.....	23
2.23 ขั้นตอนการสื่อสารของโทรศัพท์ในระบบ H.323.....	25
2.24 ขั้นตอนการสื่อสารด้วยชุดโปรโตคอล H.323.....	27

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.25 ขั้นตอนที่ User A โทรหา User B โดยใช้โปรโตคอล SIP	35
2.26 เครื่องข่าย SIP	36
2.27 ปลั๊กและซ็อกเก็ตเชื่อมต่อ RS-232 แบบ 25 พิน	37
2.28 ปลั๊กและซ็อกเก็ตเชื่อมต่อ RS-232 แบบ 9 พิน	38
2.29 รายละเอียดด้านไฟฟ้าสำหรับการส่งข้อมูลใน EIA-232	39
2.30 หน้าที่ของพินต่างๆ ที่กำหนดใน EIA-232, DB25	39
2.31 หน้าที่ของพินต่างๆ ที่กำหนดใน EIA-232, DB9	40
2.32 การเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่าง DB9 (Female) กับ DB25 (male)	40
2.33 สาย RS-232 ที่มีซ็อกเก็ตทั้งแบบ 25 พินและ 9 พินให้เลือกใช้	41
2.34 รายละเอียดการควบคุมสัญญาณไฟฟ้าใน EIA-232	41
4.1 ระบบวิทยุสื่อสารของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพี	51
4.2 การใช้งานแบบ EQSO PC Client	52
4.3 การใช้งานแบบ EQSO RF Gateway	53
4.4 เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ยี่ห้อ Motorola รุ่น GM-300	54
4.5 I/O Port ของเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ยี่ห้อ Motorola รุ่น GM-300	54
4.6 วงจรอินเตอร์เฟส	56
5.1 หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม EQSO Conference Server	58
5.2 การกำหนดค่าใช้งานในโปรแกรม EQSO Conference Server	59
5.3 หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม EQSO Remote Server Admin	59
5.4 การกำหนดค่าใช้งานในโปรแกรม EQSO Remote Server Admin	60
5.5 หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม EQSO PC Client	61
5.6 การกำหนดค่าใช้งานในโปรแกรม EQSO PC Client	62
5.7 หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม EQSO RF Gateway	63
5.8 การกำหนดค่าใช้งานในโปรแกรม EQSO RF Gateway	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.9 การกำหนดค่าใช้งานใน Rig Keying and Squelch Setup.....	65
5.10 การปรับจูนเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ยี่ห้อ Motorola รุ่น GM-300.....	66
5.11 การปรับจูนกำหนดค่าความถี่ใช้งาน.....	66
5.12 การปรับจูนกำหนดค่า I/O Port ใช้งาน.....	67
5.13 การเชื่อมต่อวงจรอินเตอร์เฟส.....	68
5.14 อุปกรณ์การใช้งานในแบบ EQSO RF Gateway ที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว.....	68
5.15 หน้าจอโปรแกรม EQSO RF Gateway ในกรณีที่ทำกรส่งสัญญาณ.....	69
5.16 หน้าจอโปรแกรม EQSO RF Gateway ในกรณีที่ทำกรรับสัญญาณ.....	70
5.17 ขั้นตอนต่างๆ ในการจัดทำระบบวิทยุสื่อสารของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพี.....	71

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสารมีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของมนุษย์และมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย การสื่อสารผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในรูปแบบไอพีก็เป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่มีการใช้งานอยู่ทั่วไปไม่ว่าจะเป็นตามบ้านพัก ที่อยู่อาศัย อาคารสำนักงานและองค์กรต่างๆ โดยมีการพัฒนาการติดต่อสื่อสารในรูปแบบต่างๆ บนเครือข่ายแบบ ไอพี เช่น ข้อมูล (Data) ข้อมูลเสียง (Voice) ข้อมูลภาพ (Video) และข้อมูลการประชุม (Video Conference) โดยแนวโน้มของการสื่อสารในอนาคตจะเป็นการรวมวิธีการสื่อสารในรูปแบบต่างๆ มาใช้งานบนเครือข่ายเดียวกันในรูปแบบไอพี

เพื่อเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสารที่มีอยู่ในปัจจุบันให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการพัฒนาระบบการติดต่อสื่อสารของตำรวจ ผู้วิจัยเห็นว่าควรจะมีการศึกษาถึงวิธีการที่จะพัฒนาระบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจเดิม ให้เป็นระบบการติดต่อสื่อสารผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในรูปแบบ VoIP โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ประสิทธิภาพ และประโยชน์ต่อองค์กร เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการวิเคราะห์ตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูงในการกำหนดทิศทางการพัฒนาระบบการติดต่อสื่อสารของตำรวจในอนาคต โดยในส่วนของการศึกษาจะครอบคลุมการพัฒนาระบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพี ทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาการทำงานระบบวิทยุสื่อสารของตำรวจและเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสารที่เกี่ยวข้อง
2. เพื่อพัฒนาระบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพี

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี VoIP กับระบบการติดต่อสื่อสารของตำรวจ

2. ระบบต้นแบบ สนับสนุนการทำงานร่วมกันกับระบบเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุของตำรวจที่มีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน
3. เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบ ติดตั้ง และ เชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับมีดังต่อไปนี้

1. เข้าใจในหลักการและสามารถนำเทคโนโลยีการสื่อสารทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในรูปแบบไอพี มาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาระบบการติดต่อสื่อสารให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น สามารถใช้งานได้จริงและเกิดประโยชน์ต่อองค์กร
2. การติดต่อสื่อสารทางวิทยุผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในรูปแบบ VoIP มีประสิทธิภาพสามารถแก้ปัญหาเรื่องคุณภาพเสียงและการรบกวนสัญญาณได้ การติดต่อสื่อสารครอบคลุมพื้นที่โดยทั่วไป เนื่องจากการใช้งานเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในปัจจุบันมีใช้งานอยู่อย่างแพร่หลาย
3. ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเช่าวงจรคู่สายโทรศัพท์ เพื่อเชื่อมโยงเครือข่ายในต่างจังหวัด ที่จะต้องเชื่อมโยงถึงกันทั่วประเทศ เนื่องจากอินเทอร์เน็ตมีการเชื่อมต่อใช้งานอยู่ทั่วไป ซึ่งจะต้องมีค่าใช้จ่ายอยู่แล้ว จึงเป็นการใช้งานเครือข่ายให้คุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด
4. เป็นการเตรียมการเพื่อรองรับอนาคตที่จะมีการรวมเอาระบบการสื่อสารต่างๆ มาใช้งานผ่านเครือข่ายเดียวกันในแบบไอพี
5. เป็นต้นแบบให้หน่วยงานหรือองค์กรอื่นๆ ที่มีสาขากระจายอยู่ทั่วไปและจะต้องมีการติดต่อสื่อสารและประสานงานกันเป็นประจำ สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงพัฒนาระบบการติดต่อสื่อสารของตนเองได้
6. ทราบถึงข้อดีข้อเสียในการติดต่อสื่อสารทางวิทยุผ่านเครือข่ายวีโอไอพี เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ตัดสินใจของผู้บริหารระดับสูง ในการพัฒนาระบบการติดต่อสื่อสารของตำรวจในอนาคต

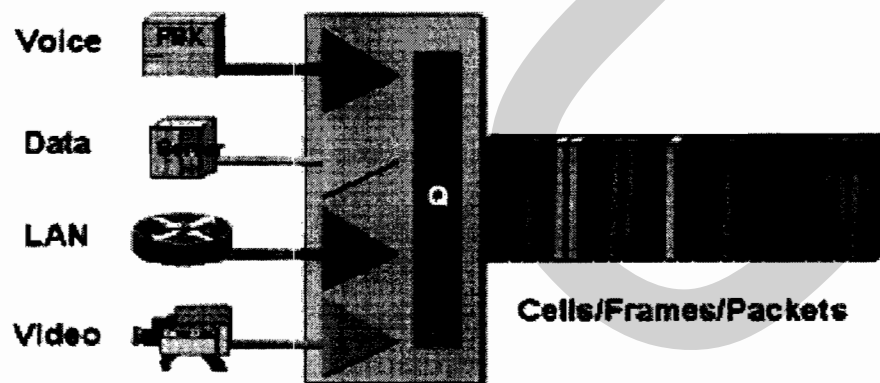
บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การสื่อสารด้วยเทคโนโลยี VoIP

2.1.1 ภาพรวมของ VoIP

VoIP (Voice over IP) ย่อมาจาก Voice over Internet Protocol คือ โพรโทคอลที่อนุญาตให้ผู้ใช้สามารถสื่อสารกันด้วยเสียงคล้ายกับการใช้โทรศัพท์ผ่านเครือข่ายไอพี เช่น เครือข่ายภายในองค์กรและอินเทอร์เน็ต สาเหตุที่ทำให้ VoIP ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากมีราคาถูกหรือไม่เสียค่าใช้จ่าย เช่น การใช้โปรแกรม Skype บนอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถสื่อสารข้ามทวีปได้โดยไม่เสียเงิน โดยการเชื่อมต่อเข้าอินเทอร์เน็ต อีกเหตุผลหนึ่งก็คือการรวมเอาบริการทั้งการสื่อสารด้วยเสียง วิดีโอ และข้อมูลอื่นๆ มาใช้งานหรือการนำสัญญาณเสียงมาผสมรวมเข้ากับสัญญาณข้อมูล เพื่อให้สามารถส่งผ่านไปบนระบบเครือข่ายเดียวกันด้วยโพรโทคอลที่มีใช้กันอยู่อย่างแพร่หลาย คือ Internet Protocol หรือที่รู้จักกันทั่วไปในนามไอพี ซึ่งโดยปกติเราจะใช้ไอพีในการส่งสัญญาณข้อมูลเท่านั้น แต่ด้วยเทคโนโลยี VoIP นี้ทำให้สามารถพัฒนาการสื่อสารด้วยสัญญาณเสียงให้สามารถสื่อสารผ่านทางเครือข่ายไอพีได้ ซึ่งทำให้สามารถใช้ช่องสัญญาณบนเครือข่ายของได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของการที่จะต้องเช่าเครือข่ายหรือวงจรคู่สายโทรศัพท์ได้มากขึ้นอีกด้วย ดังภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะของการสื่อสารผ่านทางเครือข่ายไอพี



ภาพที่ 2.1 ลักษณะของการสื่อสารผ่านทางเครือข่ายไอพี

ที่มา : <http://6211-group3.exteen.com/page/1>

เมื่ออินเทอร์เน็ตเข้ามามีบทบาทกับชีวิตประจำวันมากขึ้นและมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความจำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลร่วมกันระหว่างสำนักงาน ความต้องการประยุกต์แบบใหม่ๆ บนอินเทอร์เน็ตจึงได้รับการพัฒนาเพื่อรองรับกับการสื่อสารรูปแบบต่างๆ เช่น การใช้โทรศัพท์บนเครือข่าย การติดต่อด้วยเสียง ระบบวิดีโอคอนเฟอเรนซ์ การกระจายสัญญาณเสียงหรือภาพบนเครือข่าย และสิ่งหนึ่งที่มีการพัฒนากันคือ ระบบการสื่อสารด้วยเสียงผ่านเครือข่ายไอพี จนสามารถใช้งานได้ดีเพื่อได้รับประโยชน์มากที่สุดและมีความสะดวกมากขึ้น เนื่องด้วยปัจจุบันการขยายตัวของระบบเครือข่ายสัญญาณข้อมูล หรือ Data Network มีอัตราการเติบโตที่รวดเร็วกว่าการขยายตัวของเครือข่ายสัญญาณเสียงค่อนข้างมาก จึงทำให้มีการนำเทคโนโลยีที่สามารถนำสัญญาณเสียงเหล่านั้นมารวมอยู่บนระบบเครือข่ายของสัญญาณข้อมูลและมีการรับ-ส่งสัญญาณทั้งคู่ได้ในเวลาเดียวกัน เพื่อเป็นการสะดวกและประหยัดค่าใช้จ่าย

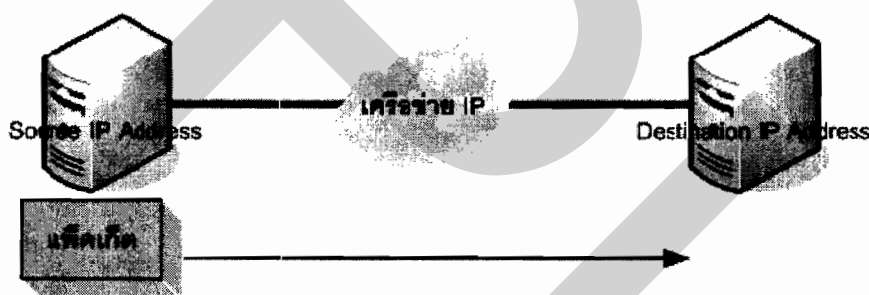
VoIP ในที่นี้จะมุ่งเน้นในเรื่องการติดต่อสื่อสารโดยใช้วิทยุสื่อสารเชื่อมโยงเครือข่ายกันผ่านทางอินเทอร์เน็ต ซึ่งในปัจจุบันหลังจากการแพร่กระจายของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ใช้งาน (Software Applications) อย่างมากมาย รวมถึงโปรแกรมประเภทหนึ่งที่ถูกพัฒนาจนเกิดผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงในวงการโทรคมนาคมในปัจจุบันและในอนาคตอันใกล้ด้วย นั่นคือการใส่ Feature การสนทนาเสียงผ่านโปรแกรม Chat ผ่านทางอินเทอร์เน็ต หรือหลายคนอาจจะเห็นภาพง่ายขึ้นโดยเฉพาะหมู่วัยรุ่นที่เล่น เอ็มเอสเอ็น โดยใช้ลำโพงและไมโครโฟนสนทนากันผ่านอินเทอร์เน็ต การสนทนาเสียงผ่านทางอินเทอร์เน็ตมีหลากหลายวิธีและได้รับความนิยมแพร่หลายอย่างรวดเร็วจนเกิดมีการพัฒนาโปรแกรมในการสนทนาเสียง โดยเฉพาะมากมาย ส่วนมากจะสามารถดาวน์โหลดได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย เพียงแค่คอมพิวเตอร์ที่สนทนานั้นต้องมีการติดตั้งโปรแกรมทั้งสองฝ่าย จากความนิยมในการสนทนาเสียงผ่านอินเทอร์เน็ตอย่างท่วมท้น ถึงแม้จะไม่มีค่าใช้จ่ายแต่ก็ได้รับคุณภาพเสียงจากการสนทนาที่ไม่น่าพอใจนัก จึงเกิดความพยายามมากมายในการพัฒนาระบบการสนทนาผ่านทางอินเทอร์เน็ตให้มีคุณภาพเสียงที่ดีเพียงพอที่จะยอมรับได้ จึงเกิดเทคโนโลยี VoIP ขึ้นมา หรือเรียกชื่ออื่นๆ เช่น IP Telephony, Net Phone, Web Phone, Internet Telephony หรือ Digital Phone ล้วนเป็นการสื่อสารทางเสียงผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ตหรือโครงข่ายอื่นๆ ที่ใช้อินเทอร์เน็ตโปรโตคอล โดยสัญญาณเสียงจะถูกตัดแบ่งเป็นแพ็คเก็ตวิ่งผ่านไปบนโครงข่ายที่ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลทั่วไปแทนการใช้วงจรเฉพาะตามวิธีการสื่อสารในระบบโทรศัพท์แบบดั้งเดิม

ความเป็นมาของ VoIP ในประเทศไทยเกิดจากนักวิทยุสมัครเล่นกลุ่มหนึ่งซึ่งมีความสนใจในเทคโนโลยีและได้ทดลองการติดต่อสื่อสารกันกับนักวิทยุสมัครเล่นทั่วไปโดยผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และเห็นว่ามีความประโยชน์กับนักวิทยุสมัครเล่นทุกคนจึงได้ทำหนังสือขออนุญาตไปยังกรมไปรษณีย์โทรเลข และขออนุญาตผ่านสมาคมวิทยุสมัครเล่นแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

และได้รับอนุญาตจากกรมไปรษณีย์โทรเลขให้ทดลองใช้งานได้เป็นเวลา 6 เดือน การติดต่อสื่อสารรูปแบบนี้มีซอฟต์แวร์ให้เลือกใช้หลายตัวเช่น EQSO, ILINK และ ECHOLINK เป็นต้น

2.1.2 หลักการพื้นฐานของเครือข่ายไอพี

เครือข่ายไอพี (Internet Protocol) มีพัฒนาการมาจากรากฐานระบบการสื่อสารแบบแพ็กเก็ต โดยระบบมีการกำหนดแอดเดรส ที่เรียกว่า ไอพีแอดเดรส (IP Address) จากไอพีแอดเดรสหนึ่งถ้าต้องการส่งข่าวสารไปอีกไอพีแอดเดรสหนึ่ง ใช้หลักการบรรจุข้อมูลใส่ในแพ็กเก็ตแล้วส่งไปในเครือข่าย ระบบการจัดส่งแพ็กเก็ตกระทำด้วยอุปกรณ์สื่อสารจำพวกเราเตอร์ มีหลักการส่งแบบไปรษณีย์สมัยเก่า บางทีจึงเรียกการส่งแบบนี้ว่า คาด้าแกรม การสื่อสารแบบไอพีแพ็กเก็ตจะเป็นการส่งแพ็กเก็ตเข้าไปในเครือข่าย โดยไม่มีการประกันว่าแพ็กเก็ตนั้นจะถึงปลายทางเมื่อไร ดังภาพที่ 2.2 ดังนั้นรูปแบบของเครือข่ายไอพีจึงไม่เหมาะสมกับการสื่อสารแบบต่อเนื่อง เช่น การส่งสัญญาณเสียงหรือวิดีโอ จนกระทั่งเมื่อมีเครือข่ายไอพีขยายอย่างกว้างขวางและเชื่อมโยงกันมากขึ้น ความต้องการส่งสัญญาณข้อมูลเสียงที่ได้คุณภาพจึงเกิดขึ้น สิ่งสำคัญคือระบบประกันคุณภาพการสื่อสาร โดยจัดลำดับความสำคัญหรือจองช่องสัญญาณไว้ให้ก่อน ซึ่งระบบการสื่อสารในรูปแบบใหม่นี้ต้องกระทำโดยเราเตอร์

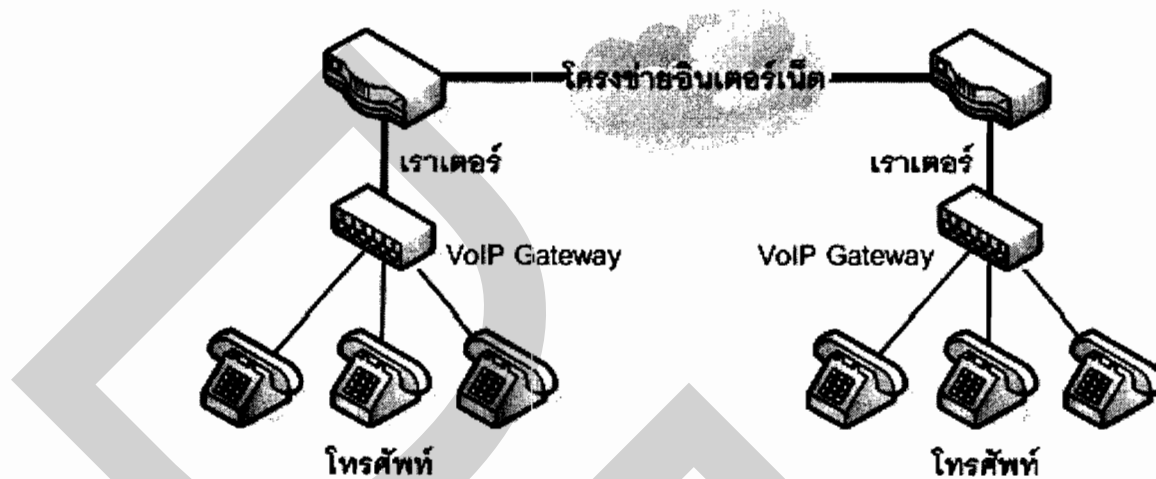


ภาพที่ 2.2 หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางเครือข่ายไอพี

ที่มา : http://www.voipthailand.com/voip/articles/voip_articles_00002.html

การส่งสัญญาณเสียงบนเครือข่ายไอพี หรือ VoIP หรือ VoIP Gateway เป็นระบบที่แปลงสัญญาณเสียงในรูปของสัญญาณอนาล็อกมาเป็นสัญญาณดิจิทัล คือนำข้อมูลสัญญาณเสียงมาบีบอัดและบรรจุลงเป็นแพ็กเก็ตไอพี แล้วส่งไปโดยที่เราเตอร์จะมีวิธีการปรับตัวเพื่อรับสัญญาณแพ็กเก็ต และยังแก้ไขปัญหาบางอย่างให้ เช่น การบีบอัดสัญญาณเสียงให้มีขนาดเล็กลง การแก้ปัญหาเมื่อมีบางแพ็กเก็ตสูญหายหรือได้มาล่าช้า (Delay) เราเตอร์จะทำหน้าที่พิเศษเพื่อประกันคุณภาพของสัญญาณไอพีนี้ เพื่อให้

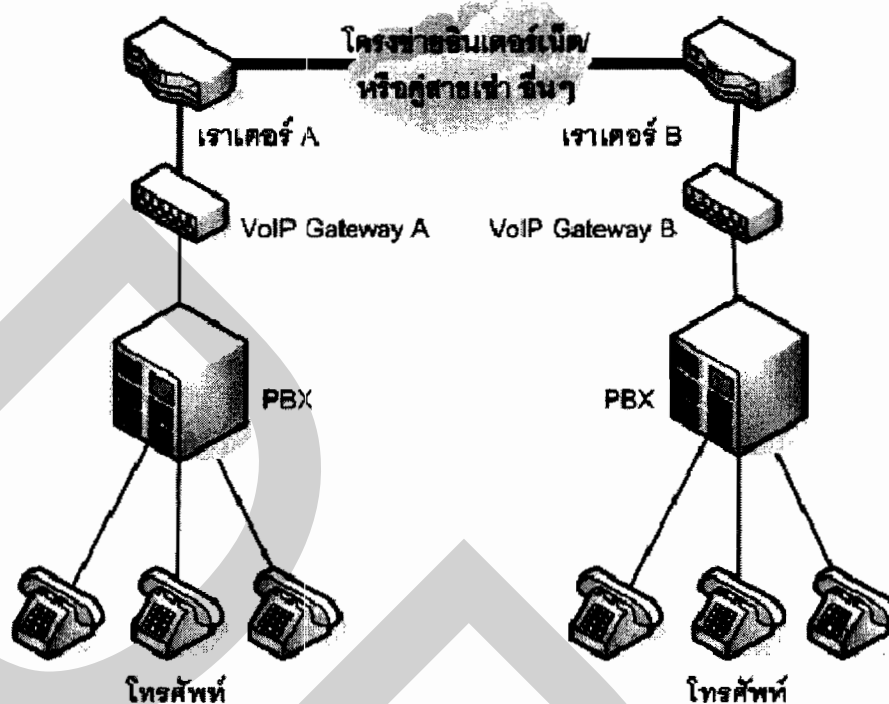
ข้อมูลไปถึงปลายทางหรือกลับมาได้อย่างถูกต้อง และอาจมีการให้สิทธิพิเศษก่อนแพ็กเก็ตอื่น (Quality of Service :QoS) เพื่อการให้บริการที่ทำให้เสียงมีคุณภาพ ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การสื่อสารทางเครือข่ายไอพีโดยเชื่อมต่อผ่านเราเตอร์

ที่มา : http://www.voipthailand.com/voip/articles/voip_articles_00002.html

จากระบบดังกล่าวนี้เอง จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับระบบเชื่อมโยงเครือข่ายโทรศัพท์ระหว่างสำนักงาน โดยแต่ละสำนักงานสามารถใช้ระบบสื่อสารโทรศัพท์ผ่านทางเครือข่ายไอพี (VoIP) รวมถึงยังสามารถรับส่งข้อมูล (Data) ไปพร้อมๆ กันได้ด้วยวิธีการสื่อสารแบบ VoIP จึงทำให้ระบบโทรศัพท์ที่เป็นผู้ร่วมสายภายในขององค์กร สามารถเชื่อมถึงกันผ่านทางเครือข่ายไอพี การสื่อสารแบบนี้ทำให้สามารถใช้โทรศัพท์ข้ามถึงกันได้ในลักษณะ PBX กับ PBX และทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การสื่อสารทางเครือข่ายไอพีโดยเชื่อมต่อกันผ่าน VoIP Gateway

ที่มา : http://www.voipthailand.com/voip/articles/voip_articles_00002.html

DSP (Digital Signal Processing) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงให้เป็นเฟรมข้อมูลเพื่อให้สามารถส่งไปบนเครือข่ายไอพีได้ โดยเฟรมข้อมูลหรือวอยซ์แพ็กเก็ตที่จะส่งไปนั้นจะอยู่ในรูปแบบที่เป็นมาตรฐาน เช่น H.323 (ITU), SIP (IETF), T.38 (ITU), SIGTRAN (IETF), MGCP (Level 3, Bellcore, Cisco, Nortel), MEGACO/H.GCP (IETF), Skinny (Cisco) เป็นต้น เมื่อองค์กรมีแนวคิดที่จะเชื่อมรวมเครือข่ายโทรศัพท์และเครือข่ายไอพี ก็มักจะทดสอบและทดลองก่อนว่าใช้งานได้ผลดีอย่างที่คาดหวังไว้หรือไม่ ในช่วงแรกมักจะใช้เทคโนโลยี VoIP เพื่อเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ระหว่างสำนักงานย่อยในกรณีที่ทั้งสองแห่งอยู่ห่างกันมากๆ และต้องเสียดำโทรศัพท์ทางไกลในการติดต่อกัน ถ้าสำนักงานใหญ่กับสาขาย่อยมีโครงข่ายไอพีที่เชื่อมถึงกันอยู่แล้วองค์กรก็สามารถเชื่อมต่อ PBX ระหว่างสำนักงานได้โดยใช้อุปกรณ์ VoIP ซึ่งเรียกว่า IP-PBX การนำแอปพลิเคชันและอุปกรณ์ทางด้าน VoIP ที่นิยมมาใช้งาน เช่น

- ไมโครซอฟท์เน็ตมีทติ้ง (NetMeeting) เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการสื่อสารทั้งเสียงและวิดีโอ โดยจะติดตั้งบนเครื่องพีซีทั่วไป โปรแกรมนี้จะช่วยให้ผู้ใช้ที่อยู่ห่างไกลกันสามารถสื่อสารกันทั้งแบบตัวต่อตัวหรือการประชุมทางไกลได้ นอกจากนี้ยังสามารถแชร์ข้อมูลหรือไฟล์อื่นๆ ได้ด้วย

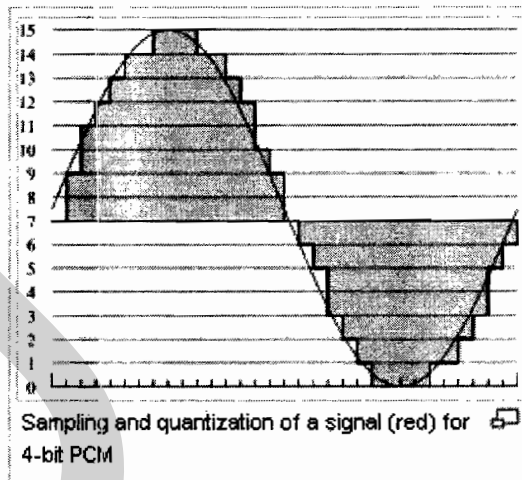
- ไอพีโฟน (IP Phone) เป็นอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันเหมือนโทรศัพท์ มีหูฟังและมีเสียงรับสาย เมื่อมีคนโทรเข้า นอกจากนี้ส่วนใหญ่ก็จะมีภาพวิดีโอของกลุ่มสนทนาด้วย โดยอุปกรณ์นี้จะเชื่อมต่อเข้ากับระบบเครือข่ายผ่านสายแลนและอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการสื่อสารคือ IP-based PBX ซึ่งจะมีฟังก์ชันเหมือนกับอุปกรณ์ PBX ของระบบโทรศัพท์พื้นฐานนั่นเอง

- ซอฟท์โฟน (Soft Phone) เป็นโปรแกรมที่มีหน้าต่างเหมือนโทรศัพท์แต่ติดตั้งบนเครื่องพีซีทั่วไป สื่อสารกันโดยใช้ไมโครโฟนและสปีคเกอร์

- แอปพลิเคชัน IM-VoIP เป็นการพัฒนาโปรแกรมให้รวมเอาบริการอื่นๆ เข้ามาด้วย เช่น IM (Instant Messaging) หรือการแชทนั่นเอง แอปพลิเคชันประเภทนี้ เช่น Google Talk, Skype, Yahoo!, Gizmo และ AOL เป็นต้น

VoIP เป็นระบบที่นำสัญญาณเสียงผ่านการดิจิทัล โดยหนึ่งช่องเสียงเมื่อแปลงเป็นข้อมูลจะมีขนาด 64 กิโลบิตต่อวินาที (Kbps) แล้วนำเอาข้อมูลเสียงขนาด 64 Kbps นี้มาบีบอัด โดยทั่วไปจะเหลือประมาณ 8-10 Kbps ต่อช่องสัญญาณเสียง แล้วจึงบรรจุลงในไอพีแพ็คเกจเพื่อส่งผ่านทางเครือข่ายไอพีเป็นการนำเอาสัญญาณเสียงที่เป็นสัญญาณอนาล็อกมาทำการแปลงให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัลแล้วนำมาเข้ารหัสพร้อมทั้งบีบอัดสัญญาณ หลังจากนั้นจึงนำสัญญาณเสียงที่ได้มาจัดให้อยู่ในรูปของชุดข้อมูลที่จะส่งผ่านเครือข่าย โดยใช้โปรโตคอล IP ไปยังปลายทางร่วมกับการสื่อสารข้อมูลทั่วไป เมื่อถึงปลายทางข้อมูลเสียงนั้นจะถูกแปลงกลับไปเป็นสัญญาณเสียงตามเดิม โดยใช้เทคโนโลยี PCM (Pulse Code Modulation)

จตุชัย แพงจันทร์ (2551 : 359) กล่าวว่า ในการแปลงสัญญาณเสียงนั้นจะใช้เทคนิคการสุ่มวัดค่า (Sampling) โดยใช้หลักทฤษฎีของไนควิสต์ (Nyquist Theorem) ดังภาพที่ 2.5 หลักการคือถ้าเราสุ่มวัดค่าในความถี่เป็นสองเท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณเสียง ก็จะได้ข้อมูลดิจิทัลที่แทนสัญญาณเสียงที่มีคุณภาพเหมือนกับสัญญาณเสียงนั้นๆ

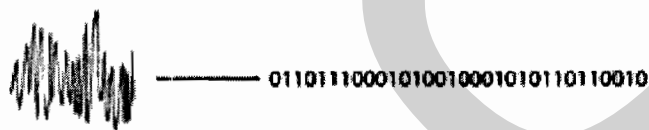


ภาพที่ 2.5 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลแบบ 4-bit PCM

ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse_code_modulation

จากภาพที่ 2.5 สมมติว่าสัญญาณเสียงมีลักษณะเป็นไซน์เวฟ (Sine Wave) แล้วมีการสุ่มวัดค่าความสูงของคลื่นเป็นช่วงเวลา (ความถี่) ค่าที่ได้ก็จะสามารถแปลงเป็นตัวเลขคือ 7, 9, 11, 12, 13, 14, 14, 15, 15, 15, 14, ... หลังจากนั้นก็จะสามารถนำมาแปลงให้เป็นเลขฐานสองได้คือ 0111, 1001, 1011, 1100, 1101, 1110, 1110, 1111, 1111, 1111, 1110, ... ตามลำดับ การแปลงเช่นนี้จะเรียกว่า 4-bit PCM ซึ่งมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. Conversion to PCM (Pulse Code Modulation) ในขั้นตอนแรกเป็นการแปลงสัญญาณอนาล็อกให้ไปอยู่ในรูปสัญญาณดิจิทัล ดังภาพที่ 2.6



PCM (Pulse Code Modulation)

ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการแปลงสัญญาณเสียงจาก Analog เป็น Digital

ที่มา : http://www.dcomputer.com/Proinfo/support/TipTrick/techno_VoIP01.asp

2. Removal of Echo ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการแยกสัญญาณออกเป็นส่วนๆ เพื่อทำการตัดสัญญาณ Echo ออกไป ซึ่งกระบวนการนี้จะถูกจัดการ โดย DSP (Digital Signal Processors) ดังภาพที่ 2.7

0110111000101001000101011011001001101001001011

Removal of Echo

ภาพที่ 2.7 ขั้นตอนการตัดสัญญาณ Echo

ที่มา : http://www.dcomputer.com/Proinfo/support/TipTrick/techno_VoIP01.asp

3. Framing ในส่วนสัญญาณที่เหลือนั้นก็จะถูกแบ่งและจัดรูปแบบขึ้นมาใหม่ในรูปของ Frame ซึ่งกระบวนการนี้จะถูกจัดการ โดยรูปแบบการบีบอัดที่เรียกว่า CODEC หลังจากกระบวนการนี้แล้ว Frame ของสัญญาณเสียงจะถูกสร้างขึ้น ดังภาพที่ 2.8

0110111000101001000101011011001001101001001

Framing Process

ภาพที่ 2.8 ขั้นตอนการจัด Frame สัญญาณ

ที่มา : http://www.dcomputer.com/Proinfo/support/TipTrick/techno_VoIP01.asp

4. Packetisation ในกระบวนการนี้จะแปลง Frame ของสัญญาณให้มาอยู่ในรูปของ Packet ซึ่งจะมีการเพิ่ม Header เข้าไปใน Packet โดยในส่วนของ Header นั้น ก็จะประกอบไปด้วยข้อมูลที่เรียกว่า Sequence Number และ Time Stamp หลังจากนั้น Packet นี้จะถูกส่งต่อไปที่ Host Processor ดังภาพที่ 2.9

0110111000101001000101011011001001101001001

Packetisation Process

ภาพที่ 2.9 ขั้นตอนการแปลง Frame ของสัญญาณให้อยู่ในรูปแพ็กเก็ต

ที่มา : http://www.dcomputer.com/Proinfo/support/TipTrick/techno_VoIP01.asp

5. Address and Delivery หลังจากที่ได้แปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปของ Packet แล้ว ข้อมูลนั้นจะถูกนำมาวิเคราะห์และใส่ค่า IP Address ปลายทาง ดังภาพที่ 2.10

IP UDP 0110111000101001000101011011001001101001001

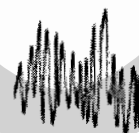
Address and Delivery

ภาพที่ 2.10 ขั้นตอนการใส่ Address ให้กับสัญญาณแพ็กเก็ต

ที่มา : http://www.dcomputer.com/Proinfo/support/TipTrick/techno_VoIP01.asp

6. Conversion to Analog หลังจากที่ได้ใส่ค่าของ IP Address ปลายทางไปใน Header ของ Packet แล้วนั้น เมื่อ Packet เหล่านั้นไปถึงด้านปลายทาง ข้อมูล Header เหล่านี้จะถูกแยกออกเพื่อให้เหลือแค่ Voice Frame หลังจากนั้นก็จะทำการแปลงสัญญาณ Digital PCM ให้กลับมาเป็นสัญญาณรูปแบบ Analog ที่เป็นสัญญาณเสียงที่เราได้ยินกันอีกครั้งหนึ่ง ดังภาพที่ 2.11

011011100010100100010101101

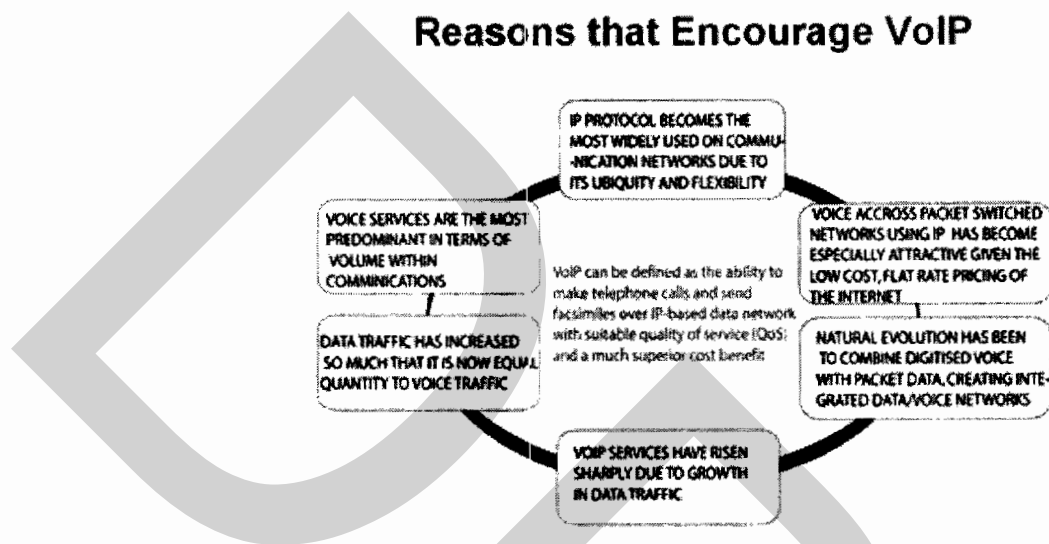


Conversion to Analog

ภาพที่ 2.11 ขั้นตอนการแปลงสัญญาณ Digital ให้กลับมาเป็นสัญญาณเสียง Analog

ที่มา : http://www.dcomputer.com/Proinfo/support/TipTrick/techno_VoIP01.asp

7. Error Correction กระบวนการนี้จะเป็นการใช้ในการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาด ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นระหว่างการส่งสัญญาณและนำมาซึ่งความผิดพลาดหรือความเสียหายของสัญญาณจนทำให้เราไม่สามารถทำการสื่อสารอย่างถูกต้องได้ ดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 ขั้นตอนการตรวจเช็คความผิดพลาดของสัญญาณ

ที่มา : http://www.dcomputer.com/Proinfo/support/TipTrick/techno_VoIP01.asp

จตุชัย แพงจันทร์ (2551 : 359) กล่าวว่า เนื่องจากเสียงพูดของมนุษย์โดยส่วนใหญ่จะมีความถี่ไม่เกิน 4,000 Hz (4 KHz) ดังนั้นถ้าถอดรหัสดิจิทัลออกจากสัญญาณที่มีความถี่ไม่เกิน 4,000 Hz ก็จะสามารถส่งสัญญาณเสียงผ่านเครือข่ายได้โดยเสียงที่อีกฝ่ายได้ยินก็จะไม่แตกต่างจากเสียงพูดจริงมากนัก กระบวนการทำงานของ PCM คือ เมื่อได้สัญญาณอนาล็อกแปลงมาจากเสียงพูดของมนุษย์แล้วก็จะกรองคลื่นที่มีความถี่สูงกว่า 4,000 Hz ทิ้งไปเพื่อลดการรบกวนซึ่งกันและกันของสัญญาณ (Crosstalk) ในเครือข่ายยังคลื่นที่มีความถี่สูงมากก็ยิ่งทำให้เกิด Crosstalk มากขึ้น เมื่อใช้ทฤษฎีในคริสต์ในการถอดรหัสดิจิทัลก็จำเป็นที่จะต้องสุ่มวัดค่าที่อัตรา 8,000 ครั้งต่อวินาที เพื่อจะได้สัญญาณเสียงที่มีคุณภาพ โดยค่าที่ได้จากการสุ่มจะถูกนำไปแปลงเป็นรหัสดิจิทัลที่มีขนาด 8 บิต ก็จะทำให้ได้สัญญาณดิจิทัลที่มีอัตราของข้อมูล 64,000 bps (64 Kbps)

การบีบอัดข้อมูลเสียง (จตุชัย เพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 360)

การบีบอัดของข้อมูลนั้นจะช่วยลดขนาดหรือปริมาณข้อมูลที่ต้องการส่งผ่านเครือข่ายได้มาก การบีบอัดข้อมูลเสียงเป็นการกรองเอาเสียงที่มนุษย์ส่วนใหญ่ไม่ได้ยินหรือไม่สำคัญออกให้มากที่สุด ซึ่งทำให้ขนาดของข้อมูลนั้นเล็กลงแต่ยังสามารถสื่อสารรู้เรื่อง การบีบอัดข้อมูลเสียงดิจิทัลของ PCM 64 Kbps นั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ μ -law (มิวลอว์) และ a-law (เอลอว์) ทั้งสองเทคนิคมีความคล้ายกันคือ ใช้การบีบอัดข้อมูลแบบ logarithmic compression มิวลอว์เป็นมาตรฐานที่ใช้ในอเมริกาและ ญี่ปุ่น ส่วนเอลอว์นั้นใช้ในยุโรป ทั้งสองแบบจะบีบอัดข้อมูลเสียงดิจิทัลจาก 14 บิต และ 13 บิต เป็นข้อมูลขนาด 8 บิต ตามลำดับ

อีกวิธีหนึ่งที่ยินยอมใช้คือ ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) ซึ่งจะใช้การแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นข้อมูลดิจิทัลขนาด 4 บิต ซึ่งทำให้ได้อัตราข้อมูลที่ 32 Kbps (4 bit x 8,000 Hz) โดยการสุ่มวัดค่าจะไม่เหมือน PCM ตรงที่ค่าที่วัดนั้นไม่ใช่ความสูงหรือแอมพลิจูดของคลื่น แต่เป็นการวัดค่าความแตกต่างของแอมพลิจูดและอัตราความเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูดนั้น

นอกจากนี้ยังมีเทคนิคการบีบอัดข้อมูลเสียงแบบต่างๆ อีกหลายแบบ เช่น LPC (Linear Predictive Coding), CELP (Code Excited Linear Prediction Compression) และ MP-MLQ (Multipulse-Multilevel Quantization) เป็นต้น

มาตรฐานการเข้ารหัสและบีบอัดเสียง (จตุชัย เพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 360-361)

ITU-T ได้กำหนดมาตรฐานการเข้ารหัสสัญญาณเสียงเป็นข้อมูลดิจิทัลโดยใช้เทคนิคต่างๆ ซึ่งมาตรฐานนี้จะขึ้นต้นด้วยตัว G เรียกว่า จีซีรีส์ (G Series) และเป็นมาตรฐานที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการสื่อสาร ประกอบด้วย

- G.711 : การแปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณดิจิทัลโดยใช้เทคนิค 64 Kbps PCM
- G.721 : ใช้เทคนิค 32 Kbps ADPCM
- G.722 : การโค้ดสัญญาณเสียง 7 KHz เป็นสตรีมมิงที่ 64 Kbps
- G.722.1 : เข้ารหัสที่ 24 Kbps และ 32 Kbps เพื่อใช้กับอุปกรณ์แฮนด์ฟรี
- G.722.2 : การเข้ารหัสเสียงแถบความถี่กว้าง (Wideband) ที่ 16 Kbps โดยใช้เทคนิค

AMR-WB (Adaptive Multi-Rate Wideband)

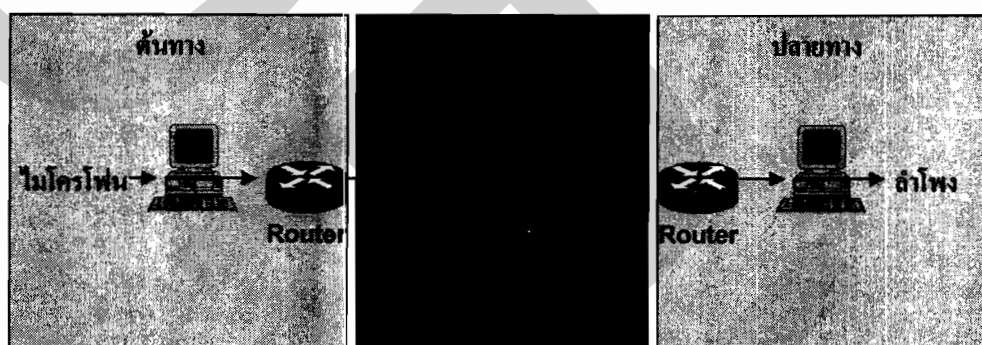
- G.723 : ใช้เทคนิค ADPCM ที่ 24 และ 40 Kbps
- G.723.1 : การเข้ารหัสสัญญาณเสียงได้สองอัตราที่ 5.3 Kbps (ใช้เทคนิค MPC-MLQ) และ 6.3 Kbps (ใช้เทคนิค ACELP)
- G.726 : ใช้เทคนิค ADPCM ซึ่งให้อัตราข้อมูล 40, 32, 24 และ 16 Kbps
- G.727 : ใช้เทคนิค ADPCM ซึ่งให้อัตราข้อมูล 5, 4, 3 และ 2 Kbps

- G.728 : การเข้ารหัสสัญญาณเสียงที่อัตรา 16 Kbps โดยใช้เทคนิค low-delay CELP
- G.729 : การโคัดคิงเสียงที่อัตรา 8 Kbps โดยใช้เทคนิค CS-ACELP (Conjugate Structure Algebraic Code Excite Linear Prediction)

2.1.3 รูปแบบการเชื่อมโยงเครือข่ายการสื่อสาร VoIP

รูปแบบการเชื่อมโยงเครือข่ายการสื่อสาร VoIP แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

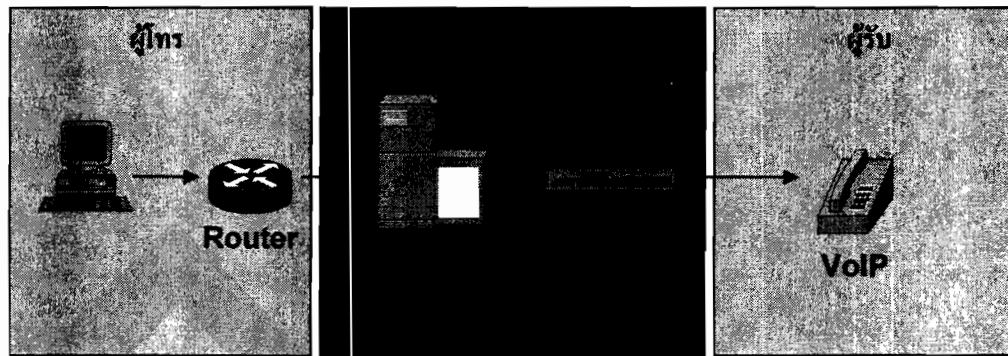
1. จากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ (PC to PC) โดยวิธีการนี้จำเป็นต้องอาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งต้นทางและปลายทาง พร้อมทั้งติดตั้งโปรแกรมเดียวกันหรือติดตั้งโปรแกรมที่สามารถใช้งานร่วมกันได้ ซึ่งรูปแบบนี้เป็นวิธีการสื่อสารที่ไม่ต้องเสียค่าบริการโทรศัพท์แต่อย่างใด ดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 วิธีการเชื่อมโยงเครือข่ายแบบ PC to PC

ที่มา : <http://www.vcharkam.com/varticle/17875>, <http://cit.kmitnb.ac.th/ee/elearning/doc/voip.ppt>

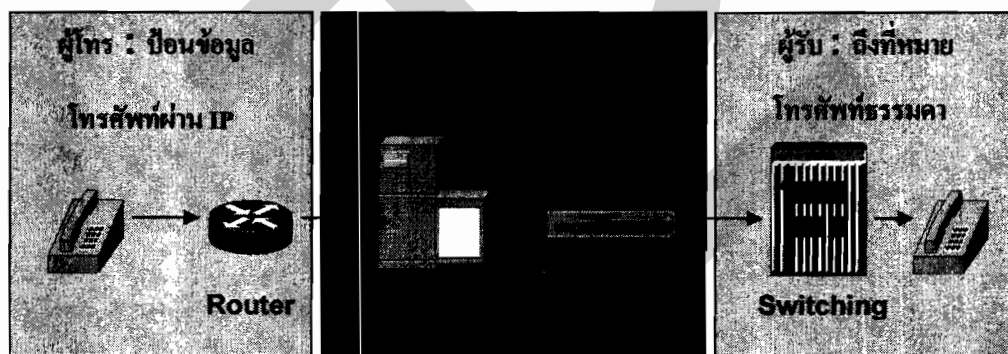
2. จากเครื่องคอมพิวเตอร์สู่เครื่องโทรศัพท์ (PC to Phone) หรือจากเครื่องโทรศัพท์สู่คอมพิวเตอร์ (Phone to PC) วิธีการนี้ต้องอาศัยผู้ให้บริการในการเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตเข้ากับระบบเครือข่ายโทรศัพท์ท้องถิ่น (Internet Telephone Service Provider หรือ ITSP) โดยผู้ให้บริการต้องเสียค่าบริการตามเวลาที่ใช้งานจริง ดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 วิธีการเชื่อมโยงเครือข่ายแบบ PC to Phone

ที่มา : <http://www.vcharkarn.com/varticle/17875>, <http://cit.kmitnb.ac.th/ee/elearning/doc/voip.ppt>

3. จากเครื่องโทรศัพท์สู่เครื่องโทรศัพท์ (Phone to Phone) เป็นวิธีที่ทั้งต้นทางและปลายทางจะต้องอาศัยการบริการจาก ITSP ซึ่งทำให้ค่าบริการสูงกว่าวิธีการอื่นๆ แต่เป็นวิธีที่ง่ายและคุ้นเคยในการใช้งานมากที่สุด ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 วิธีการเชื่อมโยงเครือข่ายแบบ Phone to Phone

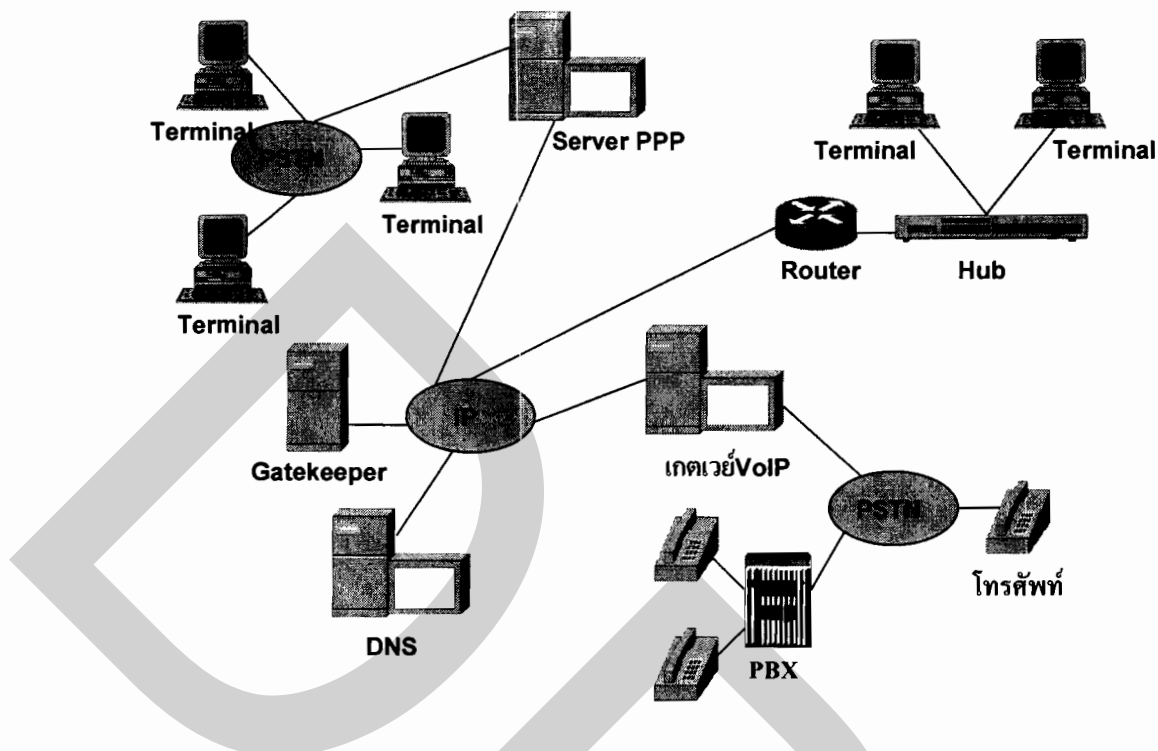
ที่มา : <http://www.vcharkarn.com/varticle/17875>, <http://cit.kmitnb.ac.th/ee/elearning/doc/voip.ppt>

ขั้นตอนการทำงาน VoIP

1. เมื่อผู้พูดโทรศัพท์จากเครื่องโทรศัพท์ธรรมดาหรือพูดผ่านไมโครโฟนที่ถูกต่อเข้ากับการ์ดเสียงของเครื่องคอมพิวเตอร์ คลื่นสัญญาณเสียงแบบอนาล็อกก็จะได้รับการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล จากนั้นจะถูกบีบอัดด้วยตัวถอดรหัสผ่านอุปกรณ์ PBX (Private Box Exchange) หรือ VoIP Gateway
2. เมื่อผ่าน VoIP Gateway แล้วก็จะถูกส่งต่อไปยัง Gatekeeper เพื่อค้นหาเครื่องปลายทางที่จะรับการติดต่อ เช่น หมายเลขไอพี หมายเลขโทรศัพท์ เป็นต้น แล้วแปลงเป็นแพ็กเก็ตข้อมูลส่งออกไปบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั่นเอง
3. สัญญาณจะผ่านมาที่ VoIP Gateway ปลายทางแล้วจึงทำการย้อนกระบวนการทั้งหมดเพื่อส่งให้กับผู้รับปลายทางต่อไป

องค์ประกอบของ VoIP

1. Software Client หรือ IP Telephony อาจเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการติดตั้งโปรแกรมสื่อสาร ไอพีหรืออุปกรณ์ที่ได้รับการออกแบบขึ้นมาสำหรับใช้งานโทรศัพท์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตโดยเฉพาะ
2. VoIP Gateway เป็นเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้งานสำหรับให้บริการโทรศัพท์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องรับโทรศัพท์ตู้ชุมสายโทรศัพท์สาธารณะ PSTN (Public Switched Telephone Network) กับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตอย่างเครือข่ายไอพี ซึ่งการจะใช้งานระบบโทรศัพท์ไอพีต้องอาศัยอุปกรณ์นี้เป็นตัวกลางก่อน
3. Gatekeeper เป็นเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่เชื่อมต่อเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ต เป็นตัวกลางที่ใช้บริหารจัดการและควบคุมการให้บริการของ VoIP Gateway กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งซอฟต์แวร์สำหรับใช้งาน VoIP หรือเครื่องโทรศัพท์แบบไอพี ดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 องค์ประกอบต่างๆ ของโครงข่ายไอพี

ที่มา : <http://cit.kmitnb.ac.th/ee/elearning/doc/voip.ppt>

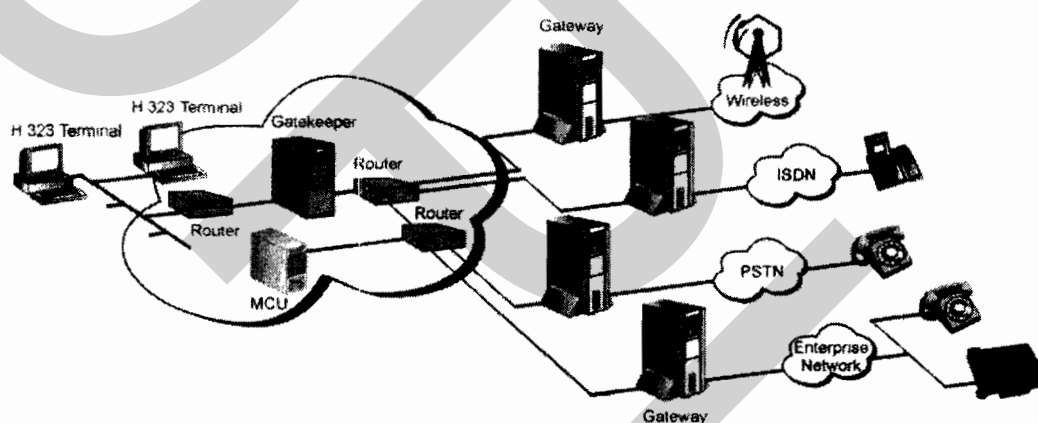
2.2 มาตรฐานของเทคโนโลยี VoIP (จตุชัย แพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 363)

การติดต่อสื่อสารในแบบต่างๆ ก็ย่อมต้องมีมาตรฐานขึ้นมาเป็นตัวกำหนด เพื่อให้ผู้ผลิตทั้งทางฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ได้อ้างอิงการทำงานบนมาตรฐานเดียวกัน และ VoIP จะมีมาตรฐานที่ได้รับความนิยมอยู่ 2 มาตรฐานด้วยกันคือ มาตรฐาน H.323 และมาตรฐาน SIP มาตรฐานเหล่านี้เรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า Call Control Technologies ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในการนำเทคโนโลยี VoIP มาใช้งานสำหรับการสื่อสาร โดยในช่วงแรกนั้น H.323 ได้รับความนิยมมากกว่าเนื่องจากมีประสิทธิภาพดีกว่าเมื่อใช้ในเครือข่ายเฉพาะ แต่เมื่อมีการใช้กับเครือข่ายที่ใหญ่ขึ้น เช่น เครือข่ายอินเทอร์เน็ต SIP จะทำงานได้เร็วกว่าเนื่องจากสามารถเดินทางผ่านอุปกรณ์ที่ทำ NAT (Network Address Translation) และไฟร์วอลล์ หลังจากนั้น SIP ก็ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ แต่ปัจจุบัน H.323 ก็ได้ปรับปรุงข้อเสียดังกล่าวแล้ว และกลับมาได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น

2.2.1 H.323 Protocol (จตุชัย แพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 363-364)

H.323 เป็นโปรโตคอลที่กำหนดให้เป็นมาตรฐานโดย ITU-T เป็นโปรโตคอลที่ออกแบบสำหรับการสื่อสารด้วยเสียงผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Voice over IP) นอกจากการรองรับการทำงานของเสียงแล้ว H.323 ยังมีกลไกสำหรับการสื่อสารด้วยภาพหรือวิดีโอคอนเฟอเรนซ์ (Video conference) และข้อมูลประเภทอื่นๆ เช่น ไฟล์ข้อมูลประเภทต่างๆ โดยมาตรฐาน H.323 นี้ได้พัฒนาไปพร้อมกับมาตรฐาน T.120 มาตรฐาน H.323 ได้ประกาศใช้ครั้งแรกเมื่อปี 1996 และเวอร์ชันล่าสุดคือ เวอร์ชัน 5 (V5) ประกาศใช้เมื่อปี 2003

มาตรฐาน H.323 นั้นเป็นชุดโปรโตคอลหลักซึ่งจะมีมาตรฐานย่อยอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับทำให้การสื่อสารด้วยเสียงผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทำงานได้ องค์ประกอบอื่นๆ ที่จำเป็นภายใต้โครงสร้างของ H.323 คือ เทอร์มินอล เกตเวย์ เกตคีปเปอร์ และ MCU (Multipoint Control Unit) ดังภาพที่ 2.17 แสดงเครือข่าย H.323

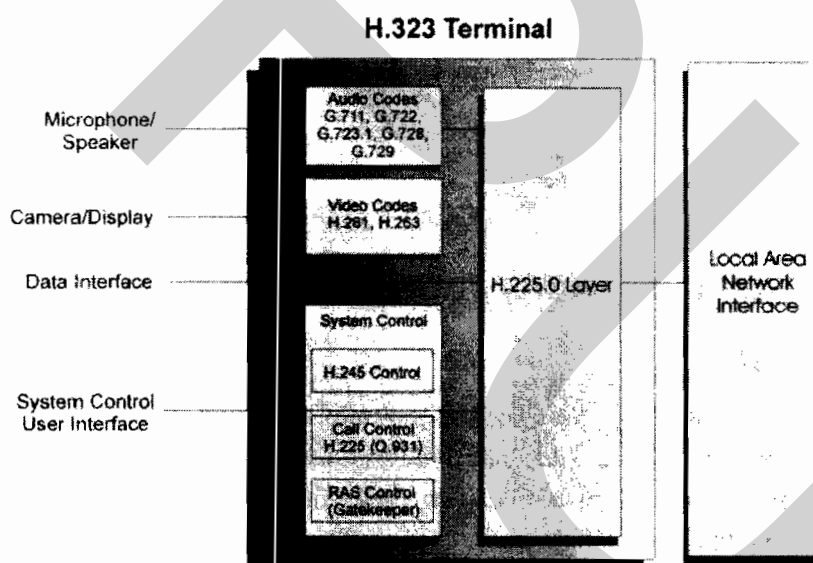


ภาพที่ 2.17 เครือข่าย H.323

ที่มา : เจาะระบบ Network 2nd Edition

เทอร์มินอล (จุดชัย แพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 364-365)

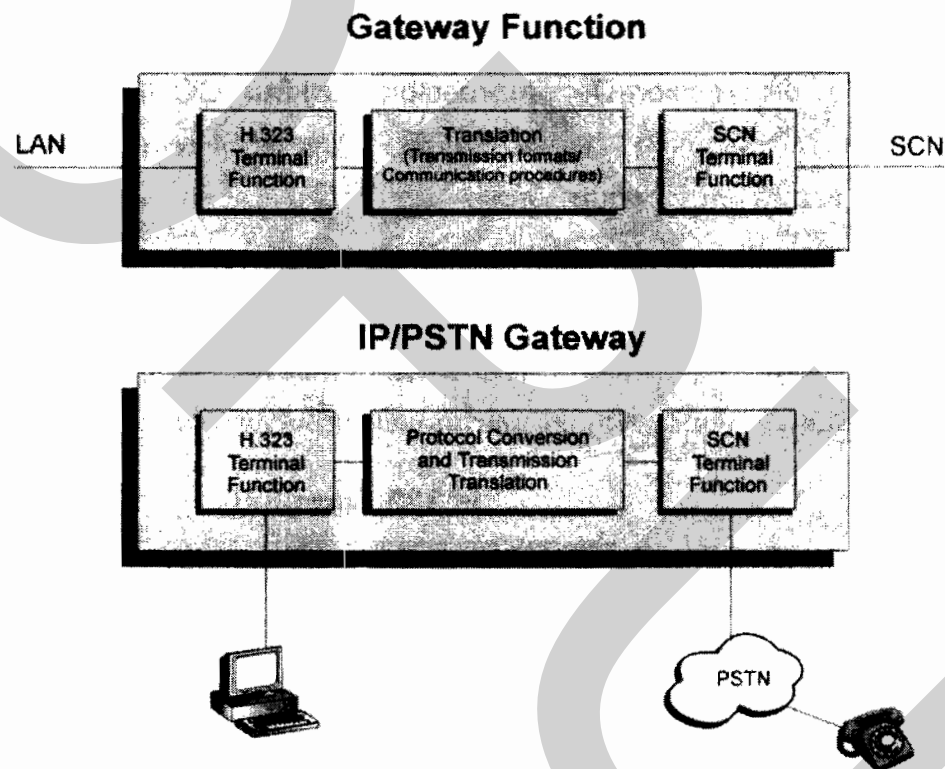
เทอร์มินอลเป็นอุปกรณ์ปลายทางที่ใช้สำหรับการสื่อสารแบบสองทางและแบบเรียลไทม์กับเกตเวย์หรือ MCU โดยการสื่อสารอาจเป็นเสียงพูดสนทนา วิดีโอ ข้อมูล หรืออาจเป็นการสื่อสารมากกว่าหนึ่งประเภทพร้อมๆ กัน เช่น การสนทนาที่เห็นภาพของคู่สนทนาด้วย เป็นต้น ส่วนใหญ่เทอร์มินอลจะมีอินเตอร์เฟซที่เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายผ่านแลนพอร์ต โดยตัวเครื่องเทอร์มินอลอาจเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งซอฟต์แวร์ เช่น ไมโครซอฟท์เน็ตมีทติ้ง หรืออาจเป็นไอพีโฟน ซึ่งเป็นเครื่องโทรศัพท์ที่รองรับ H.323 มีฟังก์ชันเกี่ยวกับการสื่อสารด้วยเสียง วิดีโอแบบเรียลไทม์ ซึ่งมีส่วนประกอบคือ CODEC (Compression/Decompression) ของเสียง CODEC ที่นิยมใช้คือ G.711 (PCM), G.723 (MP-MLQ), G.729A (CA-ACELP) และ GSM ข้อแตกต่างของแต่ละประเภทคือคุณภาพเสียงและแบนด์วิธที่ใช้สำหรับการสื่อสาร นอกจากนี้เทอร์มินอลยังจำเป็นต้องรองรับฟังก์ชันเกี่ยวกับการควบคุมการโทรศัพท์ เช่น การยกหูเพื่อโทรออก การรับสาย การวางหูหรือยกเลิกการ โทรศัพท์ มาตรฐานที่นิยมใช้ ได้แก่ H.225.0, H.245 เป็นต้น และอาจรองรับการสื่อสารกับเกตคีปเปอร์เพื่อทำระบบ RAS (Registration Admission Status) ฟังก์ชันต่างๆ ของเทอร์มินอลแบ่งออกเป็นส่วนๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 H.323 Terminal

เกตเวย์ (จตุชัย แพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 365-366)

เกตเวย์ทำหน้าที่สร้างการเชื่อมต่อระหว่างเทอร์มินอลซึ่งอยู่ในเครือข่ายที่ใช้โปรโตคอล H.323 กับเทอร์มินอลที่อยู่ในเครือข่ายอื่นที่ไม่ได้ใช้โปรโตคอลเดียวกัน เช่น เทอร์มินอลที่ใช้โปรโตคอล SIP, Megaco หรือแม้กระทั่งเทอร์มินอลที่เป็นโทรศัพท์ธรรมดา (PSTN) โดยปกติเกตเวย์จะเป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมระหว่างเครือข่ายไอพีและเครือข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน (PSTN) ซึ่งเกตเวย์จะทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณระหว่างสองเครือข่ายและอาจต้องมีฟังก์ชันในการบีบอัดหรือถอดรหัสสัญญาณที่จำเป็นสำหรับการสื่อสารกับอีกเครือข่ายหนึ่ง เช่น PSTN/IP เกตเวย์ จะเป็นเกตเวย์ที่เชื่อมระหว่างเครือข่ายไอพีและ SCN (Switched Circuit Network) อย่างที่ใช้กับระบบ PSTN ฟังก์ชันของเกตเวย์แสดงในภาพที่ 2.19

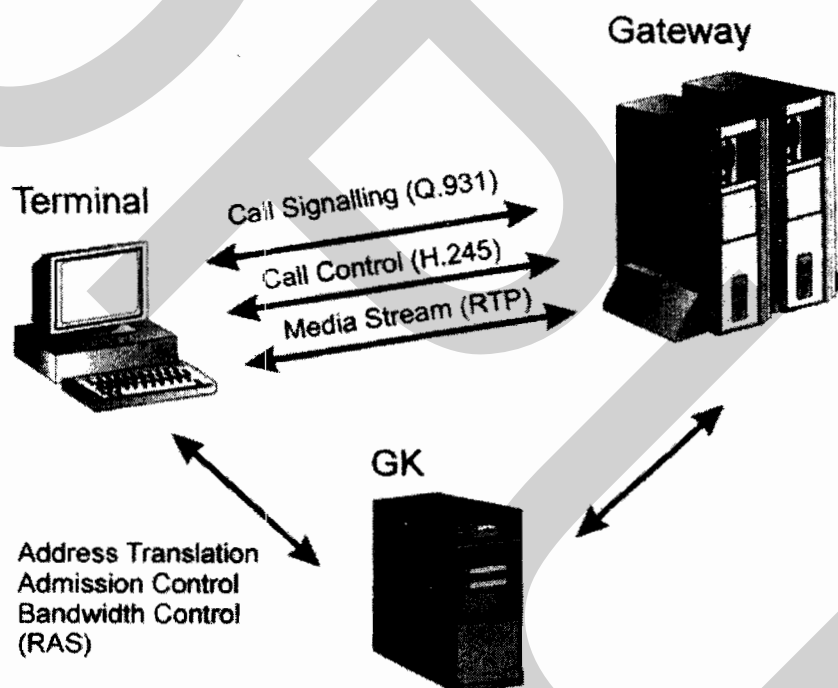


ภาพที่ 2.19 หลักการทำงานของเกตเวย์

ที่มา : เจาะระบบ Network 2nd Edition

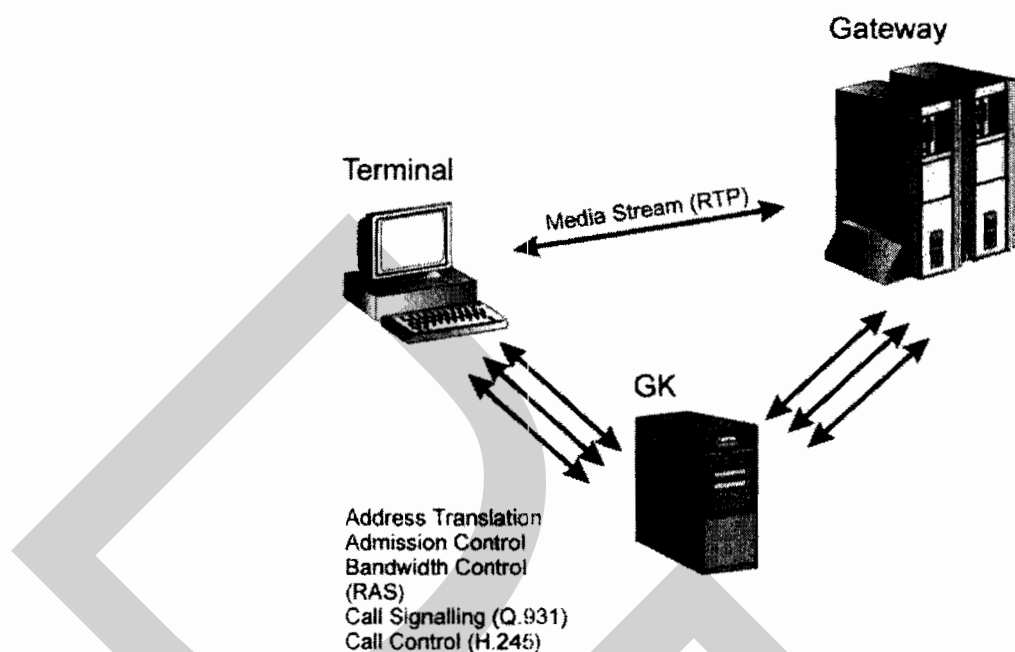
เกตคิปปเปอร์ (จตุชัย แพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 366-367)

เกตคิปปเปอร์ (Gatekeeper) จะทำหน้าที่ในการแปลงหมายเลขโทรศัพท์และหมายเลขไอพีบริหารจัดการในเรื่องแบนด์วิธ กลไกลงทะเบียนของเทอร์มินอล และการพิสูจน์ทราบตัวตนของเทอร์มินอล นอกจากบริการของเกตคิปปเปอร์แล้วก็ยังมีการให้บริการโอนสายแบบต่างๆ (Call transfer และ Call forwarding) อีกด้วย เกตคิปปเปอร์ไม่ใช่อุปกรณ์ที่ต้องมีในเครือข่าย H.323 แต่ถ้ามีก็จะเป็นสิ่งที่ช่วยให้การบริหารจัดการง่ายขึ้น โดยจะทำหน้าที่บริหารจัดการเทอร์มินอลที่อยู่ในเครือข่ายและอาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับการสื่อสารระหว่างเทอร์มินอล ซึ่งมีรูปแบบการสื่อสารอยู่ 2 แบบ แบบแรกคือ การสื่อสารแบบไม่ผ่านเกตคิปปเปอร์นอกจากเฉพาะการแปลงที่อยู่และ RAS เท่านั้น แบบที่สองคือ การสื่อสารระหว่างเทอร์มินอลจะต้องผ่านเกตคิปปเปอร์ทั้งหมด ยกเว้นการสื่อสารที่เป็นมัลติมีเดีย อย่างเช่น เสียงและวิดีโอ เป็นต้น รูปแบบการสื่อสารทั้งสองแบบแสดงดังภาพที่ 2.20 และภาพที่ 2.21



ภาพที่ 2.20 การสื่อสารโดยตรงระหว่างเทอร์มินอลและเกตเวย์

ที่มา : เจาะระบบ Network 2nd Edition



ภาพที่ 2.21 การสื่อสารที่ต้องผ่านเกตคิปีเปอร์

ที่มา : เจาะระบบ Network 2nd Edition

MCU (Multipoint Control Unit) (จตุชัย แพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 368)

MCU ทำหน้าที่จัดการเชื่อมต่อการสนทนาของเทอร์มินอลมากกว่าสองเทอร์มินอลหรือการประชุมทางไกล (Conference) นั่นเอง MCU ประกอบด้วย MC (Multipoint Controller) ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมการส่งสัญญาณและคอนเฟอร์เรนซ์ และอาจมี MP (Multipoint Processor) ทำหน้าที่สวิตชิงและมิกซิงข้อมูลภาพและเสียง บางครั้งอาจทำหน้าที่ในการแปลงโค้ดภาพและเสียงแบบเรียลไทม์ ซึ่ง MCU อาจมีทั้ง MC และ MP ได้ในตัวเดียวกัน

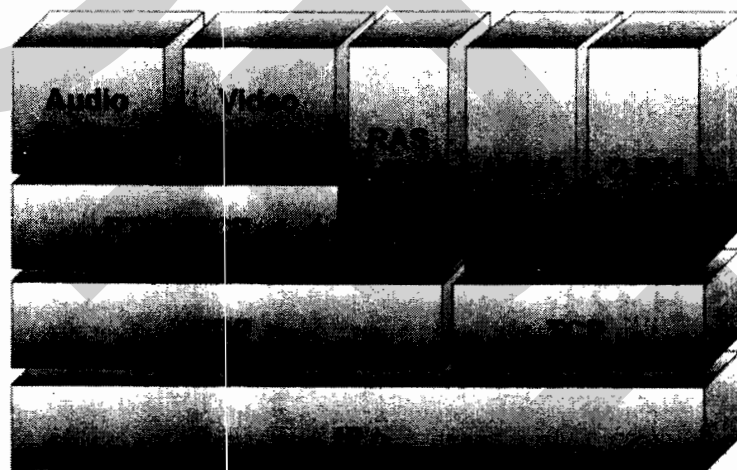
ชุดโปรโตคอล H.323 (จตุชัย แพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 368-370)

โครงสร้างของ H.323 ประกอบด้วยโปรโตคอลต่างๆ ทำงานร่วมกันเพื่อให้การสนทนาหรือสื่อสารผ่านเครือข่ายเป็นไปได้อย่างสมบูรณ์จำเป็นต้องใช้โปรโตคอลในการทำหน้าที่ที่แตกต่างกัน โดยชุดโปรโตคอล H.323 จะรองรับการส่งข้อมูลต่างๆ สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภทคือ

1. เสียง (Digital Audio หรือ Voice)
2. วิดีโอ (Digital Video)

3. คำคำ (ไฟล์ข้อมูลประเภทต่างๆ เช่น .doc ,.txt ,.jpg เป็นต้น)
4. สัญญาณควบคุม เช่น การควบคุมช่องสัญญาณ
5. การควบคุมการเชื่อมต่อและเซสชัน

การควบคุมการเชื่อมต่อนั้นอาจใช้โปรโตคอล H.245 หรือ Q.931 ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่ทำหน้าที่ในชั้นแอปพลิเคชันและส่งผ่านไปให้โปรโตคอล TCP เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลนั้นส่งถึงปลายทาง ส่วนข้อมูลมัลติมีเดียไม่ว่าจะเป็นเสียง ภาพ วิดีโอ จะส่งผ่านเครือข่ายโปรโตคอล UDP ซึ่งใช้โปรโตคอล RTP (Real-Time Protocol) และ RTCP (Real-Time Control Protocol) การส่งผ่านข้อมูลมัลติมีเดียผ่านโปรโตคอล UDP นั้นก็เพื่อต้องการความเร็วและไม่จำเป็นต้องมีการส่งแพ็กเก็ตอีกครั้งหากเกิดการสูญหายระหว่างทาง เพราะจะทำให้เสียงและภาพนั้นไม่เป็นไปตามลำดับ ชุดโปรโตคอลต่างๆ ทำงานร่วมกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.22 และตารางที่ 2.1 แสดงฟังก์ชันการทำงานของโปรโตคอลแบบต่างๆ



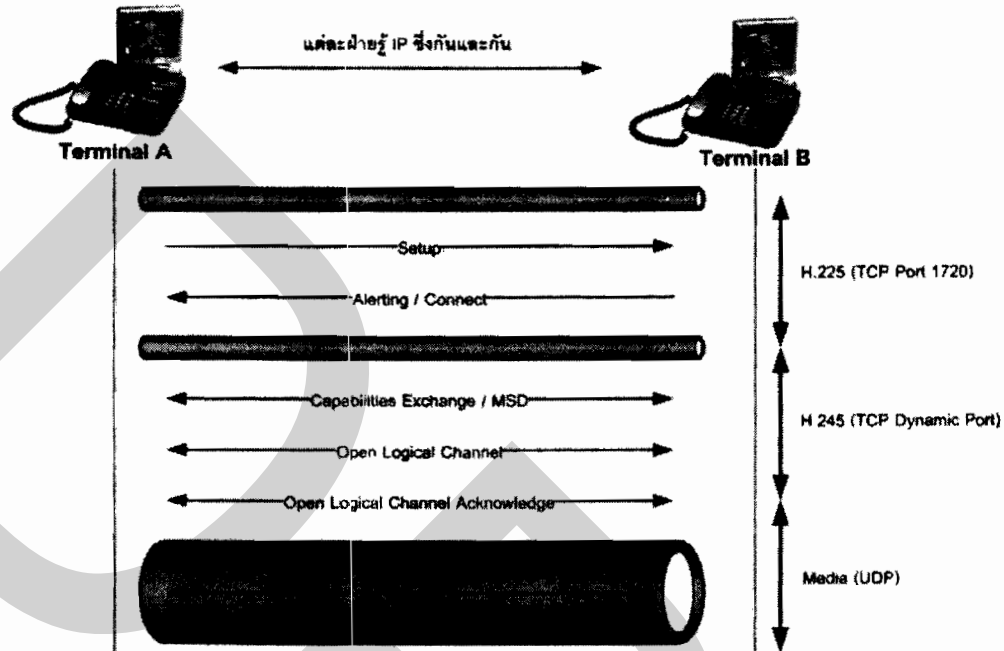
ภาพที่ 2.22 ชุดโปรโตคอล H.323

ที่มา : เจาะระบบ Network 2nd Edition

ตารางที่ 2.1 ฟังก์ชันการทำงานของโปรโตคอลแบบต่างๆ

Call control and signalling	<p>H.225.0 : ควบคุมสัญญาณการโทรและการแปลงให้เป็นแพ็คเกจ (ใช้บางส่วนของโปรโตคอล Q.931)</p> <p>H.225.0/RAS : รับผิดชอบเกี่ยวกับการลงทะเบียนของเทอร์มินอล การรับเข้าและสถานภาพ</p> <p>H.245 : ควบคุมการสื่อสารด้วยมัลติมีเดีย เช่น เสียง วิดีโอ และคัต การควบคุมจะรวมถึงการเชื่อมต่อและการยกเลิกด้วย</p>
Video Processing	<p>H.261 : Video codecs for audiovisual services at Px64kbps</p> <p>H.263 : Video coding for low bit rate communication</p>
Data conferencing	<p>T.120 : เป็นชุดโปรโตคอลสำหรับการสื่อสารคัตระหว่างเทอร์มินอล ซึ่งอาจใช้สำหรับแอปพลิเคชันแบบต่างๆ เช่น White-board ,application sharing และ Joint document management โดย T.120 จะมีโครงสร้างเลเยอร์คล้ายกับแบบอ้างอิง OSI โดยเลเยอร์บนสุด(T.126,T.127)จะใช้บริการของเลเยอร์ต่ำกว่า(T.121 ,T.125)</p>
Media transportation Transport Protocol Security	<p>RTP : Real time Transport Protocol</p> <p>RTCP : RTP Control Protocol</p> <p>H.235 : อธิบายการรักษาความปลอดภัยและการเข้ารหัสข้อมูลสำหรับการสื่อสารด้วยโปรโตคอลในชุด H.series</p>
Supplementary services	<p>H.450.1 : Generic functions for the control of supplementary services in H.323</p> <p>H.450.2 : Call transfer</p> <p>H.450.3 : Call diversion</p> <p>H.450.4 : Call hold</p> <p>H.450.5 : Call park and pick up</p> <p>H.450.6 : Call waiting</p> <p>H.450.7 : Message waiting indication</p> <p>H.450.8 : Name Identification service</p> <p>H.450.9 : Call completion services for H.323 network</p>

หลักการทํางานของ H.323 (จตุชัย แพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 370-371)



ภาพที่ 2.23 ขั้นตอนการสื่อสารของโทรศัพท์ในระบบ H.323

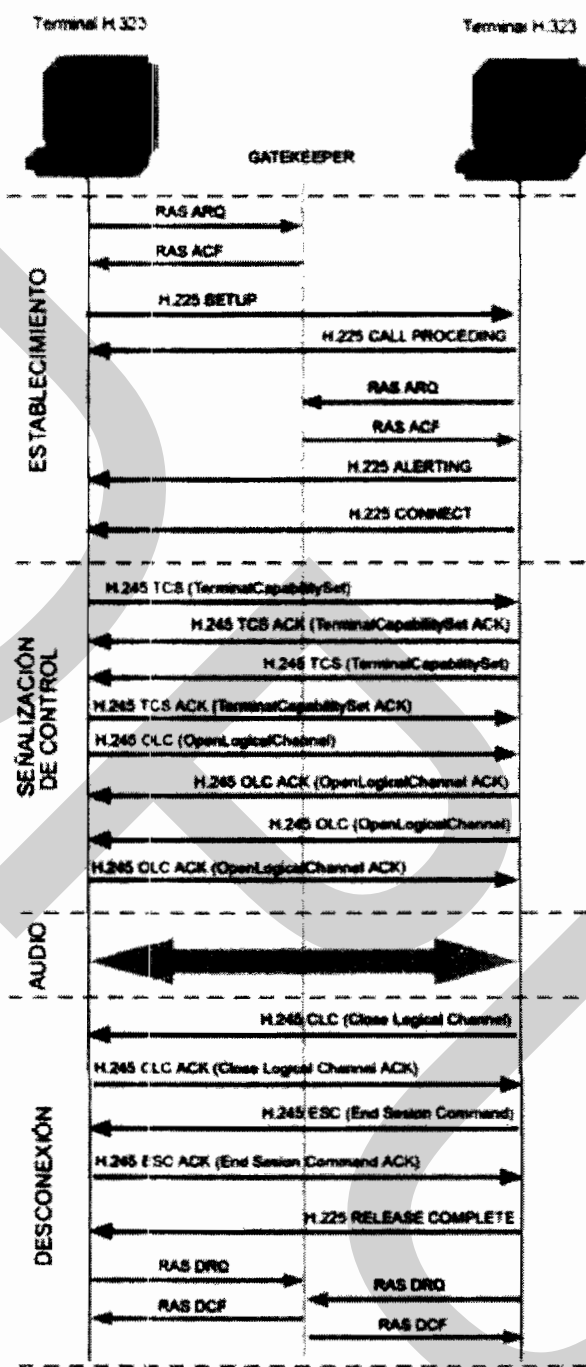
ที่มา : เจาะระบบ Network 2nd Edition

ภาพที่ 2.23 แสดงขั้นตอนการสื่อสารของโทรศัพท์ในระบบ H.323 สมมติว่าเทอร์มินอลทั้งสองฝ่ายเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายและรู้หมายเลขไอพีซึ่งกันและกันทำให้ไม่จำเป็นต้องมีขั้นตอนที่ต้องสื่อสารกับเกตคีปเปอร์ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. เทอร์มินอล A ส่งข้อความเซตอัพ (Setup message) เพื่อแสดงความต้องการการเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล B โดยผ่านโปรโตคอล TCP พอร์ต 1720 (ค่า Default)
2. เทอร์มินอล B ตอบกลับด้วยข้อความอะเลิร์ต (Alerting message) เพื่อยืนยันการเชื่อมต่อ ทั้งนี้ข้อความได้ส่งหมายเลขพอร์ตที่จะใช้สำหรับโปรโตคอล H.245 มาด้วย
3. ต่อไปเป็นขั้นตอนการสื่อสารด้วยโปรโตคอล H.245 ซึ่งจะเจรจาเพื่อตกลงเกี่ยวกับประเภทของมัลติมีเดีย เช่น G.729, G.723.1 และหมายเลขพอร์ตสำหรับโปรโตคอล RTP รวมทั้งแจ้งข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถอื่นๆ ของแต่ละเทอร์มินอล
4. เปิดช่องสื่อสารมัลติมีเดีย ซึ่งจะใช้โปรโตคอล RTP/UDP/IP

5. แพ็กเก็ตเสียงหรือวิดีโอที่จะจัดส่งผ่าน RTP สตรีม
6. แต่ละฝ่ายใช้โปรโตคอล RTCP เพื่อควบคุมข้อมูลที่ส่งผ่าน RTP

การสื่อสารจริงๆ นั้นจะมีขั้นตอนที่ละเอียดมากกว่านี้ เช่น ถ้าแต่ละฝ่ายไม่ทราบหมายเลขไอพีซึ่งกันและกันก็จำเป็นที่จะต้องสื่อสารกับเกตคีปเปอร์หรือถ้าเทอร์มินอลทั้งสองอยู่คนละเครือข่าย เช่น ระหว่างเครือข่ายไอพี และ PSTN ก็จำเป็นต้องสื่อสารผ่านทางเกตเวย์ นอกจากนี้ถ้ามีการจัดเก็บค่าบริการก็จะต้องเกี่ยวข้องกับระบบจัดเก็บค่าบริการอีกทีหนึ่ง ภาพที่ 2.24 เป็นขั้นตอนการสื่อสารที่ละเอียดกว่าโดยมีการสื่อสารกับเกตคีปเปอร์ร่วมด้วย



ภาพที่ 2.24 ขั้นตอนการสื่อสารด้วยชุดโปรโตคอล H.323

ที่มา : เจาะระบบ Network 2nd Edition

2.2.2 SIP Protocol (จตุชัย แพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 372-373)

SIP (Session Initiation Protocol) เป็นโพรโทคอลในระดับแอปพลิเคชันที่ทำหน้าที่ควบคุมการสื่อสารด้วยเสียงผ่านเครือข่ายไอพี ซึ่งจะทำหน้าที่สร้างการเชื่อมต่อ แก้ว และยกเลิกมัลติมีเดียเซสชันของ VoIP นอกจากนี้ SIP ยังสามารถเชื่อมต่อผู้ใช้เข้ากับเซสชันที่มีอยู่แล้ว ซึ่งทำให้เป็นการสื่อสารแบบหลายคน (Multicast Conference) การสื่อสารด้วยมีเดียอาจถูกเพิ่มเข้าหรือเอาออกจากเซสชันที่มีอยู่แล้ว SIP รองรับการแมปชื่อและการโอนสายไปยังจุดอื่น ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถเชื่อมต่อเข้ากับจุดใดจุดหนึ่งของเครือข่ายได้ เป็นโพรโทคอลที่ใช้สำหรับควบคุมการโทรศัพท์ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการสื่อสาร และการวางสายเมื่อสิ้นสุดการสนทนา ซึ่งการสื่อสารในที่นี้อาจอยู่ในรูปการสนทนาด้วยเสียง วิดีโอ หรือการแลกเปลี่ยนข้อมูลประเภทอื่นๆ การส่งข้อมูลของ SIP นั้นจะอยู่ในรูปแบบที่คล้ายกับโพรโทคอล HTTP หรือ SMTP

SIP เป็นโพรโทคอลแบบเพียร์ทูเพียร์ (Peer-to-Peer) โดยการบริหารจัดการนั้นจะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ของผู้ใช้ ซึ่งจะแตกต่างจากระบบโทรศัพท์ทั่วไปที่การโทรศัพท์นั้นจะขึ้นอยู่กับสวิตช์ที่เครื่องโทรศัพท์นั้นเชื่อมต่อ เมื่อปี 1999 IETF ได้ประกาศให้ใช้มาตรฐาน SIP โดยอธิบายใน RFC 2543 และได้มีการปรับปรุงใน RFC 3261 เมื่อปี 2002 อย่างไรก็ตาม VoIP นั้นยังต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงต่อไปอีก SIP รองรับการสื่อสารแบบมัลติมีเดีย 5 ประเภทคือ

1. ตำแหน่งของผู้ใช้ (User Location) : ระบบจะค้นหาโดยอัตโนมัติว่าผู้ใช้เชื่อมต่อเครือข่าย ณ จุดใดก็ได้
2. ความพร้อมรับสายของผู้ใช้ (User Availability) : ตรวจสอบความพร้อมรับสายหรือเต็มใจที่จะรับสายของผู้ใช้ก่อน
3. ความสามารถของผู้ใช้ (User Capability) : ตรวจสอบว่าผู้ใช้มีความสามารถในการสื่อสารด้วยมัลติมีเดียประเภทใดบ้าง
4. การสร้างเซสชัน (Session Setup) : การเชื่อมต่อโดยการเตือนด้วยเสียงเรียกเข้า (Ringling)
5. การจัดการเซสชัน (Session Management) : ซึ่งรวมถึงการโอนสาย การยกเลิกเซสชัน การแก้ไขพารามิเตอร์ของเซสชัน และการเรียกใช้เซอร์วิสอื่นๆ

SIP เป็นชุดโพรโทคอลที่สามารถใช้ร่วมกับโพรโทคอลอื่นๆ ของ IETF เพื่อให้การสื่อสารมัลติมีเดียสมบูรณ์ โพรโทคอลอื่นที่ใช้ เช่น

- RTP (Real-Time Transport Protocol) : เพื่อการสื่อสารข้อมูลแบบเรียลไทม์และ QoS (Quality of Service)
- RTSP (Real-Time Streaming Protocol) : สำหรับควบคุมการสื่อสารด้วยสตรีมมิ่งมีเดีย
- MEGACO (Media Gateway Control Protocol) : สำหรับการควบคุมเกตเวย์ที่เชื่อมต่อไปยังระบบโทรศัพท์สาธารณะ (PSTN : Public Switched Telephone Network)

- SDP (Session Description Protocol) : สำหรับการอธิบายเซสชันของมัลติมีเดีย

SIP ให้บริการด้านการรักษาความปลอดภัยด้วย ซึ่งจะรวมถึงการป้องกัน DoS (Denial of Service) การพิสูจน์ทราบตัวตน (Authentication) การรักษาความมั่นคงสภาพของข้อมูล (Integrity Protection) และการเข้ารหัสข้อมูลเพื่อรักษาความลับของข้อมูลด้วย

SIP ทำงานได้ทั้งบน IPV4 และ IPV6 สำหรับการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต SIP มีหลักการทำงานคือ ในการสื่อสารกันนั้นจะใช้หมายเลข SIP (SIP Address) ก่อนที่จะโทรออกเครื่องของผู้ใช้จะติดต่อไปยังเซิร์ฟเวอร์โดยการส่ง SIP request อาจถูกโอนหรืออาจสร้าง SIP ใหม่โดยพร็อกซี่ ผู้ใช้สามารถลงทะเบียนตำแหน่งของตัวเองกับเซิร์ฟเวอร์ หมายเลข SIP หรือบางทีก็เรียกว่า URL จะถูกประกาศไว้บนเว็บเพจ ซึ่งสามารถสร้างลิงค์ให้ผู้ใช้คลิกเพื่อโทรศัพท์หาเบอร์ดังกล่าวได้

องค์ประกอบของเครือข่าย SIP (จตุชัย พงษ์จันทร์ และ อนุ โขติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 373)

โดยปกติเครือข่าย SIP จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- User Agent (UA) : เป็นไคลเอนต์หรือเซิร์ฟเวอร์ที่สามารถปฏิสัมพันธ์กับโปรโตคอล SIP โดย UA นี้อาจจะปฏิสัมพันธ์กับมนุษย์หรือไม่ก็ได้ แต่จะทำหน้าที่บำรุงรักษาเซสชันของ SIP ได้
- User Agent Client (UAC) : เป็นอุปกรณ์หรือโปรแกรมที่สามารถโทรออกและรับสายโทรศัพท์เข้าได้ ตัวอย่างเช่น โทรศัพท์ไอพีโฟน (IP Phone) หรือโปรแกรม VoIP เช่น Skype เป็นต้น
- User Agent Server (UAS) : เป็นเซิร์ฟเวอร์ที่สามารถรับสายโทรศัพท์เข้าและส่งการตอบกลับไปที่ไคลเอนต์
- SIP Proxy : เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานอยู่ตรงกลางระหว่างคู่สนทนา ซึ่งทำหน้าที่ส่งต่อการโทรศัพท์ไปยัง UAS หรือพร็อกซี่อื่นตามการร้องขอของ UAC
- Redirect Server : เป็นเซิร์ฟเวอร์ที่สามารถตอบกลับไปยัง UAC และแจ้งให้ติดต่อกับหมายเลขโทรศัพท์หรือ URI (Uniform Resource Identifier) ใหม่
- Registrar Server : เป็นเซิร์ฟเวอร์ที่คอยลงทะเบียนไคลเอนต์ในฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับไคลเอนต์ที่ลงทะเบียนไว้
- Back-to-back user agent (B2BUA) : เป็นอุปกรณ์ที่อยู่ตรงกลางทำหน้าที่แทน UAC โดยการส่งการร้องขอการโทรศัพท์และตอบรับการโทรศัพท์

โปรโตคอลอื่นที่จำเป็นสำหรับ SIP (จตุชัย เพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 373-374)

SIP นั้นไม่สามารถทำงานด้วยตัวเองได้ยังต้องอาศัยโปรโตคอลอื่นในการสื่อสารผ่านเครือข่ายไอพี SIP เป็นส่วนหนึ่งของชุดโปรโตคอลที่ใช้สำหรับการสื่อสารแบบมัลติมีเดียผ่านเครือข่ายไอพี โดยจำเป็นต้องใช้โปรโตคอลอื่นเพื่อทราบคุณสมบัติเฉพาะของแต่ละเซสชัน ควบคุมและจัดการการรับส่งแพ็กเก็ตเสียงหรือวิดีโอ การพิสูจน์ทราบตัวตน การเก็บข้อมูลทางด้านบัญชี การแปลงที่อยู่และหมายเลขไอพี โดยทั่วไปโปรโตคอลที่เกี่ยวข้องกับ SIP ประกอบด้วย

- DNS (Domain Name System) : โปรโตคอล SIP อาจจำเป็นต้องใช้ DNS เพื่อแปลงชื่อโฮสต์หรือโดเมนเนมเป็นหมายเลขไอพี เพื่อให้สามารถส่งแพ็กเก็ตผ่านเครือข่ายไอพีได้

- SDP (Session Description Protocol) : ใช้สำหรับอธิบายคุณสมบัติหรือพารามิเตอร์ของมัลติมีเดียเซสชัน ซึ่งรวมถึงประเภทของเซสชันว่าเซสชันนี้เป็นเสียง วิดีโอ หรือทั้งสองประเภท โดยประเภทของ CODEC หรือฟอร์ทที่ใช้สำหรับการรับส่งมีเดียสตรีม SDP นั้นอธิบายใน RFC 2327

- RTP (Real-time Transport Protocol) : เป็นทรานสปอร์ตโปรโตคอลที่ใช้สำหรับการรับส่งแพ็กเก็ตเสียงหรือวิดีโอแบบเรียลไทม์ RTP อธิบายใน RFC 1889 และปรับปรุงใหม่ใน RFC 3550

- RTCP (Real-time Transport Control Protocol) : ทำงานร่วมกับ RTP เพื่อให้บริการ QoS แต่ละเซสชัน RTCP อธิบายใน RFC 1890

- RSVP (Resource Reservation Protocol) : เพื่อใช้สำหรับการสำรองทรัพยากรของเครือข่ายที่จำเป็นสำหรับการสื่อสาร เช่น แบนด์วิดท์ ก่อนที่จะเริ่มการสื่อสารมัลติมีเดียเซสชัน ซึ่งเป็นการทำให้แน่ใจว่าการสื่อสารนั้นจะไม่ติดขัด

- TLS (Transport Layer Security) : เพื่อให้บริการการรักษาความปลอดภัยของการสื่อสารด้วย SIP โดย TLS จะอนุญาตให้ไคลเอนต์และเซิร์ฟเวอร์พิสูจน์ทราบตัวตนซึ่งกันและกันได้ และยังสามารถเข้ารหัสข้อมูลที่รับส่งระหว่างผู้ใช้ TSL อธิบายใน RFC 2246

- STUN (Simple Traversal of UDP through NAT) : ไคลเอนต์ของ SIP สามารถใช้ STUN เพื่อค้นหาว่ามีการใช้ NAT (Network Address Translation) ระหว่างเครือข่ายภายในและอินเทอร์เน็ตหรือไม่ ถ้าใช้แล้วหมายเลขไอพีจริงที่กำหนดให้กับไคลเอนต์คืออะไร STUN จะทำได้เกือบทุกประเภทของ NAT ยกเว้น Symmetric NAT โดยแพ็กเก็ตที่ส่งจากหมายเลขไอพีและพอร์ตเดียวกันไปยังหมายเลขไอพีและพอร์ตของโฮสต์ภายนอกจะถูกแมปไปยังหมายเลขไอพีจริงและพอร์ตเดียวกันเสมอ

นอกจากโปรโตคอลที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว SIP อาจใช้โปรโตคอลอื่นซึ่งขึ้นอยู่กับแอปพลิเคชันและซิกแนลลิงที่ใช้ และในทางตรงกันข้าม SIP อาจจะไม่ใช้โปรโตคอลทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นเช่นกัน

SIP Addressing (จตุชัย แพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 375)

หมายเลข SIP (SIP Address) เป็นหมายเลขที่ระบุตัวตนของผู้ใช้หรือริชอร์สอื่นๆ ในเครือข่าย โดยปกติหมายเลข SIP นั้นจะเรียกว่า SIP URI ซึ่งโดยปกติจะใช้ที่อีเมลแอดเดรส โดยมีรูปแบบคือ

sip:user@domain:port

sip:user@host:port

ฟิลด์ user จะระบุผู้ใช้ซึ่งอาจเป็นชื่อหรือหมายเลขโทรศัพท์ โดยจะอยู่ภายใต้โฮสต์หรือโดเมนนั้นอีกทีหนึ่ง หมายเลขพอร์ตนั้นอาจจะระบุหรือไม่ก็ได้ โดยถ้าไม่ได้ระบุค่าฟิลด์ของพอร์ตคือ 5060 แต่ถ้ามีการใช้พอร์ตอื่นก็ต้องมีการระบุพอร์ตภายใน URI ด้วย ตัวอย่างของ SIP URI ดังนี้

sip:john.doe@company.com

sip:6625343499@proxy1.company.com

หมายเลข SIP ของผู้ใช้ที่สามารถใช้ได้ทั่วไป เรียกว่า AOR (Address of Record) ซึ่งเป็นที่อยู่ที่สามารถเราท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ นอกจากโปรโตคอลพื้นฐานของ SIP แล้วมาตรฐานที่กำหนดใน RFC 3261 ยังกำหนด URI ที่มีการรักษาความปลอดภัยเพิ่มขึ้นมา เรียกว่า SIPS URI โดยค่าฟิลด์ของพอร์ตคือ 5061 มีรูปแบบดังนี้

sips:user@domain:port

sips:user@host:port

SIP Request (จตุชัย แพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 375-376)

SIP Request เป็นข้อความที่ส่งจากไคลเอนต์ไปยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อเริ่มกระบวนการสื่อสาร ใน RFC 3261 ได้กำหนดให้มี SIP Request 6 ประเภท เพื่อเริ่มการโทร การแก้ไข และวางสาย ซึ่งประกอบด้วย

- INVITE : เป็นการร้องขอเพื่อเชิญชวนให้ผู้ใช้เข้าร่วมการสนทนา
- ACK : เป็นการตอบกลับของกลุ่มสนทนาเพื่อตอบรับว่าจะเข้าร่วมการสนทนา โดยจะตอบกลับการร้องขอแบบ INVITE เท่านั้น
- BYE : เป็นการยกเลิกการสนทนาหรือการวางสาย ซึ่งจะกระทำโดยฝ่ายหนึ่งฝ่ายใดก็ได้
- CANCEL : เป็นการยกเลิกการโทรที่เพิ่งจะเริ่มหรือที่ยังไม่ได้รับการตอบกลับหรือ ACK โดยจะไม่มีผลต่อการสนทนาที่กำลังดำเนินไปอยู่
- OPTION : เป็นการสอบถามคุณสมบัติเฉพาะของเซิร์ฟเวอร์
- REGISTER : เป็นการลงทะเบียนที่ระบุในเฮลเดอร์ในส่วนของ To กับ SIP เซิร์ฟเวอร์

SIP Response (จตุชัย แพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 376-378)

SIP Response เป็นรหัสที่ใช้โดย SIP เซิร์ฟเวอร์เพื่อตอบกลับการร้องขอโดยไคลเอนต์ โดยรหัสที่ใช้จะอยู่ในช่วง 100-699 และมีการจัดกลุ่มดังนี้

- 1xx : Informational Responses
- 2xx : Successful Responses
- 3xx : Redirection Responses
- 4xx : Client Failure Responses
- 5xx : Server Failure Responses
- 6xx : Global Failure Responses

โดยรหัสในแต่ละกลุ่มจะมีความหมายดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 SIP Response

1xx Informational Responses	100 Trying 180 Ringing 181 Call Is Being Forwarded 182 Queued 183 Session Progress
2xx Successful Responses	200 OK 202 accepted : Used for referrals
3xx Redirection Responses	300 Multiple Choices 301 Moved Permanently 302 Moved Temporarily 305 Use Proxy 380 Alternative Service
4xx Client Failure Responses	400 Bad Request 401 Unauthorized : Used only by registrars or user agents. Proxys should use proxy authorization 407 402 Payment Required (Reserved for future use) 403 Forbidden

ตารางที่ 2.2 SIP Response (ต่อ)

404 Not Found : User not found
405 Method Not Allowed
406 Not Acceptable
407 Proxy Authentication Required
408 Request Timeout : Couldn't find the user in time
410 Gone : The user existed once, but is not available here any more.
413 Request Entity Too Large
414 Request-URI Too Long
415 Unsupported Media Type
416 Unsupported URI Scheme
420 Bad Extension : Bad SIP Protocol Extension used, not understood by the server
421 Extension Required
423 Interval Too Brief
479 Regretfully, we were not able to process the URI (479/SL)
480 Temporarily Unavailable
481 Call/Transaction Does Not Exist
482 Loop Detected
483 Too Many Hops
484 Address Incomplete
485 Ambiguous
486 Busy Here
487 Request Terminated
488 Not Acceptable Here
489 Bad Event
491 Request Pending
493 Undecipherable : Could not decrypt S/MIME body part
494 Security Agreement Required

ตารางที่ 2.2 SIP Response (ต่อ)

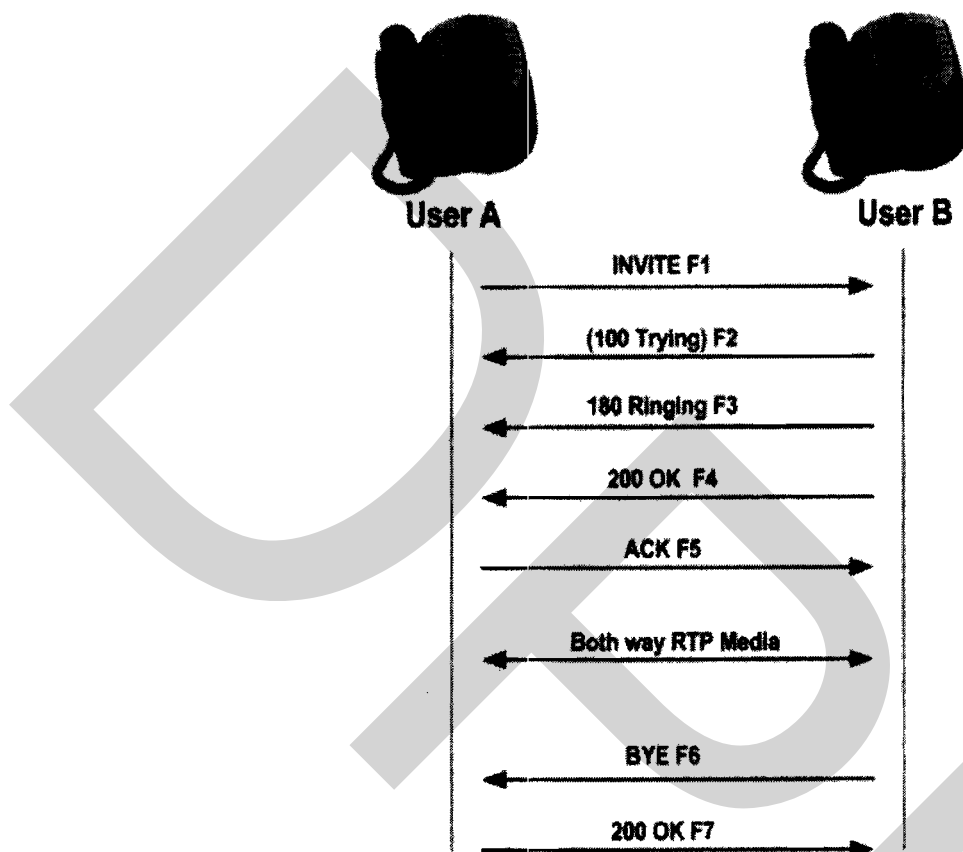
5xxServer Failure Responses	500 Server Internal Error 501 Not Implemented : The SIP request method is not implemented here 502 Bad Gateway 503 Service Unavailable 504 Server Time-out 505 Version Not Supported : The server does not support this version of the SIP protocol 513 Message Too Large
6xxGlobal Failure Responses	600 Busy Everywhere 603 Decline 604 Does Not Exist Anywhere 606 Not Acceptable

หลักการการทำงานของ SIP (จตุชัย แพงจันทร์ และ อนุโชติ วุฒิพรพงษ์, 2551 : 378-382)

ภาพที่ 2.25 และภาพที่ 2.26 แสดงขั้นตอนการทำงานของ SIP ผ่านพร็อกซี และเครือข่าย SIP มีรูปแบบดังนี้

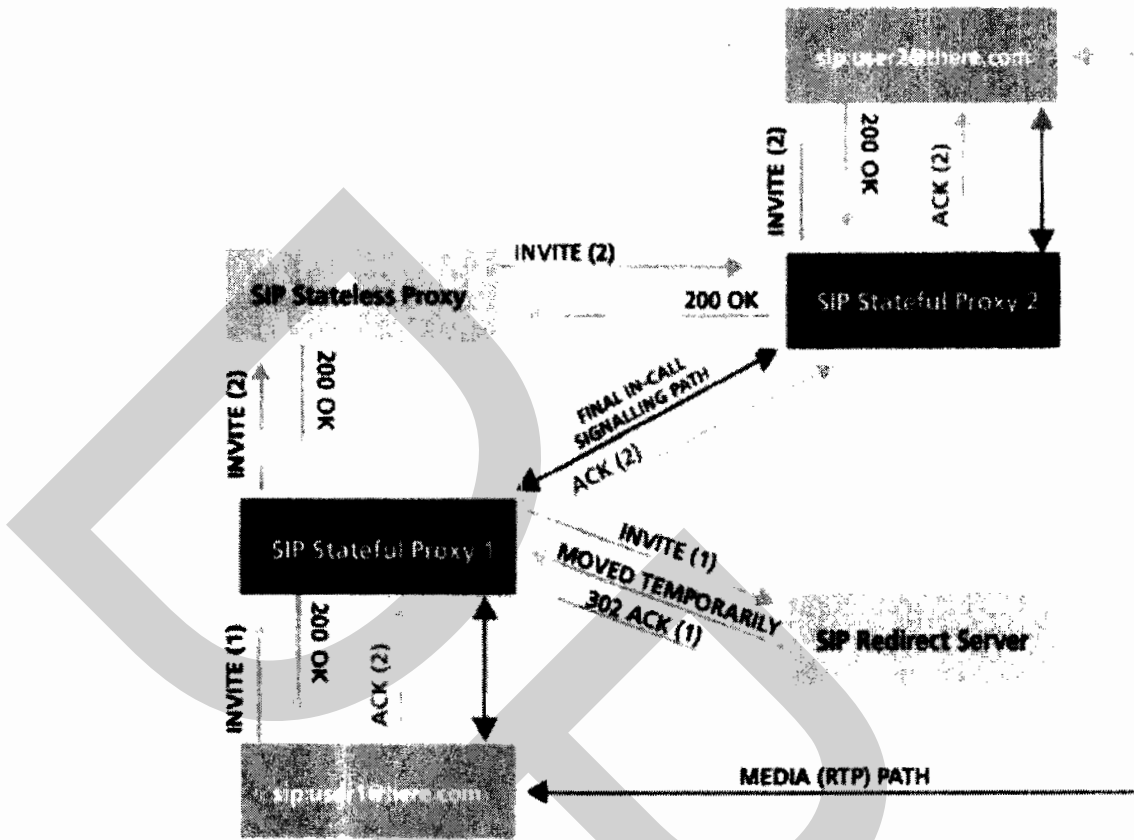
1. พร็อกซีเซิร์ฟเวอร์ยอมรับการร้องขอ INVITE จากไคลเอนต์
2. พร็อกซีเซิร์ฟเวอร์ติดต่อกับ Location Server เพื่อขอทราบ UA ของผู้ที่ถูกโทรหา
3. Location Server ค้นหาที่อยู่ของผู้ที่ต้องการโทรหาแล้วส่งกลับไปที่กับพร็อกซีเซิร์ฟเวอร์
4. พร็อกซีจะส่งการร้องขอ INVITE จากไคลเอนต์จะถูกส่งต่อไปยังที่อยู่ที่ได้รับจาก Location Server
5. UA ของเครื่องปลายทางจะแจ้งให้ผู้ใช้รับทราบ (Ringling) แล้วผู้ใช้รับสาย
6. UAS ตอบกลับด้วยรหัส 200 OK ไปยังพร็อกซีเซิร์ฟเวอร์
7. พร็อกซีส่งต่อการตอบกลับ 200 OK ไปยัง UA ของผู้ที่โทรศัพท์
8. UA ของผู้โทรศัพท์ก็จะยืนยันด้วยการส่งข้อความ ACK ผ่านไปยังพร็อกซี
9. พร็อกซีก็ส่งต่อไปให้ UA ของผู้ใช้

10. การสนทนาที่เริ่มขึ้นได้



ภาพที่ 2.25 ขั้นตอนที่ User A โทรหา User B โดยใช้โปรโตคอล SIP

ที่มา : เจาะระบบ Network 2nd Edition



ภาพที่ 2.26 เครื่องข่าย SIP

ที่มา : เจาะระบบ Network 2nd Edition

2.3 อินเทอร์เน็ต EIA-232/RS-232 (โอกาส เอ็มสิริวงศ์, 2548 : 113)

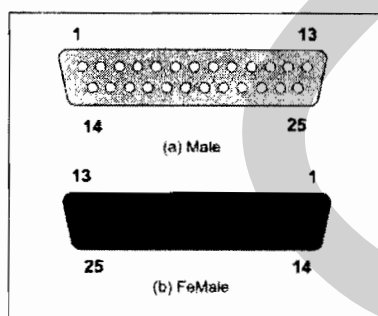
EIA-232 หรือ RS-232 (Serial Port) ได้พัฒนามาเพื่อวัตถุประสงค์ในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ DTE (Data Terminal Equipment) และ DCE (Data Circuit-terminal Equipment) ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ในความเป็นจริงมาตรฐานการส่งข้อมูลแบบอนุกรมนี้มีหลายมาตรฐานด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็น EIA-449, EIA-422, EIA-423 แต่สำหรับในที่นี้จะขอกกล่าวเพียงมาตรฐาน RS-232 เนื่องจากเป็นที่นิยมใช้กันในไมโครคอมพิวเตอร์

RS-232 ได้มีการนำมาใช้ในปี ค.ศ.1960 โดยสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ซึ่งมาตรฐานนี้ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งปี ค.ศ.1969 ได้มีการประดิษฐ์เวอร์ชัน 3 (RS-232) ขึ้นมาและได้ประกาศใช้เป็นมาตรฐานบนเครื่องพีซีคอมพิวเตอร์เป็นต้นมา และต่อมาได้มีเวอร์ชัน RS-232D ซึ่งการปรับปรุงในครั้งนี้ได้เพิ่ม Test Line จำนวน 3 เส้นเข้าไป และในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงถึงเวอร์ชัน 6 แล้วคือ EIA-232-F เมื่อปี ค.ศ.1997

คุณลักษณะสำคัญของอินเทอร์เน็ต RS-232 (โอกาส เอ็มสิริวงศ์, 2548 : 113-119)

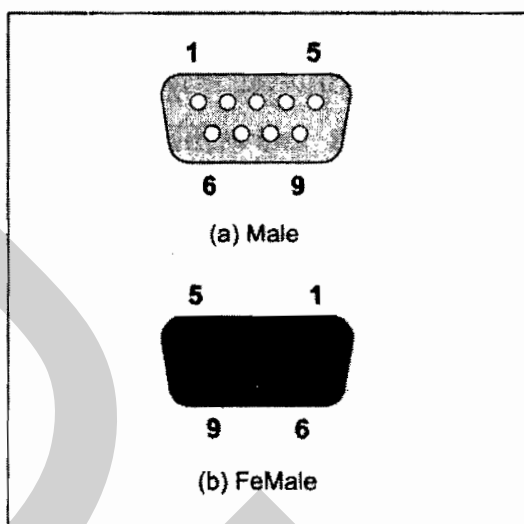
อินเทอร์เน็ต RS-232 แบบดั้งเดิมหรืออาจเรียกว่าแบบคลาสสิกนั้นจะเป็นแบบ 25 พินสำหรับปลั๊กตัวผู้และแบบ 25 ซ็อกเก็ต สำหรับปลั๊กตัวเมีย โดยมาตรฐาน RS-232 นี้จะครอบคลุมคุณสมบัติสำคัญทั้ง 4 ประการ ดังนี้

1. คุณสมบัติทางกล (Mechanical) เป็นส่วนกายภาพหรือทางฟิสิกส์ของปลั๊กที่เชื่อมต่อของ EIA-232 หรือที่เรียกว่าคอนเน็กเตอร์แบบ 25 พิน อย่างไรก็ตามอินเทอร์เน็ต RS-232 ในปัจจุบันส่วนใหญ่มักจะอยู่ในรูปแบบ 9 พิน ดังภาพที่ 2.27 และภาพที่ 2.28



ภาพที่ 2.27 ปลั๊กและซ็อกเก็ตเชื่อมต่อ RS-232 แบบ 25 พิน

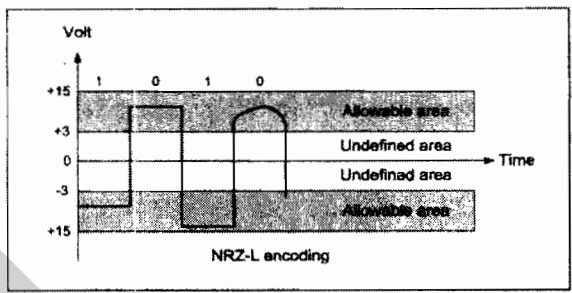
ที่มา : เครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร (Computer Network and Communication)



ภาพที่ 2.28 ปลั๊กและซ็อกเก็ตเชื่อมต่อ RS-232 แบบ 9 พิน

ที่มา : เครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร (Computer Network and Communication)

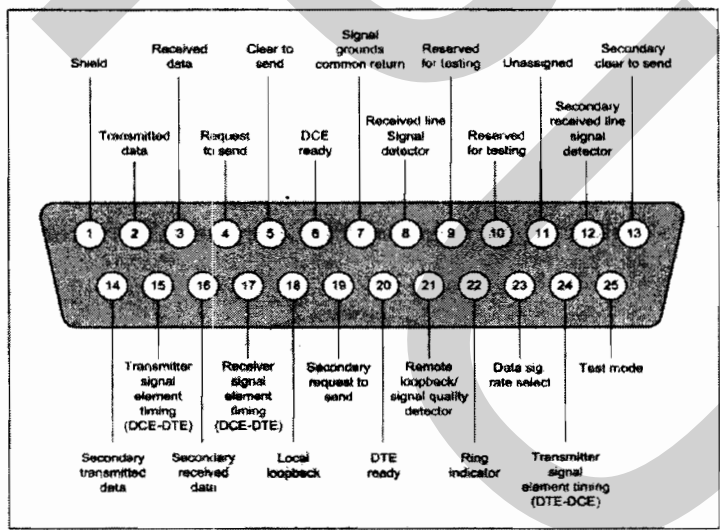
2. คุณสมบัติทางไฟฟ้า (Electrical) รายละเอียดด้านสัญญาณไฟฟ้าเป็นการระบุเรื่องของสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ DTE และ DCE สัญญาณดิจิทัลที่ใช้จะมีทั้งสายกราวด์ แรงดันไฟฟ้าลบที่น้อยกว่า -3 โวลต์ (-3 ถึง -15) เพื่อใช้ในการแปลไบนารี 1 และแรงดันไฟฟ้าบวกที่มากกว่า +3 โวลต์ (+3 ถึง +15) ในการแปลเป็นไบนารี 0 โดยจะยอมรับสัญญาณที่อยู่ในช่วงตั้งแต่ 12 โวลต์ทั้งบวกและลบ ส่วนพื้นที่ที่จัดเป็น Undefined Area หรือ Dead Area จะอยู่ระหว่าง +3 โวลต์ และ -3 โวลต์ ในการเชื่อมต่อจะใช้ความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลน้อยกว่า 20 กิโลบิตต่อวินาที (Kbps) สำหรับความยาวของสายสัญญาณจะถูกจำกัดระยะทางโดยต้องน้อยกว่า 15 เมตร หรือ 50 ฟุต อย่างไรก็ตามการเพิ่มความเร็วและระยะทางสามารถทำได้หากได้รับการออกแบบที่ดี ดังภาพที่ 2.29 แสดงรายละเอียดด้านไฟฟ้าสำหรับการส่งข้อมูลใน EIA-232



ภาพที่ 2.29 รายละเอียดค่านไฟฟ้สำหรับการส่งข้อมูลใน EIA-232

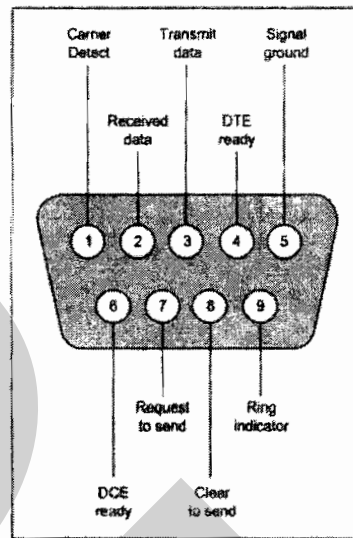
ที่มา : เครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร (Computer Network and Communication)

3. คุณสมบัติด้านหน้าที่การทำงาน (Functional) คุณสมบัติด้านหน้าที่การทำงานถือเป็นสิ่งสำคัญที่สุดเลขที่เดียว โดยตำแหน่งของเซอร์กิตที่อยู่บนปลั๊กแบบ DB25 และแบบ DB9 แต่ละตำแหน่งจะมีหน้าที่เฉพาะของตน ดังภาพที่ 2.30 และภาพที่ 2.31 ส่วนภาพที่ 2.32 และภาพที่ 2.33 แสดงการเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่าง DB9 กับ DB25



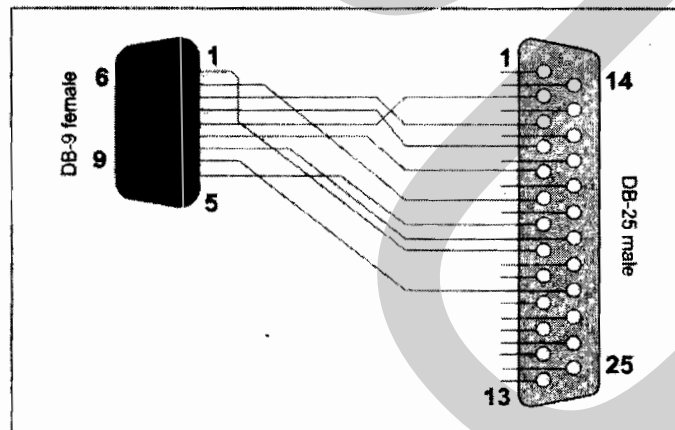
ภาพที่ 2.30 หน้าที่ของพินต่างๆ ที่กำหนดใน EIA-232 ,DB25

ที่มา : เครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร (Computer Network and Communication)



ภาพที่ 2.31 หน้าที่ของพินต่างๆ ที่กำหนดใน EIA-232 ,DB9

ที่มา : เครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร (Computer Network and Communication)



ภาพที่ 2.32 การเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่าง DB9 (Female) กับ DB25 (Male)

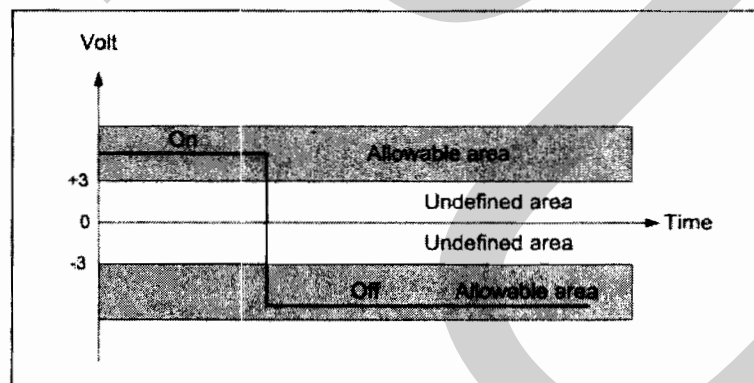
ที่มา : เครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร (Computer Network and Communication)



ภาพที่ 2.33 สาย RS-232 ที่มีช็อกเก็ตทั้งแบบ 25 พินและ 9 พินให้เลือกใช้งาน

ที่มา : เครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร (Computer Network and Communication)

4. คุณสมบัติของขั้นตอนการทำงาน (Procedural) เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับสัญญาควบคุม รวมถึงการกะจังหวะเวลา โดยสัญญาควบคุมเพื่อให้การส่งผ่านข้อมูลอยู่ในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ดังภาพที่ 2.34 และรายละเอียดของสัญญาต่างๆ ดังตารางที่ 2.3



ภาพที่ 2.34 รายละเอียดการควบคุมสัญญาไฟฟ้าใน EIA-232

ที่มา : เครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร (Computer Network and Communication)

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดของสัญญาณตามมาตรฐาน RS-232 (DB25 และ DB9)

CIRCUIT (EIA signal name)	DB25 pin #	DB9 pin #	SIGNAL NAME
AA	1	-	Shield
AB	7	5	Signal Ground
BA	2	3	Transmitted Data
BB	3	2	Received Data
CA	4	7	Request to Send
CB	5	8	Clear to Send
CC	6	6	DCE Ready
CD	20	4	Data Terminal Ready
CE	22	9	Ring Indicator
CF	8	1	Carrier Detect
CG	21	-	Signal Quality Detector
CH/CI	23	-	Data Signal Rate Selector
DA	24	-	Transmitter Signal Timing (DTE)
DB	15	-	Transmitter Signal Timing (DCE)
DD	17	-	Receiver Signal Timing
SBA	14	-	Secondary TX
SBB	16	-	Secondary RX
SCA	19	-	Secondary RTS
SCB	13	-	Secondary CTS
SCF	12	-	Secondary CD
	9	-	Reserved Positive Test
	10	-	Reserved Negative Test
	11	-	Unsigned
	18	-	Local Loopback
	25	-	Test Mode

รายละเอียดของสัญญาณต่างๆ ตามมาตรฐาน RS-232 แบบ DB25 pin และแบบ DB9 pin โดยแต่ละเซอร์กิต ซึ่งพิจารณาจากอักษรตัวแรกของเซอร์กิตหรือชื่อสัญญาณ โดย EIA จะมีการแบ่งกลุ่มของสัญญาณออกเป็น 5 กลุ่มด้วยกัน เพื่อแสดงถึงความแตกต่างในแต่ละวงจร

A = Ground (Common Circuit)

B = Data (Signal Circuit)

C = Control (Control Circuit)

D = Timing (Timing Circuit)

S = Secondary Channel

ในที่นี้จะกล่าวเพียงกลุ่มเซอร์กิตหลักๆ ตามหน้าที่การทำงานของกลุ่มต่างๆ ดังนี้

1. สายกราวนด์

- เซอร์กิต AB (pin 7) เป็น Signal Ground ระหว่างอุปกรณ์ DTE และ DCE ซึ่งอาจเรียกว่าเป็น Protective Ground ที่ช่วยป้องกันการช็อคทางไฟฟ้า (Electric Shock)

2. การถ่ายโอนข้อมูล (Data Transfer)

- เซอร์กิต BA (pin 2)/Transmitted Data เป็นสัญญาณที่ใช้สำหรับการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ DTE ไปยังอุปกรณ์ DCE โดยสถานะทางลอจิกจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อไม่มีการส่งข้อมูลใดๆ

- เซอร์กิต BB (pin 3)/Received Data เป็นสัญญาณที่ใช้สำหรับรับข้อมูลจากอุปกรณ์ DCE ไปยังอุปกรณ์ DTE โดยสถานะทางลอจิกจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อไม่มีการส่งข้อมูลใดๆ

3. การโต้ตอบกัน (Handshaking)

- เซอร์กิต CA (pin 4)/Request to Send เป็นสัญญาณจากอุปกรณ์ DTE ที่ส่งไปยังอุปกรณ์ DCE เพื่อให้รับรู้ว่าเตรียมพร้อมแล้วที่จะส่งข้อมูล ซึ่งสัญญาณนี้จะใช้งานควบคู่กับเซอร์กิต CB

- เซอร์กิต CB (pin 5)/Clear to Send เป็นสัญญาณตอบรับจากอุปกรณ์ DCE ที่ส่งให้กับอุปกรณ์ DTE ว่าคนพร้อมที่จะรับข้อมูลจากอุปกรณ์ DTE แล้ว

4. การควบคุม (ใช้สำหรับควบคุมโมเด็ม)

- เซอร์กิต CC (pin 6)/DCE Ready เป็นสัญญาณจากอุปกรณ์ DCE ที่บอกกับฝ่ายส่งว่าอุปกรณ์ DCE อยู่ในสภาวะพร้อมที่จะส่งข้อมูลไปยังปลายทางที่ได้ทำการเชื่อมต่อ กล่าวคือโมเด็มจะมีการสร้างการเชื่อมต่อกับโมเด็มระยะไกลของอีกฝ่ายหนึ่งเพื่อส่งผ่านข้อมูลระหว่างกัน

- เซอร์กิต CF (pin 8)/Carrier Detect เป็นสัญญาณจากอุปกรณ์ DCE ไปยังอุปกรณ์ DTE ว่าได้รับการตอบรับสัญญาณจากอุปกรณ์ทางไกลของอีกฝ่ายหนึ่งแล้ว

- เซอร์กิต CD (pin 20)/Data Terminal Ready (DTE Ready) เป็นสัญญาณจากอุปกรณ์ DTE ว่าพร้อมแล้วที่จะทำงาน

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สฤติ รัตยาฤทธิ์ (2549) ศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ VoIP ในเครือข่าย IEEE 802.11 ซึ่งเป็นระบบที่มีการใช้งานเกี่ยวกับข้อมูลในเครือข่ายขององค์กร การปรับเปลี่ยน VoIP ในองค์กรที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ปลายทาง VoIP ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายไอพี วัตถุประสงค์ในการวิจัยนี้เพื่อศึกษาข้อจำกัดภายในของฟังก์ชันการควบคุมการใช้สื่อแบบกระจายของเครือข่าย IEEE 802.11 ในการสนับสนุนการโทรศัพท์แบบ VoIP บนระบบเครือข่าย LAN ไร้สาย และประเมินขอบเขตของการโทรศัพท์แบบ VoIP ที่เกิดขึ้นพร้อมกันว่าสามารถรองรับการโทรศัพท์ได้สูงสุดเท่าใด เท่าที่คุณภาพจะสามารถยอมรับได้

อัครเดช เกสร (2549) ศึกษาเรื่อง การแยกประเภทของการเข้าถึงเครือข่ายแบบ Ethernet, Wireless LAN, ADSL ทำให้สามารถทราบการเข้าถึงเครือข่ายในช่วงเวลาต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาและปรับปรุงโปรแกรมประยุกต์หรือ โพรโตคอลต่างๆ ที่มีความจำเป็นต้องใช้ในการเชื่อมต่อระบบเครือข่าย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ร่วมกันได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ทำการวิเคราะห์และวิจัยถึงความต้องการของผู้ใช้งาน แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาปรับปรุงการทำงานต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ดีกว่าเดิม ซึ่งการใช้งานเทคโนโลยีระบบเครือข่ายต่างๆ มีลักษณะที่ใช้ในการเชื่อมต่อเครือข่ายที่แตกต่างกันออกไปทั้งในด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ความเร็ว และความเสถียรของระบบเครือข่าย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานบนระบบเครือข่าย

อภิชา วรรณพงษ์ (2549) ศึกษาเรื่อง การทำงาน Pre-scanning and Dynamic Cachingของการย้ายข้ามเซลล์ของเครือข่ายไร้สาย IEEE 802.11 ซึ่งงานวิจัยนี้ได้รวบรวมทฤษฎีและมาตรฐานในการเชื่อมโยงเครือข่ายในรูปแบบต่างๆ ไว้ เนื่องจากในปัจจุบันนี้การใช้งานระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์กำลังเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวาง โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อพัฒนาเวลาที่ใช้ในการ Hand off ของเครือข่าย IEEE 802.11 ว่ามีผลกระทบกับแอปพลิเคชันแบบ Realtime, VoIP ในระบบ WLAN หรือไม่ ดังนั้นจึงได้ศึกษาค้นคว้าและวิเคราะห์เพื่อที่จะลดเวลาให้สามารถใช้เวลาที่น้อยที่สุดที่จะสามารถรองรับกับระบบต่างๆ ที่เกิดขึ้น เช่น ระบบมัลติมีเดีย ภาพ และเสียง เป็นต้น

ชัยทัต ธาราสมบัติ (2549) ศึกษาเรื่อง ระบบตรวจสอบและซ่อมแซมเครื่องแม่ข่ายผ่านระบบเครือข่าย โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อให้ทราบถึงปัญหาเบื้องต้นของระบบเครือข่าย ให้สามารถใช้งานเครือข่ายได้ตลอดเวลา เพื่อให้การทำงานของระบบมีความต่อเนื่อง ไม่เสียเวลา ซึ่งปัญหาเหล่านี้มักจะเกิดขึ้นเฉพาะกับองค์กรที่มีขนาดกลางและขนาดเล็ก เนื่องจากเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้กันอยู่จะเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพและเทคโนโลยีที่ไม่สูงมากนัก อีกทั้งสถานที่ตั้งของเซิร์ฟเวอร์ไม่มีความเหมาะสมเท่าที่ควร จึงทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับระบบขึ้นมาได้

นางลักษณ์ วีระไพฑูรย์ (2549) ศึกษาเรื่อง โพรโทคอลการส่งข้อมูลแบบมีความน่าเชื่อถือบนระบบเครือข่าย IEEE 802.11 โดยงานวิจัยนี้ได้รวบรวมทฤษฎีและมาตรฐานของการเชื่อมโยงเครือข่ายเพื่อวัตถุประสงค์ในการออกแบบการส่งข้อมูลแบบน่าเชื่อถือบนระบบเครือข่าย IEEE 802.11 การส่งข้อมูลแบบ Multicast สามารถช่วยลดแบนด์วิดท์ในการส่งข้อมูลได้ เป็นการทำงานโดยการส่งข้อมูลไปยังกลุ่มสมาชิกที่ถูกเลือกโดยไอพีโปรโตคอล ซึ่งสามารถทำงานได้ดีกับระบบเครือข่ายแบบใช้สายแต่ไม่ได้ให้บริการในเรื่องความน่าเชื่อถือของการส่งข้อมูล จึงจำเป็นต้องมีการติดตั้ง Application เพิ่มเติมในส่วน of ชั้น Transport เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือของการส่งข้อมูล

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย มีดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเทคโนโลยี VoIP และวิธีการนำมาประยุกต์ใช้งานในองค์กร
2. ศึกษาระบบวิทยุสื่อสารของตำรวจที่มีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน
3. วิเคราะห์และออกแบบาระบบวิทยุสื่อสารผ่านเครือข่ายไอพี
4. จัดทำระบบวิทยุสื่อสารผ่านเครือข่ายไอพี
5. ทดสอบระบบวิทยุสื่อสารผ่านเครือข่ายไอพี
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่จะนำมาใช้

1. เครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์
 - หน่วยประมวลผล ระดับ Pentium III ความเร็ว 1 GHz ขึ้นไป
 - หน่วยความจำ (RAM) อย่างน้อย 256 Mbyte ขึ้นไป
 - ความจุของฮาร์ดดิสก์อย่างน้อย 40 Gbyte
 - จอภาพ เม้าส์ และแป้นพิมพ์ ตามมาตรฐานทั่วไป
2. เครื่องคอมพิวเตอร์ไคลเอนต์
 - หน่วยประมวลผล ระดับ Pentium III ความเร็ว 1 GHz ขึ้นไป
 - หน่วยความจำ (RAM) อย่างน้อย 256 Mbyte ขึ้นไป
 - ความจุของฮาร์ดดิสก์อย่างน้อย 40 Gbyte
 - จอภาพ เม้าส์ และแป้นพิมพ์ ตามมาตรฐานทั่วไป
3. เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ยี่ห้อ Motorola รุ่น GM-300 พร้อมอุปกรณ์ เช่น
 - สายอากาศ
 - สายส่งกำลัง
 - ไมค์และลำโพง ฯลฯ

4. วงจร Interface และหัวต่อเชื่อม (Connector) แบบ Serial Port (9 pin)

3.2.2 ซอฟต์แวร์ที่จะนำมาใช้

1. เครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์
 - ระบบปฏิบัติการ Windows Xp
 - โปรแกรม EQSO Conference Server (สำหรับเครื่อง PC Server)
 - โปรแกรม EQSO Remote Server Admin (สำหรับ Monitor เพื่อบริหารจัดการต่างๆ เกี่ยวกับระบบ)
2. เครื่องคอมพิวเตอร์ไคลเอนต์
 - ระบบปฏิบัติการ Windows XP
 - โปรแกรม EQSO PC Client (สำหรับเครื่อง PC Client ใช้งานระบบได้โดยไม่ต้องต่อร่วมกับเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร)
 - โปรแกรม EQSO RF Gateway (สำหรับเชื่อมต่อใช้งานร่วมกับเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร)
3. เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ยี่ห้อ Motorola รุ่น GM-300
 - Motorola GM-300 Software (สำหรับใช้ปรับจูนและกำหนดค่าการทำงานต่างๆ ให้กับเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร)

3.3 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย สรุปได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินงาน (เดือน)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. ศึกษาเทคโนโลยี VoIP และวิธีการประยุกต์ใช้งานในองค์กร	■■■■■									
2. ศึกษาระบบวิทยุสื่อสารของตำรวจที่มีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน	■■■■■									
3. วิเคราะห์และออกแบบระบบวิทยุสื่อสารผ่านเครือข่ายไอพี			■■■■■							
4. จัดทำระบบวิทยุสื่อสารผ่านเครือข่ายไอพี						■■■■■				
5. ทดสอบระบบวิทยุสื่อสารผ่านเครือข่ายไอพี								■■■■■		
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ										■■■
7. เรียบเรียงงานค้นคว้าอิสระ		■■■■■■■■■■■								

3.4 สรุป

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการศึกษาเทคโนโลยี VoIP และวิธีการนำมาประยุกต์ใช้งานในองค์กร ขั้นตอนการศึกษาระบบวิทยุสื่อสารของตำรวจที่มีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบระบบวิทยุสื่อสารผ่านเครือข่าย ไอพี ขั้นตอนการจัดทำระบบวิทยุสื่อสารผ่านเครือข่ายไอพี ขั้นตอนการทดสอบระบบวิทยุสื่อสารผ่านเครือข่ายไอพี และขั้นตอนสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์และการออกแบบระบบ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร ที่เรียกว่า เทคโนโลยี VoIP เพื่อนำมาพัฒนาต้นแบบระบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพี โดยจะทำการศึกษาจากระบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจในระบบเดิม เพื่อให้ทราบถึงรายละเอียดต่างๆ และวิธีการในการทำงานของระบบ รวมถึงปัญหาและอุปสรรคที่มีในระบบแล้วนำมาวิเคราะห์หาแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยใช้เทคโนโลยี VoIP เข้ามาประยุกต์ใช้งานร่วมกัน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การศึกษาระบบงาน

ระบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจในปัจจุบันใช้เครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารระบบ VHF/FM (Very High Frequency/Frequency Modulation) มีความถี่ใช้งานอยู่ในช่วงระหว่าง 146 – 174 MHz จัดวางเครือข่ายให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ทั่วประเทศ โดยวิธีการจัดวางเครือข่ายรีพีทเตอร์ เชื่อมต่อรับส่งสัญญาณไปยังปลายทางในพื้นที่ต่างๆ ที่อยู่ห่างไกล ซึ่งในการเชื่อมโยงเครือข่ายกันนั้นต้องอาศัยวงจรเช่าคู่สายโทรศัพท์ที่มีใช้งานอยู่ในพื้นที่แล้วเชื่อมโยงเครือข่ายมายังศูนย์กลางการบังคับบัญชาที่สำนักงานตำรวจแห่งชาติ กรุงเทพฯ โดยมีศูนย์กลางในการติดต่อสื่อสารทางวิทยุ เรียกว่า ศูนย์ปฐมวัน ทำหน้าที่เป็นหน่วยงานหลักในการติดต่อประสานงาน รับส่งข้อมูลข่าวสารในราชการสำนักงานตำรวจแห่งชาติ

ระบบวิทยุสื่อสาร VHF/FM รับส่งสัญญาณวิทยุที่แพร่กระจายไปในอากาศและส่งไปตามวงจรเช่าโทรศัพท์ไปยังรีพีทเตอร์ด้วยสัญญาณแบบอนาล็อก ซึ่งในปัจจุบันมักจะมีปัญหาในเรื่องของการที่สัญญาณจะถูกรบกวนจากสัญญาณประเภทอื่นๆ หรือเกิดจากเครื่องกำเนิดสัญญาณต่างๆ ที่มีการใช้งานกันอยู่มากมายในปัจจุบัน ทำให้บ่อยครั้งที่การรับส่งสัญญาณจะถูกรบกวนได้ง่าย ทำให้การติดต่อสื่อสารผิดพลาด เกิดความไม่ชัดเจนในการรับส่งข้อมูลข่าวสาร ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อประชาชน งานราชการ และประเทศชาติได้

4.2 การวิเคราะห์ระบบ

จากการศึกษาระบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจแบบเดิม จะเห็นว่าระบบทั้งหมดจะรับส่งสัญญาณกันแบบอนาล็อก โดยเฉพาะการรับส่งสัญญาณที่ต้องอาศัยวงจรเช่าคู่สายโทรศัพท์เพื่อเดินทางไปยังรีพีตเตอร์ปลายทางที่ต่างจังหวัดนั้นจะมีระยะทางที่ยาวไกลและในระหว่างทางจะต้องผ่านสภาพแวดล้อมในลักษณะต่างๆ ทำให้สัญญาณมีโอกาสที่จะถูกรบกวนจากสัญญาณอื่นๆ ได้ง่าย เช่น การติดตั้งผ่านเสาไฟฟ้าในเขตที่มีการใช้เคเบิลทีวี เป็นต้น อีกทั้งยังจะต้องมีค่าใช้จ่ายในการเช่าวงจรคู่สายโทรศัพท์อีกด้วย

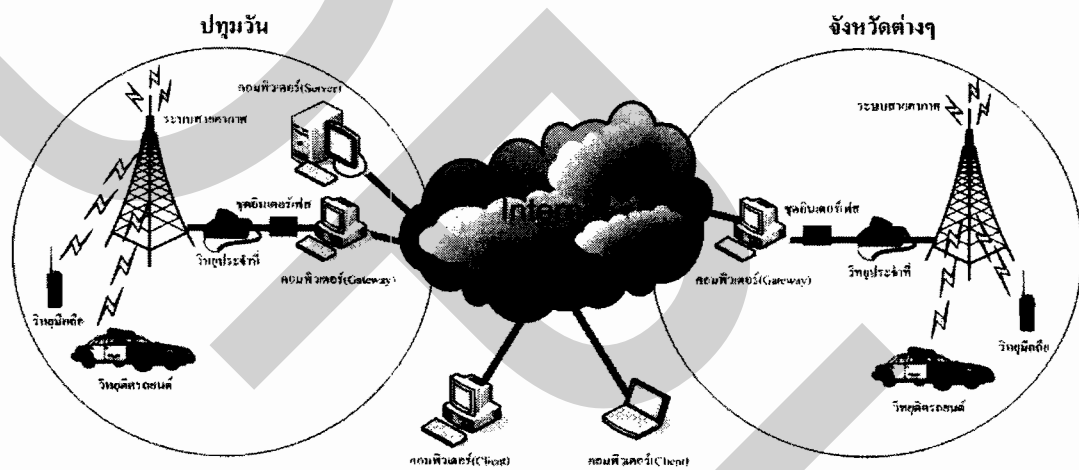
เทคโนโลยี VoIP ใช้เทคนิคการแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลแล้วจึงส่งสัญญาณไปยังเครื่องรับที่ปลายทางโดยผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาในเรื่องการรบกวนสัญญาณในระหว่างการเดินทางไปได้ และสามารถลดค่าใช้จ่ายในการเช่าวงจรคู่สายโทรศัพท์ลงได้ เนื่องจากระบบอินเทอร์เน็ตในปัจจุบันมีการเชื่อมต่อใช้งานกันอยู่แล้วโดยทั่วไป อีกทั้งยังเป็นการใช้งานเครือข่ายที่มีอยู่แล้วอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งจากการวิเคราะห์ระบบโดยรวมสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบระบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจแบบเก่าและแบบใหม่

ระบบเก่า	ระบบใหม่
1. สัญญาณส่งผ่านเครือข่ายวงจรเช่าคู่สายโทรศัพท์	1. สัญญาณส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
2. ใช้อุปกรณ์รีพีตเตอร์ในการรับส่งสัญญาณผ่านเครือข่าย	2. ใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในการรับส่งสัญญาณผ่านเครือข่าย
3. รับส่งสัญญาณแบบอนาล็อกผ่านเครือข่ายสัญญาณถูกรบกวนได้ง่าย	3. รับส่งสัญญาณแบบดิจิทัลผ่านเครือข่ายสัญญาณรบกวนได้ยากกว่าแบบอนาล็อก
4. มีค่าเช่าวงจรคู่สายโทรศัพท์	4. ส่วนมากมีค่าเช่าระบบอินเทอร์เน็ตอยู่แล้ว
5. ปัจจุบันมีใช้งานอยู่ระบบเดียวไม่มีระบบอื่นเป็นระบบสำรอง มีความเสี่ยงต่อโอกาสที่การสื่อสารจะไม่สามารถดำรงไว้ได้โดยตลอดเวลา	5. ทำให้มีระบบใหม่เพิ่มขึ้นสามารถเลือกใช้ระบบใดระบบหนึ่งเป็นข่ายหลักและข่ายสำรอง

4.3 การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบนี้ จะเป็นการนำเอาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสารที่เรียกว่า VoIP เข้ามาใช้งานร่วมกับระบบการสื่อสารทางวิทยุของตำรวจแบบเดิม โดยระบบใหม่นี้จะเชื่อมต่อเครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ให้สามารถทำงานร่วมกันได้ เพื่อเชื่อมต่อไปยังเครือข่ายไอพี สัญญาณอนาล็อกจากเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยคอมพิวเตอร์ จากนั้นสัญญาณจะเดินทางผ่านเครือข่ายไอพีไปจนถึงสถานีปลายทาง ซึ่งจะมีเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารต่อพ่วงใช้งานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ในลักษณะเดียวกันกับสถานีต้นทาง เพื่อทำการแปลงสัญญาณดิจิทัลให้กลับมาเป็นสัญญาณอนาล็อกตามเดิมและทำการแพร่กระจายสัญญาณส่งออกอากาศที่ สถานีปลายทาง ทำให้สามารถรับส่งสัญญาณกับเครื่องลูกข่ายที่ปลายทางได้ ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ระบบวิทยุสื่อสารของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพี

จากภาพที่ 4.1 จะเห็นว่าเครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารจะถูกเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยวงจรอินเทอร์เน็ตเฟส ซึ่งต้องออกแบบให้สามารถทำงานรับส่งสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองให้ถูกต้องสอดคล้องกับหลักการตามทฤษฎีของกรเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างพอร์ตต่างๆ และยังคงต้องมีซอฟต์แวร์ที่เป็นตัวกำหนดการทำงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ให้สามารถทำงานรับส่งสัญญาณร่วมกับเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารและส่งผ่านสัญญาณ ไปยังเครือข่ายไอพีได้

ระบบวิทยุสื่อสารของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพี มีองค์ประกอบต่างๆ ที่ต้องใช้งานร่วมกันในระบบ ดังนี้

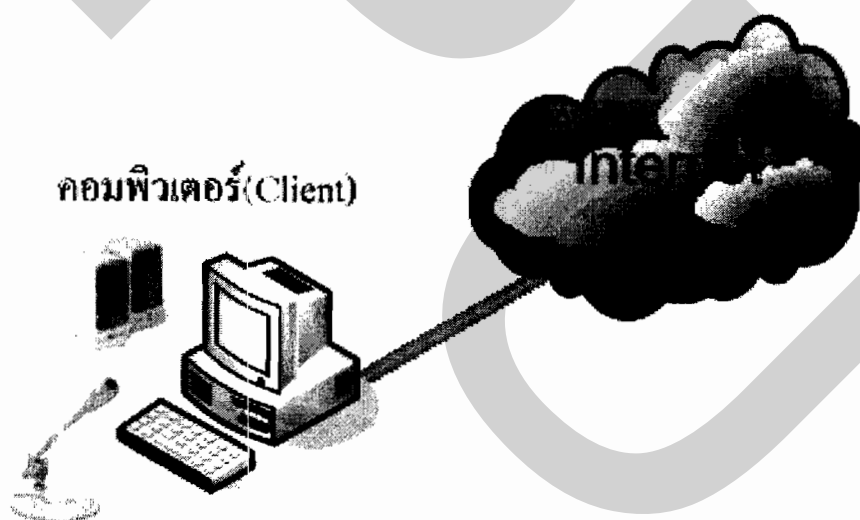
4.3.1 การออกแบบเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์

เครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์และซอฟต์แวร์สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้งานในระบบวิทยุสื่อสารของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพี โดยในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ซอฟต์แวร์ EQSO Conference Server ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายและสะดวกต่อการนำมาใช้งานจริงของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน อีกทั้งยังมีรายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมที่ครบถ้วนมากกว่าโปรแกรมอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีซอฟต์แวร์ EQSO Remote Server Admin ที่ช่วยในการบริหารจัดการเครื่องลูกข่ายที่มีใช้งานในเครือข่าย เช่น สามารถอนุญาตหรือไม่อนุญาตเครื่องลูกข่ายบางเครื่องที่ไม่ถูกต้องหรืออาจบล็อกรการทำงานของเครื่องลูกข่ายที่เกิดมีปัญหในการรับส่งสัญญาณไม่ให้มีผลกระทบต่อระบบโดยรวมได้

4.3.2 การออกแบบเครื่องคอมพิวเตอร์ไคลเอนต์

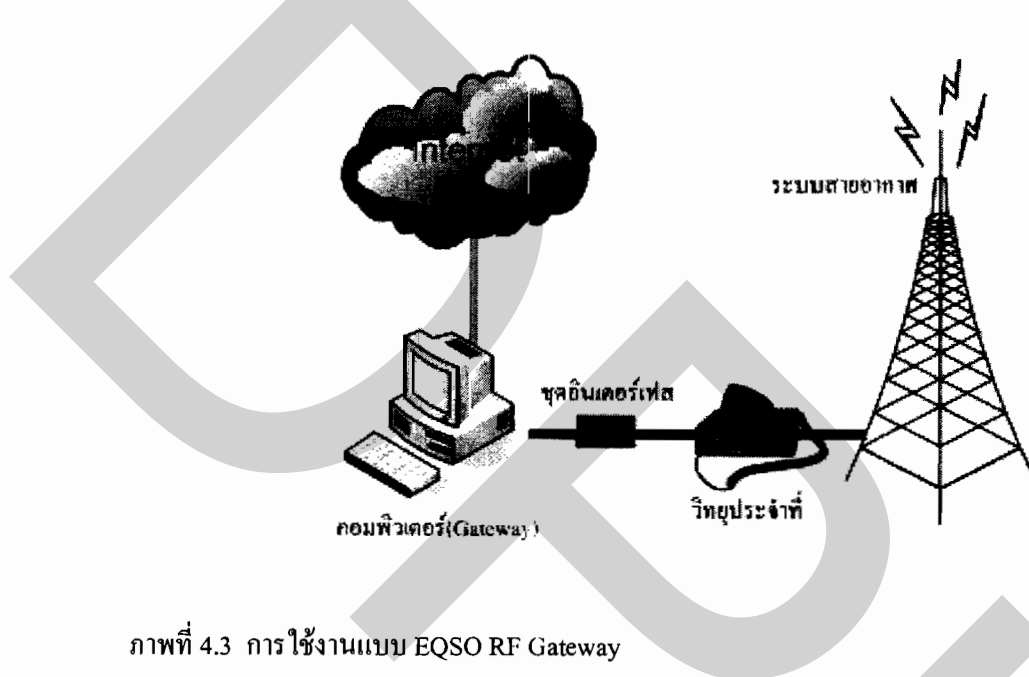
เครื่องคอมพิวเตอร์ไคลเอนต์ เป็นเครื่องลูกข่ายที่ใช้งานในการเชื่อมต่อกับระบบหลักของเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ จะมีซอฟต์แวร์อยู่ 2 แบบ คือ

- แบบแรกใช้ซอฟต์แวร์ EQSO PC Client ซึ่งจะสามารถทำการติดต่อสื่อสารผ่านระบบได้โดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับเครื่องรับส่งวิทยุสื่อสาร เพียงแต่จะต้องมีลำโพงและไมโครโฟนเข้ามาต่อใช้งานร่วมด้วยเท่านั้นก็สามารถใช้งานในระบบได้ ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 การใช้งานแบบ EQSO PC Client

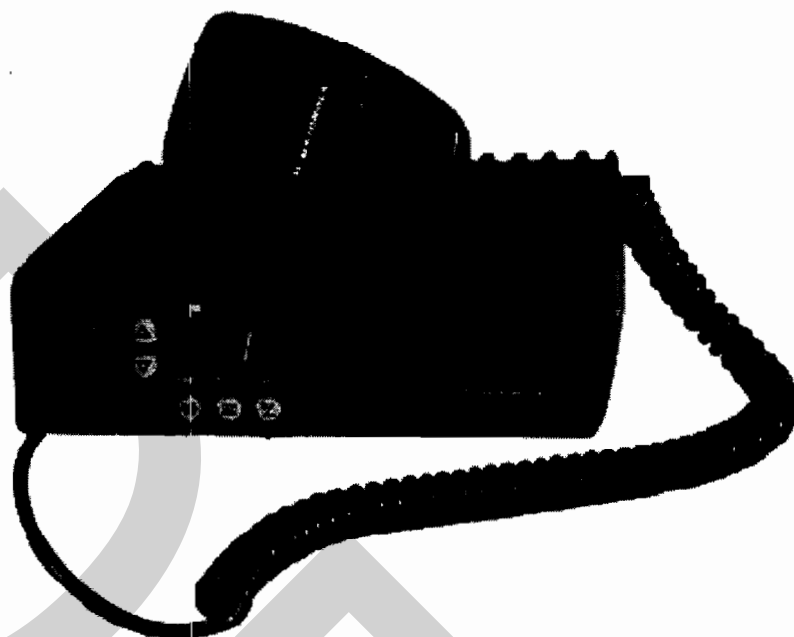
- แบบที่สองจะใช้ซอฟต์แวร์ EQSO RF Gateway เพื่อเชื่อมต่อใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ร่วมกับเครื่องรับส่งวิทยุสื่อสาร ให้สามารถทำงานร่วมกันได้ โดยเครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารจะทำหน้าที่รับส่งสัญญาณกับเครื่องลูกข่ายที่อยู่ในรัศมี เช่น เครื่องวิทยุแบบมือถือ เครื่องวิทยุแบบติดรถยนต์ และเครื่องวิทยุแบบประจำที่ เป็นต้น สัญญาณที่รับมาจากเครื่องลูกข่ายจะส่งต่อไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อส่งสัญญาณผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังเครื่องปลายทาง ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 การใช้งานแบบ EQSO RF Gateway

4.3.3 การออกแบบเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร

สำหรับเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ยี่ห้อ Motorola รุ่น GM-300 แสดงดังภาพที่ 4.4 ซึ่งเป็นเครื่องวิทยุแบบประจำที่ที่มีใช้ในราชการ สำนักงานตำรวจแห่งชาติมากที่สุดในปัจจุบัน และมีซอฟต์แวร์สำหรับปรับจูนความถี่และกำหนดค่าต่างๆ ให้กับเครื่องวิทยุได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยในงานวิจัยนี้ก็จำเป็นที่จะต้องมีการปรับตั้งค่าความถี่ใช้งานให้ตรงกันกับความถี่ที่มีการใช้งานอยู่จริงและจะต้องมีการกำหนดสัญญาณออกที่พินต่างๆ ทาง I/O Port ที่ด้านหลังของเครื่องให้ได้สัญญาณเอาต์พุตที่ต้องการที่สามารถนำไปเชื่อมต่อใช้งานเข้ากับ Serial Port 9 DB ของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้โดยผ่านวงจรอินเตอร์เฟสเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อสัญญาณ ดังภาพที่ 4.5 แสดง I/O Port ของเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ยี่ห้อ Motorola รุ่น GM-300 และตารางที่ 4.2 แสดงการกำหนดค่าการทำงานให้กับพินต่างๆ ที่ I/O Port ด้านหลังของเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ซึ่งผู้ใช้งานจะสามารถกำหนดเองได้ในบางพินเท่านั้น ได้แก่ พินที่ 4, 6, 8, 9, 12 และ 14 เป็นต้น ส่วนพินอื่นๆ จะเป็นค่าที่กำหนดมาจากบริษัทผู้ผลิต ไม่สามารถเข้าไปแก้ไขได้



ภาพที่ 4.4 เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ยี่ห้อ Motorola รุ่น GM-300



ภาพที่ 4.5 I/O Port ของเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ยี่ห้อ Motorola รุ่น GM-300

ตารางที่ 4.2 การกำหนดค่าการทำงานให้กับ I/O Port ของเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร

PIN	DESCRIPTION	DATA DIR	DEBOUNCE	ACTIVE
4	External Alarm	Output	No	High
6	NULL 1	Input	No	Low
8	PL/DPL&CSQ Det	Output	No	High
9	Tx PL Inhibit	Input	Yes	Low
12	NULL 1	Input	No	Low
14	PA Switch	Input	Yes	Low

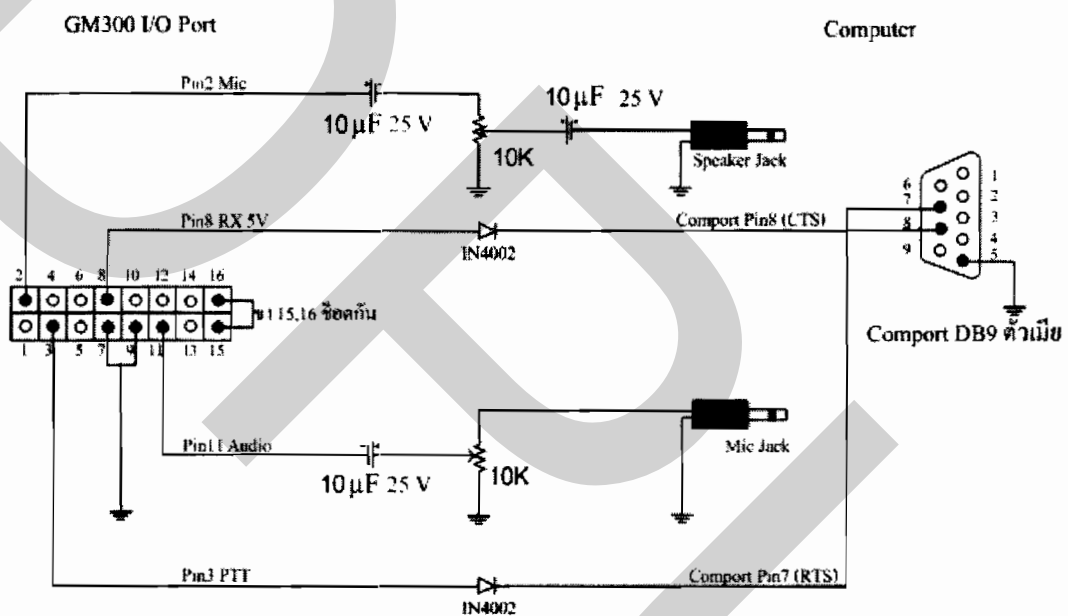
จากตารางที่ 4.2 จะมีอยู่เพียง 6 พิน ที่เราสามารถทำการเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ ส่วนพินอื่นๆ ที่เหลืออยู่จะมีการกำหนดค่าไว้ให้ใช้งานจากบริษัทผู้ผลิต มีการทำงานต่างๆ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การทำงานของ I/O Port ที่กำหนดมาจากบริษัทผู้ผลิต

PIN	DESCRIPTION	PIN	DESCRIPTION
1	EXT. SPKR-	9	EMERGENCY SWITCH
2	MIC AUDIO	10	IGNITION CONTROL
3	PTT	11	RX AUDIO
4	EXT. ALARM	12	SPARE 12
5	FLAT TX AUDIO	13	SW A+ SENSE
6	SPARE 6	14	HOOK
7	GND	15	INT SPKR+
8	COR OUTPUT	16	EXT SPKR+

4.3.4 การออกแบบวงจรอินเตอร์เฟส

วงจรอินเตอร์เฟสเป็นวงจรที่เชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารให้สามารถเชื่อมต่อใช้งานร่วมกันได้ งานวิจัยนี้จะเลือกใช้ Serial Port 9 DB ของเครื่องคอมพิวเตอร์ในการเชื่อมต่อวงจร เนื่องจากมีขาสัญญาณที่จำเป็นในการเชื่อมต่อใช้งานที่เพียงพอเหมาะสม และสามารถรับส่งสัญญาณต่างๆ ได้ครบถ้วน ตามวงจรที่ได้ทำการออกแบบไว้ ส่วนเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารจะเชื่อมต่อสัญญาณเข้ากับวงจรอินเตอร์เฟส ที่พินด้านหลังของตัวเครื่อง โดยจะต้องใช้โปรแกรมของโมโตโรล่าเป็นตัวปรับจูนค่าต่างๆ ของเครื่องให้ได้สัญญาณที่ต้องการส่งออกมายังพินที่จะใช้ในการเชื่อมต่อกับวงจรอินเตอร์เฟส ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 วงจรอินเตอร์เฟส

จากภาพที่ 4.6 เป็นวงจรอินเตอร์เฟสระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร โดยสัญญาณเสียงจากเครื่องคอมพิวเตอร์จะส่งมายังเครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารผ่านทาง Speaker Jack และรับสัญญาณเสียงเข้าผ่านทาง Mic Jack มีตัวต้านทานปรับค่าได้มาต่อร่วมในวงจรเพื่อทำหน้าที่ในการปรับความแรงของสัญญาณเสียงให้มีระดับที่เหมาะสมในการรับส่งสัญญาณ และใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรองสัญญาณเสียง โดยคุณสมบัติของตัวคาปาซิเตอร์จะยอมให้สัญญาณเสียงสามารถไหลผ่านไปได้แต่จะไม่ยอมให้สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงไหลผ่านตัวคาปาซิเตอร์ไปได้ เพื่อเป็นการป้องกันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงรั่วไหลมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังวงจรอินเตอร์เฟสและเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร

ซึ่งอาจมีผลทำให้วงจรและเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารทำงานผิดพลาดหรือเสียหายได้ นอกจากนี้ยังใช้อุปกรณ์ไดโอดเป็นตัวกำหนดสถานะและทิศทางของแรงดันของสัญญาณ ที่จะส่งออกจากเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารไปให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้ เป็นระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลท์เท่านั้นในเวลาที่ต้องการส่งสัญญาณ RTS (Request to Send) และช่วงเวลาที่จะรับสัญญาณ CTS (Clear to Send) เพื่อให้มีสถานะแรงดันในระดับเดียวกับที่แน่นอนส่งไปให้ Serial Port 9 DB ที่ขา 7 และขา 8 ของเครื่องคอมพิวเตอร์ให้สามารถทำงานตามสถานะได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากขึ้น โดยไม่สับสนกับสถานะแรงดันในระดับอื่นๆ ที่อาจจะมีเกิดขึ้นในวงจรได้

ในสถานะที่เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารกำลังทำการส่งสัญญาณ จะมีสัญญาณ PTT ซึ่งมีไฟ +5 V ส่งออกมาขั้วพินที่ 3 เพื่อส่งต่อไปให้เครื่องคอมพิวเตอร์ยัง Serial Port 9 DB ที่ขา 7 (RTS) โดยโปรแกรมที่เครื่องคอมพิวเตอร์จะทำให้สัญญาณไฟ PTT ลงกราวด์ ทำให้เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารก็ย้อออกอากาศ และส่งสัญญาณเสียงที่เข้ามาจากเครื่องข่ายไอพี ผ่านการ์ดเสียงออกมาที่ Speaker Jack ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ผ่านวงจรอินเทอร์เฟส ส่งต่อไปให้เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ทำการแพร่กระจายสัญญาณส่งออกอากาศให้เครื่องลูกข่ายที่อยู่ในรัศมี สามารถรับฟังได้ต่อไป

ส่วนในสถานะที่เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารกำลังทำการรับสัญญาณนั้น จะทำให้มีสัญญาณ Squelch ซึ่งมีไฟ +5 V เช่นกัน ส่งออกมาขั้วพินที่ 8 เพื่อส่งต่อไปให้เครื่องคอมพิวเตอร์ยัง Serial Port 9 DB ที่ขา 8 (CTS) เพื่อให้โปรแกรมที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการส่งสัญญาณเสียงที่รับมาจากพินที่ 11 ของเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ผ่านวงจรอินเทอร์เฟส เข้ามาที่ MIC Jack ไปยังการ์ดเสียงของเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่งต่อไปโปรแกรมดำเนินการตามกระบวนการของระบบ และส่งสัญญาณไปยังเครื่องข่ายไอพีต่อไป

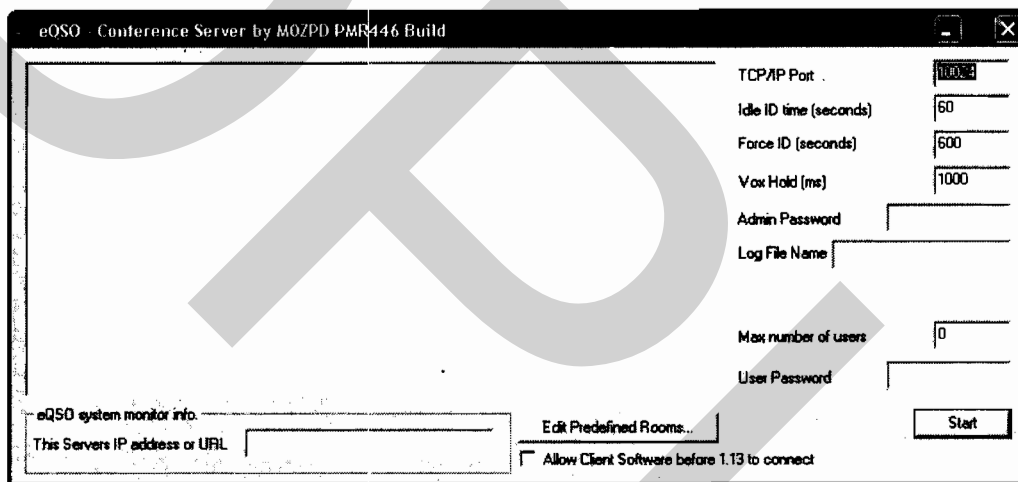
บทที่ 5

ผลการจัดทำและการทดสอบระบบ

5.1 การจัดทำระบบ

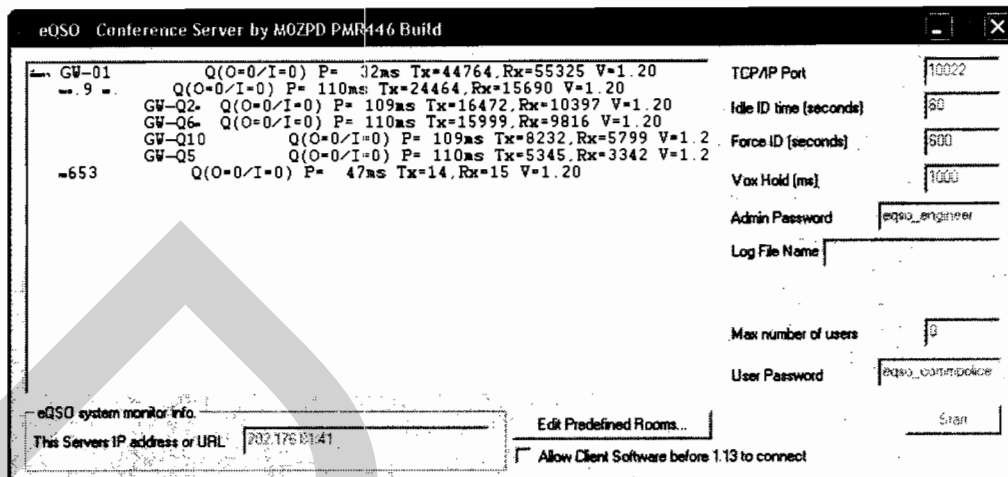
5.1.1 การจัดทำเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์

การจัดทำเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ให้เป็นเครื่องหลักที่ใช้สำหรับรองรับการทำงานของระบบ จะต้องทำการติดตั้งซอฟต์แวร์ EQSO Conference Server ที่สามารถดาวน์โหลดได้จากอินเทอร์เน็ต ซึ่งเมื่อติดตั้งเสร็จสิ้นแล้วจะมีหน้าต่างการทำงานของโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม EQSO Conference Server

เมื่อติดตั้งโปรแกรมเสร็จสิ้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการกำหนดค่าให้โปรแกรมทำงาน เพื่อให้สามารถใช้งานในระบบได้ โดยผู้ดูแลระบบจะต้องออกแบบว่าจะกำหนดค่าให้โปรแกรมทำงานได้อย่างไร และจะต้องกำหนดค่าใช้งานในโปรแกรมอื่นๆ ให้ถูกต้องตรงกันกับค่าที่กำหนดไว้ในโปรแกรม EQSO Conference Server จึงจะทำให้โปรแกรมอื่นๆ สามารถใช้งานร่วมกันในระบบได้อย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 5.2

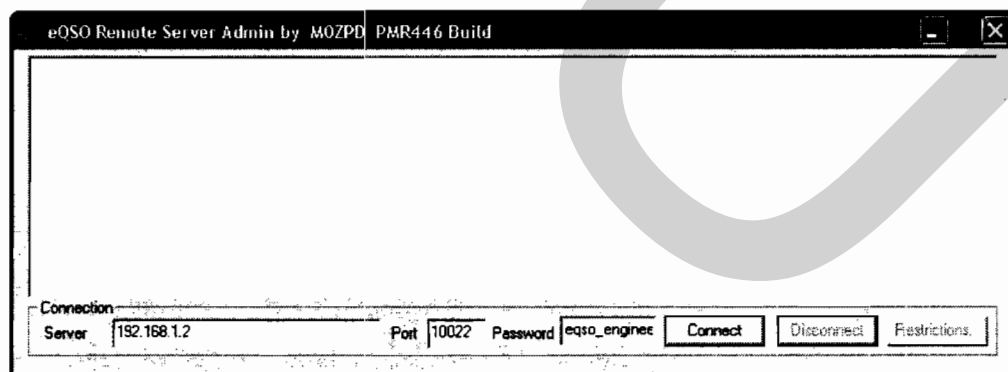


ภาพที่ 5.2 การกำหนดค่าใช้งานในโปรแกรม EQSO Conference Server

จากภาพที่ 5.2 มีค่าที่จะต้องกำหนดให้โปรแกรมทำงานได้ ดังนี้

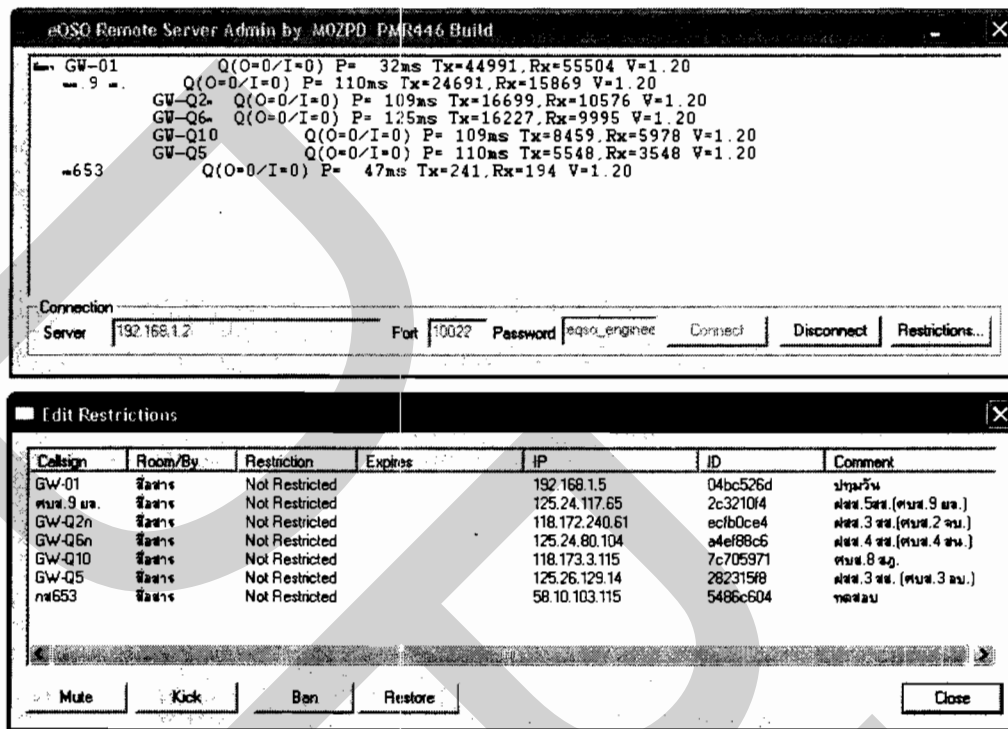
- TCP/IP Port : 10022
- Admin Password : eqso_engineer
- User Password : eqso_commpolice
- This Server IP address or URL : 202.176.81.41

นอกจากนี้เครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ยังสามารถติดตั้งซอฟต์แวร์ EQSO Remote Server Admin เพื่อช่วยในการบริหารจัดการเครื่องผู้ใช้งานในระบบได้ โดยเมื่อทำการติดตั้งซอฟต์แวร์เสร็จสิ้นแล้วจะมีหน้าต่างการทำงานของโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 5.3



ภาพที่ 5.3 หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม EQSO Remote Server Admin

เมื่อติดตั้งโปรแกรมเสร็จสิ้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการกำหนดค่าให้โปรแกรมทำงาน เพื่อให้สามารถใช้งานในระบบได้ ดังภาพที่ 5.4



ภาพที่ 5.4 การกำหนดค่าใช้งานในโปรแกรม EQSO Remote Server Admin

จากภาพที่ 5.4 มีค่าที่จะต้องกำหนดให้โปรแกรมทำงานได้ ดังนี้

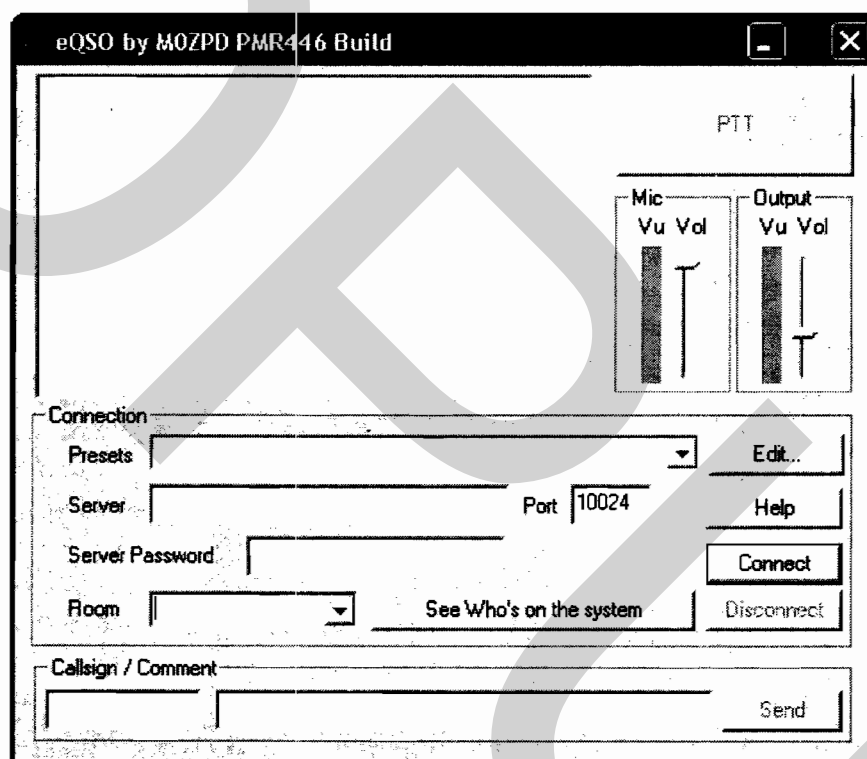
- Server : 192.168.1.2
- Port : 10022
- Password : eqso_engineer

จากนั้นคลิกที่ Connect และ Restrictions จะปรากฏหน้าจอ Edit Restrictions ขึ้นมา ซึ่งจะเห็นว่าโปรแกรมสามารถดำเนินการจัดการเครื่องลูกข่ายในระบบได้ เช่น Mute, Kick, Ban และ Restore เป็นต้น

5.1.2 การจัดทำเครื่องคอมพิวเตอร์ไคลเอนต์

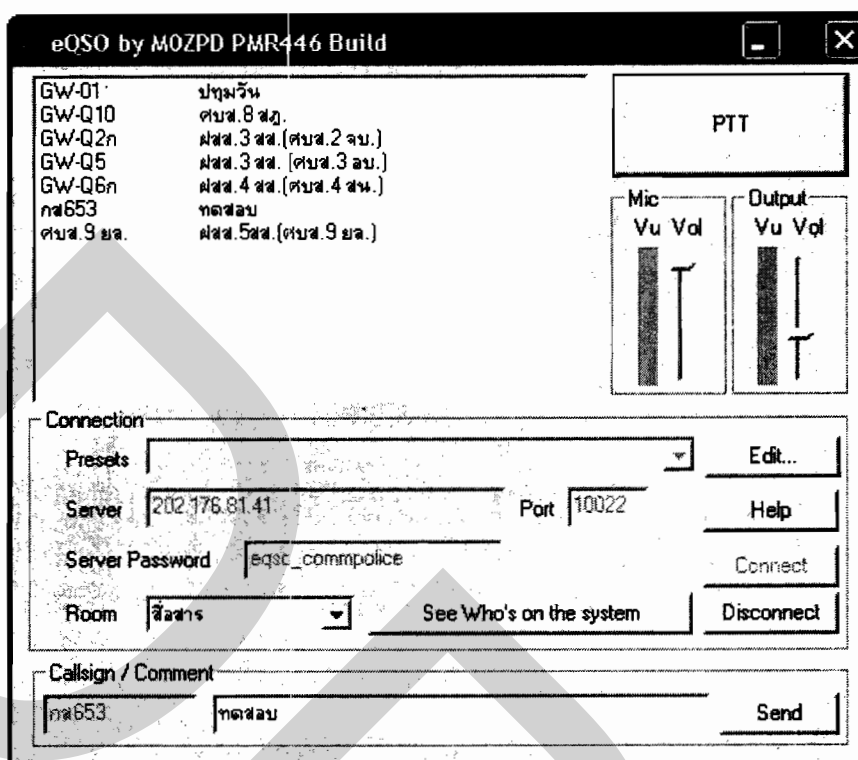
เป็นเครื่องลูกข่ายที่ใช้งานในระบบ มีอยู่ 2 แบบให้เลือกใช้งาน ดังนี้

- แบบแรกใช้ซอฟต์แวร์ EQSO PC Client ในการทำงาน ซึ่งจะสามารถเชื่อมต่อใช้งานระบบได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร มีเพียงเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อลำโพงและไมโครโฟนก็สามารถใช้งานในระบบได้ วิธีนี้จะทำให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกในการที่จะเข้ามาใช้งานระบบได้มากขึ้นโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ต่อร่วมใช้งานจำนวนมากชิ้น เพียงแต่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กที่เชื่อมต่อใช้งานอินเทอร์เน็ตได้อยู่แล้วก็สามารถติดตั้งโปรแกรมใช้งานได้ทันทีอย่างสะดวกสบาย หน้าต่างการทำงานของโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 5.5



ภาพที่ 5.5 หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม EQSO PC Client

เมื่อติดตั้งโปรแกรมเสร็จสิ้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการกำหนดค่าให้โปรแกรมทำงาน เพื่อให้สามารถใช้งานในระบบได้ ดังภาพที่ 5.6

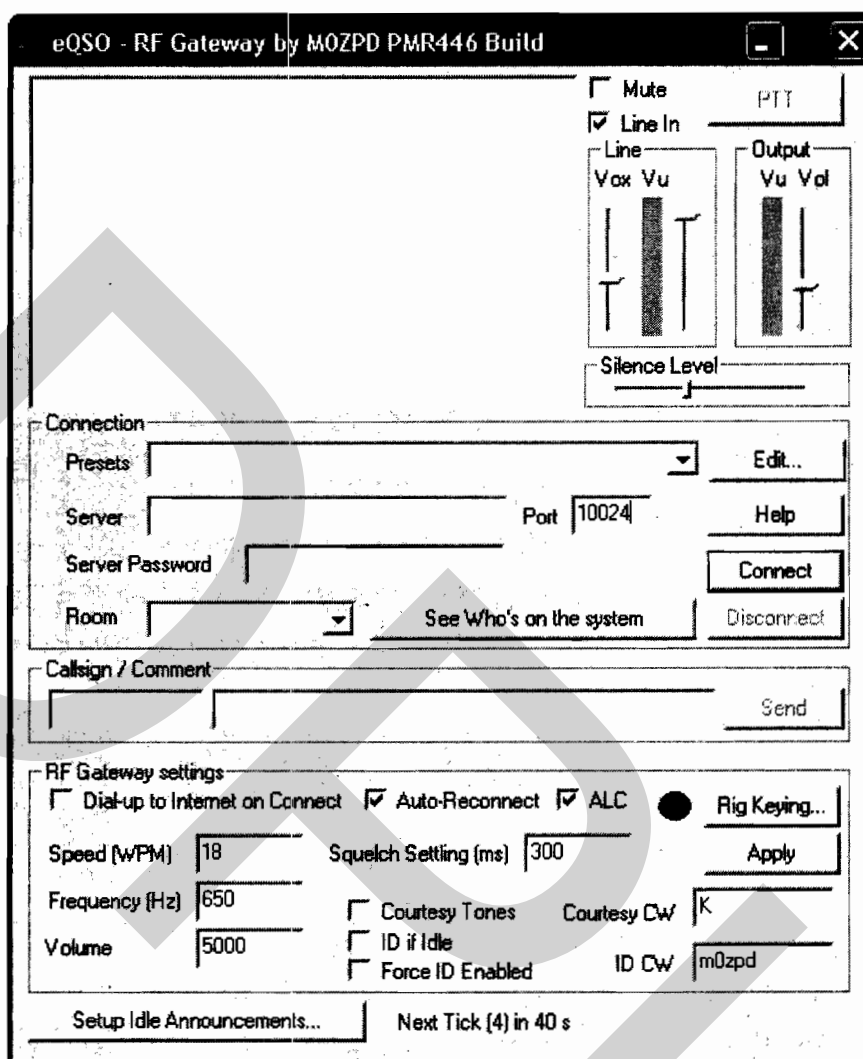


ภาพที่ 5.6 การกำหนดค่าใช้งานในโปรแกรม EQSO PC Client

จากภาพที่ 5.6 มีค่าที่จะต้องกำหนดให้โปรแกรมทำงานได้ ดังนี้

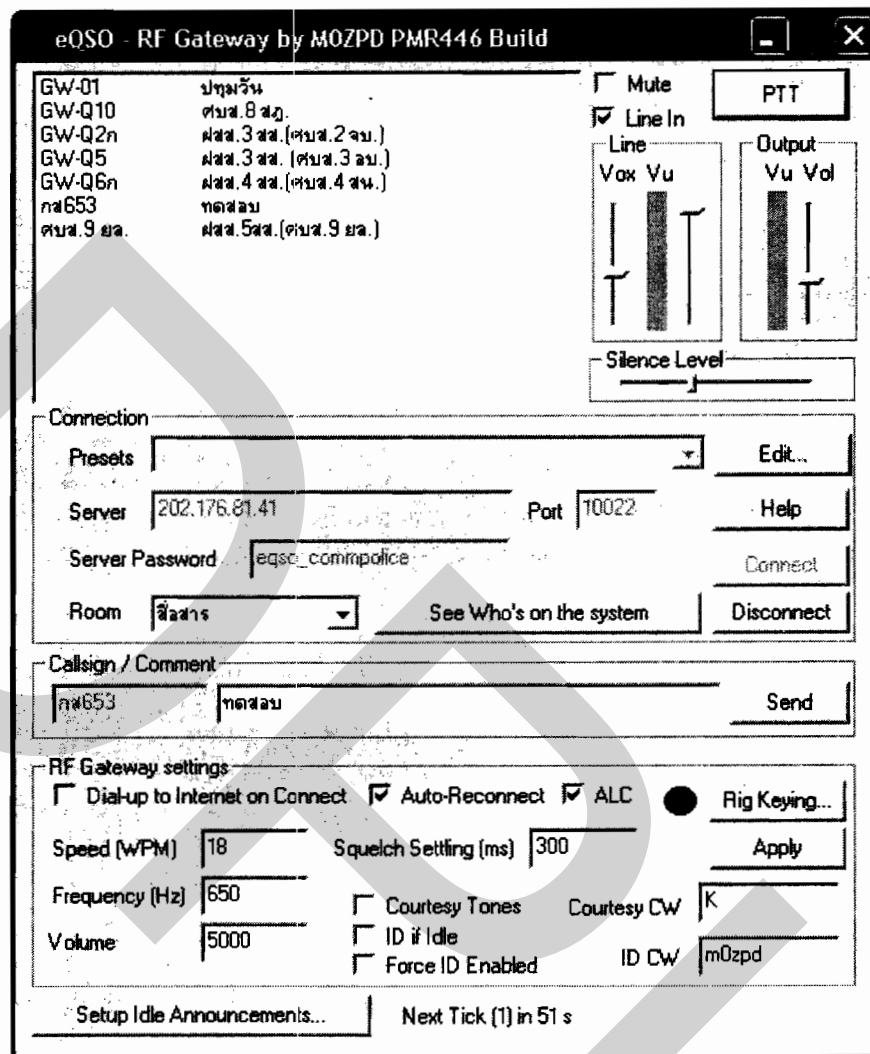
- Server : 202.176.81.41
- Port : 10022
- Server Password : eqso_commpolice
- Room : สื่อสาร
- Callsign/Comment : กส653 (นามเรียกขานของผู้ใช้งานและข้อความ)

- แบบที่สองจะเป็นการใช้งานเครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารเชื่อมต่อใช้งานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งในแบบนี้เหมาะสมที่จะใช้งานกับศูนย์วิทยุที่มีการติดต่อสื่อสารกับเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารที่เป็นเครื่องลูกข่าย โดยมีการเคลื่อนที่อยู่ ณ รัศมีที่สามารถครอบคลุมถึง วิธีการแบบนี้จะต้องติดตั้งซอฟต์แวร์ EQSO RF Gateway เป็นตัวเชื่อมต่อใช้งานร่วมกัน หน้าต่างการทำงานของโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 5.7



ภาพที่ 5.7 หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม EQSO RF Gateway

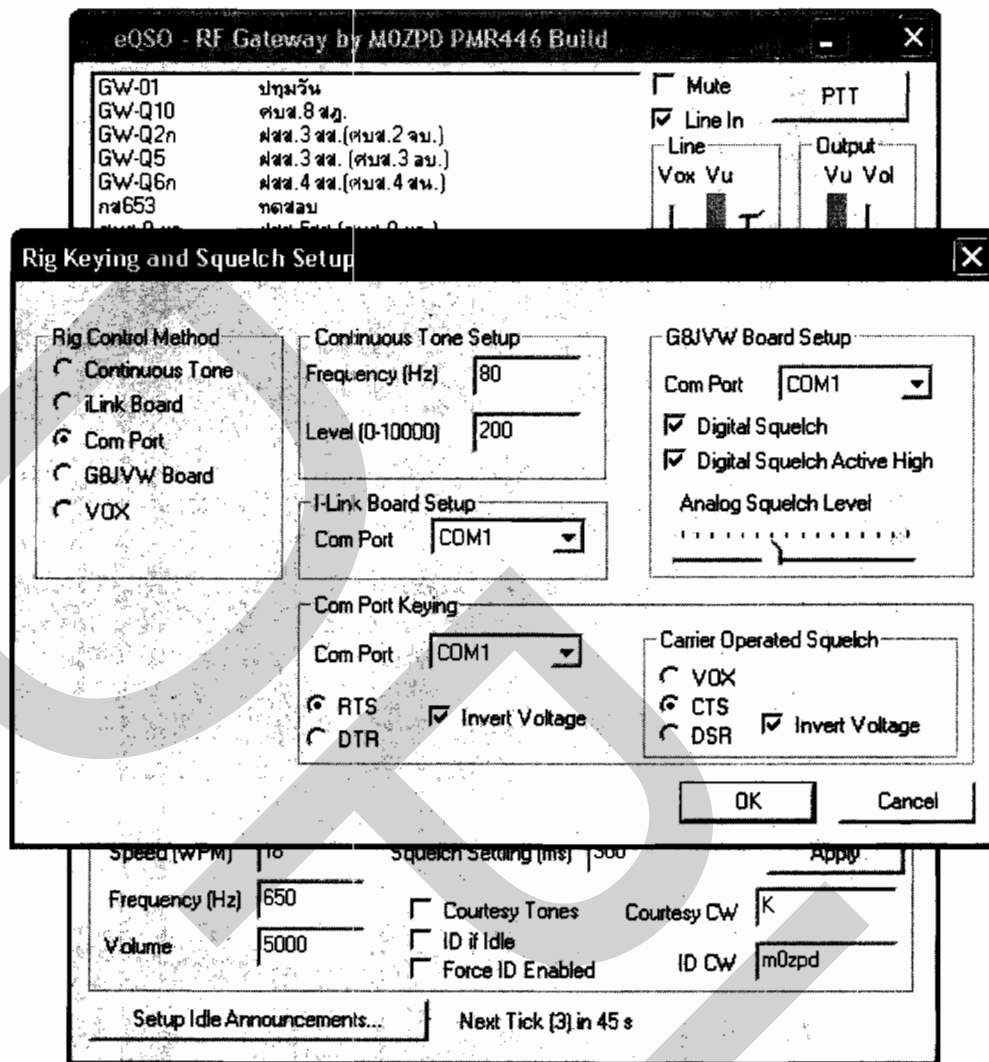
เมื่อติดตั้งโปรแกรมเสร็จสิ้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการกำหนดค่าให้โปรแกรมทำงาน เพื่อให้สามารถใช้งานในระบบได้ ดังภาพที่ 5.8 โดยจะมีการกำหนดค่าต่างๆ คล้ายกันกับ โปรแกรม EQSO PC Client แต่ที่เพิ่มขึ้นมาคือการกำหนดค่าใน Rig Keying and Squelch Setup ดังภาพที่ 5.9 ซึ่งจะเป็นการ กำหนดการทำงานร่วมกันกับเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร



ภาพที่ 5.8 การกำหนดค่าใช้งานในโปรแกรม EQSO RF Gateway

จากภาพที่ 5.8 มีค่าที่จะต้องกำหนดให้โปรแกรมทำงานได้ ดังนี้

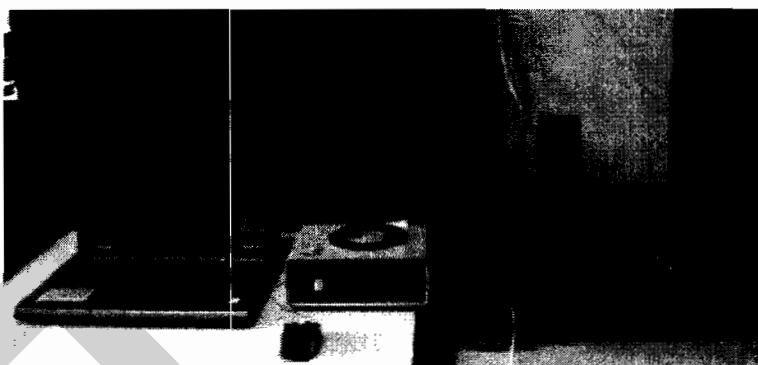
- Server : 202.176.81.41
- Port : 10022
- Server Password : eqso_commpolice
- Room : สื่อสาร
- Callsign/Comment : กส653 (นามเรียกขานของผู้ใช้งานและข้อความ)



ภาพที่ 5.9 การกำหนดค่าใช้งานใน Rig Keying and Squelch Setup

5.1.3 การจัดทำเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร

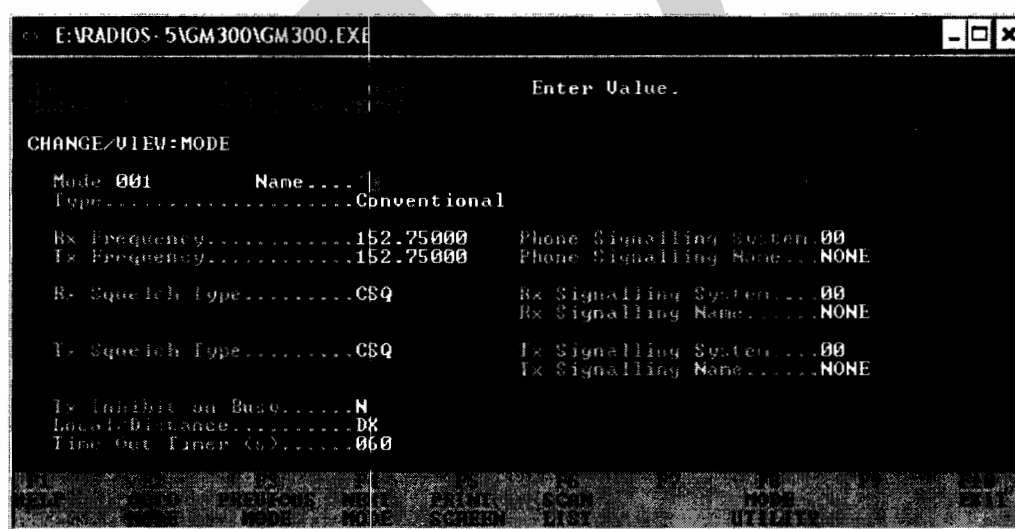
การที่จะใช้งานเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้นั้นก่อนอื่นต้องใช้ซอฟต์แวร์ Motorola GM-300 มาปรับจูนและกำหนดค่าต่างๆ ให้ถูกต้องตามความต้องการที่จะใช้งาน อุปกรณ์ที่จะต้องใช้ในการปรับจูนค่าต่างๆ นั้น ประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์และวงจรรีโมตเฟสในการเชื่อมต่อกับเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ดังภาพที่ 5.10



ภาพที่ 5.10 การปรับจูนเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ยี่ห้อ Motorola รุ่น GM-300

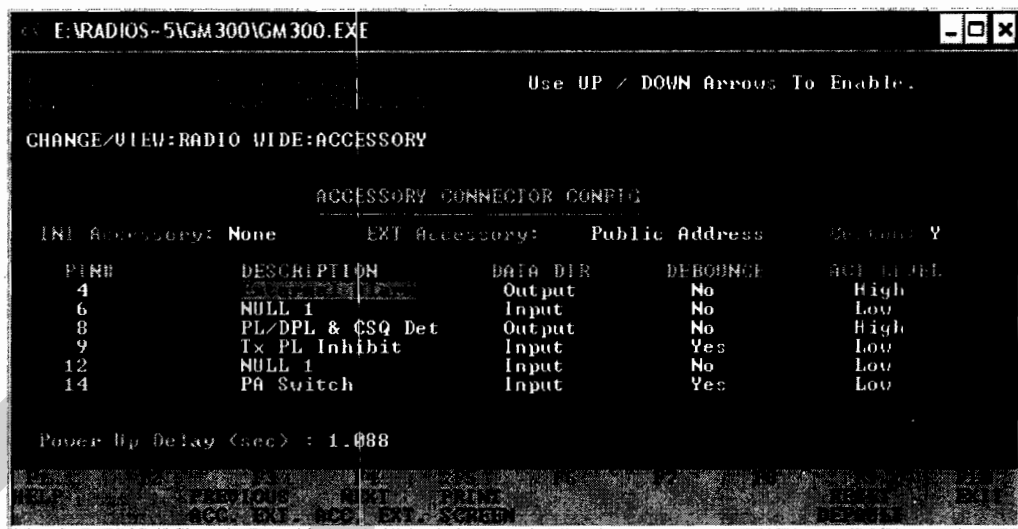
โดยจะต้องกำหนดค่าต่างๆ ดังนี้

- กำหนดค่าความถี่ใช้งานของเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารให้ตรงกับความถี่ที่ใช้งานในเครือข่าย โดยในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ความถี่ของศูนย์ปฐมวัน 152.750 MHz ในการติดต่อสื่อสาร และทดสอบการใช้งานที่ช่องสัญญาณความถี่วิทยุช่องที่ 1 ดังภาพที่ 5.11



ภาพที่ 5.11 การปรับจูนกำหนดค่าความถี่ใช้งาน

- กำหนดสัญญาณให้ส่งออกไปยังพินต่างๆ ที่ I/O Port ของเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ตามที่โครงการใช้งาน เพื่อนำไปเชื่อมต่อใช้งานกับวงจรอินเทอร์เฟสและส่งต่อไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป ดังภาพที่ 5.12

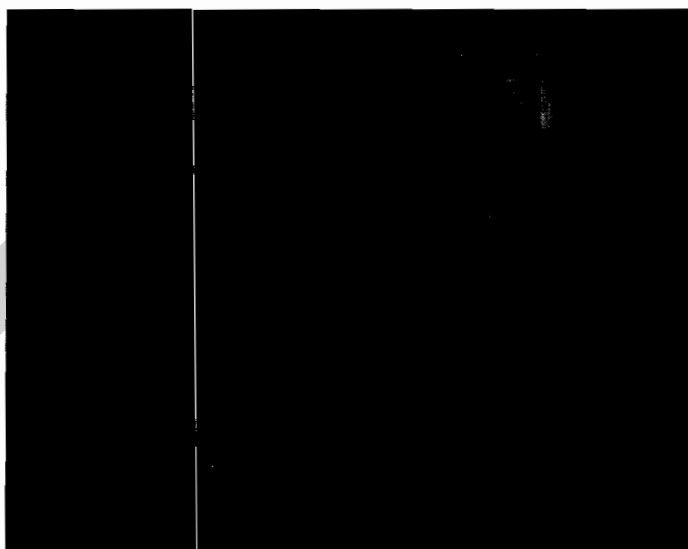


ภาพที่ 5.12 การปรับจูนกำหนดค่า I/O Port ใช้งาน

จากภาพที่ 5.12 จะมีพินที่ 8 เป็นพินสำคัญที่ต้องการ เพราะในขณะที่เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารทำการรับสัญญาณจากเครื่องลูกข่ายที่อยู่ในรัศมีทำการ จะทำให้ได้สัญญาณ Squelch ซึ่งจะมีไฟ +5 V ส่งออกไปยัง Serial Port 9DB ที่ขา 8 ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นขาสัญญาณ CTS เพื่อให้โปรแกรมที่เครื่องคอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณเสียงที่รับมาจากเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ผ่านวงจรอินเตอร์เฟส และผ่านการ์ดเสียงเข้ามาที่ Mic Jack ให้สามารถส่งไปยังเครือข่ายไอพีได้นั่นเอง

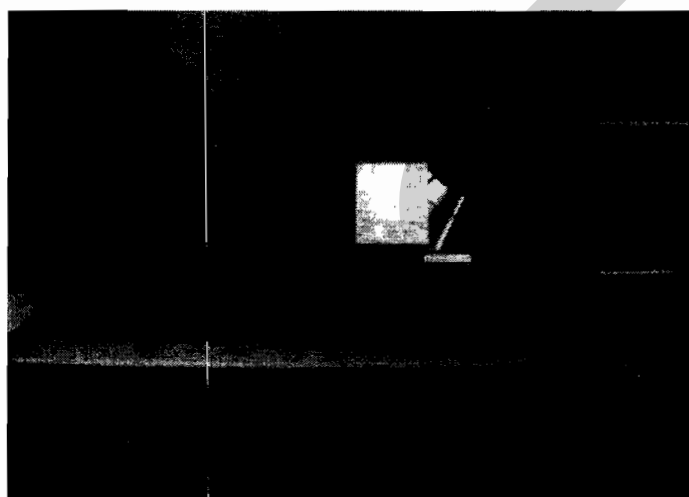
5.1.4 การจัดทำวงจรอินเตอร์เฟส

วงจรอินเตอร์เฟสเป็นวงจรหนึ่งที่มีความสำคัญต่อระบบนี้ ซึ่งหากการออกแบบและการเชื่อมต่อวงจรไม่ดีพอก็จะทำให้ระบบไม่สามารถใช้งานได้เลย ซึ่งจากการออกแบบจะเห็นว่าผู้วิจัยนั้นจะใช้อุปกรณ์ที่ต่อรวมในวงจรให้น้อยที่สุด เพื่อให้ได้วงจรที่มีความไม่ซับซ้อน สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย มีราคาประหยัดในการจัดทำ และยังมีประสิทธิภาพในการทำงาน โดยวงจรอินเตอร์เฟสที่เชื่อมต่อตามการออกแบบจะแสดงดังภาพที่ 5.13



ภาพที่ 5.13 การเชื่อมต่อวงจรรินเตอร์เฟส

จากการจัดทำระบบทั้งหมดดังที่ได้กล่าวมานั้น ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นและให้ความสนใจการใช้งานในแบบ EQSO RF Gateway เป็นพิเศษ เนื่องจากสามารถใช้งานร่วมกับระบบเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารของตำรวจได้ และสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาระบบการสื่อสารของตำรวจให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นได้ ซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักของการวิจัยในครั้งนี้ โดยระบบที่จัดทำเสร็จสมบูรณ์แล้วจะแสดงได้ดังภาพที่ 5.14



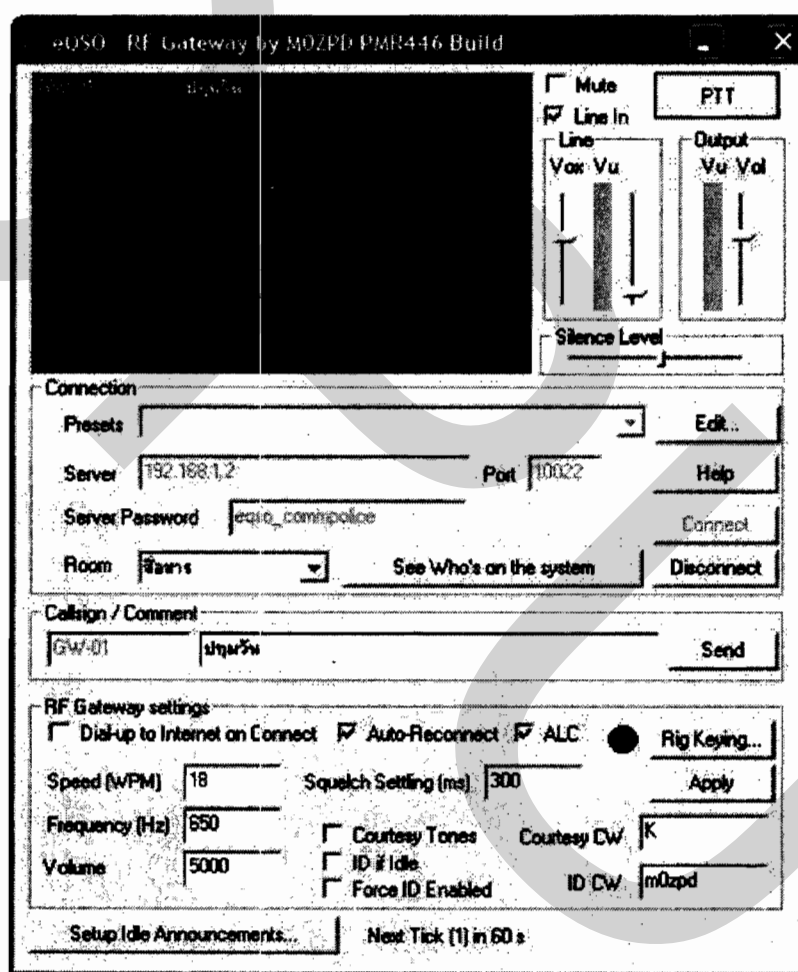
ภาพที่ 5.14 อุปกรณ์การใช้งานในแบบ EQSO RF Gateway ที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว

5.2 การทดสอบระบบ

การทดสอบระบบสามารถทำได้โดยวิธีการทดลองรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร ด้วยการพูด วิทยุสื่อสารโต้ตอบกันไปมาระหว่าง เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารที่ต้นทาง (ศูนย์ปทุมวัน) กับ เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารที่อยู่ปลายทาง (เครื่องที่จะทดสอบหรือเครื่องที่อยู่ต่างจังหวัด) แล้วจึงทำการปรับแต่งคุณภาพของสัญญาณเสียงให้ดีขึ้นเรื่อยๆ จนเป็นที่พอใจ

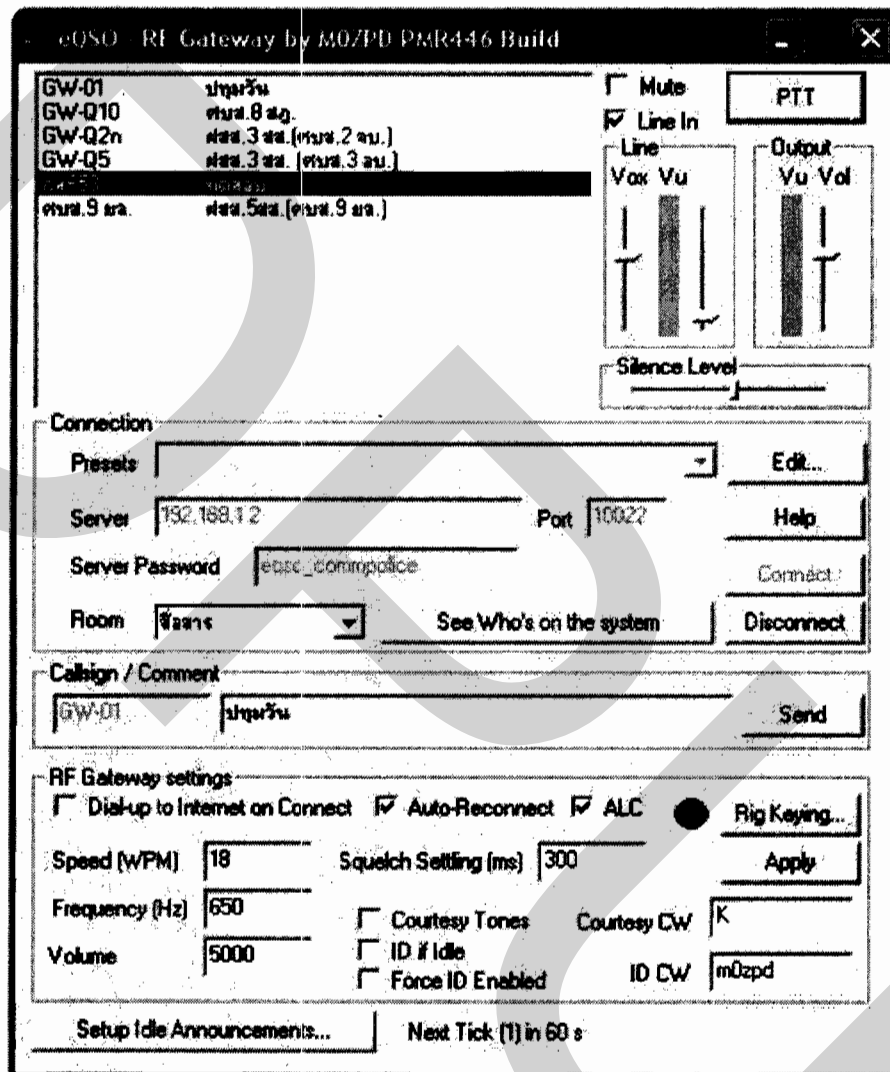
- ในกรณีที่เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารกำลังส่งสัญญาณ จะปรากฏแถบสีฟ้าขึ้นที่ หน้าจอโปรแกรมและจะมีสีฟ้าเข้มปรากฏขึ้นที่เครื่องลูกข่ายปทุมวันที่กำลังทำการส่งสัญญาณ ดังภาพที่

5.15



ภาพที่ 5.15 หน้าจอ โปรแกรม EQSO RF Gateway ในขณะที่ทำการส่งสัญญาณ

- ในกรณีที่เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารกำลังรับสัญญาณ จะปรากฏแถบสีฟ้าเข้มปรากฏขึ้นที่เครื่องลูกข่ายที่กำลังทำการส่งสัญญาณ ดังภาพที่ 5.16 ในขณะเดียวกันที่หน้าจอของเครื่องลูกข่ายที่กำลังทำการส่งสัญญาณ จะปรากฏในลักษณะที่ตรงกันข้ามคล้ายกับภาพที่ 5.15



ภาพที่ 5.16 หน้าจอโปรแกรม EQSO RF Gateway ในขณะทำการรับสัญญาณ

ขั้นตอนดำเนินการต่างๆ ในการจัดทำระบบวิทยุสื่อสารของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพี สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 5.17



ภาพที่ 5.17 ขั้นตอนต่างๆ ในการจัดทำระบบวิทยุสื่อสารของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพี

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

6.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร ที่เรียกว่า VoIP เพื่อนำมาพัฒนาให้เป็นระบบต้นแบบของการสื่อสาร โดยสามารถใช้เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารมาเชื่อมต่อใช้งานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยวงจรอินเตอร์เฟส แล้วส่งผ่านข้อมูลกันโดยใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการเชื่อมโยงเครือข่าย ให้ทั่วถึงกันครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศ ซึ่งการที่จะทำให้ระบบดังกล่าวทำงานได้นั้น จะต้องมีซอฟต์แวร์ EQSO เป็นโปรแกรมหลักที่ช่วยให้ระบบสามารถทำงานได้ เนื่องจากเป็นระบบที่ใช้งานผ่านเครือข่ายไอพี ดังนั้นเครื่องลูกข่ายในระบบจะต้องมีการเชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ตก่อนการใช้งาน ซึ่งในยุคปัจจุบันนี้การใช้งานอินเทอร์เน็ตเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย มีการใช้งานอยู่ทั่วไปตามอาคาร บ้านเรือน และสำนักงาน ทำให้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตกลายเป็นเครือข่ายที่ใหญ่ และมีพื้นที่ครอบคลุมทั่วประเทศในการติดต่อสื่อสาร

จากการทดสอบระบบโดยรวมทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ผลปรากฏว่าระบบสามารถใช้ในการรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารผ่านเครือข่ายไอพีได้ดี สัญญาณเสียงในการรับส่งชัดเจน หากสัญญาณเสียงเบาหรือมีความดังแรงเกินไปจนทำให้เสียงแตกฟังไม่รู้เรื่อง ก็สามารถปรับแต่งสัญญาณให้มีความแรงที่เหมาะสมได้ โดยปรับที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ของวงจรอินเตอร์เฟสหรือจะใช้ซอฟต์แวร์ปรับในเครื่องคอมพิวเตอร์ก็ได้เช่นกัน ทำการปรับจนได้สัญญาณเสียงที่ชัดเจน ในส่วนการทำงานของตัวโปรแกรม EQSO นั้น มีหน้าต่างการใช้งานที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจของผู้ใช้งาน สะดวกในการติดตั้งใช้งาน มีขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และสามารถแสดงสถานะในการรับส่งสัญญาณให้เข้าใจได้ชัดเจนว่าขณะนั้นโปรแกรมกำลังทำงานอยู่ในสภาวะอย่างไร ผู้ใช้งานจะได้เข้าใจอย่างถูกต้องที่จะนำไปสู่การใช้งานที่ผิดพลาดน้อยที่สุด การรับส่งสัญญาณ ระหว่างเครื่องลูกข่ายในระบบจะเกิดการหน่วงสัญญาณหรือสัญญาณล่าช้าเล็กน้อยจากการทำงานของระบบและจากการเดินทางของสัญญาณในเครือข่าย ดังนั้นเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่จะนำมาเชื่อมต่อใช้งานจึงควรจะมีความเร็วมากพอสมควร การรับส่งสัญญาณจึงจะราบรื่น ไม่รู้สึกติดขัด ยิ่งเร็วได้เท่าไรก็ยิ่งจะดีต่อระบบ แต่ราคาค่าเช่าใช้ก็จะแพงขึ้นตามไปด้วยนั่นเอง

6.2 อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่า ระบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพีสามารถใช้งานได้ดี มีซอฟต์แวร์ที่ใช้งานได้สะดวก ง่ายต่อการทำความเข้าใจ เหมาะกับการนำมาติดตั้งใช้งานในองค์กรในอนาคต ซึ่งเป็นการพัฒนาระบบและศักยภาพทางการสื่อสารของตำรวจให้ดียิ่งขึ้น ช่วยเหลือสนับสนุนการปฏิบัติงานในหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ตำรวจให้มีประสิทธิภาพได้ เป็นทางเลือกในการติดต่อสื่อสารอีกช่องทางหนึ่ง ให้สามารถเลือกใช้งานได้หลายระบบ ทำให้เกิดความมั่นคงเพิ่มขึ้นในการดำรงการติดต่อสื่อสารไว้ให้ได้ตลอดเวลา เพราะงานของตำรวจเป็นงานที่สำคัญต่อชีวิต ทรัพย์สินของประชาชน และประเทศชาติ ซึ่งเราจะไม่มีความรู้ล่วงหน้าได้เลยว่าเหตุวุ่นเหตुर้ายจะเกิดขึ้นในเวลาใด ฉะนั้นการสื่อสารจึงเป็นหัวใจสำคัญในการปฏิบัติหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ตำรวจ ในการติดต่อประสานงานสั่งการ และการบังคับบัญชา ให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

6.3 ข้อเสนอแนะ

ระบบการติดต่อสื่อสารทางวิทยุของตำรวจผ่านเครือข่ายไอพีนี้เป็นการพัฒนาระบบต้นแบบขึ้นมาใหม่ ดังนั้นจึงควรที่จะมีการติดตั้งและทดสอบระบบโดยรวมไปสักระยะหนึ่งก่อน เพื่อสังเกตดูความเปลี่ยนแปลงหรือข้อผิดพลาดของระบบที่จะต้องปรับปรุงแก้ไข หากเห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพสามารถใช้งานได้สมบูรณ์ดีจริง แล้วจึงค่อยเริ่มนำเอาไปติดตั้งใช้งานขยายไปยังส่วนอื่นๆ ให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งประเทศต่อไป

ระบบนี้จะใช้งานได้ดีหรือไม่นั้น นอกจากอุปกรณ์ที่นำมาใช้งานต้องมีคุณภาพ มีการเชื่อมต่อ

ด

ร

บรรณานุกรม

ู

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

- จตุชัย แพงจันทร์, อนุโชติ วุฒิพรพงษ์. (2551). **เจาะระบบ Network 2nd Edition**. นนทบุรี : บริษัท ไอดี ซี คิสทรีบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด.
- ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. (2538). **คู่มืออิเล็กทรอนิกส์**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
- น.ท.ฉัตรชัย สุมาลย์. (2551). **การสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์และระบบเครือข่าย**. กรุงเทพฯ : หจก.ไทยเจริญการพิมพ์.
- ปิยะ สมบุญสำราญ. **ศาสตร์และศิลป์ในการติดตั้งระบบเครือข่ายขั้นเซียน**. กรุงเทพฯ.
- ไพโรจน์ ไววานิชกิจ. (2551). **ไมโครคอมพิวเตอร์**. กรุงเทพฯ.
- วิโรจน์ แก้วจันทร์. (2549). **ทฤษฎีเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ**. ปทุมธานี : บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด.
- โอกาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2548). **เครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร (Computer Networks and Communications)**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

วิทยานิพนธ์

- ชัยทัต ธาราสมบัติ. (2549). **ระบบตรวจสอบและซ่อมแซมเครื่องแม่ข่ายผ่านระบบเครือข่าย. (Server Help Checking and Recovery System)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- นงลักษณ์ วีระไพฑูรย์. (2549). **โปรโตคอลการส่งข้อมูลแบบมีความน่าเชื่อถือบนระบบเครือข่าย IEEE 802.11. (Wireless Reliable Multicasting Protocol)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- ศศดี รัตยาฤทธิ์. (2549). **การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ VoIP ในเครือข่าย IEEE 802.11. (An Analysis Performance VoIP in IEEE 802.11 Network)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- อภิชา วรรณพงษ์. (2549). **การทำงาน Pre-scanning and Dynamic Caching ของการย้ายข้ามเซลล์ของเครือข่ายไร้สาย IEEE 802.11. (Pre-scanning and Dynamic Caching for Fast Handoff at**

MAC Layer in IEEE 802.11 Wireless LANs). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

อัครเดช เกสร. (2549). การแยกประเภทของการเข้าถึงเครือข่ายแบบ Ethernet, Wireless LAN, ADSL. (Classification of Access Network Ethernet, Wireless LAN, ADSL). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

สารสนเทศจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์

บทความเกี่ยวกับ VoIP. (2551). การสื่อสารด้วยระบบ Voice over IP (VoIP). สืบค้นเมื่อ 7 เมษายน 2551, จาก <http://www.voipthailand.com>

บทความเทคโนโลยีการสื่อสาร. (2550, ธันวาคม). ระบบการติดต่อสื่อสารผ่าน IP Network. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2551, จาก <http://6211-group3.exteen.com/page/1>

รังสิมา เกียรติยุทธชาติ, สมทิรัชย์ ไชยวงศ์. (2550, เมษายน). การสื่อสารด้วยระบบ VoIP. สืบค้นเมื่อ 30 พฤษภาคม 2551, จาก <http://www.vcharkarn.com/varticle/17875>

COMPUTER TODAY. (2548, ตุลาคม). VoIP Phone เทคโนโลยีแห่งอนาคต. สืบค้นเมื่อ 7 เมษายน 2551, จาก <http://www.thaiinternet.com/content/detail.php?id=0209>

DCOM IT FOCUS. (2551). Voice over IP (VoIP) Technology. สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2551, จาก http://www.dcomputer.com/Proinfo/support/TipTrick/techno_VoIP01.asp

EQSO Thailand. (2549, มกราคม). การติดตั้งใช้งานโปรแกรม EQSO. สืบค้นเมื่อ 4 กุมภาพันธ์ 2551, จาก <http://www.thaieqso.com/>

Thaiinternet. (2549). เทคโนโลยี Internet Voice over Internet Protocol (VoIP). สืบค้นเมื่อ 21 เมษายน 2551, จาก <http://www.thaiinternet.com>

ภาษาต่างประเทศ

BOOKS

Michael Duck , Richard Read. (2003). **Data Communications and Computer Network for Computer Scientists and Engineers (second edition).** England : Pearson Education Limited.

M. Morris Mano. (1993). **Computer System Architecture**. the United States of America : Prentice-Hall, Inc.

Pankaj Jalote. (2005). **An Integrated Approach to Software Engineering**. The United States of America : Springer Science+Business Media, Inc.

Rudolf F. Graf , William Sheets. (1994). **Incredible Audio&Video Projects You Can Build**. the United States of America : TAB Books Division of McGraw-Hill, Inc.

ด

พ

ภาคผนวก

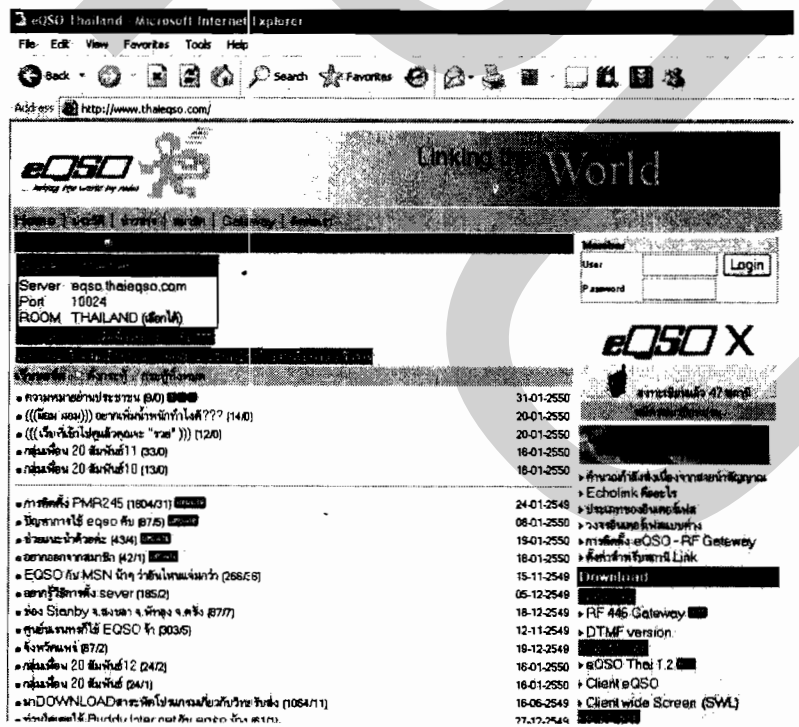
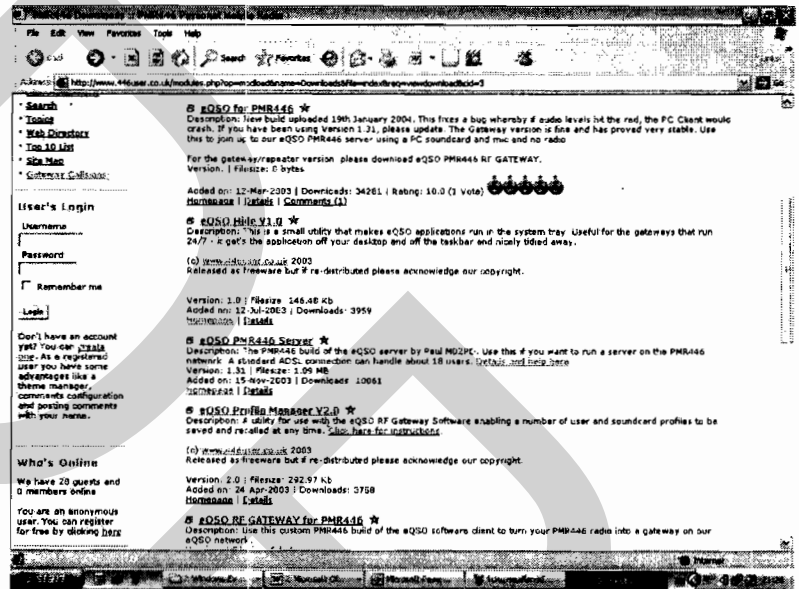
ค



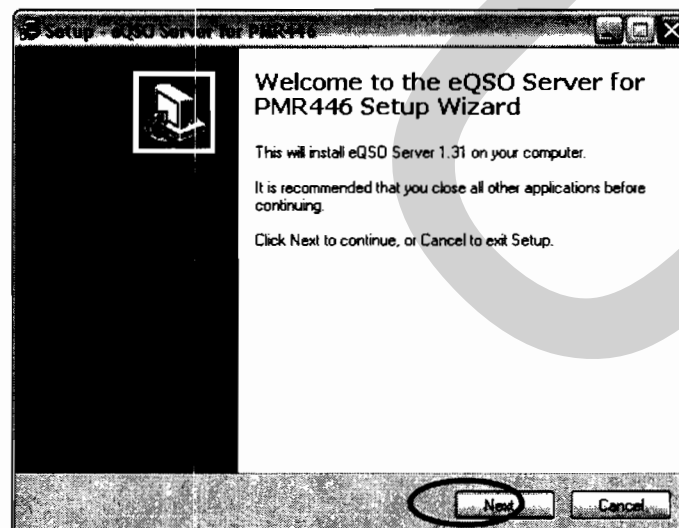
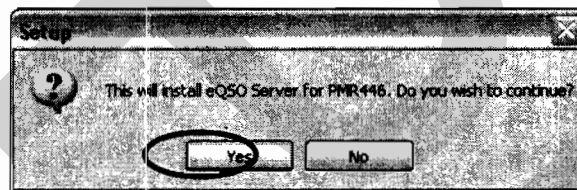
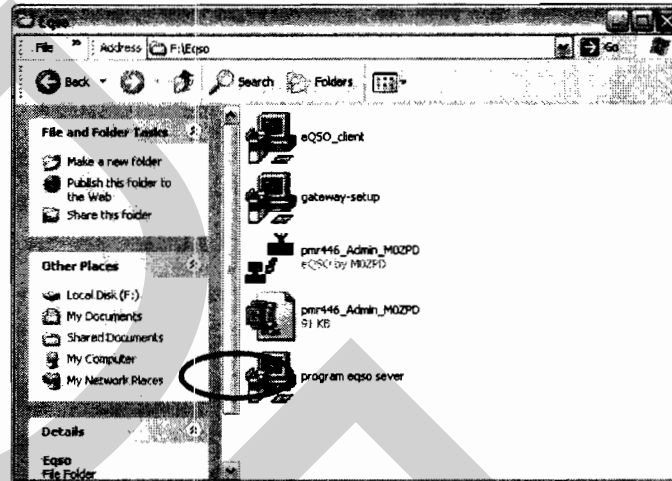
ภาคผนวก ก
การติดตั้งใช้งานโปรแกรม EQSO

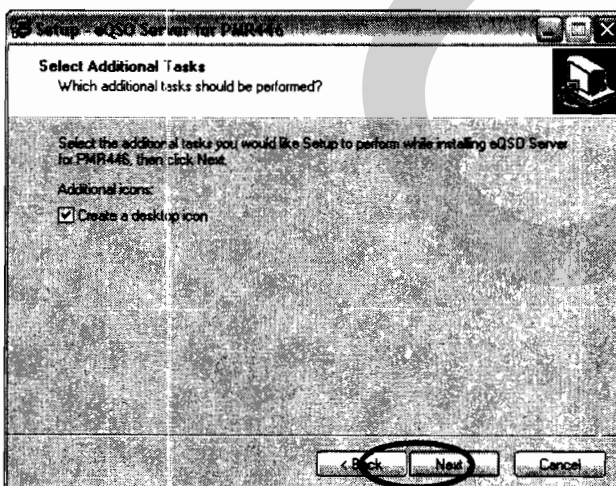
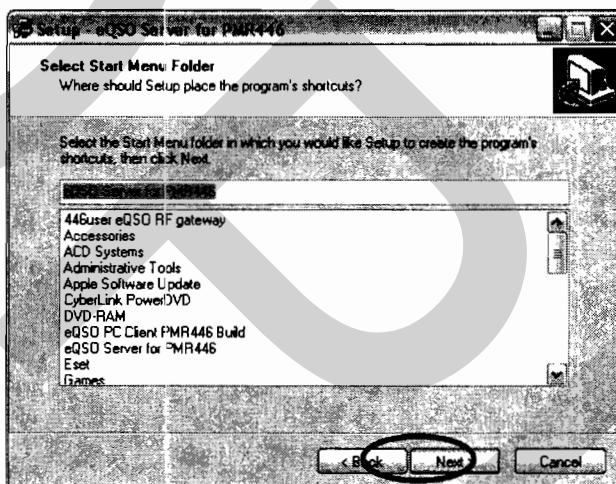
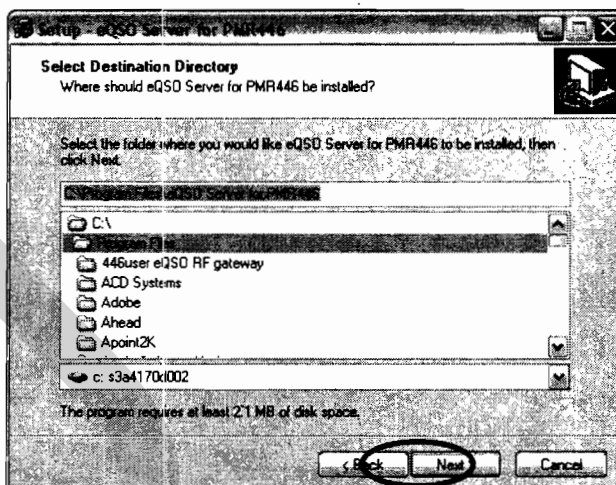
การติดตั้งใช้งานโปรแกรม EQSO

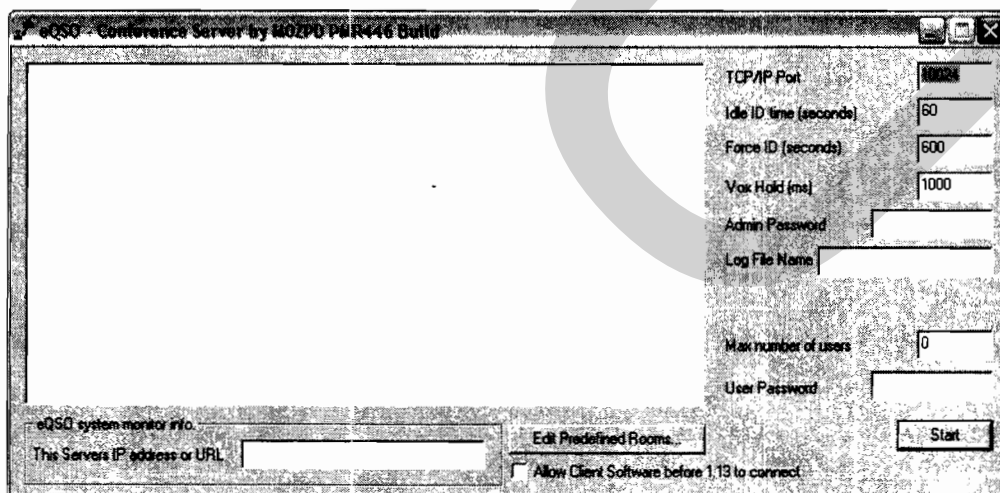
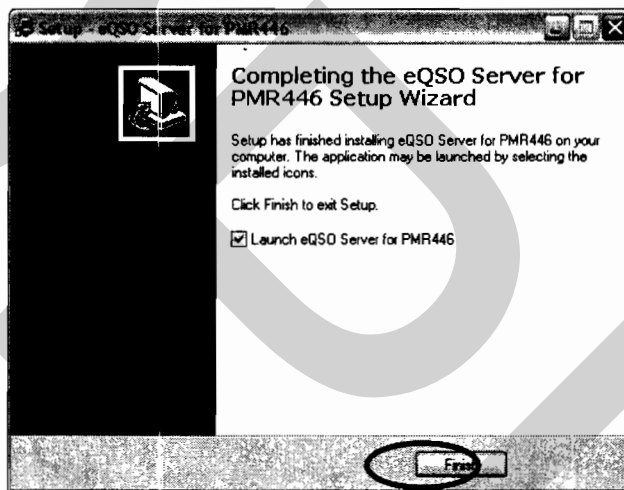
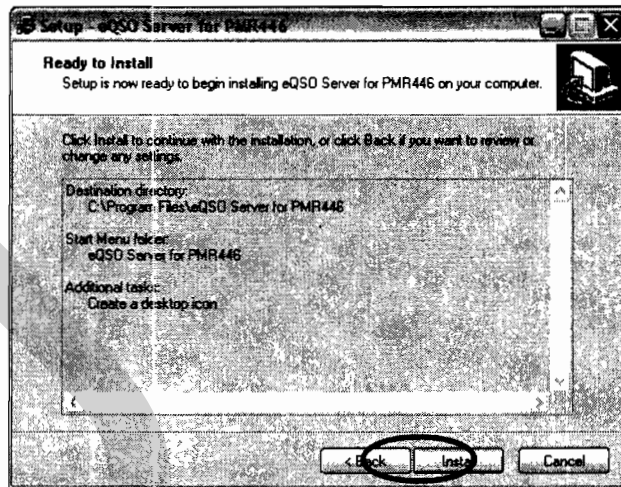
ก่อนที่จะติดตั้งโปรแกรม EQSO ได้นั้น จะต้องทำการดาวน์โหลดโปรแกรมเสียก่อนที่
เว็บไซต์ <http://www.446user.co.uk> หรือ <http://www.thaieqso.com> ดังภาพ



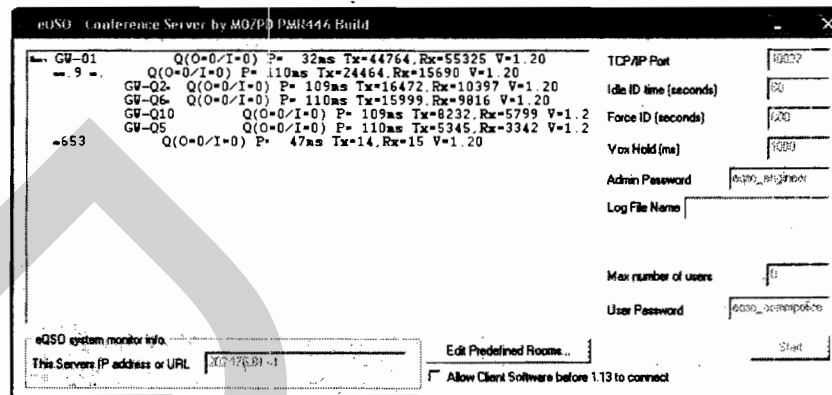
เมื่อสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมได้แล้วให้ทำการติดตั้งลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ในที่นี้จะเริ่มจากการติดตั้งโปรแกรม EQSO Conference Server โดยใช้เมาส์คลิกเลือกไอคอนที่แสดงดังภาพตามลำดับ





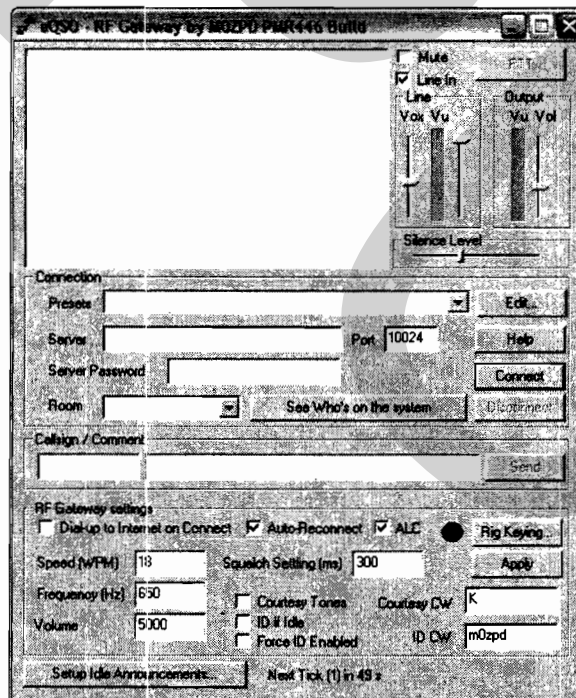


เมื่อติดตั้งเสร็จแล้วจะต้องกำหนดค่าให้โปรแกรมทำงานตามที่ต้องการดังนี้



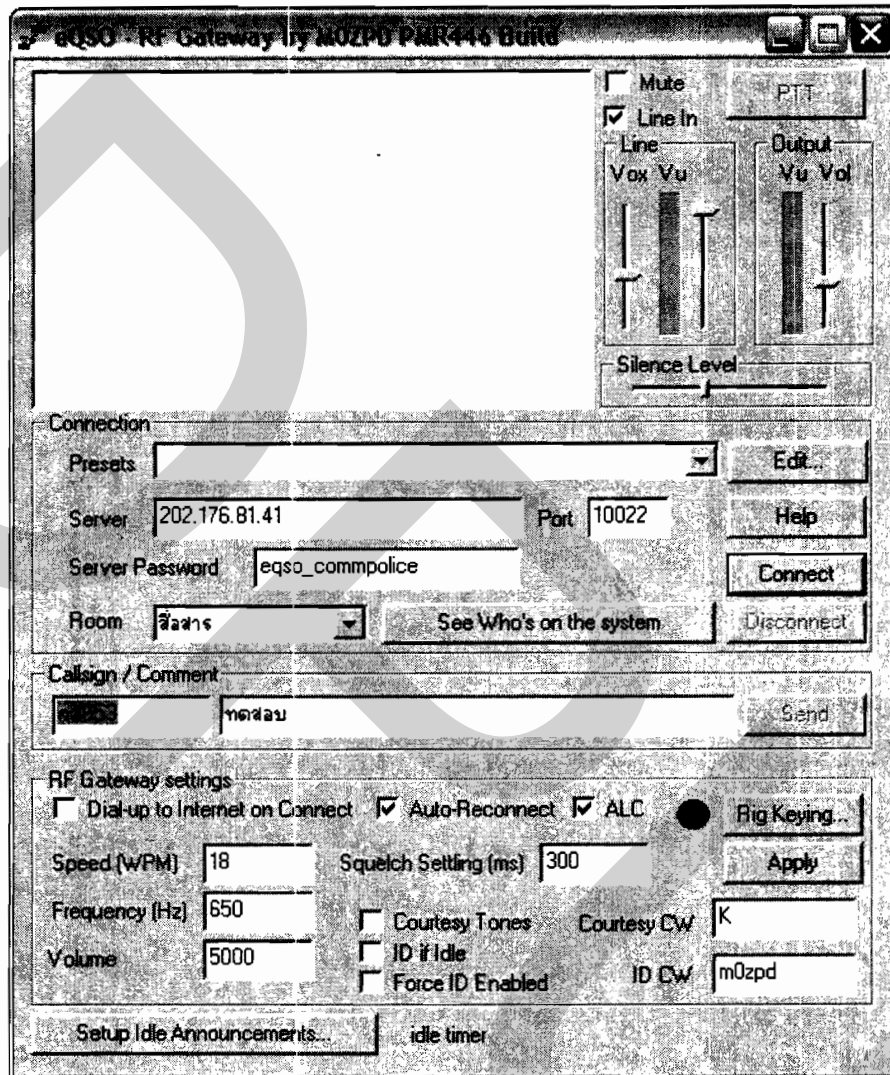
เมื่อกำหนดค่าทุกอย่างครบถ้วนแล้วให้ทำการรีสตาร์ทเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 ครั้ง ก็จะเป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการและสามารถใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ในระบบนี้ได้ทันทีเมื่อเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ส่วนโปรแกรมอื่นๆ ก็จะมีขั้นตอนในการติดตั้งที่มีลักษณะคล้ายๆ กัน และเมื่อติดตั้งเสร็จสิ้นแล้วจะมีหน้าต่างการใช้งานของโปรแกรมต่างๆ ดังนี้

หน้าต่างการใช้งานของโปรแกรม EQSO RF Gateway แสดงได้ดังภาพ

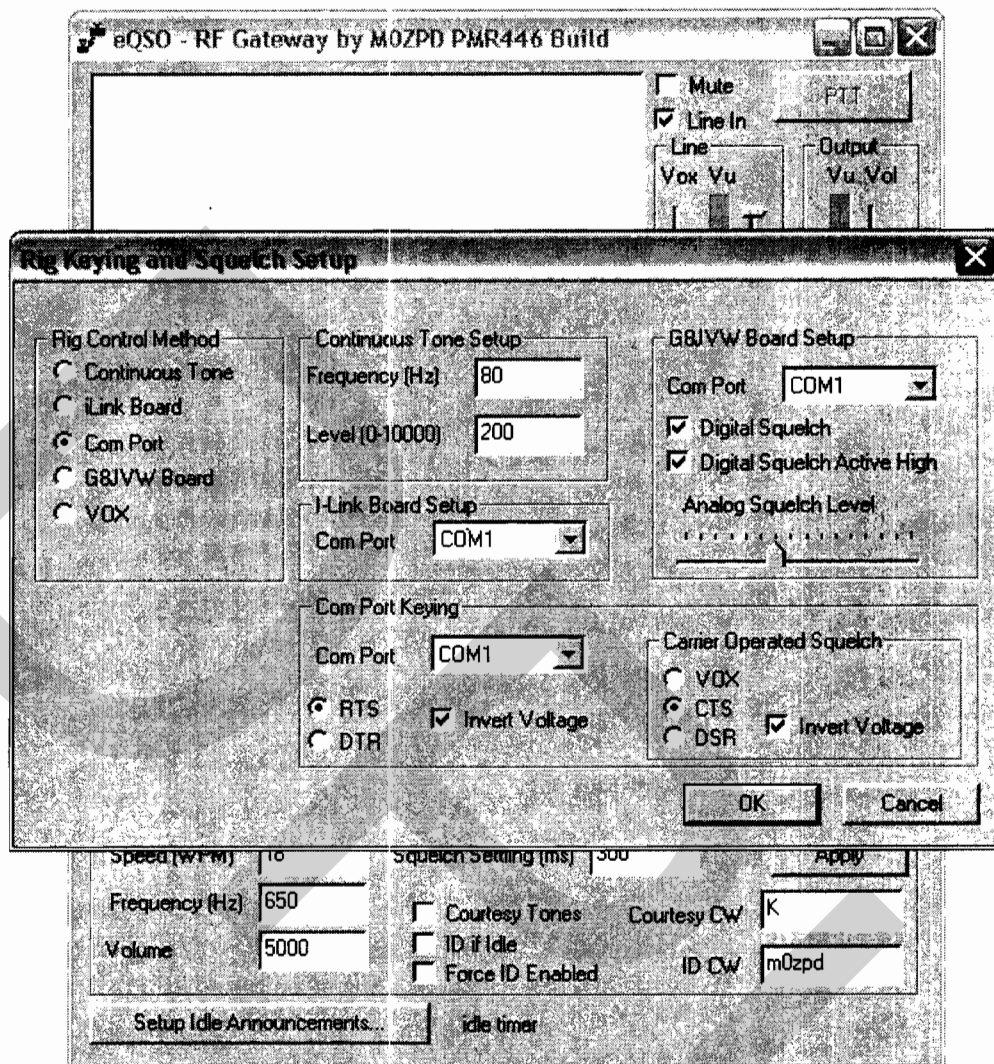


ดังนี้

หลังจากนั้นจะต้องทำการกำหนดค่าให้โปรแกรมทำงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ได้



นอกจากนี้ยังจะต้องเข้าไปกำหนดค่าให้โปรแกรมใน Rig Keying and Squelch Setup ดังภาพ



เมื่อกำหนดค่าต่างๆ ครบถ้วนแล้ว ให้ทำการรีสตาร์ทเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 ครั้ง ก็จะสามารรถใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ EQSO RF Gateway ได้โดยจะต้องต่อร่วมกันใช้งานกับเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสารโดยใช้วงจรรีโมตคอนโทรลที่ได้ทำการออกแบบมาแล้วนั่นเอง

ส่วนขั้นตอนในการติดตั้งโปรแกรม EQSO PC Client นั้นจะคล้ายคลึงกับแบบ EQSO RF Gateway มาก เพียงแต่การใช้งานไม่ต้องเชื่อมต่อกับเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุสื่อสาร แต่จะต้องใช้ไมค์และลำโพงมาต่อร่วมใช้งานแทนเท่านั้น



ภาคผนวก ข

ความหมายของตัวแปรต่างๆ ในโปรแกรม EQSO

ความหมายของตัวแปรต่างๆ ในโปรแกรม EQSO

ในการกำหนดค่าให้โปรแกรม EQSO ได้นั้น ก่อนอื่นควรที่จะทำความเข้าใจในความหมาย และหน้าที่การทำงานของเครื่องหมายสัญลักษณ์ต่างๆ ที่มีแสดงในโปรแกรม เพื่อให้สามารถกำหนดค่าให้โปรแกรมทำงานได้อย่างถูกต้อง ดังนี้

โปรแกรม EQSO Conference Server

TCP/IP Port

This defaults to 500, but you can set it to whatever you like. Your firewall will need to be configured to allow connection to the server through the port that you selected.

Idle ID time

This is the interval between callsign identification on RF gateways whilst a room is idle.

Force ID

This is the interval between callsign identification on RF gateways whilst a room is busy.

VOX Hold

This is length of the silence period needed before a gateway stops sending to the server.

Admin Password

If a password is used, this will only allow users who know the password to connect to the server.

Log File Name

A log file can be used to record activity on the server. The main use for this file is for reporting faults. If you use this option, beware... the file can become very large.

Maximum Number of Users

Enter the maximum number of users that the bandwidth of your connection can support.

User Password

This is the password used by the Admin software to gain control of the server.

Maximum SWL's

"0" (zero) means no SWL's allowed. "-0" (minus zero) means unlimited SWL's. All other numbers are "real" numbers – e.g. "4" means 4 SWL's allowed.

Maximum IP connections

Maximum connections from 1 IP. If you type "3" in the box, no user can connect more than 3 times from any one IP address.

Server Keepers E Mail

This is optional, and if used appears to the right of your Server address on the System Monitor.

Server Comment

This is optional, and if used appears to the right of your Server address on the System Monitor next to your E Mail address if entered.

The Servers IP address or URL

Most servers on the eQSO System use Dynamic Routing from a permanent URL (domain name) to whatever the IP address of your PC when connected to the Internet.

Example - repeater.dns2go.com

If you have a fixed IP address then you can use this instead.

Allow Client software before 3.0 to connect

Some users may not have upgraded to the current software version, check this to allow them to access the server.

Register

Register. Click on the "Register Server" button. Enter your unique password and registration key that eQSO sent to the e-mail address you supplied. Click the "Register" button.

View connected users

This screen shows the callsign of users connected to the server and which room they are in.

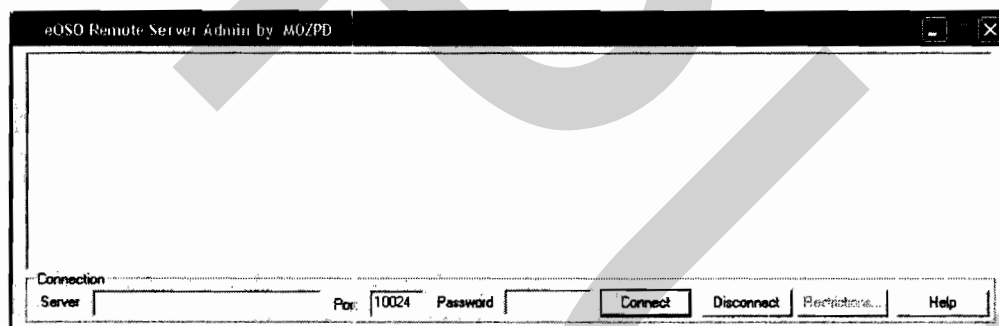
Start

If you use dynamic routing, ensure the routing software is stated before starting the server.

To start the server, click on the start button.

To stop the server, click on on the stop button.

โปรแกรม EQSO Remote Server Admin



Server

Enter server details, for example: joebloggs.dns2go.com (Note: this is an example only - this server does not exist :)

Port

Enter port number, for example 10024

Password

Enter the admin password you chose when setting up your Conference Server software.

Connect

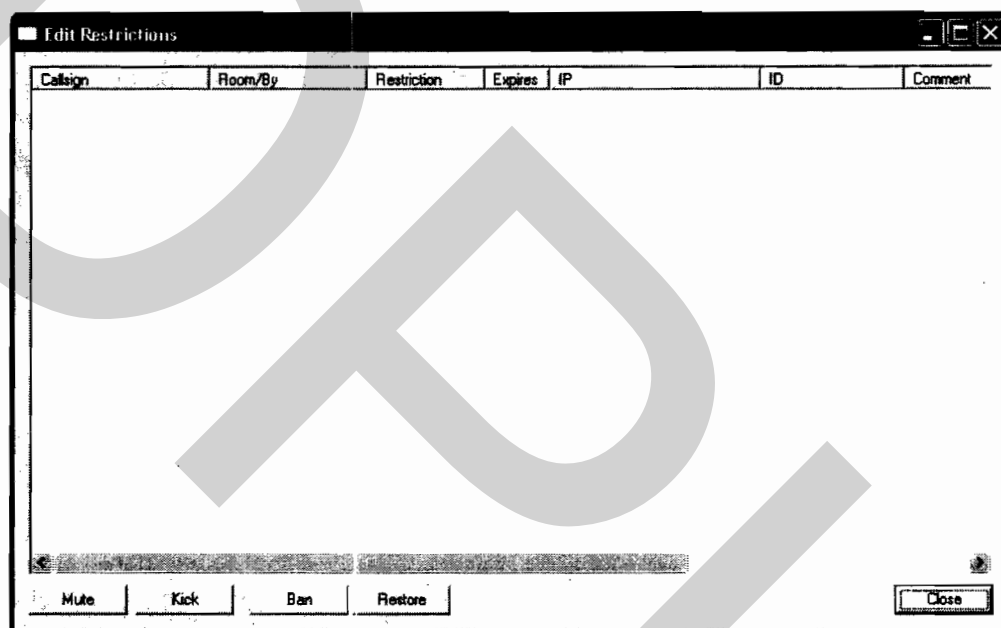
Press connect this will show a list of people on your server

Disconnect

Disconnect

Restrictions

Then press restrictions, a list of the same people will appear. It is from the Restrictions box that you can deal with any problems caused by people using your server.



If you have someone who is causing a problem on your server you can restrict them by highlighting their name and clicking on one of the following buttons: Mute, Kick, or Ban

Mute

Mute lasts for 1 hr

Kick

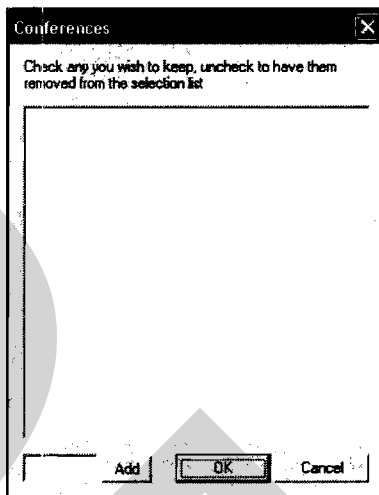
Kick lasts for 24hrs

Ban

Ban is for good

Restore

Restore button is for restoring the person back on to the server if a mistake has been made



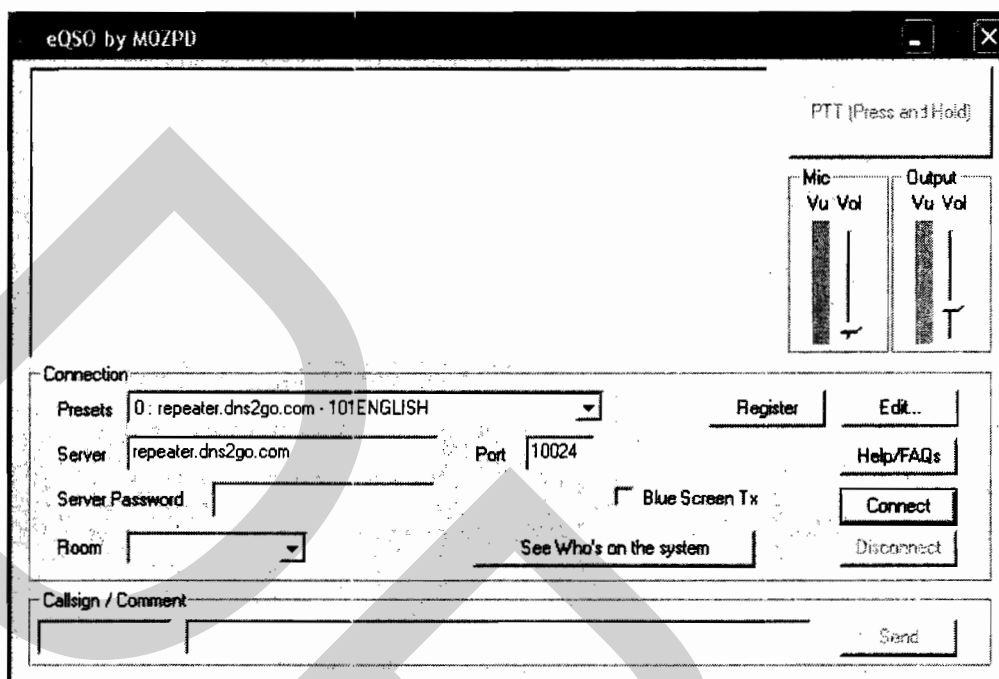
Adding a conference room

To add a room, enter the name of the room in the empty field next to the add button, then click on add. The room will be added to the list with the box checked. Click OK when you have finished.

Removing a conference room

To remove a room, uncheck the room and click OK.

โปรแกรม EQSO PC Client และ โปรแกรม EQSO RF Gateway มีลักษณะคล้ายกัน ดังนี้



SET-UP HELP (Complete each operation in strict order).

1. Enter your callsign or SWL number exactly as it appears on your registration email (i.e. no extra spaces) in the callsign box in the bottom left hand corner of the eQSO screen.

2. In the "comment" box, delete the greeting "**Welcome to eQSO**" and enter your name and location -

e.g. "**Alison - Chicago, Illinois. USA**"

3. Click the "Register" button. A new window will open. Enter your password and key. Click the "Register" button. (Don't try to register before entering your callsign etc.) Not Registered? Click [HERE](#)

4. Next, (BEFORE going "on air") set your MIC level. **Don't click anything** - just talk into your MIC normally and adjust the MIC slider so that you can see 3 green bars lit up in the MIC Vu meter when you speak. There should be NO RED BARS at all.

5. Finally, click the "Connect" button. Your screen will fill with the details of all the users in room 101, including your own. The room may be busy with other users, or it may be empty except for

you. To change room, click on the black arrow in the "Room" box. This will open a drop down menu of rooms. Simply click on the room that interests you. If you want to know what you sound like, select "AUDIO_ROOM" from the drop down menu. Now you can talk to yourself! Give your callsign and say "Testing". 2 seconds later you will hear a recording of what you sound like. Notice how many green bars you are lighting (this time on the **Output** Vu meter). Remember, no red! (More about Rooms and Procedures in the FAQ's)

PTT Button

To talk to the users shown in a room, press **AND HOLD** this button while talking. Alternatively, press **AND HOLD** the space bar. (There is no PTT lock) NOTE. When talking in room 101ENGLISH, if you wish to have a long conversation ("a rag chew") with another station, **wherever possible** we prefer you to QSY away from 101ENGLISH to keep that room free for short QSO's and mobile stations who cannot QSY.

Mic Vu Setting

This meter shows your audio (MIC) output level. The Vu meter works offline, which means you can (and should) set up your MIC level without pressing the PTT. Talk normally into the microphone: the MIC Vu meter should show 3 green bars (average) when you are talking, and **SHOULD NEVER SHOW ANY RED BARS**. Distortion will occur if the level is set too high. Click and slide the MIC Vu Vol slider to achieve the correct MIC output level. If it is difficult to achieve the correct level, you may need to set up your sound card. If the level is excessively high or low, then you may need to look at the "boost" setting (where available) by going to your Windows Control Panel. Once the MIC level has been set, you should not need to adjust it again unless you change microphones.

Output Vu Setting

This control allows you to adjust the output level to your speakers or headphones. Click on the Output Vol slider and adjust it while listening to someone who is transmitting in a room. You may need to change this often – as users audio levels vary.

Presets

This allows users to quickly select a server. (A lot of users never use this feature, as they always use room 101ENGLISH in the main eQSO server) The default preset is for the main eQSO server. The PC Client software is supplied with the settings for several servers. These can be selected by using the down arrow button, then clicking on the server of your choice. Selecting a preset will also

change the port and room settings to those that were defined for the preset. You cannot change presets while connected. Also see "Edit", below

Register

BEFORE using this button, ensure that your callsign has been correctly entered. To register, click on the "Register" button. Enter your unique password and registration key that eQSO sent to the e-mail address you supplied. Click the "Register" button.

Edit

You can edit the list of presets to include only those that you prefer to use. You can also add other presets, in similar way to adding web sites to your "favourites" list on your web browser.

[More on editing presets](#)

Server & Port

The default server on the software is the main eQSO server, using port 10024. You cannot change server while connected. Selecting a server is like using the band switch on a radio transceiver. In order to connect to a server, the port number must be correct. Selecting a port on a server is like selecting the correct CTCSS tone to access a repeater channel.

Server Password

Some server operators require the PC User to enter a password before connection can be made to their server. Some supply an email address in their server comment line, to allow potential users to request the server password. As the main eQSO server does not need a password, the default setting is blank


Blue, Screen, TX

When checked, this tick box makes the whole eQSO screen turn blue during TX. Default setting is OFF (unchecked), so that only your line on the screen turns blue during TX

Room

Selecting a room is like selecting a channel or frequency on which to make a QSO. Servers are usually set up with a number of pre defined rooms to chat in. Click on the down arrow next to the room number to scroll down a list of the available rooms on a server. To change to a different room, click on the room of your choice (the room name will turn blue) then press enter. You can also create other rooms on an ad hoc basis by typing your own room name in the room field and pressing enter. Alternatively, you can use the [system monitor](#) to select servers or rooms.

See Who's on the system

Clicking on the See Who's on the system button opens the system monitor, and allows you to see the available servers and occupied rooms. Users who are actually talking have a green symbol next to their callsign. (Silent stations have a grey symbol). The system monitor refreshes every 1 or 15 minutes (selectable). 

Connect & Disconnect

Click the connect button to connect to the system. The button will turn grey while you are connected. Click on the disconnect button to disconnect from the server & room that you were connected to. You will need to disconnect to select a new server or preset. The disconnect button will change to grey when disconnected

Callsign

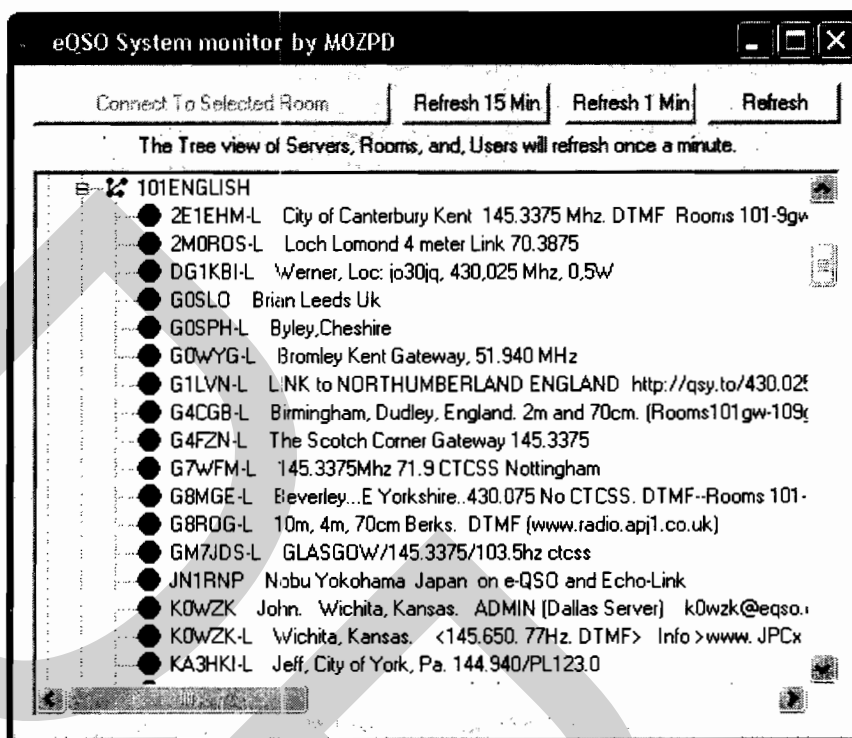
This is where you enter your callsign. You need only do this on initial setup, unless you obtain a new callsign, in which case you will need to apply for a new registration key and password. With the exception of the above example, NEVER CHANGE YOUR CALLSIGN in the eQSO software. However, when operating away from your registered address, you should make it clear to other users that you are not at home. What you can do if you are operating "portable" or operating abroad, is to change the comment in the comments box, saying that you are portable and where you are, or enter the prefix of the country you are in. DO NOT add letters (e.g. "/P") to your callsign. It will simply stop the software working.
NOTE - You can NO LONGER use the International characters set e.g. Alt 0216 for the slashed zero (Ø) in the in Callsign, Room and Comments fields.

Comment

Here you enter your NAME and LOCATION and any other information you wish users to see. After filling in the box, click "send" or "enter". This will display your comment on the user list, next to your callsign. You can change your comment at any time. If your comment is too long, only the part that will fit in the user list will be displayed, as there is no scroll function. Never leave your comment box blank. Following this simple protocol will ensure that you are not incorrectly muted, kicked or banned by an administrator.

Send

Click on this button or press enter on the keyboard to send the text comment



What can I do with the System Monitor?

You can see the domain names (or IP addresses) of the servers connected to the system. You can see the names of the occupied rooms on each server and a list of users in each room. You can connect to a server by scrolling down the list of servers until you find the one you want, click once to highlight it, then click on the button, 'Connect To The Selected Room'. You can select a room to connect to, and go to that room. You can see which users are transmitting, for example...

Refresh buttons

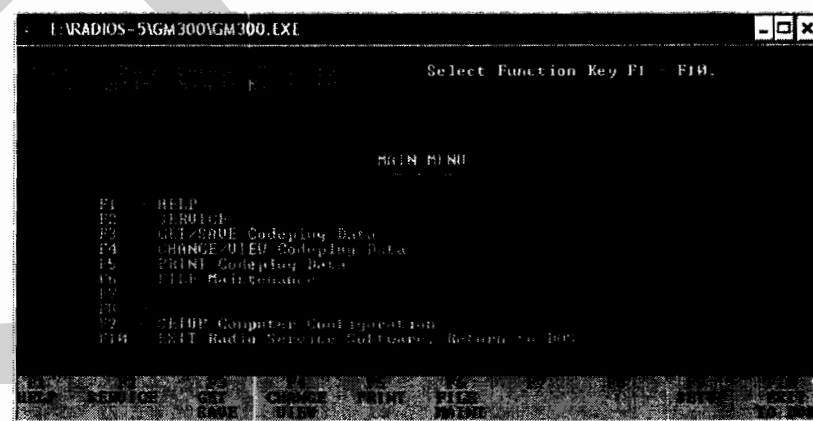
You can refresh the system monitor either every 1 minute or every 15 minutes by clicking on the appropriate button.

ภาคผนวก ค

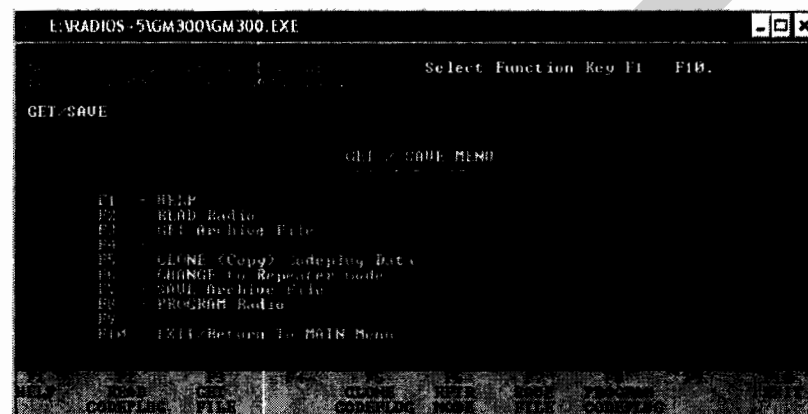
การกำหนดค่า I/O Port และการตั้งค่าความถี่วิทยุ Motorola GM-300

การกำหนดค่า I/O Port และการตั้งค่าความถี่วิทยุ Motorola GM-300

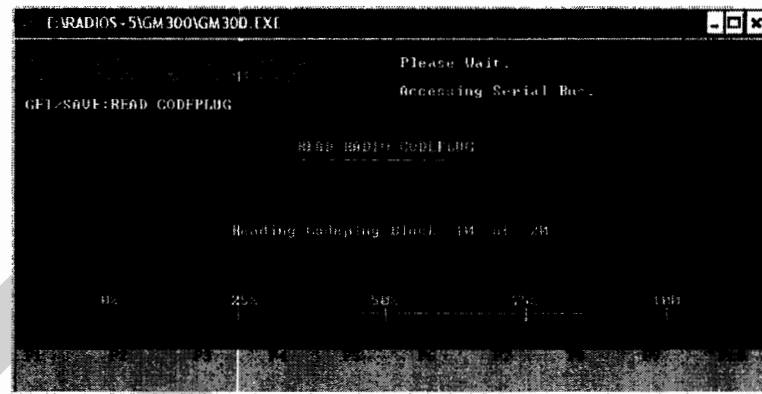
ในการกำหนดค่าต่างๆ ให้เครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุ ยี่ห้อ Motorola รุ่น GM-300 นั้น เนื่องจากซอฟต์แวร์ที่ให้มาทำงานบนระบบปฏิบัติการดอส จึงจำเป็นที่จะต้องมีส่วนโปรแกรม Window 98 มาทำการบู๊ตเครื่องในตอนเริ่มแรกที่เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อน เมื่อเข้าสู่หน้าจอระบบปฏิบัติการดอส แล้วจึงทำการใส่แผ่นโปรแกรมของ Motorola GM-300 จะเข้าสู่หน้าจอหลักของโปรแกรม ดังภาพ



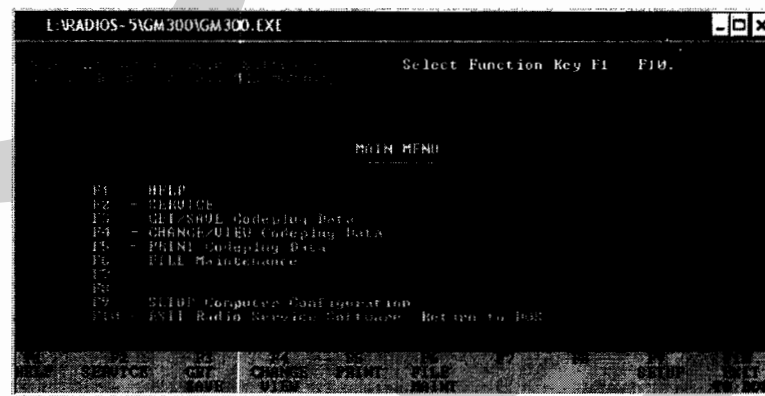
ต่อมากด F3 เพื่อจะเข้าไปดูข้อมูลของเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุ



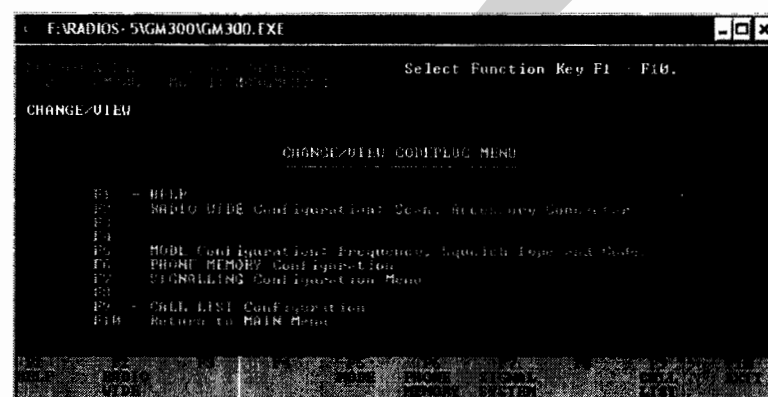
กดปุ่ม F2 เพื่ออ่านค่าข้อมูลจากเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุ



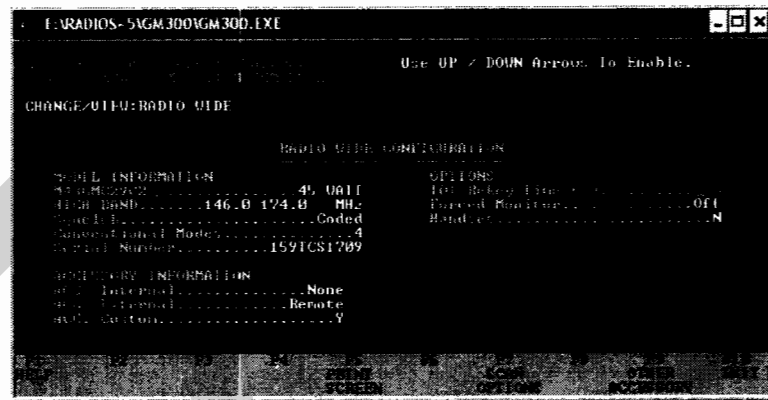
เมื่ออ่านค่าเสร็จแล้วให้กด F10 ให้กลับไป MAIN MENU



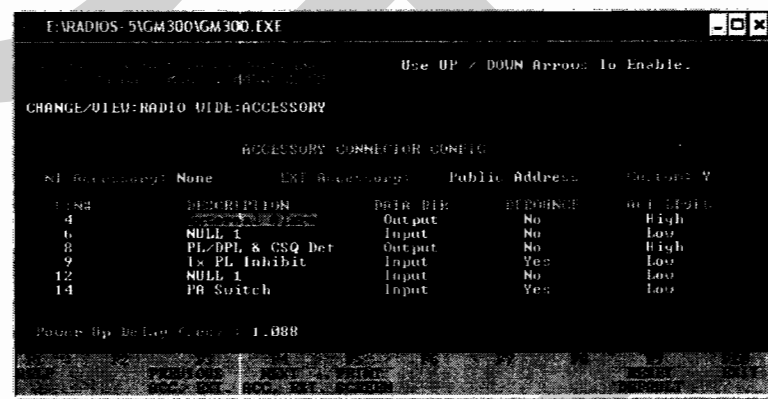
จากนั้นกด F4 เพื่อเข้าไปดูข้อมูล



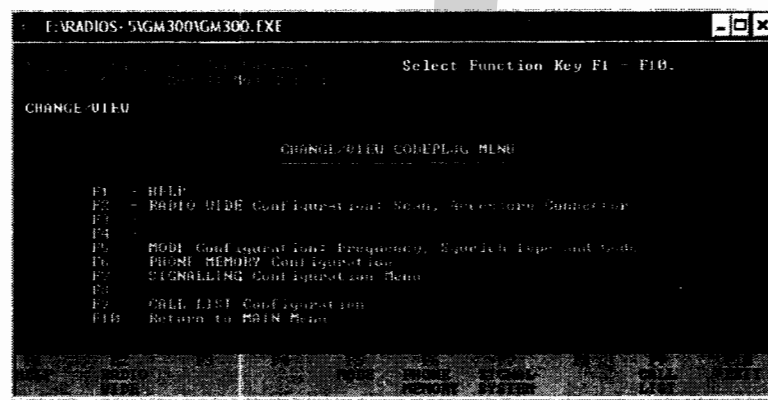
กด F2 เพื่อจะไปกำหนดค่า I/O Port



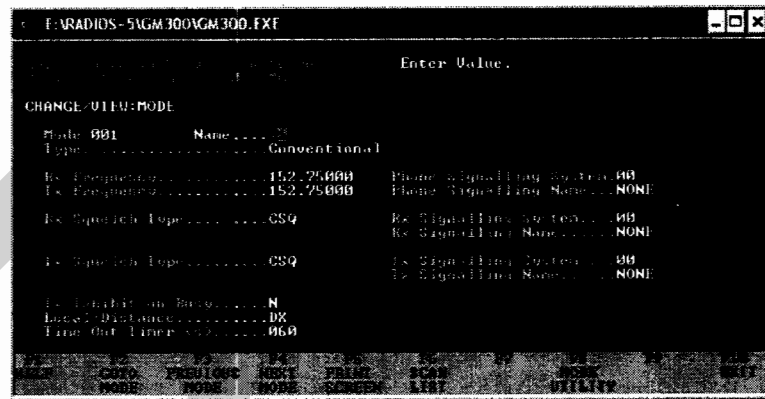
กด F9 เพื่อกำหนดค่า I/O Port



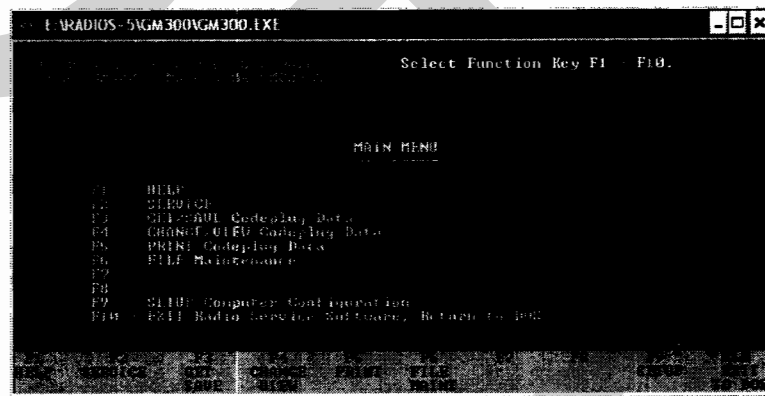
กด F10 กลับไปที่หน้าจอ CHANGE/VIWE CODEPLUG MENU



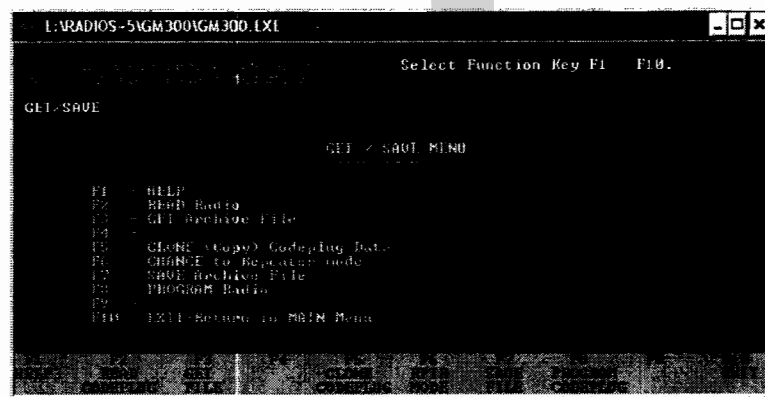
กด F5 เพื่อกำหนดค่าความถี่



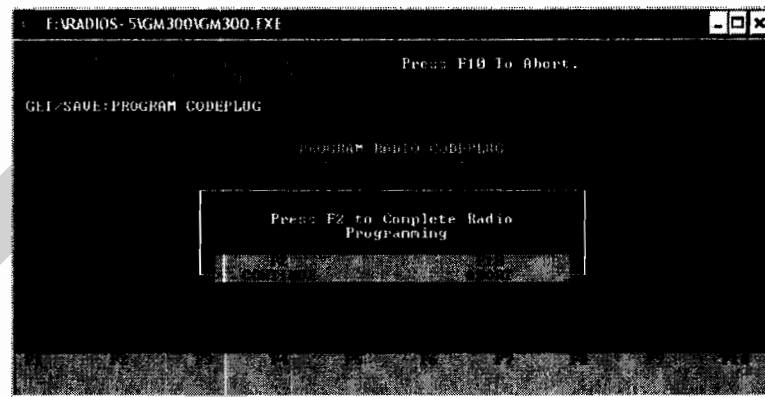
เมื่อกำหนดค่าต่างๆ ครบถ้วนแล้ว กด F10 กลับไปที่ MAIN MENU อีกครั้ง



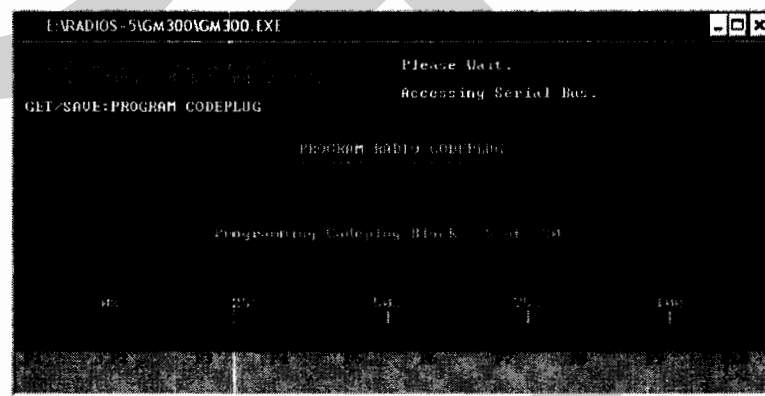
กด F3 เพื่อจะเข้าไปเซฟข้อมูล



กด F8 เพื่อโปรแกรมข้อมูลลงในเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุ



กด F2 เพื่อเขียนขึ้นอีกครั้ง



โปรแกรมจะทำการเซฟข้อมูลจนครบ 100% เป็นอันเสร็จขั้นตอน

หมายเหตุ ในการเปลี่ยนค่าตัวแปรใน โปรแกรมให้ใช้ปุ่มกดเครื่องหมายลูกศรขึ้นลง และในการเลื่อนไปกำหนดค่ายังตำแหน่งอื่นๆ ใน โปรแกรมให้ใช้ปุ่ม ENTER ในการเลื่อนตำแหน่ง

ประวัติผู้เขียน**ชื่อ-นามสกุล**

ร.ต.ท.เนติรัฐ ศรีชมภู

ประวัติการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร พ.ศ.2544**ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน**วิศวกรไฟฟ้าสื่อสาร (สบ 1) กลุ่มงานระบบวิทยุ กองตำรวจ
สื่อสาร สำนักงานตำรวจแห่งชาติชั้น 5 อาคาร 33 สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ถนนพระราม 1
แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ พ.ศ.2547-ปัจจุบัน**ประสบการณ์ทำงาน**Testing Engineer บริษัท Flextronics Network Services
(Thailand) Co., Ltd. พ.ศ.2545-2546