

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตบนพื้นฐานของระบบฝังตัว

Embedded System Based IP Telephone System



โดย  
นายประจักษ์ งามมี  
นายวิษณุพร ช่างกลิ่น

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....62668

วัน,เดือน,ปี...21.ส.ค. 2549

.b.....11k2811x
.i.....

ปฏิญานีพจนันท์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Embedded System Based IP Telephone System**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULLFILLMENT OF  
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2005**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตบนพื้นฐานของระบบฝังตัว

TITLE

Embedded System Based IP Telephone System

โดย

นายประจักษ์ งามมี รหัสนักศึกษา 46015670

นายวิษณุพร จำกลั่น รหัสนักศึกษา 46015682

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

ผศ. มนต์ชัย แซ่มซ้าย

ภาควิชา

วิศวกรรมสารสนเทศ

ปีการศึกษา

2548

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตามหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง

( ผศ. มนต์ชัย แซ่มซ้าย )  
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตบนพื้นฐานของระบบฝังตัว		
ชื่อนักศึกษา	นายประจักษ์	งามมี	รหัสนักศึกษา 46015670
	นายวิษณุพร	จำกลั่น	รหัสนักศึกษา 46015682
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.มนต์ชัย แซ่ม้อย		
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ		
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ		
ปีการศึกษา	2548		

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการนำระบบฝังตัว (Embedded System) มาประยุกต์ใช้งานกับระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต (IP Telephone) จัดทำขึ้นเพื่อช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการโทรศัพท์ทางไกล เนื่องจากเป็นการส่งข้อมูลเสียงผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยใช้ระบบฝังตัวในการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำการกำหนดไอพีแอดเดรสของระบบโทรศัพท์ดังกล่าวและควบคุมการติดต่อสื่อสารข้อมูลเสียง ซึ่งระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตบนพื้นฐานของระบบฝังตัวนี้ จะมีจอมอนิเตอร์สำหรับแสดงข้อมูลต่างๆ เช่น หมายเลขไอพีที่โทรเข้าและหมายเลขไอพีที่โทรออก จากผลการทดลองเพื่อสื่อสารข้อมูลเสียงผ่านอินเทอร์เน็ต โดยทำการเชื่อมต่อระหว่างระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตบนพื้นฐานของระบบฝังตัวกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลระบบสามารถทำงานได้ดี

**Thesis Title** Embedded System Based IP Telephone System  
**Student** Mr.Praduj Ngammee ID. 46015670  
Mr.Vitsanuporn Khamkalin ID. 46015682  
**Advisor** Asst.Prof. Monchai Chamchoy  
**Graduate Level** Bachelor Degree of Information Engineering  
**Department** Information Engineering  
**Academic Year** 2005

## ABSTRACT

In this project, the embedded system based IP telephone system is presents to apply embedded system for IP telephone system for save expense long distance call. Since voice data are transfer via the internet network. Through used embedded system connected to the internet for set IP address and voice control communication. Which embedded system based IP telephone system consist of display monitor such as calling and dial. Result experiment for voice data communication via the internet by connected between embedded system based IP telephone system and personal computer, system is well.

## กิตติกรรมประกาศ

การทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้อาจมีอาจเสร็จได้ด้วยดี ถ้าหากไม่ได้รับการช่วยเหลือและคำแนะนำที่ดีในด้านต่างๆ ในการทำงาน โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน คือท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์มนต์ชัย แซ่มซ้อย ที่คอยเอาใจใส่และให้คำปรึกษาที่มีประโยชน์ อีกทั้งอาจารย์หลายๆ ท่านในภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ รวมไปถึงเพื่อนๆ หลายคนที่คอยแนะนำในส่วน of ฮาร์ดแวร์และการเขียนโปรแกรม จนกระทั่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี



นายประจักษ์ งามมี  
นายวิญญูพร ชำกลิ่น

ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้าที่
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	2
บทที่ 2 ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตและระบบฝังตัว	3
2.1 ระบบโทรศัพท์พื้นฐานทั่วไป	3
2.1.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบโทรศัพท์	3
2.1.2 หลักการเบื้องต้นของเครื่องโทรศัพท์	3
2.1.3 เครื่องโทรศัพท์	4
2.1.4 ไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์	4
2.1.5 ระบบสัญญาณโทรศัพท์	5
2.1.6 ความถี่สัญญาณต่างๆที่เป็นมาตรฐานขององค์การโทรศัพท์	7
2.2 ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต	9
2.2.1 ประโยชน์ของระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต	11
2.2.2 โพรโทคอล H.323 (H.323 Protocol)	12
2.2.3 สถาปัตยกรรมของ H.323 (H.323 Architecture)	13
2.2.4 เอนทิตีและฟังก์ชันของ H.323 (H.323 entities & functions)	15

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
2.2.4.1 เทอร์มินัล (Terminal )	16
2.2.4.2 เกทเวย์ ( Gateway )	16
2.2.4.3 เกทคีปเปอร์ ( Gatekeeper )	17
2.2.4.4 มัลติพอยท์คอนโทรลยูนิต(Multipoint Control Unit:MCU)	20
2.2.4.5 มัลติพอยท์คอนเฟอเรนซ์ (Multipoint Conference)	20
2.3 ระบบเครือข่าย (Network System)	21
2.3.1 ความหมายของระบบอินเทอร์เน็ตเวิร์คกิ้ง	21
2.3.2 สถาปัตยกรรมของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	21
2.3.3 ข้อกำหนดรูปแบบของเกตเวย์ (Gateway Protocols)	22
2.3.4 โมเดลโอเอสไอ (OSI Model)	22
2.3.5 เปรียบเทียบ OSI กับ TCP/IP	24
2.3.6 โพรโตคอลทีซีพี/ไอพี (TCP/IP)	25
2.3.7 แบบอ้างอิงทีซีพี/ไอพีและ โพรโตคอลแอสเตค	26
2.3.8 การทำงานของโพรโตคอลทีซีพี/ไอพี	27
2.3.9 ลักษณะของการติดต่อ	29
2.3.10 อินเทอร์เน็ตโพรโตคอล (Internet Protocol : IP)	30
2.3.11 ทรานซิมิตชันคอนโทรลโพรโตคอล (Transmission Control Protocol : TCP )	30
2.3.12 ความสัมพันธ์ของ TCP และ UDP กับอินเทอร์เน็ต	31
2.3.13 ไอพีแอดเดรส (IP Address)	31
2.4 ระบบฝังตัว (Embedded System)	33
2.4.1 การใช้งาน	34
2.4.2 การแบ่งระดับของระบบฝังตัว	34
- ระบบฝังตัวขนาดเล็ก	35
- ระบบฝังตัวขนาดกลาง	35

จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
- ระบบฝังตัวขนาดใหญ่	35
2.4.3 ส่วนประกอบต่างๆที่สำคัญของชุดพัฒนาคอม 86 รุ่น ICOP-6047	36
2.4.4 จุดจำกัดของเทคโนโลยี	38
2.5 การบีบอัดเสียง (Voice Compression)	38
2.5.1 Pulse Code Modulation (PCM)	39
บทที่ 3 การออกแบบการออกแบบและการทำงานของระบบ	40
3.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์	40
3.1.1 ระบบฝังตัว	40
3.1.2 วงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์	41
3.1.2.1 พอร์ทขนาน	42
3.1.2.2 โฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) แสดงการทำงานของวงจร ตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์	44
3.1.3 ส่วนแสดงผล	45
3.1.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	46
3.1.3.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89C51 ที่เลือกใช้ในโครงการ	47
3.1.3.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	47
3.1.3.4 โมดูล LCD	49
3.2 ส่วนของซอฟต์แวร์	51
3.2.1 โฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) การทำงานของฝั่งผู้เรียก	52
3.2.2 โฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) การทำงานของฝั่งผู้รับสาย	54
บทที่ 4 ผลการทดลอง	56
4.1 ทดลองเรียกจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยัง ไอพีทีเอเลโฟน	56
4.2 ทดลองเรียกจาก ไอพีทีเอเลโฟนไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์	60
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	62
บรรณานุกรม	64
ภาคผนวก	65

ณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 1.1 โค้ดแกรมแสดงการทำงานโดยรวมของระบบ	2
รูปที่ 2.1 บล็อกโค้ดแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์	4
รูปที่ 2.2 แสดงวงจรการหมุนหมายเลขแบบพัลส์	5
รูปที่ 2.3 โค้ดแกรมของเวลาคร่าวๆของสัญญาณที่เกิดจากการหมุนหมายเลข 4	6
รูปที่ 2.4 สัญญาณ Dial Tone	7
รูปที่ 2.5 สัญญาณ Busy Tone	8
รูปที่ 2.6 สัญญาณ Ringing Tone	8
รูปที่ 2.7 สัญญาณ Ringing Tone	8
รูปที่ 2.8 ลักษณะการติดต่อระหว่างพีซีกับพีซี	10
รูปที่ 2.9 ลักษณะการติดต่อระหว่างพีซีกับโทรศัพท์	10
รูปที่ 2.10 ลักษณะการติดต่อระหว่างโทรศัพท์กับโทรศัพท์	11
รูปที่ 2.11 IP telephony protocol stack	12
รูปที่ 2.12 H.323 terminal architecture	13
รูปที่ 2.13 เครื่องข่าย H.323 เอนทีตี้และฟังก์ชัน H.323 เกทเวย์	15
รูปที่ 2.14 ไอเอสไอโมเดล	23
รูปที่ 2.15 การเชื่อมโยงกันด้วยโปรโตคอล ทีซีพี/ไอพี	25
รูปที่ 2.16 แบบอ้างอิงทีซีพี/ไอพีเมื่อเทียบกับไอเอสไอโมเดล	26
รูปที่ 2.17 การส่งถ่ายข้อมูลระหว่างชั้นของโปรโตคอลสแตค	30
รูปที่ 2.18 คลาสของไอพีแอดเดรส	32
รูปที่ 2.19 ระบบฝังตัว (Embedded System)	33
รูปที่ 2.20 ส่วนประกอบต่างๆของชุดพัฒนาคอม 86 รุ่น ICOP-6047	37
รูปที่ 3.1 โค้ดแกรมการทำงานของระบบ	40
รูปที่ 3.2 วงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์	41
รูปที่ 3.3 โฟลว์ชาร์ต (Flow chart) การทำงานของวงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์	44
รูปที่ 3.4 วงจรส่วนแสดงผลที่จอแอลซีดี	46
รูปที่ 3.5 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C51	47
รูปที่ 3.6 จอ LCD ที่ใช้ในโครงการ	50

๒

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้าที่
รูปที่ 3.7 โฟลว์ชาร์ต (Flow chart) การทำงานของฝั่งผู้เรียก	52
รูปที่ 3.8 โฟลว์ชาร์ต (Flow chart) การทำงานของฝั่งผู้รับสาย	54
รูปที่ 4.1 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์และการกำหนดไอพีแอดเดรสก่อนทำการทดลอง	56
รูปที่ 4.2 หน้าต่างหลักของแอปพลิเคชันโปรแกรมไอพีเทเลโฟนฝั่งเครื่องคอมพิวเตอร์	57
รูปที่ 4.3 จอแสดงผลของไอพีเทเลโฟนในสภาวะรอการใช้งาน	57
รูปที่ 4.4 การป้อนหมายเลขไอพีแอดเดรสที่ต้องการติดต่อในช่อง IP Address	58
รูปที่ 4.5 การทดลองโดยการกดปุ่มเพื่อทำการเรียก (โทรออก)	58
รูปที่ 4.6 หมายเลขไอพีแอดเดรสที่ทำการติดต่อสำเร็จแล้ว	59
รูปที่ 4.7 จอแอลซีดีที่แสดงหมายเลขไอพีแอดเดรสของฝั่งที่เรียกเข้ามา	60
รูปที่ 4.8 กดหมายเลขไอพีแอดเดรสของเครื่องที่ต้องการติดต่อด้วย	60
รูปที่ 4.9 หมายเลขไอพีแอดเดรสของไอพีเทเลโฟนที่ทำการเรียกเข้ามาที่เครื่องคอมพิวเตอร์	61

## สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 2.1 ค่าความถี่ต่างๆที่ใช้ในระบบ DTMF	7
ตารางที่ 2.2 การบีบอัดข้อมูลด้วยวิธีต่างๆ ตามมาตรฐาน H.323	38



### ณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสารตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีการพัฒนาความสามารถทั้งในด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์อย่างต่อเนื่อง เทียบได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ในอดีตกับปัจจุบันมีการลดขนาดของเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เล็กลงแต่กลับมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงขึ้น เช่นที่นิยมใช้กันในปัจจุบันก็คือคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) นอกจากนี้แล้วยังมีการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กลงอีกที่สามารถฝังตัวได้ (Embedded System) เพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะนำระบบฝังตัวมาควบคุมการติดต่อสื่อสารของระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (IP Telephone) ซึ่งการทำงานในส่วนนี้เราไม่มีความจำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ ให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ในห้องทำงานโดยไม่จำเป็น และเป็นการประยุกต์ใช้ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ทั้งยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการโทรทางไกล และเพิ่มความสามารถในการสื่อสารด้านมัลติมีเดีย

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

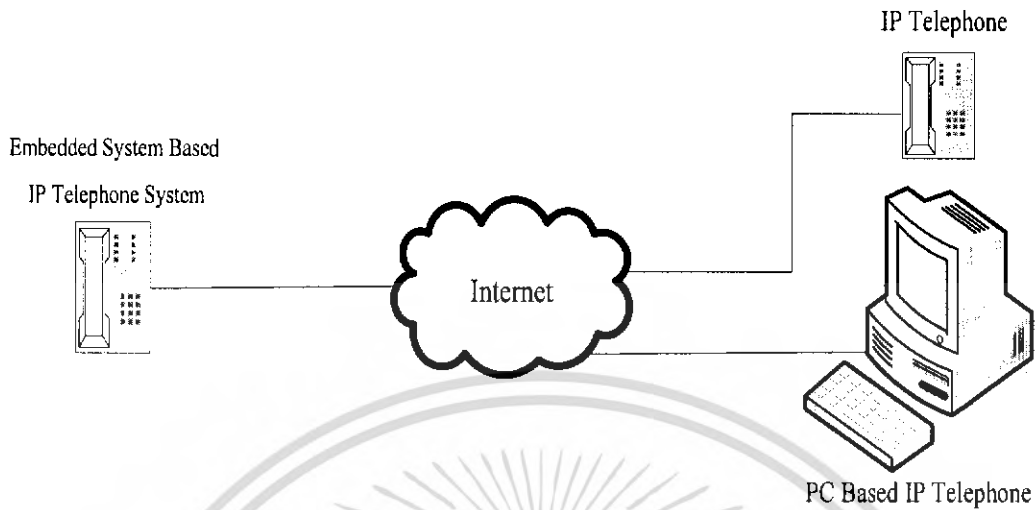
1. เพื่อศึกษาระบบการติดต่อสื่อสารข้อมูลเสียงผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
2. เพื่อพัฒนาระบบโทรศัพท์ให้สามารถใช้งานบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้
3. เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้โทรศัพท์ทางไกล

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้จะได้ทำการสร้างระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตที่สามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลเสียงผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ซึ่งแยกเป็น 3 ส่วนคือ

1. ส่วนของระบบฝังตัว ทำหน้าที่กำหนดไอพีแอดเดรสของระบบโทรศัพท์และควบคุมการติดต่อสื่อสารของโปรโตคอลต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
2. ส่วนแสดงผลหมายเลขไอพีที่โทรเข้าและหมายเลขไอพีที่โทรออก
3. ส่วนของวงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์ ( Analog Interface )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 ไดอะแกรมแสดงการทำงานโดยรวมของระบบ

#### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้ระบบการติดต่อสื่อสารข้อมูลเสียงผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
2. ได้พัฒนาระบบโทรศัพท์ให้สามารถใช้งานบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้
3. ประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้โทรศัพท์ทางไกล
4. ได้เรียนรู้ขั้นตอนการเขียนและพัฒนา โปรแกรมในการติดต่อสื่อสาร

#### 1.5 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

1. ศึกษาการทำงานของระบบฝังตัว
2. ศึกษาระบบการติดต่อสื่อสารของระบบ โทรศัพท์
3. ศึกษาระบบการติดต่อสื่อสารของระบบอินเทอร์เน็ต
4. ศึกษาความต้องการของระบบรวมถึงขอบเขตในการทำงานของโปรแกรม
5. ออกแบบระบบ
6. เขียนโปรแกรม
7. ทดสอบและแก้ไขระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตและระบบฝังตัว

#### 2.1 ระบบโทรศัพท์พื้นฐานทั่วไป

ปัจจุบันนี้การสื่อสารได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในชีวิตประจำวันเรียกได้ว่าจะต้อง มีการติดต่อสื่อสารกันตลอดเวลาที่ทำได้ และระบบโทรศัพท์จัดว่าเป็นระบบสื่อสารที่ใกล้ตัวเรามาก โทรศัพท์ที่ใช้กันทั่วไปมีอยู่ 2 แบบ คือแบบกดปุ่มและระบบการหมุน หน้าทีของทั้ง 2 ระบบนี้ จะเหมือนกัน จะต่างกันที่แบบกดปุ่มจะส่งสัญญาณโดยใช้คลื่นความถี่ผสมกันเรียกว่าดีทีเอ็มเอฟ (DTMF) ส่วนแบบหมุนจะส่งสัญญาณเป็นจำนวนพัลส์ (Pulse) ตามหมายเลขที่หมุน

##### 2.1.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบโทรศัพท์

1. เครื่องรับโทรศัพท์ เครื่องรับโทรศัพท์เป็นอุปกรณ์ที่ผู้ใช้จะใช้ในการติดต่อระหว่างกัน ประกอบด้วยเครื่องส่ง (Transmitter) เครื่องรับ (Receiver) กระดิ่ง (Ringer) ฮุกสวิทช์ (Hook switch) หน้าปัทม์สำหรับหมุนหรือกดหมายเลข

2. สายโทรศัพท์ เครื่องรับโทรศัพท์แต่ละเครื่องจะมีสายโทรศัพท์ 1 คู่ เพื่อเชื่อมโยงและเป็นสื่อนำสัญญาณต่างๆจากชุมสายมายังตัวเครื่องรับโทรศัพท์ ในขณะที่เดียวกันจะทำหน้าที่เป็นสื่อในการส่งสัญญาณไฟฟ้าที่แปลงมาจากสัญญาณเสียงระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์ สายโทรศัพท์ที่เชื่อมโยงระหว่างชุมสายเพื่อให้บริการระหว่างชุมสายจะเรียกว่า ทังก์ (Trunk)

3. ชุมสายโทรศัพท์เป็นสถานที่รวบรวมคู่สายของตัวเครื่องรับโทรศัพท์แต่ละเครื่องในพื้นที่ใกล้เคียงกันและทำหน้าที่เชื่อมคู่สายให้กับผู้ใช้โทรศัพท์พร้อมกับส่งสัญญาณแจ้งภาวะการใช้ต่างๆ ให้ผู้ใช้ทราบ

##### 2.1.2 หลักการเบื้องต้นของเครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set) ประกอบด้วยส่วนต่างๆที่สำคัญคือเครื่องส่ง (Transmitter) เครื่องรับ (Receiver) กระดิ่ง (Ringer) ฮุกสวิทช์ (Hook Switch) และหน้าปัทม์สำหรับหมุนหรือ กดเลขหมาย (Dial) สำหรับเครื่องส่งและเครื่องรับรวมกันเรียกว่า ปากพูดหูฟัง (Handset) ซึ่งเป็น อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนพลังงานเสียงที่เกิดจากการพูดให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับกลับเป็นพลังงานเสียงอีกครั้งหนึ่งโดยที่เราจะใช้ Transmitter เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานเสียงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และ Receiver เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

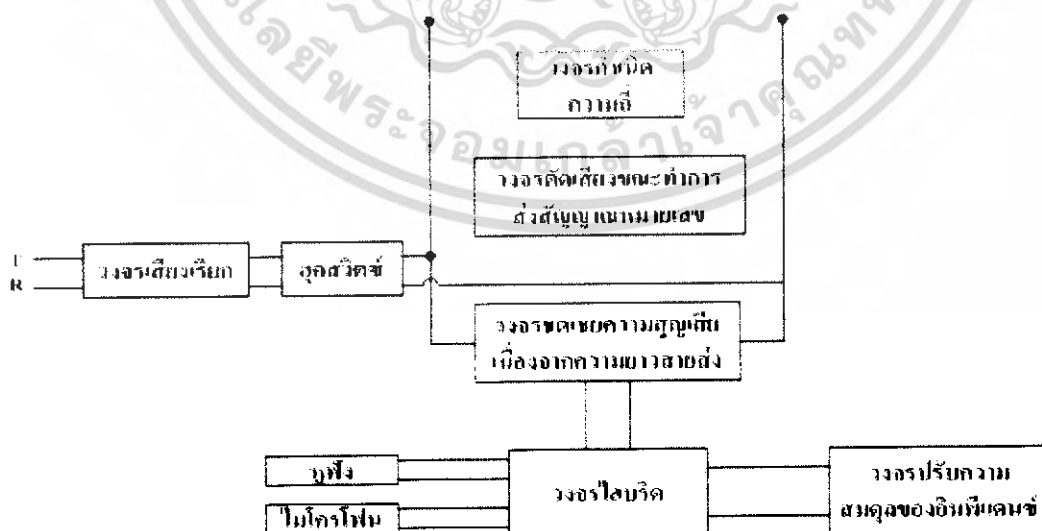
### 2.1.3 เครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set) จัดเป็นอุปกรณ์เครื่องปลายทางอย่างหนึ่งที่ทำหน้าที่รับส่งสัญญาณเสียงพูดระหว่างผู้เช่า (Subscriber) โดยทำหน้าที่แปลงพลังงานเสียงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าส่งไปตามสาย หรือในทำนองกลับกันก็เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าที่มาจากสายกลับมาเป็นสัญญาณเสียง นอกจากนั้นเครื่องโทรศัพท์ยังทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเรียกไปยังชุมสายท้องถิ่น
2. ทำการส่งสัญญาณ คัดที่ใช้แทนเลขหมายของผู้ถูกเรียก (Subscriber)
3. ทำหน้าที่รับสัญญาณเสียง (Tone) ที่ตอบรับกลับมาจากชุมสายตลอดจนรับสัญญาณเรียก (Ringing Tone)
4. ส่งสัญญาณยกเลิกการติดต่อไปยังชุมสาย

### 2.1.4 ไดอะแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์

จากบล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์ ไม่ว่าจะป็นระบบพัลส์ (Pulse) หรือ ดิจิตอลเอ็มเอฟ (DTMF) ก็มีลักษณะเหมือนกันแตกต่างกันตรงที่การกำเนิดสัญญาณเลขหมาย ไม่ว่าจะป็นแบบพัลส์ หรือ ดิจิตอลเอ็มเอฟ วงจรเสียงเรียกทำหน้าที่แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบว่ามีการเรียกเข้ามา Hook Switch เป็นตัวบอกให้ชุมสายโทรศัพท์รับรู้ว่ามีการขงกุใช้งานโทรศัพท์ แล้วก็จะทำการตัดต่อคู่สายให้ติดต่อกันได้ ในส่วนของวงจรตัดเสียงขณะทำการส่งเลขหมายจะช่วยให้การส่งเลขหมายมีความชัดเจนถูกต้อง ไม่ถูกรบกวนด้วยสัญญาณเสียงพูด

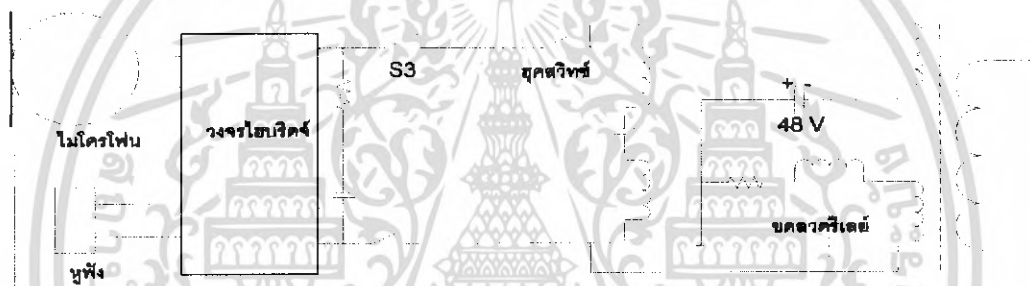


รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

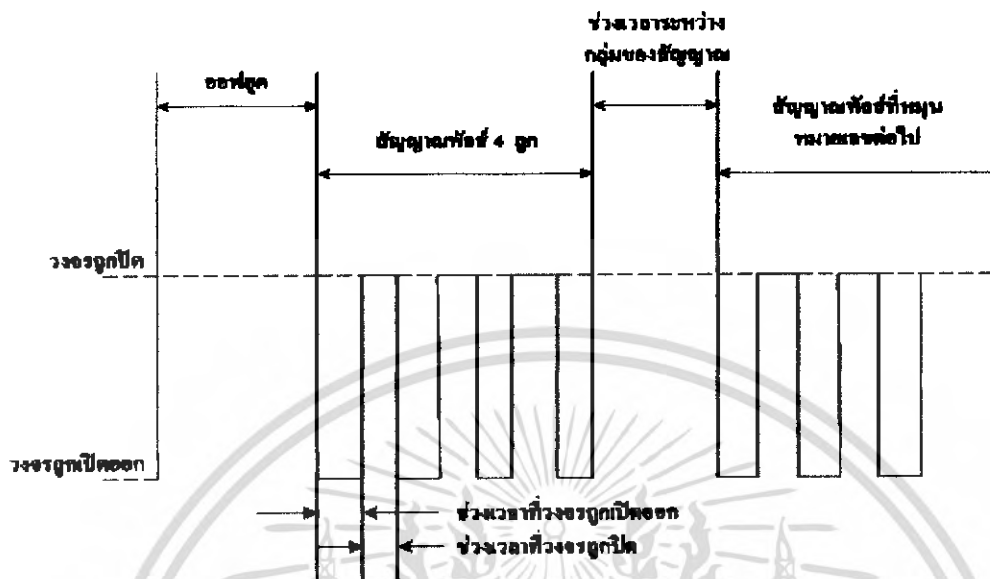
### 2.1.5 ระบบสัญญาณโทรศัพท์

1.ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์ (Pluse) จากรูปเป็นวงจรที่ใช้ส่งหมายเลขโทรศัพท์ในแบบพัลส์ เห็นได้ว่าสวิตช์ S3 จะถูกเปิดวงจรออกเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ เมื่อสวิตช์ S3 ถูกเปิดวงจรออกก็จะไม่มีกระแสไหลผ่านเข้าไปในวงจรส่วนที่อยู่ถัดไปได้จึงเสมือนว่าเป็นการขัดจังหวะ (interruption) การไหลของกระแส สำหรับจำนวนครั้งที่สวิตช์ S3 ถูกเปิด กระแสจะขึ้นอยู่กับระยะห่างของแป้นหมุน (dialer) ที่ถูกหมุนไปกับตำแหน่งปกติในขณะที่ไม่มีการหมุนหมายเลขใดๆ เป็นต้นว่า ถ้าหมุนหมายเลข 4 สวิตช์ S3 จะถูกเปิดออก 4 ครั้ง ซึ่งสวิตช์ S3 จะถูกเปิดวงจรในช่วงที่ปล่อยให้เป็นหมุนกลับสู่ตำแหน่งเดิมเท่านั้น ไม่ได้เกิดขึ้นในระหว่างที่ทำการหมุนหมายเลขอยู่



รูปที่ 2.2 วงจรการหมุนหมายเลขแบบพัลส์

จากรูปที่ 2.2 จะแสดงถึงลักษณะของรูปสัญญาณเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ จากรูปนี้จะเห็นว่าในตอนแรกโทรศัพท์ที่อยู่ในสถานะ On hook คือ หูโทรศัพท์วางอยู่บนที่วางโทรศัพท์ตามปกติ ไม่มีกระแสจากขุมสายเข้าสู่โทรศัพท์แต่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นโทรศัพท์จะอยู่ในสถานะ Off hook ชุดสวิตช์จะถูกเปิดวงจรทำให้มีกระแสไหลครบวงจรได้และเมื่อมีการหมุนหมายเลข 4 จะทำให้มีการเปิดวงจรออกด้วยสวิตช์ S3 จำนวน 4 ครั้ง ได้รูปสัญญาณตามที่เป็น



รูปที่ 2.3 ไคอะแกรมของเวลาระหว่างพัลส์ของสัญญาณที่เกิดจากการหมุนหมายเลข 4

ในระบบโทรศัพท์แบบที่ส่งสัญญาณแบบพัลส์นี้ จะถูกกำหนดให้สามารถส่งสัญญาณในอัตรา 10 พัลส์ต่อวินาที หรือ 20 พัลส์ต่อวินาที

และเพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน ในการพิจารณาสัญญาณที่เกิดขึ้นจึงควรทราบความหมายต่อไปนี้

- อัตราการส่งสัญญาณพัลส์ (Pulse rate) = จำนวนพัลส์ที่ถูกส่งออกไปใน 1 วินาที =  $1000/\text{คาบเวลาของสัญญาณพัลส์ (เป็นมิลลิวินาที)}$
- เปอร์เซ็นต์ของการเปิดวงจร (Percent break) =  $100 * \text{อัตราส่วนการเปิดวงจร (break ratio) = } 100 * \text{ช่วงเวลาที่ยังวงจรถูกเปิดออก/คาบของสัญญาณพัลส์}$
- ช่วงเวลาระหว่างกลุ่มของสัญญาณ (interdict interval) ถูกกำหนดให้มีค่าอย่างต่ำ 700 มิลลิวินาที

2. ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF เนื่องจากโทรศัพท์ที่ใช้ระบบพัลส์จะใช้หน้าปัทม์หมุนสำหรับการติดต่อผ่านชุมสายไม่ค่อยจะอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้โทรศัพท์เท่าใดนัก เพราะเป็นระบบเชิงกล ทำงานค่อนข้างช้าดังนั้นจึงได้มีการสร้างโทรศัพท์แบบกดปุ่มขึ้น ระบบโทรศัพท์ชนิดกดปุ่มนี้เรียกว่าระบบ DTMF (Dual Tone multi frequency) เนื่องจากการกดปุ่มหมายเลขแต่ละปุ่มบนหน้าปัทม์ เครื่องรับโทรศัพท์นั้นจะทำให้เกิดสัญญาณที่ประกอบขึ้นจากความถี่ 2 ความถี่ ส่งออกไปตามสายโทรศัพท์ไปยังชุมสายเพื่อให้ชุมสายรู้ว่าผู้ใช้โทรศัพท์ต้องการติดต่อกับโทรศัพท์เครื่องใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

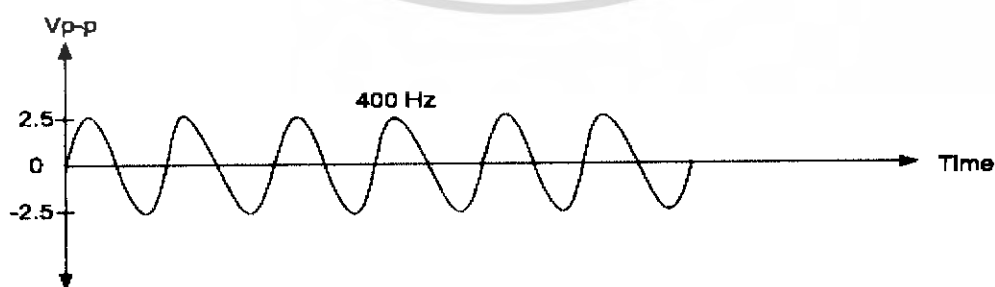
โทรศัพท์ที่ใช้ระบบ DTMF ผู้ใช้สามารถฟังเสียงสัญญาณ DTMF ได้โดยการกดหูโทรศัพท์ขึ้นฟัง แล้วกดปุ่มใดปุ่มหนึ่งบนหน้าปัทม์ ตัวอย่างเช่นหมายเลข 8 จะเกิดสัญญาณความถี่ 852 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์ ขึ้นพร้อมกัน สัญญาณจะถูกส่งผ่านคู่สายไปยังชุมสายและถูกถอดรหัสโดยตัวรับ DTMF ที่ชุมสายโทรศัพท์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมที่ทำหน้าที่ในการจัดการติดต่อโทรศัพท์ภายในท้องถิ่น ในบริเวณหนึ่งภายในพื้นที่หนึ่งๆซึ่งถูกกำหนดด้วยเลข 3 ตัวแรกของเลขหมาย หลังจากชุมสายทำการเชื่อมต่อคู่สายระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกเรียบร้อยแล้ว ตัวรับสัญญาณ DTMF ของชุมสายจะหยุดทำงานเพราะในการกดปุ่มบนหน้าปัทม์โทรศัพท์ครั้งต่อไปจะเป็นการติดต่อกันโดยตรงระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียก

ตารางที่ 2.1 ค่าความถี่ต่างๆที่ใช้ในระบบ DTMF

ความถี่ (Hz)	รหัสหรือหมายเลข			
679	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D
ความถี่ (Hz)	1209	1336	1477	1633

### 2.1.6 ความถี่สัญญาณต่างๆที่เป็นมาตรฐานขององค์การโทรศัพท์

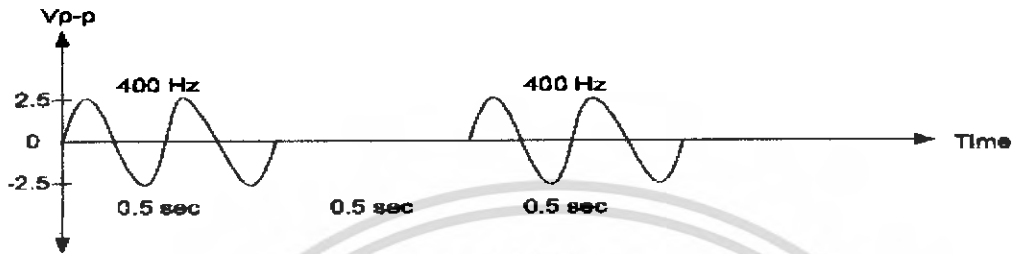
- DIAL TONE ใช้เพื่อแสดงให้ผู้เช่าทราบว่าจะขณะนี้ผู้เช่าสามารถที่เรียกไปยังหมายเลขอื่นได้ ลักษณะสัญญาณเป็นคังรูป



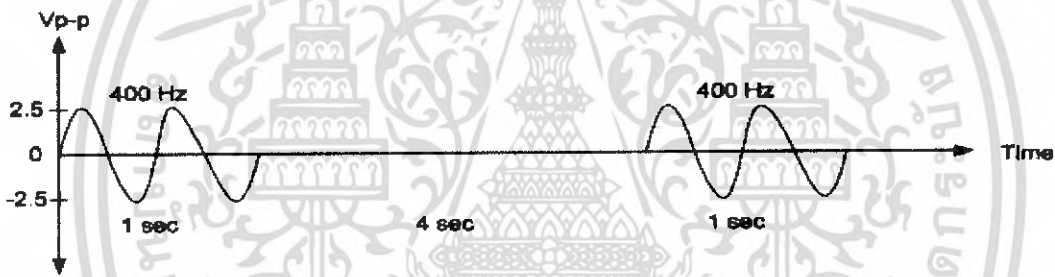
รูปที่ 2.4 สัญญาณ Dial Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **BUSY TONE** เพื่อให้ผู้เรียกทราบว่าโทรศัพท์หมายเลขที่ต้องการติดต่อดังขณะนี้ยังไม่ว่าง ควรจะวางหูสักระยะหนึ่งก่อนแล้วจึงค่อยเรียกหมายเลขใหม่อีกที โดยลักษณะสัญญาณเป็นดังรูป

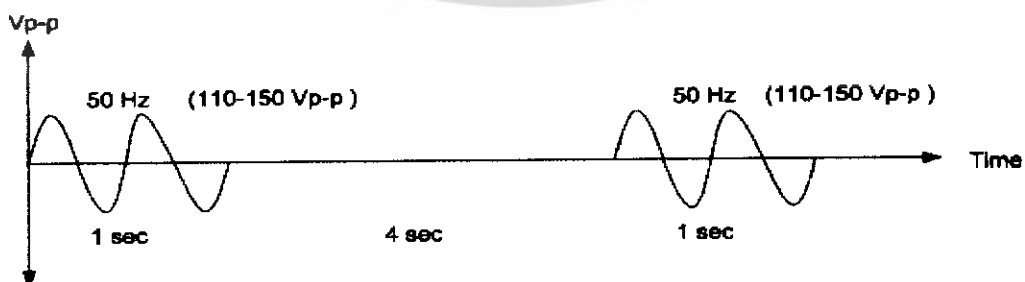


รูปที่ 2.5 สัญญาณ Busy Tone



รูปที่ 2.6 สัญญาณ Ringing Tone

- **RINGING TONE** ใช้พร้อมกับ **RINGING BACK TONE** เมื่อสัญญาณเรียกดังก็จะมีสัญญาณเรียกดังพร้อมๆกัน แต่สัญญาณนี้ดังแรงมากเพื่อไปทำให้กระดิ่งในเครื่องโทรศัพท์ดัง โดยลักษณะสัญญาณเป็นดังรูป



รูปที่ 2.7 สัญญาณ Ringing Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต

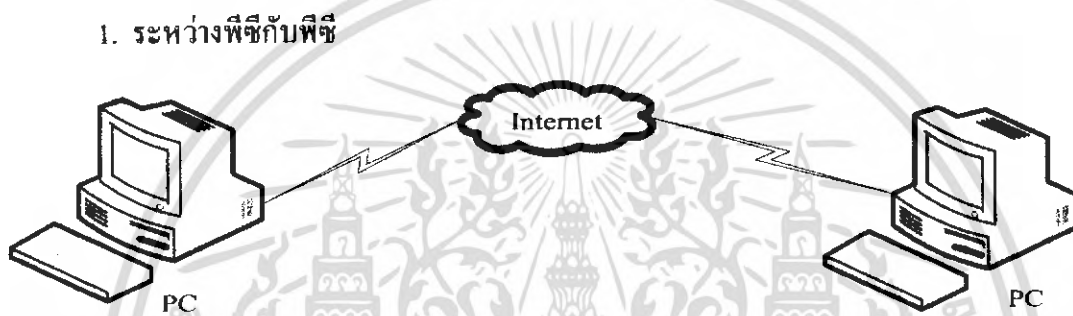
ในปัจจุบันเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้มีจำนวนผู้ใช้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้การพัฒนาการให้บริการในรูปแบบใหม่เพื่อรองรับความต้องการของผู้ใช้ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความยืดหยุ่นของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถพัฒนาการให้บริการได้ง่ายกว่าเครือข่ายอื่นๆ การให้บริการในรูปแบบหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมจากผู้ให้บริการรายต่างๆ เป็นอย่างมากคือ การใช้งาน โทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตซึ่งใช้โปรโตคอลไอพี (IP: Internet Protocol) โดยเรียกว่าวอยซ์โอเวอร์ไอพี (Voice over IP :VoIP) หรือ IP telephony ซึ่งจะรวมไปถึงการส่งวิดีโอและข้อมูลด้วย (หรือเรียกว่า การสื่อสารแบบพหุสื่อ (multimedia communication)) การให้บริการแบบนี้จะทำให้ผู้ใช้สามารถใช้โทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแทนเครือข่ายชนิดอื่นที่ใช้อยู่ ซึ่งการใช้งานในลักษณะนี้จะเป็นผลดีต่อผู้ใช้คือ จะช่วยประหยัดค่าโทรศัพท์ทางไกล และสามารถใช้งานโทรศัพท์พร้อมกับการใช้งานอย่างอื่นบนอินเทอร์เน็ต มีการเชื่อมต่อในการใช้งานที่ยืดหยุ่นกว่าโทรศัพท์ทั่วไป รวมทั้งยังสามารถปรับแต่งการใช้งานโทรศัพท์ได้หลากหลายกว่า เมื่อพิจารณาในแง่ของผู้ให้บริการหรือผู้ดูแลเครือข่าย การพัฒนาปรับปรุงเครือข่ายหรือการให้บริการสามารถทำได้ง่ายกว่า รวมทั้งการดูแลเครือข่ายทำได้สะดวกกว่า เพราะที่ไม่จำเป็นต้องแยกเครือข่ายสำหรับ ข้อมูล เสียงและวิดีโอ ระบบ VoIP จะทำให้ข้อมูลเสียงและวิดีโอสามารถส่งรวมกันไปในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพียงเครือข่ายเดียว จากข้อดีเหล่านี้ต่างๆ ทำให้ VoIP เป็นที่สนใจอย่างมาก และอาจจะเป็นไปได้ว่า VoIP จะเข้ามาแทนที่ระบบโทรศัพท์ในปัจจุบันในอนาคตอันใกล้

อย่างไรก็ตามความต้องการระดับพื้นฐานของ VoIP คือคุณภาพของการให้บริการต้องเทียบเท่าคุณภาพในระบบโทรศัพท์หรือดีกว่าซึ่งเป็นปัญหาสำหรับการใช้งาน VoIP ในทางปฏิบัติ เนื่องจากว่าระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นเครือข่ายที่ไม่รับประกันในเรื่องคุณภาพของการให้บริการ ปัญหานี้จึงเป็นอุปสรรคสำคัญในการนำ VoIP มาใช้แทนระบบโทรศัพท์ที่มีอยู่ เครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ให้การบริการในการส่งข้อมูลทั่วไปซึ่งไม่ต้องการคุณสมบัติแบบเวลาจริง (real time) แต่สำหรับในกรณีของ VoIP หรือการสื่อสารแบบพหุสื่อต้องการคุณสมบัติแบบเวลาจริง ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาโปรโตคอลที่สามารถให้คุณสมบัติดังกล่าวในการส่งข้อมูล และที่สำคัญ VoIP ต้องการฟังก์ชันในการสร้างหรือสิ้นสุดการเรียก และหาตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้ที่ถูกเรียกรวมทั้งฟังก์ชันที่ช่วยให้สามารถให้บริการได้เช่นเดียวกับในระบบโทรศัพท์ ซึ่งในชุดโปรโตคอล TCP/IP (Transport Control Protocol/Internet Protocol) นั้นไม่มีโปรโตคอล ที่ให้ฟังก์ชันดังกล่าว ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาโปรโตคอลขึ้นมาใหม่เพื่อรองรับ VoIP โปรโตคอลสำหรับ VoIP คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรโตคอล H.323 ที่เป็นการพัฒนาโดย ITU-T (International Telecommunications Union-Telecommunications section) มีหน้าที่หลักในการสร้าง สิ้นสุด และการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดของการเรียก ระหว่างผู้ใช้ VoIP รวมทั้งยังสามารถให้ฟังก์ชันเพิ่มเติมอื่นๆ โปรโตคอลสำหรับ VoIP ซึ่งใช้บริการชุดโปรโตคอล TCP/IP ในชั้นต่ำกว่า และสามารถใช้งานร่วมกับโปรโตคอลอื่น เพื่อให้เกิดการบริการที่มีคุณภาพมากขึ้น

รูปแบบการใช้งานของระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

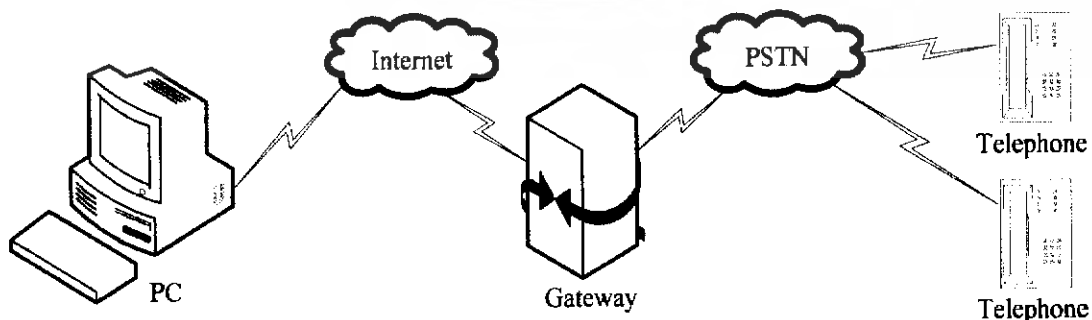


รูปที่ 2.8 ลักษณะการติดต่อระหว่างพีซีกับพีซี

ลักษณะการทำงาน

จากรูปที่ 2.8 จะเป็นการใช้คอมพิวเตอร์สองเครื่องในการเชื่อมต่อเพื่อสื่อสารข้อมูลกัน โดยผ่านทางซอฟต์แวร์หรือใช้งานผ่านทางเว็บในการส่งข้อมูลระหว่างกัน ข้อมูลเสียงที่เป็นสัญญาณอนาล็อกจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิทัลผ่านทางซาวด์การ์ด แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้นำมาทำการบีบอัดแล้วส่งผ่านโปรโตคอลทีซีพี/ไอพี เพื่อส่งผ่านอินเทอร์เน็ตไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางที่คุยอยู่ด้วย

2. ระหว่างพีซีกับเครื่องโทรศัพท์



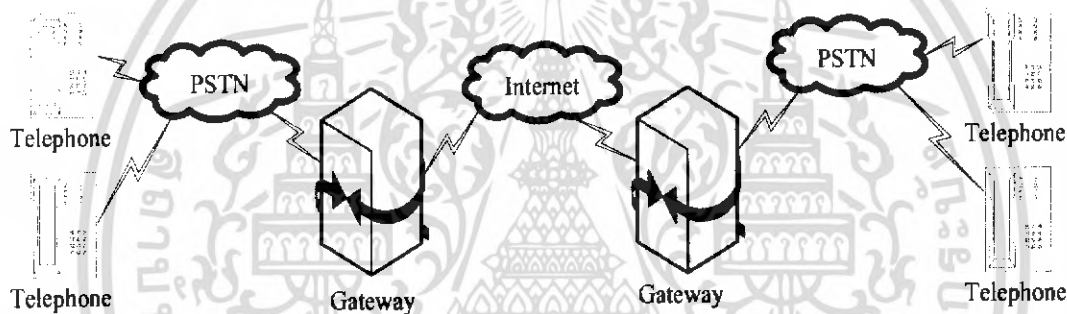
รูปที่ 2.9 ลักษณะการติดต่อระหว่างพีซีกับโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ลักษณะการทำงาน

จากรูปที่ 2.9 เป็นการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ทำการติดต่อไปยังระบบโทรศัพท์พื้นฐานที่ใช้ งานตามบ้านทั่วไป (Public Switched Telephone Network : PSTN) ในส่วนของคอมพิวเตอร์จะใช้งานผ่านทางซอฟต์แวร์หรือผ่านทางเว็บที่ให้บริการ มีลักษณะการทำงานคล้ายกับแบบพีซีกับพีซี แต่จะมีข้อแตกต่างตรงที่ปลายทางจะเป็นการติดต่อไปยังระบบโทรศัพท์พื้นฐานทั่วไป ซึ่งต้องมีสิ่ง ที่เพิ่มขึ้นมาคือเกตเวย์ (Gateway) สำหรับแปลงข้อมูลที่ส่งมาจากอินเทอร์เน็ต ไปเป็นสัญญาณใน ระบบโทรศัพท์ไปยังเครื่องโทรศัพท์ปลายทาง

### 3. ระหว่างโทรศัพท์กับโทรศัพท์



รูปที่ 2.10 ลักษณะการติดต่อระหว่างโทรศัพท์กับโทรศัพท์

### ลักษณะการทำงาน

จากรูปที่ 2.10 เป็นระบบที่มีการนำเอาระบบโทรศัพท์ระบบเดิมมาใช้ แต่ได้มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมโดยการเพิ่มเกตเวย์ขึ้นที่ชุมสาย โทรศัพท์เพื่อทำการแปลงสัญญาณข้อมูลใน ระบบโทรศัพท์ไปเป็นข้อมูลเพื่อส่งผ่านทางอินเทอร์เน็ต และที่ปลายทางก็จะมีเกตเวย์ทำการแปลง ข้อมูลที่ส่งผ่านทางอินเทอร์เน็ตแปลงกลับไปเป็นสัญญาณโทรศัพท์อีกครั้ง

#### 2.2.1 ประโยชน์ของระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต

1. ประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดต่อในระยะทางไกล เช่น การติดต่อระหว่างประเทศ
2. มีการเรียกใช้แบนวิดธ์น้อยกว่าเพราะว่าลดความจำเป็นต้องเช่าคู่สายโทรศัพท์เพิ่มจาก เดิมเพื่อใช้ในการโทรศัพท์อีกต่อไป เมื่อนำระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตมาใช้ทำให้เราสามารถ ใช้งานบนระบบเครือข่ายไอพีที่มีอยู่แล้วในบริษัทได้

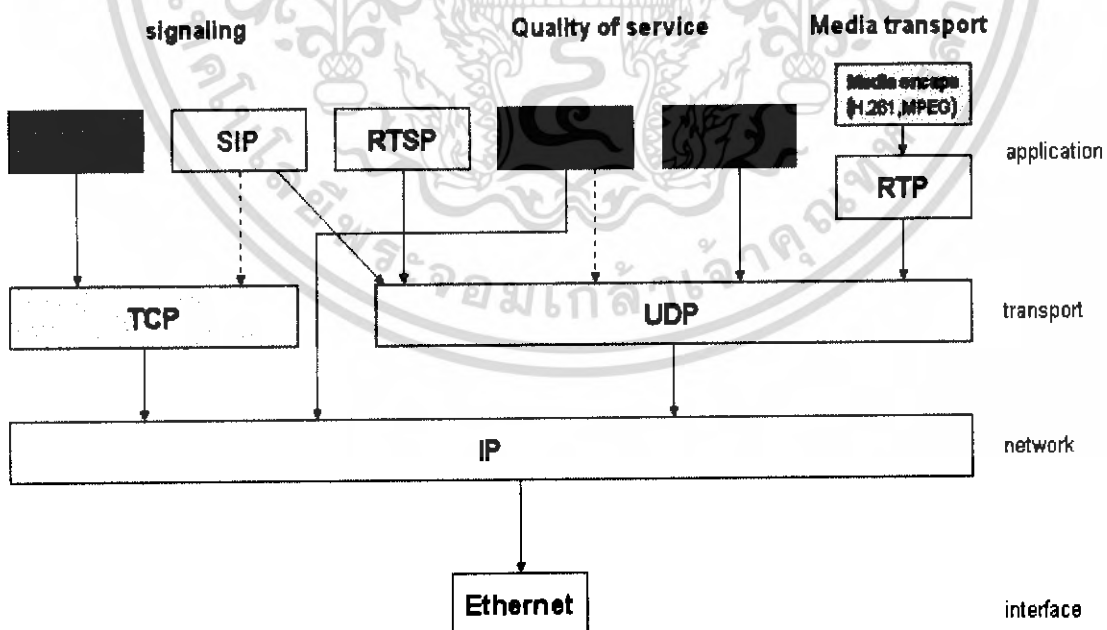
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มีการบริการดีกว่าและมากกว่าการใช้งานแบบเก่าเพราะบริการต่างๆที่มีอยู่ในตู้สาขาชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้ตามบริษัทนั้น ถ้านำระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตมาใช้งานก็ยังคงให้บริการต่างๆเหล่านั้นได้ดั้งเดิมและยังสามารถประยุกต์ใช้งานตามความสามารถของระบบเครือข่ายและระบบอินเทอร์เน็ตที่เปิดที่คิดต่ออยู่ได้เต็มที่

4. เป็นการใช้ประโยชน์จากเครือข่ายไอพีที่ได้คุ้มค่าและง่ายเนื่องจากมีการใช้งานระบบเครือข่ายไอพีเป็นพื้นฐานอยู่ทั่วไป ไม่ว่าจะเป็ระบบเน็ตเวิร์คหรือระบบอินเทอร์เน็ต ในเมื่อเรามีอยู่แล้วเราก็ควรจะเชื่อมั่นคิดว่าจะต้องแสวงหาทางเลือกอื่นที่อาจจะเสียค่าใช้จ่ายมากกว่าและไม่คุ้มค่า

### 2.2.2 โพรโทคอล H.323 (H.323 Protocol)

H.323 เป็นมาตรฐานหรือโพรโทคอลสำหรับการสื่อสารแบบพหุสื่อ (multimedia communication) แบบเวลาจริง บนเครือข่าย IP โพรโทคอล H.323 ได้ให้รายละเอียดสำหรับขั้นตอนในการสร้างการเรียก (call setup) เอนทิตีภายในเครือข่าย H.323 และการทำงานร่วมกันระหว่างเอนทิตีภายใน



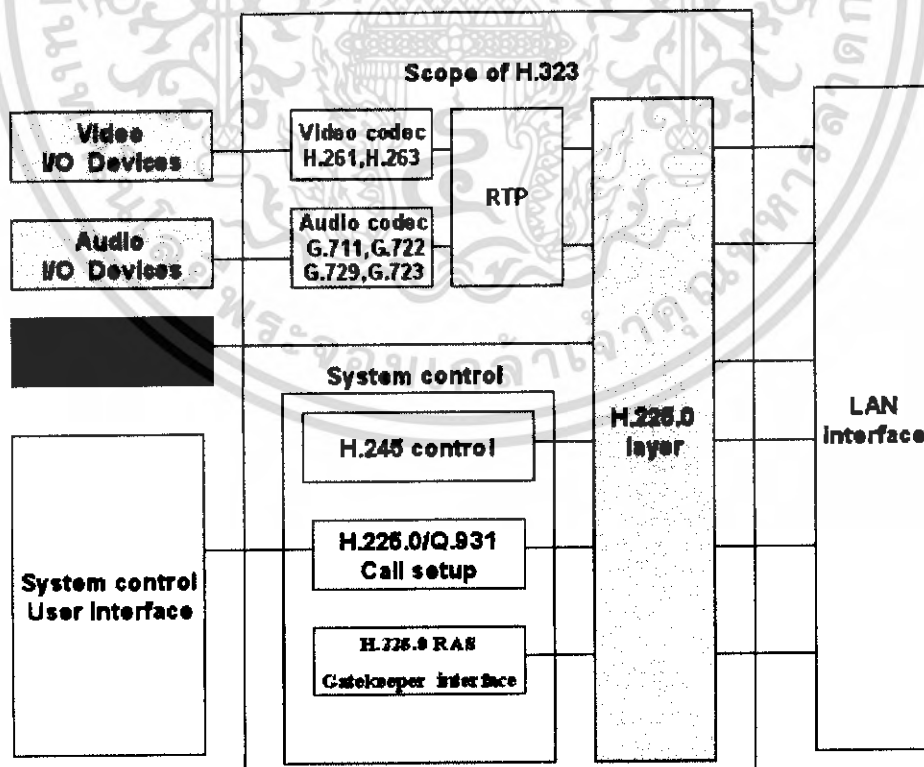
รูปที่ 2.11 IP telephony protocol stack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องข่าย H.323 ถูกพัฒนาโดย ITU-T โดยเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐาน H.32x ที่เป็นมาตรฐานสำหรับการประชุมแบบพหุสื่อ (multimedia conference) บนเครือข่ายต่างๆ เช่น H.320 สำหรับเครื่องข่าย ISDN (Integrated Service Digital Networks) H.324 สำหรับเครื่องข่าย PSTN (Public Switching Telephone Networks) H.323 จะครอบคลุมโปรโตคอลอื่นไว้ คือ H.225.0 สำหรับ call signaling และการจัดรูปแบบแพ็กเก็ตมีเดีย (media packet format) H.245 สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลความสามารถเกี่ยวกับมีเดีย (media capability exchange) และการควบคุมช่องสัญญาณมีเดีย (media channel control) H.450.x เป็นขั้นตอนสำหรับสร้างการบริการเพิ่มเติม และ H.235 เป็นมาตรฐานเกี่ยวกับความปลอดภัย เป็นต้น รวมทั้งยังได้อ้างอิงถึงมาตรฐานในการเข้ารหัสสำหรับสัญญาณเสียง เช่น G.711 G.723.1 G.729 และสัญญาณวิดีโอเช่น H.261 และ H.263

### 2.2.3 สถาปัตยกรรมของ H.323 (H.323 Architecture)

โปรโตคอล H.323 ครอบคลุมและอ้างอิงถึงโปรโตคอลอื่นๆ เช่น H.225.0/Q.931 H.245 และ H.225.0/RAS เพื่อช่วยในการทำงานของโปรโตคอล H.323 โดยสถาปัตยกรรมของโปรโตคอล H.323 สำหรับ endpoint (หรือ terminal) จะเป็นดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 H.323 terminal architecture

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตของ H.323 ดังแสดงในรูปที่ 2.12 จะจำกัดอยู่ที่มาตรฐานในการบีบอัดข้อมูล (compression) รูปแบบแพ็คเกจมีเดีย (media packet format) การส่งสัญญาณ (signalling) และ การควบคุมการรับส่งข้อมูล (flow control) ซึ่งจะมีรายละเอียดดังนี้

- การเข้ารหัส/ถอดรหัสสัญญาณวิดีโอ (video codec) ทำหน้าที่ในการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอสำหรับการส่ง และถอดรหัสสัญญาณวิดีโอที่ได้รับซึ่งจะถูกนำไปแสดงผลต่อไป มาตรฐานการเข้ารหัส/ถอดรหัสที่ endpoint จำเป็นต้องเข้า/ถอดรหัสได้คือ H.261 ที่ระดับความละเอียด QCIF (Quarter Common Intermediate Format) ส่วน H.263 ซึ่งให้คุณภาพที่ดีกว่าเป็นตัวเลือกที่อาจจะรองรับหรือไม่ก็ได้ รายละเอียดเกี่ยวกับการเข้า/ถอดรหัสสัญญาณวิดีโอจะตกลงกันระหว่าง endpoint ในช่วงของการแลกเปลี่ยนความสามารถ (capability exchange) โดยการใช้โปรโตคอล H.245 มาตรฐานการเข้ารหัส/ถอดรหัสที่จะใช้จะต้องรองรับโดยทุกๆ endpoint ที่เข้าร่วมในการสื่อสาร

- การเข้ารหัสสัญญาณเสียง (audio codec) ทำหน้าที่ในการเข้ารหัสเสียงจากไมโครโฟนหรือแหล่งกำเนิดอื่นสำหรับการส่ง และถอดรหัสสัญญาณที่ถูกเข้ารหัสที่รับได้ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังลำโพง มาตรฐานที่ endpoint จำเป็นต้องรองรับ คือ G.711 สำหรับ G.722 G.728 G.729 MPEG-1 และ G.723.1 เป็นตัวเลือกที่อาจจะรองรับหรือไม่ก็ได้ มาตรฐานการเข้ารหัส/ถอดรหัสที่จะใช้จะต้องรองรับโดยทุก endpoint ซึ่งจะทำการตกลงกันโดยใช้โปรโตคอล H.245

- ช่องสัญญาณส่งข้อมูล (data channel) มาตรฐานที่ใช้ คือ T.120 สำหรับการสร้างการประชุมข้อมูล (data conferencing) รายละเอียดหรือพารามิเตอร์อาจจะตกลงกันโดยใช้โปรโตคอล H.245

- RTP (real time transport protocol) ทั้งสัญญาณเสียงและวิดีโอจะถูกส่งโดยบรรจุในแพ็คเกจ RTP ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่ใช้สำหรับการส่งข้อมูลแบบเวลาจริง บนเครือข่าย IP โดย RTP จะทำงานร่วมกับ RTCP ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมการส่งข้อมูลโดย RTP ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว System Control Unit เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับ การส่งสัญญาณ และ flow control ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- H.245 เป็นโปรโตคอลควบคุมมีเดีย (media control protocol) ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความสามารถ (capability exchange) ตกลงรายละเอียดของช่องสัญญาณ (channel negotiation) เปลี่ยนโหมดของมีเดีย (switching of media mode) และการสร้างช่องสัญญาณทางตรรกะ(logical

channel) สำหรับส่งเสียงหรือวิดีโอ โปรโตคอลนี้จะใช้ TCP ในการส่งแพคเกจโดยใช้ช่องสัญญาณในการส่งของตัวเอง

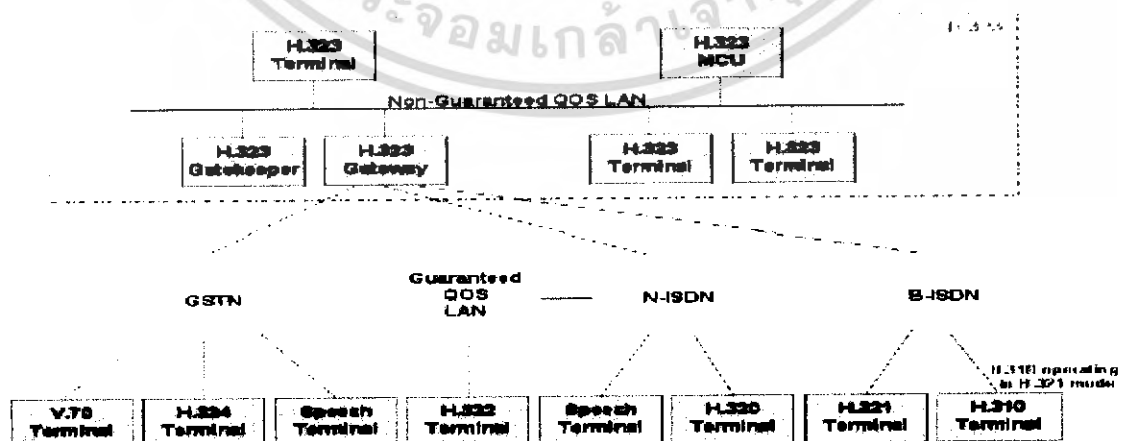
- H.225.0/Q.931 เป็นโปรโตคอล H.225.0 ในส่วนที่ทำหน้าที่สร้างการเชื่อมต่อ (connection establishment) ซึ่งถูกคัดแปลงมาจาก โปรโตคอล Q.931 โดยโปรโตคอลนี้จะใช้ TCP ในการส่งแพคเกจผ่านช่องสัญญาณของตัวเอง

- H.225.0 RAS เป็นโปรโตคอล H.225.0 ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการยอมรับ (admission control) การลงทะเบียน (registration) และการรายงานสถานะ โปรโตคอลนี้จะใช้ระหว่าง endpoint และ gatekeeper เพื่อใช้สำหรับการควบคุมดูแลโดย gatekeeper โดยแพคเกจในโปรโตคอลจะใช้ UDP

- H.225.0 layer โปรโตคอล H.225.0 เป็นโปรโตคอลสำหรับ call-signaling ซึ่งมีหน้าที่ดังที่กล่าวมาข้างต้น นอกจากนั้นยังทำหน้าที่ในการแปลงมีเดีย (วิดีโอ เสียง และข้อมูล) และข้อมูลสำหรับการควบคุม (control data) ที่จะถูกส่งให้อยู่ในรูปแบบแพคเกจที่เหมาะสมเพื่อส่งต่อไปให้กับ network interface และทำหน้าที่รับข้อมูลทั้งหมด (media data และ control data) จาก network interface เพื่อส่งให้ส่วนอื่นต่อไป

## 2.2.4 เอนทิตีและฟังก์ชันของ H.323 (H.323 entities & functions)

ในมาตรฐาน H.323 ได้อธิบายถึงเอนทิตีที่เป็นองค์ประกอบเครือข่าย H.323 ซึ่งได้แก่ เทอร์มินัล MCU (Multipoint Control Unit) เกทเวย์ และ gatekeeper การเชื่อมต่อระหว่างเอนทิตีภายในเครือข่าย H.323 กับเครือข่ายอื่นดังแสดงในรูปที่ 3. รายละเอียดของแต่ละเอนทิตีมีดังนี้



รูปที่ 2.13 เครือข่าย H.323 เอนทิตีและฟังก์ชัน H.323 เกทเวย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.4.1 เทอร์มินัล (Terminal)

เทอร์มินัล เป็น endpoint ของเครือข่ายซึ่งอาจจะเป็นคอมพิวเตอร์หรือชุดอุปกรณ์ที่สามารถใช้งานโปรโตคอล H.323 ได้ เทอร์มินัลต้องสนับสนุนการสื่อสารโดยใช้เสียง ส่วนสัญญาณวิดีโอและข้อมูลเป็นตัวเลือก ซึ่งฟังก์ชันหลักของเทอร์มินัลมีดังนี้

- ทำหน้าที่ในการติดต่อกับผู้ใช้ โดยรับคำสั่งและแสดงผลให้กับผู้ใช้
- จัดการในการส่ง call signaling ให้กับ voice gateway
- ส่งหมายเลขโทรศัพท์ (มาตรฐาน E.164) และหมายเลข IP ของผู้ใช้ ให้กับเกตวิปเปอร์ซึ่งเป็นหมายเลขที่ใช้อ้างอิงถึงในการเชื่อมต่อ ในการส่งหมายเลขดังกล่าวจะบรรจุอยู่ในเมสเสจ ARQ ของโปรโตคอล H.225.0/ RAS ซึ่งอาจจะมีหมายเลข alias address ส่งไปพร้อมกัน
- ทำการแปลงแพ็กเก็ตที่ได้รับจากเครือข่าย โดยผ่านกระบวนการของโปรโตคอลในชั้นต่างๆ ตามลำดับ (IP->UDP->RTP) เป็นเฟรมเสียง แล้วทำการถอดรหัส G.xxx ให้อยู่ในรูปของ PCM (Pulse Code Modulation) สตรีมเพื่อทำการส่งให้กับขบวนการเพื่อแสดงผลต่อไป
- ทำการเข้ารหัส G.xxx ให้กับ PCM สตรีมจากขบวนการและทำการรวมเป็นแพ็กเก็ต แล้วแปลงแพ็กเก็ตเป็นแพ็กเก็ตที่ส่งในเครือข่ายโดยผ่านกระบวนการของโปรโตคอลในชั้นต่างๆ (RTP->UDP->IP) แล้วจึงทำการส่งผ่านเครือข่ายในรูปของแพ็กเก็ต

### 2.2.4.2 เกตเวย์ (Gateway)

เกตเวย์ เป็นเอนทิตีที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่าย H.323 กับเครือข่ายอื่นซึ่งอาจจะไม่จำเป็นต้องมีในกรณีที่ไม่มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายชนิดอื่นๆ การเชื่อมต่อเครือข่าย H.323 กับเครือข่ายอื่นโดยใช้เกตเวย์จะมีลักษณะดังรูปที่ 3. เกตเวย์ทำหน้าที่เสมือนเป็น endpoint ของเครือข่ายหนึ่งในการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่าย โดยจะทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายดังนี้

- สร้างการเชื่อมต่อกับเทอร์มินัล PSTN ในระบบแอนาลอก
- สร้างการเชื่อมต่อกับเทอร์มินัลที่รองรับมาตรฐาน H.320 บนเครือข่าย switched circuit ที่เป็น ISDN
- สร้างการเชื่อมต่อเทอร์มินัลที่รองรับมาตรฐาน H.324 บนเครือข่าย PSTN

เนื่องจากเกตเวย์สามารถให้การเชื่อมต่อระหว่าง H.323 กับเครือข่ายอื่น ดังนั้นฟังก์ชันของเกตเวย์ จึงเป็นฟังก์ชันในการแปลงข้อมูลระหว่าง 2 เครือข่ายคือ

- รับและประมวลผลการเรียกที่มาจากเทอร์มินัลในเครือข่ายอื่นไปยังเทอร์มินัล H.323 เกตเวย์จะดำเนินการแปลง การส่งสัญญาณและcontrol ต่างๆ จากเครือข่ายอื่นมาเป็นของ H.323 เช่น จากขั้นตอนในการสร้างการสื่อสารจาก H.242 เป็น H.245 รวมทั้งทำหน้าที่สร้างและสิ้นสุดการเรียก หรืออาจจะมองได้ว่าเกตเวย์จะทำหน้าที่แทนเทอร์มินัลในเครือข่ายอื่น โดยเสมือนกับเป็นเทอร์มินัลในเครือข่าย H.323
- รับและประมวลผลการเรียกจากเทอร์มินัล H.323 ไปยังเครือข่ายอื่น เกตเวย์จะต้องทำการแปลง การส่งสัญญาณ และ control ต่างๆ ตาม H.323 ให้เป็นมาตรฐานในเครือข่ายอื่น เช่น แปลงจากโปรโตคอล H.245 เป็น H.242 รวมทั้งสร้างและสิ้นสุดการเรียก หรืออาจจะมองว่าเกตเวย์จะทำหน้าที่แทนเทอร์มินัลในเครือข่าย H.323 เสมือนกับเป็นเทอร์มินัลในเครือข่ายอื่น
- ทำหน้าที่ในการดูแลกระบวนการการเรียก (call) และการส่งสัญญาณ (signaling) ว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นหรือไม่ ซึ่งการทำงานจะอยู่ภายใต้การควบคุมของ gatekeeper
- ทำการเข้ารหัส G.xxx ให้กับสัญญาณ PCM จากเครือข่ายอื่น แล้วทำการรวมสัญญาณที่ถูกเข้ารหัสแล้วให้เป็นแพ็กเก็ตเพื่อส่งไปในเครือข่าย IP โดยผ่านกระบวนการแปลงของโปรโตคอลในชั้นต่างๆ เพื่อให้อยู่ในรูปแพ็กเก็ตที่สามารถส่งไปในเครือข่าย
- ทำการแปลงแพ็กเก็ตจากเครือข่าย IP กลับแพ็กเก็ตเสียง แล้วทำการถอดรหัส G.xxx และแปลงสัญญาณ PCM เพื่อส่งให้กับเครือข่าย ภายนอก

สำหรับฟังก์ชันเพิ่มเติมของเกตเวย์ไม่ได้มีการกำหนดไว้แน่นอน ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ เช่น จำนวนของเทอร์มินัลที่รองรับจำนวนการเชื่อมต่อกับเครือข่าย switched circuit และจำนวนการประชุมที่สนับสนุน เป็นต้น เมื่อเกตเวย์มีการพัฒนามากขึ้นจะทำให้เครือข่าย H.323 สามารถเชื่อมต่อกันกับเครือข่ายชนิดอื่นๆ ได้มากขึ้น

### 2.2.4.3 เกตคิปปเปอร์ ( Gatekeeper )

เกตคิปปเปอร์ ทำหน้าที่ในการดูแลและให้บริการกับเอนทิตีอื่นภายใน โชน โดย โชนจะประกอบไปด้วย เกตคิปปเปอร์ 1 ตัวและเอนทิตีอื่นๆ ทั้งหมดที่ลงทะเบียนกับเกตคิปปเปอร์ ถึงแม้ว่าเกตคิปปเปอร์เป็นเอนทิตีที่ไม่จำเป็นต้องมีในเครือข่าย H.323 แต่ เกตคิปปเปอร์ก็เป็นเอนทิตีที่สำคัญมาก ด้วยเหตุผลต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครือข่ายขนาดใหญ่สามารถแบ่งเป็นหลายโซน ซึ่งแต่ละโซนจะอยู่ภายใต้การดูแลของเกตคิปเปอร์ เพื่อความสะดวกในการดูแลรักษาเครือข่าย
- เกตคิปเปอร์สามารถให้ความปลอดภัยในการเข้าถึงเครือข่ายได้โดยการให้บริการ authentication สำหรับแต่ละการเรียก หรือแต่ละเอนทิตี
- เกตคิปเปอร์เป็นศูนย์กลางในการ authentication authorization และ admission (เรียกรวมกันว่า AAA) ของโซน
- เกตคิปเปอร์สามารถจัดการควบคุมแบนด์วิดท์(bandwidth management) เช่นการจำกัดจำนวนของการเชื่อมต่อ

เพื่อเป็นการรักษาแบนด์วิดท์สำหรับการใช้งานอย่างอื่น เช่น อีเมลล์ การโอนย้ายไฟล์ เกตคิปเปอร์ไม่สามารถเป็น endpoint ของการเชื่อมต่อได้ เมื่อมีเกตคิปเปอร์ทุกเอนทิตีจะต้องทำการลงทะเบียนกับ เกตคิปเปอร์ ดังนั้น เกตคิปเปอร์จึงทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของการเรียกทั้งหมดภายในโซนและอาจจะให้บริการเพิ่มเติมกับโซนได้ สำหรับฟังก์ชันหลักที่จำเป็นของเกตคิปเปอร์ตามมาตรฐาน H.323 มี 4 ฟังก์ชันดังนี้

- การแปลงแอดเดรส (Address translation) เกตคิปเปอร์จะทำหน้าที่ในการแปลง alias address ให้เป็น transport address เอนทิตีจะทำการส่ง alias พร้อมกับลงทะเบียนโดยใช้เมสเสจ RRQ ซึ่งอาจจะสามารถปรับเปลี่ยนในภายหลังได้
- การควบคุมการยอมรับ (Admission control) เมื่อเอนทิตีภายใน โซนต้องการสร้างการเรียก จะต้องทำการขออนุญาตไปยังเกตคิปเปอร์ โดยใช้เมสเสจ ARQ gatekeeper อาจจะอนุญาตหรือไม่ก็ได้ โดยจะทำการตรวจสอบจากเงื่อนไขต่างๆ เช่น แบนด์วิดท์ แหล่งกำเนิดการเรียก (call) และ authentication เป็นต้น
- การควบคุมแบนด์วิดท์ (Bandwidth control) gatekeeper สามารถรองรับการควบคุมแบนด์วิดท์ได้ เอนทิตีจะทำการร้องขอแบนด์วิดท์ที่ต้องการโดยใช้เมสเสจ BRQ และ เกตคิปเปอร์จะทำการตรวจสอบค่าแบนด์วิดท์ที่ร้องขอเทียบกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้สำหรับการจัดการแบนด์วิดท์ (bandwidth management) แล้วจึงจะอนุญาตหรือไม่อนุญาตด้วยการส่งเมสเสจ BCF หรือ BRJ ตามลำดับ
- การจัดการ โซน (Zone management and Directory service) จากรูปที่ 8 โซนจะประกอบด้วยเทอร์มินัล เกทเวย์และ MCU ทั้งหมดที่ลงทะเบียนกับเกตคิปเปอร์ 1 ตัว เกตคิปเปอร์ทำหน้าที่ในการดูแลและจัดการให้กับทุกเอนทิตีที่อยู่ในภายในโซน โดยการใช้ฟังก์ชันข้างต้นและการให้บริการอื่นๆ รวมทั้งการให้บริการ directory service ของโซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากฟังก์ชันหลักดังกล่าวแล้ว เกทคีปเปอร์อาจจะให้ฟังก์ชันเพิ่มเติมอื่นๆ มีดังนี้

- การควบคุมการส่งสัญญาณ (call control signaling) เกทคีปเปอร์อาจจะช่วยในการประมวลผลแมสเสจ Q.931 ที่ส่งระหว่าง เทอร์มินัลได้ในระหว่างการสร้างการเรียก
- การตรวจสอบการเรียก (call authorization) เกทคีปเปอร์อาจจะปฏิเสธการสร้างการเรียกจากเทอร์มินัลด้วยเหตุผลบางอย่าง เช่น จำกัดการเข้าถึงจากเทอร์มินัลหรือเครือข่ายบางตัว จำกัดการเข้าถึงในบางช่วงเวลา เป็นต้น ซึ่งเงื่อนไขในการตรวจสอบจะอยู่นอกเหนือขอบเขตของ H.323
- การจัดการแบนด์วิดท์ เกทคีปเปอร์จะปฏิเสธการเรียกจาก เทอร์มินัลในกรณีที่ไม่มีแบนด์วิดท์ที่เพียงพอ รวมถึงในกรณีที่มีการร้องขอการเพิ่มแบนด์วิดท์ สำหรับเงื่อนไขจะอยู่นอกเหนือขอบเขตของ H.323
- การจัดการการเรียก (call management) เกทคีปเปอร์อาจจะทำการเก็บรักษารายการการเรียกที่เกิดขึ้นเพื่อใช้ในการระบุเทอร์มินัลที่ถูกเรียกว่าว่างหรือไม่ หรือเพื่อให้ข้อมูลกับฟังก์ชันในการจัดการแบนด์วิดท์
- การตรวจสอบผู้ใช้ (authenticating users) สามารถจำกัดการการเข้าถึงของผู้ใช้ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้
- การจัดการบริการ (managing services) เกทคีปเปอร์จะทำหน้าที่ในการจัดการให้บริการต่างๆ แก่ผู้ใช้
- การจัดการฐานข้อมูลของสมาชิก (managing subscriber databases) เกทคีปเปอร์ทำหน้าที่ดูแลและจัดการเกี่ยวกับฐานข้อมูลของสมาชิกที่ได้ลงทะเบียนไว้กับเกทคีปเปอร์
- การหาคำแหน่งของสมาชิก (locating subscribers) เกทคีปเปอร์ทำหน้าที่ในการหาคำแหน่งของสมาชิกได้โดยการค้นหาจากข้อมูลของสมาชิก ที่สมาชิกได้จากการลงทะเบียน
- การรวบรวมข้อมูลสำหรับการเก็บค่าบริการ (collecting charging information) เกทคีปเปอร์จะทำการเก็บข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการคิดค่าบริการของการเรียก โดยที่การเรียก (call) ต้องถูกจัดเส้นทางผ่านเกทคีปเปอร์
- การควบคุมเกตเวย์ (managing gateway) เกทคีปเปอร์จะควบคุมการทำงานของเกตเวย์ เช่นควบคุมการสร้างการเรียก ของเกตเวย์ระหว่างเครือข่าย
- การช่วยในการสร้างการเรียก (assisting in call setup) เมื่อการเรียกถูกจัดเส้นทางผ่านเกทคีปเปอร์ จะช่วยในการสร้างการเรียก เช่น อาจจะมีการจัดเส้นทางให้กับการเรียกไปยังเกตเวย์ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดต่อสื่อสารระหว่างเอนทิตีกับเกตติปเปอร์ จะใช้โปรโตคอล H.225.0 /RAS ส่วน  
 เมสเสจ call signaling (H.225.0/ Q.931) และ media control (H.245 ) อาจผ่านเกตติปเปอร์หรือ  
 ไม่ก็ได้ขึ้นอยู่กับวิธีการลงทะเบียนของเอนทิตีและเงื่อนไขของเกตติปเปอร์ สำหรับเกตติปเปอร์อาจ  
 ถูกรวมอยู่ในเกตเวย์และ MCU ได้ โดยที่คต้องแยกทางตรรก (logical) จาก endpoint

#### 2.2.4.4 มัลติพอยท์คอนโทรลยูนิต (Multipoint Control Unit : MCU)

MCU ทำหน้าที่ในการสนับสนุนการประชุมแบบหลายจุด (multipoint conference) ระหว่าง  
 ารเทอร์มินัล 3 เทอร์มินัลขึ้นไป MCU เป็นเอนทิตีที่จะมีหรือไม่มีก็ได้ MCU ประกอบด้วย multipoint  
 controller (MC) และ multipoint processor (MP) ในการประชุมจะต้องมี MC ส่วน MP อาจจะมี  
 หรือไม่มีก็ได้ หรืออาจจะมีมากกว่าหนึ่งก็ได้ MC เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการจัดการเกี่ยวกับการส่งสัญญาณ  
 ในการควบคุมมีเดีย (media control signaling) ให้กับแต่ละเทอร์มินัล โดยที่ทุกเทอร์มินัลต้อง  
 มีช่องสัญญาณ H.245 เชื่อมต่อกับ MC แบบจุดถึงจุด

(point-to-point) ส่วน MP จะทำหน้าที่ในการจัดการกับมีเดียสตรีมโดยทำหน้าที่ในการผสม  
 (mixing) สวิตช์ (switching) และประมวลผลมีเดียที่ใช้การประชุมภายใต้การ ควบคุมของ MC

#### 2.2.4.5 มัลติพอยท์คอนเฟอร์เรนซ์ (Multipoint Conference)

การประชุมแบบหลายจุด (multipoint conference) คือการสื่อสารที่มีผู้เข้าร่วมมากกว่า 2 ซึ่ง  
 จำเป็นต้องมี MC อยู่เป็นอย่างน้อย สำหรับแบบจำลองที่ใช้มี 3 แบบ

- Centralize Model ในแบบจำลองนี้จำเป็นต้องมี MCU อยู่ทุก เทอร์มินัลที่เข้าร่วมในการประชุมค  
 ึ่งมีช่องสัญญาณ H.245 เชื่อมต่อแบบจุดถึงจุด (point-to-point) กับ MCU ซึ่ง MC จะหน้าที่ควบคุม  
 การประชุมโดยใช้ฟังก์ชันของ H.245 ส่วน MP จะทำหน้าที่รับมีเดียสตรีมจากทุกเทอร์มินัลทำการ  
 รวมสัญญาณเสียง เลือกสัญญาณวีดีโอที่ตรงกัน และประมวลผล แล้วทำการส่งกลับไปให้กลับเท  
 อร์มินัลอื่นๆ ทุกเทอร์มินัล

- Decentralized Model ในแบบจำลองนี้ เทอร์มินัลจะมัลติคาสต์สัญญาณเสียงและวีดีโอให้กับเทอร์  
 มินัลอื่นๆ โดยไม่ผ่าน MCU แต่การควบคุมยังคงถูกควบคุมโดย MC ผ่านทางช่องสัญญาณ H.245  
 ที่เชื่อมต่อกับเทอร์มินัลแบบจุดถึงจุด (point-to-point) เทอร์มินัลที่ได้รับสัญญาณจะทำหน้าที่ในการ  
 ประมวลผลสัญญาณเอง โดยอาจจะใช้ฟังก์ชัน MP ของแต่ละเทอร์มินัลช่วยทำหน้าที่ในการ  
 ประมวลผลมีเดียสตรีม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Hybrid Model แมสเสจ H.245 รวมทั้งสัญญาณเสียงหรือวีดิโอจะถูกส่งและประมวลผลผ่านMCU โดยใช้การเชื่อมต่อแบบจุดถึงจุด (point-to-point) ส่วนสัญญาณที่เหลือจะถูกส่งโดยเทอร์มินัลแบบมัลติคาสท์ให้กับเทอร์มินัลอื่นๆ

## 2.3 ระบบเครือข่าย (Network System)

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนระบบเครือข่ายจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานทางด้านระบบเครือข่ายพอสมควร ในหัวข้อนี้จะอธิบายหลักการของระบบเครือข่าย ที่จำเป็นสำหรับการทำความเข้าใจในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนระบบเครือข่ายซึ่งจะกล่าวดังต่อไปนี้

### 2.3.1 ความหมายของระบบอินเทอร์เน็ตเวิร์คกิ้ง

ระบบอินเทอร์เน็ตเวิร์คกิ้ง หรือ ระบบอินเทอร์เน็ต (Internet System) คือการเชื่อมต่อระบบเครือข่าย 2 เครือข่ายขึ้นไป เพื่อจุดมุ่งหมายในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันและการแบ่งปันทรัพยากรของระบบ เช่น ไฟล์ข้อมูล ตลอดจนการให้บริการฐานข้อมูลร่วมกัน ดังนั้นคอมพิวเตอร์บนระบบเครือข่ายหนึ่งก็สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์บนระบบเครือข่ายอื่นๆได้

### 2.3.2 สถาปัตยกรรมของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เครือข่ายอินเทอร์เน็ตถือว่าเป็นเครือข่ายที่ใหญ่ที่สุดในโลก เครือข่ายที่มีการต่อเสมือนกับใยแมงมุมครอบคลุมโลก อินเทอร์เน็ตเชื่อมโยงโลกเข้าด้วยกันอย่างไร้มิติจากคำกล่าวนี้ทำให้เราควรรู้ว่าอินเทอร์เน็ตจัดการส่วนประกอบต่างๆอย่างไร จึงทำให้แต่ละส่วนสามารถรับส่งข้อมูลและทำงานสัมพันธ์กันได้อย่างดี เราจึงจำเป็นต้องศึกษาสถาปัตยกรรมของอินเทอร์เน็ตดังต่อไปนี้

อินเทอร์เน็ตประกอบด้วยสายสื่อสารความเร็วสูงที่เรียกว่าแบคโบน (Back bone) เครือข่ายที่ต้องการเชื่อมโยงโดยตรงกับอินเทอร์เน็ตจะต่อกับแบคโบน ด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า “เกตเวย์” (Gateway) ซึ่งเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการผ่านเข้า-ออก ของข่าวสารระหว่างเครือข่ายกับแบคโบน เกตเวย์ทุกตัวสามารถกำหนดการติดต่อกับเกตเวย์ตัวอื่น หรือเครือข่ายอื่นได้ โดยใช้ไอพีแอดเดรส (IP Address) ของเครือข่ายอ้างอิงถึงกัน เช่น อินเทอร์เน็ตประเทศไทยเป็นเกตเวย์ของเครือข่ายในกลุ่มติดต่อกับเกตเวย์ของ UUNET ที่รัฐเวอร์จิเนีย สหรัฐอเมริกา

ข่าวสารจากเครือข่ายถูกส่งออกไปผ่านเกตเวย์เข้าสู่อินเทอร์เน็ต โดยที่เกตเวย์เป็นตัวเลือกทิศทางการเดินทางเพื่อไปยังปลายทางที่ต้องการ แต่ตามเส้นทางอาจจะต้องผ่านเกตเวย์อีกหลายตัว

เพื่อรับช่วงส่งข่าวสารจนถึงที่หมายถึงแม้ว่าจะต้องเดินทางระยะไกลก็ตาม แต่ด้วยสายสื่อสารความเร็วสูงทำให้การส่งข่าวสารทำได้อย่างรวดเร็ว

### 2.3.3 ข้อกำหนดรูปแบบของเกตเวย์ (Gateway Protocols)

เกตเวย์ต้องมีข้อมูลของเกตเวย์ตัวอื่นและรู้จักเครือข่ายปลายทาง เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดเส้นทางที่ข่าวสารสามารถเดินทางไปถึงได้เร็วที่สุด เกตเวย์จะมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันเกี่ยวกับเส้นทาง รายละเอียด สถานะเครือข่ายและคุณสมบัติเครือข่ายย่อยที่ติดต่อเข้าสู่เครือข่ายใหญ่ตามลำดับชั้น จึงต้องมีการกำหนดรูปแบบพิเศษสำหรับเกตเวย์ขึ้นมา

ข้อกำหนดรูปแบบเกตเวย์แบ่งออกตามการใช้งานได้ดังนี้

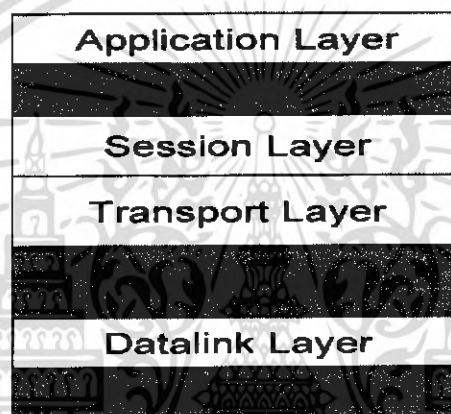
1. IGP (Interior Gateway Protocol) ถูกนำมาใช้กับเกตเวย์ที่อยู่ในเครือข่ายลูกติดต่อกับเครือข่ายลูกที่อยู่ภายในเครือข่ายแม่เดียวกัน หรือติดต่อกันระหว่างเครือข่ายแม่กับเครือข่ายลูก การเชื่อมโยงเกตเวย์ประเภทนี้มักจะไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง จึงเรียกว่าระบบอิสระจากกัน (Autonomous)
2. EGP (External Gateway Protocol) ในเครือข่ายใหญ่ๆ การติดต่อกับเครือข่ายอื่นจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอตามการเปลี่ยนแปลงของเครือข่ายย่อยที่เชื่อมโยงอยู่เป็นจำนวนมาก จึงมีข้อกำหนดรูปแบบที่ใช้กับการสื่อสารระหว่างเกตเวย์ของเครือข่ายด้วย EGP
3. GGP (Gateway-to-Gateway Protocol) การเดินทางของข่าวสารระยะไกลบนแบคโบน อาจจะต้องผ่านเกตเวย์หลายตัวว่าจะถึงปลายทาง GGP เป็นข้อกำหนดรูปแบบของการสื่อสารระหว่างเกตเวย์บนแบคโบนเพื่อทำให้การจราจรบนแบคโบนไม่ติดขัด ข่าวสารเคลื่อนที่ไปได้รวดเร็ว

### 2.3.4 โมเดลโอเอสไอ (OSI Model)

ใช้เพื่อลดปัญหาความยุ่งยากสับสนในการติดต่อสื่อสารข้อมูล โครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลภายในอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่จะถูกแบ่งเป็นชั้นๆ โดยแต่ละชั้นมีอิสระไม่ขึ้นต่อกัน ทำให้การแปลงบริการชั้นใดๆ ไม่ก่อปัญหาต่อบริการชั้นอื่น การเพิ่มเติมการบริการใหม่ทำได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลง โปรแกรมระบบเดิม และสิ่งที่สำคัญก็คือการทำระดับชั้นนั้นทำให้ตัวโปรแกรมมีขนาดเล็กสามารถระบุส่วนที่จะต้องปรับปรุงได้แน่นอน ไม่ต้องวิตกกังวลถึงโปรแกรมส่วนอื่น ทำให้การพัฒนาประสิทธิภาพของระบบทำได้ง่ายและดียิ่งขึ้น

ISO (International Standardization for Organization) ซึ่งเป็นองค์กรที่จัดขึ้นมาเพื่อดูแลและส่งเสริมตลอดจนกำหนดมาตรฐานของการติดต่อสื่อสารของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ได้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาสถาปัตยกรรมข้อกำหนดรูปแบบสำหรับเครือข่าย ซึ่งเป็นลักษณะระบบเปิดที่เรียกว่า “ Open System Interconnection Model ” (OSI) โดยโมเดล OSI นี้มีลักษณะเป็นสถาปัตยกรรมแบบระบบเปิด (Open System) เพราะมุ่งหมายที่จะให้ระบบคอมพิวเตอร์ในหลายๆรูปแบบที่แตกต่างกันสามารถเชื่อมต่อกันได้ OSI โมเดลได้แบ่งโปรโตคอล (Protocol) ในการสื่อสารออกเป็น 7 เลเยอร์ (Layer) ซึ่งโปรโตคอลก็คือชุดหรือข้อตกลงในการติดต่อ ข้อสังเกตโมเดล OSI เป็นเพียงข้อเสนอแนะมิใช่ข้อกำหนดและควรระวังว่ายังไม่มีการเชื่อมต่อที่สร้างเหมือนกับโมเดล OSI จริง



รูปที่ 2.14 โอเอสไอโมเดล

ข้อกำหนดรูปแบบแต่ละระดับชั้นของ OSI โมเดลจะต้องเป็นตามกลุ่มการบริการดังนี้

1. ระดับชั้นที่ 7 แอปพลิเคชันเลเยอร์ (Application Layer) เป็นการสื่อสารในระดับแอปพลิเคชัน เช่น เบริาเซอร์และ โปรแกรม Telnet เป็นต้น ซึ่งทำหน้าที่เป็น User Interface โดยโปรโตคอลที่ทำงานอยู่ในชั้นนี้ เช่น TELNET, FTP, SMTP, HTTP และ DNS เป็นต้น
2. ระดับชั้นที่ 6 프리เซนเตชันเลเยอร์ (Presentation Layer) มีหน้าที่ควบคุมเกี่ยวกับรูปแบบของข้อมูลที่จะถูกนำเสนอ รูปแบบดังกล่าวก็อย่างเช่น ASCII และ JPEG
3. ระดับชั้นที่ 5 เซสชันเลเยอร์ (Session Layer) ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะในการรับส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์ทั้งสองด้านให้มีความสอดคล้องกันและกำหนดวิธีที่ใช้รับส่งข้อมูล เช่น อาจจะเป็นลักษณะสลับกันส่ง (Half Duplex) หรือรับส่งข้อมูลพร้อมกันทั้งสองด้าน (Full Duplex)
4. ระดับชั้นที่ 4 ทรานสปอร์ตเลเยอร์ (Transport Layer) ทำหน้าที่ในการจัดเตรียมการส่งข้อมูลระหว่างต้นทางและปลายทาง เช่น การสถาปนาการเชื่อมต่อ การรักษาการเชื่อมต่อ และการยกเลิกการเชื่อมต่อ นอกจากนี้ยังมีหน้าที่เพิ่มเติมคือการรักษาความถูกต้องของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลด้วย เช่น โพรโทคอล TCP ส่วนโพรโทคอลที่ทำงานอยู่ในชั้นนี้เช่น UDP, TCP, และ SPX เป็นต้น

5. ระดับชั้นที่ 3 เน็ตเวิร์คเลเยอร์ (Network Layer) มีหน้าที่เลือกเส้นทางที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการนำส่งข้อมูลที่เรียกว่าแพ็กเก็ต (Packet) โพรโทคอลที่ทำงานอยู่ในชั้นนี้ เช่น IP และ IPX
6. ระดับชั้นที่ 2 คาต้าลิงก์เลเยอร์ (Data Link Layer) เป็นการทำงานในระดับ Network Interface Card และซอฟต์แวร์ไดรเวอร์ของมัน มีหน้าที่ดูแลการนำส่งข้อมูลระดับเฟรม โดยมีโพรโทคอลที่นิยมใช้ เช่น CSMA/CD
7. ระดับชั้นที่ 1 ฟิสิคัลเลเยอร์ (Physical Layer) เป็นชั้นของการกำหนดคุณสมบัติทางฮาร์ดแวร์ เช่น คุณสมบัติทางไฟฟ้า มีหน้าที่ดูแลการนำส่งข้อมูลระดับบิต (Bit)

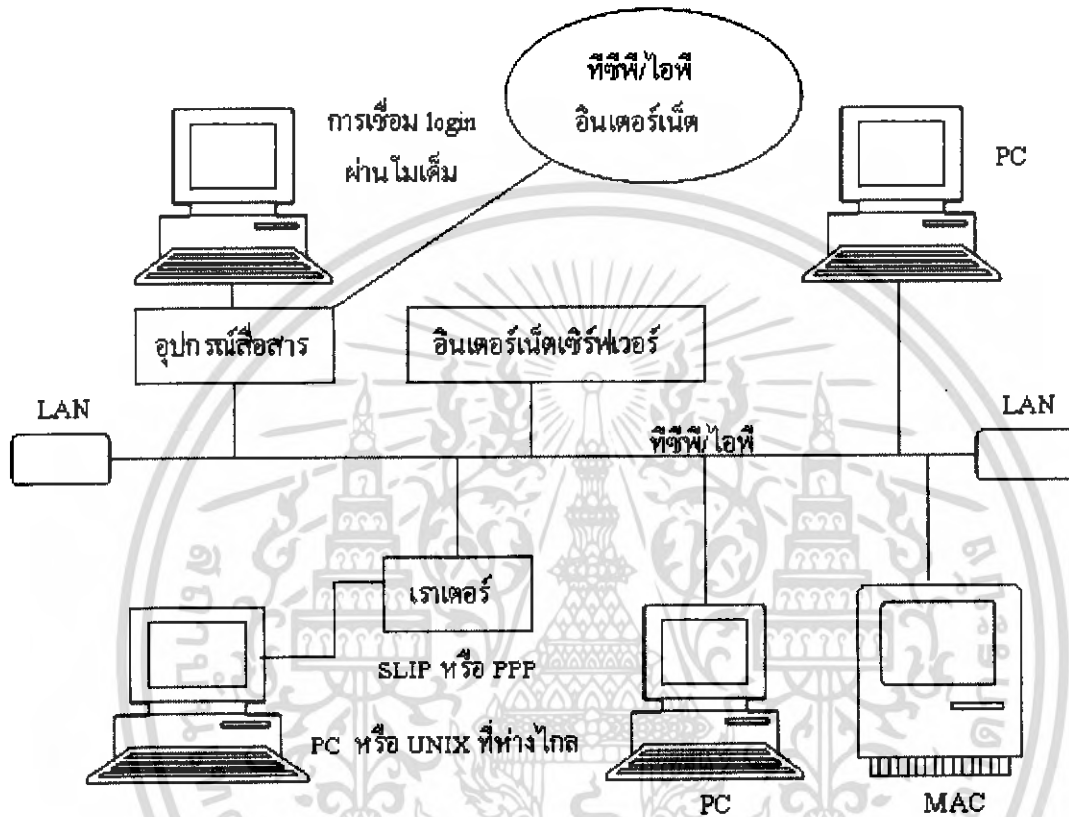
### 2.3.5 เปรียบเทียบ OSI กับ TCP/IP

เราทราบแล้วว่า OSI ได้แบ่งหน้าที่ของทั้ง 7 ชั้นออกมาเป็นอย่างไร ชั้นไหนทำอะไรบ้าง ทำให้การเชื่อมต่อรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์สองระบบทำได้ง่ายกว่าเมื่อก่อนมาก เนื่องจากทุกระบบใช้มาตรฐานเดียวกัน อย่างไรก็ตามการกำหนดมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลนี้ มีองค์กรใหญ่ๆ อยู่ 3 องค์กรด้วยกัน คือ องค์กรมาตรฐานสากล หรือ International Standard Organization (ISO) ,สถาบันวิศวกรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกา หรือ American Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) และสหภาพโทรคมนาคมสากล หรือ (International Telecommunication Union – Telecommunications (ITU-T ซึ่งชื่อเดิมคือ International Consultative Committee on Telephony and Telegraphy) หรือ CCITT) ทั้ง 3 องค์กรนี้จะทำหน้าที่ในการกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์การสื่อสารในรูปแบบต่างๆ, ระบบสื่อสาร, เครือข่ายสาธารณะและข้อตกลงที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล เป็นต้น ซึ่งทำให้งานของแต่ละองค์กรมีความซ้ำซ้อนกันมากขึ้น แต่ก็ก็เป็นผลดีที่ทำให้แต่ละมาตรฐานมีความร่วมมือกัน และเข้ากันได้กับมาตรฐานอื่นๆที่กำหนดขึ้นในคนละองค์กร

เนื่องจาก OSI เกิดขึ้นมาหลังจากที่ TCP/IP หรือ Transmission Control Protocol/Internet Protocol ได้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายไปแล้วถึง 4 ปี รวมถึงเป็นโพรโทคอลที่ใช้ได้ฟรีไม่ต้องมีค่าลิขสิทธิ์และเป็นโพรโทคอลหลักในอินเทอร์เน็ตทำให้มาตรฐานของ TCP/IP เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางและมีผู้ใช้ในการส่งข้อมูลมากที่สุดในปัจจุบัน

### 2.3.6 โพรโทคอลทีซีพี/ไอพี (TCP/IP)

ทีซีพี/ไอพี เป็นแกนสำคัญในการที่จะทำการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อาจจะอยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันหรือนอกเครือข่าย



รูปที่ 2.15 การเชื่อมโยงกันด้วยโปรโตคอล ทีซีพี/ไอพี

ความสามารถของคอมพิวเตอร์และเครือข่ายในการแลกเปลี่ยนข่าวสารข้อมูลกันบนอินเทอร์เน็ตทั่วโลกนี้เกิดขึ้นได้ด้วยความคิดที่ดูง่าย ๆ นั่นก็คือการแตกข่าวสารนั้นออกเป็นชิ้นย่อยๆ ซึ่งเรียกว่าแพ็กเก็ต (Packet) แล้วส่งมันไปยังปลายทางที่ถูกต้องแต่ละชิ้นแล้วก็ประกอบพวกมันกลับขึ้นมาเป็นข่าวสารต้นฉบับเดิมเพื่อให้ผู้รับสามารถเรียกดูได้ ซึ่งงานทั้งหมดนี้จะเป็นหน้าที่ของโปรโตคอลในการสื่อสารที่สำคัญที่สุดในอินเทอร์เน็ตสองตัวที่จะจัดการ นั่นก็คือ ทรานซมิสชันคอลลโพรโตคอล (Transmission Control Protocol : TCP) และอินเทอร์เน็ตโพรโตคอล (Internet Protocol : IP) ซึ่งอาจจะถูกอ้างถึงเป็นคำว่า ทีซีพี/ไอพี โดยที่ ทีซีพี จะเป็นตัวแตกข้อมูลออกมาเป็นแพ็กเก็ต ประกอบข้อมูลกลับคืนตามเดิมและรับประกันความถูกต้องในการดำเนินการ

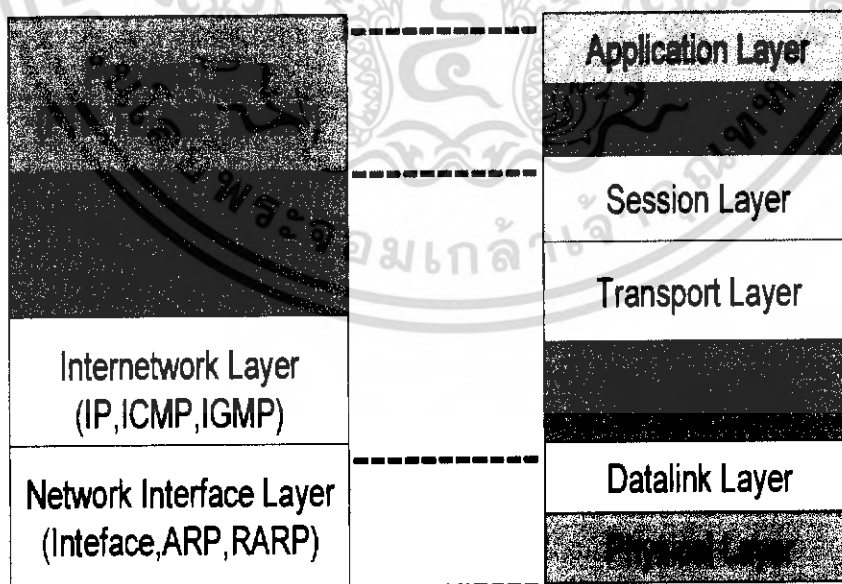
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล ในขณะที่ ไอพี เป็นตัวที่ช่วยสร้างความมั่นใจว่าแพ็กเก็ตจะถูกส่งไปยังปลายทางที่ต้องการ โดยการกำหนดแอดเดรส จัดแบ่งขนาดข้อมูลให้เหมาะสม และเลือกเส้นทางส่งข้อมูล

ทีซีพี/ไอพี (TCP/IP) ถูกนำมาใช้ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นเครือข่ายในแบบที่เรียกว่า แพ็กเก็ต-สวิตช์เน็ตเวิร์ค (Packet-Switched Network) ซึ่งในเครือข่ายแบบนี้จะไม่มี การเชื่อมต่อถาวรใดๆ ระหว่างผู้รับและผู้ส่ง แต่ทว่าข่าวสารถูกส่งออกไปมันจะแยกเป็นแพ็กเก็ตเล็กๆ และถูกส่งไปในเส้นทางที่แตกต่างกันพร้อมๆกัน แล้วถูกนำมาประกอบชิ้นใหม่ที่ด้านผู้รับอีกทีหนึ่ง ซึ่งแตกต่างกับระบบเครือข่ายของโทรศัพท์ที่เป็นเครือข่ายแบบ เซอร์กิต-สวิตช์เน็ตเวิร์ค (Circuit-Switched Network) ตรงที่ว่าในเครือข่ายของโทรศัพท์นั้นเมื่อมีการเชื่อมต่อขึ้นระหว่างจุดสองจุดแล้ว (อย่างเช่น การหมุนโทรศัพท์จากเครื่องของเราไปยังเครื่องปลายทาง) เครือข่ายส่วนที่เป็นทางเชื่อมระหว่างทั้งสองเครื่องนั้น หรือ “เซอร์กิต” จะถูกสงวนไว้ใช้งานเฉพาะการเชื่อมต่อครั้งนั้นๆ จนกว่าจะจบการติดต่อ

### 2.3.7 แบบอ้างอิงทีซีพี/ไอพีและโปรโตคอลแสดง

เครือข่ายคอมพิวเตอร์มีแบบอ้างอิงที่ใช้เป็นมาตรฐานคือ แบบอ้างอิงโอเอสไอ (OSI : Open System Interconnection Reference Model) ในขณะที่ ทีซีพี/ไอพี เป็น โปรโตคอลที่กำเนิดก่อนโอเอสไอและมีแบบอ้างอิงเฉพาะดังรูป



รูปที่ 2.16 แบบอ้างอิงทีซีพี/ไอพีเมื่อเทียบกับโอเอสไอ โมเดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของแต่ละชั้นเป็นดังนี้

- ชั้นบนเรียกว่าโปรเซสเลเยอร์ (Process Layer) จะเป็นแอปพลิเคชันโปรโตคอลที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับผู้ใช้และให้บริการต่างๆ เช่น FTP, Telnet และ SNMP ฯลฯ
- ชั้นถัดมาเรียกว่าโฮสต์โฮสต์เลเยอร์ (Host-to-Host Layer) จะเป็น TCP หรือ UDP ที่ทำหน้าที่คล้ายกับชั้นที่ 4 ของโอเอสไอโมเดล คือควบคุมการรับส่งข้อมูลจากด้านส่งไปด้านรับและตัดข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยให้เหมาะกับเครือข่ายที่ใช้รับส่งข้อมูล รวมทั้งประกอบข้อมูลส่วนย่อยนี้เข้าด้วยกันเมื่อถึงปลายทาง
- ชั้นถัดมาเรียกว่าอินเทอร์เน็ตเลเยอร์ (Internet Layer) ได้แก่ส่วนของโปรโตคอลไอพี ซึ่งทำหน้าที่คล้ายกับเลเยอร์ที่ 3 ของโอเอสไอโมเดล คือเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับระบบเครือข่ายที่อยู่ชั้นล่างลงไปและทำหน้าที่เลือกเส้นทางที่ดีที่สุดในการรับส่งข้อมูล
- ส่วนชั้นที่อยู่ล่างสุดเรียกว่าเน็ตเวิร์คอินเทอร์เฟซ (Network Interface) คือชั้นที่ควบคุมฮาร์ดแวร์การรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย ซึ่งเทียบเท่ากับเลเยอร์ที่ 1 ของโอเอสไอโมเดล ในชั้นนี้จะทำหน้าที่เชื่อมต่อกับฮาร์ดแวร์และควบคุมการรับส่งข้อมูลในระดับฮาร์ดแวร์ของเครือข่าย ซึ่งที่ใช้กันอยู่จะเป็นตามมาตรฐานของ IEEE 802.3 จะเป็นการเชื่อมต่อผ่าน LAN แบบ Ethernet LAN

การกำหนดตามโปรแกรมประยุกต์หนึ่งๆ ไม่ได้ใช้โปรโตคอลพร้อมกันทั้งหมด ใช้เพียงโปรโตคอลที่สัมพันธ์กันในแต่ละระดับชั้นของแบบอ้างอิง การซ้อนทับของโปรโตคอลจากระดับชั้นบนไปชั้นล่างเรียกว่าโปรโตคอลสแตค (Protocol stack)

### 2.3.8 การทำงานของโปรโตคอลที่ซีพี/ไอพี

1. อินเทอร์เน็ตเป็นเครือข่ายแบบแพ็กเก็ต-สวิตซ์ เน็ตเวิร์ก ซึ่งก็หมายความว่าเมื่อส่งข่าวสารข้ามอินเทอร์เน็ตข้อมูลจะถูกแตกเป็นชิ้นหรือแพ็กเก็ตย่อยๆ และแต่ละแพ็กเก็ตจะถูกส่งไปยังปลายทางโดยเป็นอิสระจากกันผ่านอุปกรณ์ค้นหาเส้นทางที่เรียกว่าเราเตอร์ (Router) หลากๆ ตัว เมื่อแพ็กเก็ตทั้งหมดเข้ามาถึงปลายทาง ก็จะถูกประกอบกลับขึ้นมาเป็นรูปแบบเดิมอีกทีหนึ่ง

โปรโตคอลสองตัวที่ใช้แตกข้อมูลออกเป็นแพ็กเก็ตจัดการกำหนดเส้นทางในการส่งข้ามอินเทอร์เน็ต แล้วประกอบมันกลับที่อีกปลายทางก็คือ อินเทอร์เน็ตโปรโตคอลซึ่งจะกำหนดเส้นทางของข้อมูลและทรานซิมิซัน คอด โทรล โปรโตคอล ซึ่งจะจัดการแตกข้อมูลออกเป็นแพ็กเก็ตและประกอบมันกลับที่อีกปลายด้านหนึ่ง

2. เมื่อคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งต้องการที่จะติดต่อกับคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งบนอินเทอร์เน็ต คอมพิวเตอร์จะเปิดการเชื่อมต่อที่ซีพีกับคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นชั้นคอนนี้อาจเทียบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับการทำงานของเครือข่ายโทรศัพท์ เมื่อคนกดปุ่มโทรศัพท์เพื่อที่จะโทรศัพท์ไปยังหมายเลขโทรศัพท์หนึ่งจะมีระบบสวิตชิงเรียกไปยังหมายเลขโทรศัพท์นั้นบนเครือข่ายให้ หลังจากมีผู้รับโทรศัพท์ก็สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้จนกว่าทั้งคู่ตัดสินใจวางโทรศัพท์ การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่องโดยใช้ทีซีพี ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้พร้อมกันสองทาง (Full duplex)

ด้วยเหตุผลหลายประการรวมทั้งข้อจำกัดของฮาร์ดแวร์ ข้อมูลที่จะส่งข้ามอินเตอร์เน็ตต้องถูกแบ่งออกเป็นแพ็กเก็ตย่อยๆ ที่มีขนาดเล็กกว่า 1,500 ตัวอักษรหรือ 1,500 ไบต์ โดยทีซีพีจะทำการแตกข้อมูลแพ็กเก็ตเรียกว่า ทีซีพีเซกเมนต์ซึ่งจะใช้ในการประกอบมันกลับคืนตามเดิม ในขณะที่ทีซีพีแยกข้อมูลออกเป็นแต่ละเซกเมนต์ก็จะมีการคำนวณค่าผลรวมสำหรับตรวจสอบ (Checksum) ขึ้นจากลักษณะและปริมาณของข้อมูลในเซกเมนต์แล้วใส่ค่านี้ลงไปเ็นเฮดเดอร์ด้วย

การจะบอกว่าผู้ใช้ต้องการใช้บริการอะไรทีซีพีต้องระบุพอร์ต (Port) เป็นตัวเลขขนาด 16 บิต เป็นบิตเสมือนแอดเดรสประจำโปรโตคอลในชั้นประยุกต์ ที่ผู้ใช้ต้องการเชื่อมต่อด้วย พอร์ตทำหน้าที่คล้ายกับหมายเลขต่อของโทรศัพท์ ยกเว้นว่าหมายเลขโทรศัพท์ (หมายเลขไอพี) และหมายเลขต่อพอร์ตของทีซีพี ถูกกำหนดไว้ในคราวเดียวกัน ทีซีพี/ทีสแกนพอร์ตหมายเลข 1 ถึง 1023 ไว้ใช้เป็นประจำโปรโตคอลประยุกต์โดยเรียกพอร์ตนี้ว่า “Well-know port” โดยปกติผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทราบหมายเลขพอร์ตที่ตนต้องใช้ โปรแกรมไคลเอนต์ที่ใช้จะรู้ว่าควรใช้พอร์ตหมายเลขอะไร

3. แต่ละเซกเมนต์จะถูกใส่ไปในไอพีดาต้าแกรม (IP datagram) ที่บรรจุข้อมูลแอดเดรสที่บอกอินเตอร์เน็ตว่าให้ส่งข้อมูลไปที่ไหน หากดาต้าแกรมมีขนาดใหญ่กว่าค่าที่กำหนดก็จะแบ่งชุดข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยๆ (Fragmentation) เพื่อให้การส่งมีประสิทธิภาพ ข้อมูลส่วนย่อยเหล่านี้อาจถูกแยกไปตามเส้นทางที่ต่างกัน สำหรับข้อมูลชุดหนึ่งจะมีแอดเดรสที่เหมือนกันเพื่อจะได้ส่งไปที่เดียวกันแล้วประกอบกลับได้อย่างเดิม แต่ละดาต้าแกรมต้องมีเฮดเดอร์ซึ่งบรรจุข้อมูลต่างๆ เช่น ไอพีแอดเดรสของผู้ส่ง ไอพีแอดเดรสของผู้รับ ช่วงเวลาหรืออายุที่แพ็กเก็ตจะถูกเก็บไว้ก่อนที่จะถูกทิ้งไปเพราะเก่าเกินไป (เช่น ในกรณีแพ็กเก็ตที่มีข้อมูลซึ่งขึ้นกับเวลา (real-time) เช่นส่วนของภาพเคลื่อนไหวหรือเสียง ถูกส่งไปผิดทางและไปไม่ถึงที่หมายสักทีจนช้ากว่าเกินกว่าจะไปทันแพ็กเก็ตอื่นๆ และหมดความจำเป็นจะต้องส่งต่อไปอีกก็จะทิ้งไปได้เลย) และข้อมูลอื่นๆอีกมาก

4. ขณะที่ดาต้าแกรมถูกส่งข้ามเครือข่ายในแต่ละเครือข่ายจะมีอุปกรณ์ที่เรียกว่าเราเตอร์ (Router) เป็นตัวตรวจสอบไอพีดาต้าแกรม (ถ้าข้อมูลถูกส่งระหว่างคอมพิวเตอร์ภายในเครือข่ายเดียวกันก็ไม่มีจำเป็นต้องใช้เราเตอร์) โดยดูที่ไอพีแอดเดรสปลายทางของมัน และจะหาเส้นทางที่ดีที่สุดสำหรับส่งดาต้าแกรมไปยังเราเตอร์ที่อยู่ใกล้ปลายทางของดาต้าแกรมนั้นๆที่สุด หลังจากเดินทางผ่านเราเตอร์หลายๆตัวแล้วดาต้าแกรมก็จะมาถึงปลายทาง แต่ด้วยเหตุที่การจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนอินเทอร์เน็ตมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ไอพีอาจส่งค่าตัวแกรมโดยไม่เรียงลำดับนอกจากนี้ไอพีไม่สามารถรับรองว่าค่าตัวแกรมส่งถึงจุดหมายได้เรียบร้อยเป็นหน้าที่ของทีซีพีทีที่ต้องตรวจสอบว่าข้อมูลถึงจุดหมายทั้งหมดหรือไม่

การส่งข้อมูลยังต้องใช้การทำงานอีกระดับคือข้อมูลต้องส่งผ่านสื่อกลาง เช่น สายอีเธอร์เน็ต สายเคเบิลไฟเบอร์ออฟติก (Fiber optic) หรือสายโทรศัพท์ ไอพีต้องใช้บริการของซอฟต์แวร์สำหรับควบคุมการใช้สื่อกลาง (Media access control) ในการส่งและรับข้อมูลผ่านสื่อเหล่านี้ ไอพีต้องใช้ความสามารถของโปรโตคอลระดับล่างอย่างเช่นอีเธอร์เน็ตเพื่อส่งข้อมูลไปตามสายสื่อสารเหมือนกับ ทีซีพี ต้องใช้ความสามารถของไอพีในการสร้าง และส่งค่าตัวแกรม

5. เมื่อแพ็กเก็ตมาถึงปลายทางของมัน ทีซีพี จะคำนวณค่าผลรวมสำหรับตรวจสอบของแต่ละค่าตัวแกรมใหม่ แล้วเปรียบเทียบค่าผลรวมสำหรับตรวจสอบที่ส่งมาในค่าตัวแกรมนั้นถ้าไม่เท่ากัน ทีซีพี บนเครื่องปลายทางก็จะรู้ว่าข้อมูลไม่สมบูรณ์ ก็เกิดความผิดพลาดขึ้นในระหว่างการส่งและจะทิ้งค่าตัวแกรมนั้นไปแล้วร้องขอให้ ทีซีพี บนเครื่องต้นทางส่งค่าตัวแกรมนั้นมาใหม่

6. เมื่อได้รับค่าตัวแกรมที่สมบูรณ์ครบทั้งหมดแล้ว ทีซีพี ก็จะประกอบข้อมูลนั้นกลับขึ้นมาเป็นรูปแบบเดิมของมัน

### 2.3.9 ลักษณะของการติดต่อ

แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

**Connection-Oriented** คือการติดต่อที่ต้องการมีการเชื่อมต่อโพรเซส (Process) ที่จะมีการส่งหรือรับข้อมูลซึ่งใช้คำว่าวงจรเสมือน (Virtual Circuit) เพราะว่าจะทำงานเสมือนมีวงจรต่ออยู่ระหว่างโพรเซส บริการชนิดนี้ส่วนมากจะใช้ในกรณีที่มีข่าวสารต้องการรับส่งมากกว่าหนึ่งข่าวสาร ดังนั้นสามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานออกดังนี้

- ขั้นตอนการสร้างการติดต่อ (Connection Establishment)
- ขั้นตอนการส่งผ่านข้อมูล (Data Transfer)
- ขั้นตอนยกเลิกการติดต่อ (Connection Termination)

**Connectionless** คือจะไม่มีขั้นตอนการสร้างการติดต่อ และขั้นตอนยกเลิกการติดต่อ แต่จะมีขั้นตอนการส่งผ่านข้อมูลเพียงอย่างเดียว โดยข้อมูลซึ่งเรียกว่าค่าตัวแกรมจะถูกส่งจากระบบหนึ่งไปสู่อีกระบบหนึ่งอย่างเป็นอิสระ โดยไม่ขึ้นอยู่กับค่าตัวแกรมอื่น

**2.3.10 อินเทอร์เน็ตโปรโตคอล (Internet Protocol : IP)**

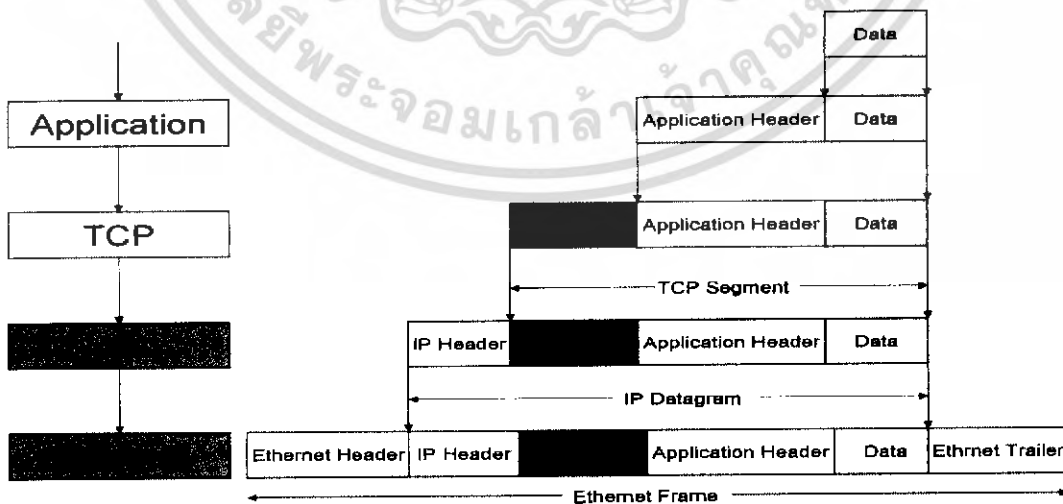
ไอฟีนับเป็นโปรโตคอลหลักของทีซีพี/ไอฟี โปรโตคอลอื่นไม่ว่าจะเป็นทีซีพีหรือยูดีพี (TCP/UDP) ต้องจัดข้อมูลในรูปค้ำแกรม (Datagram) ซึ่งประกอบด้วยเฮดเดอร์ (Header) และข้อมูล

หน้าที่หลักของไอฟี คือ จัดขนาดข้อมูลให้พอเหมาะและเลือกเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อจัดส่งค้ำแกรม ไอฟีมีรูปแบบการจัดส่งค้ำแกรมเป็นแบบ “Unreliable” และ “Connectionless”

ความหมายของ “Unreliable” คือไอฟีไม่มีกลไกรับประกันว่าค้ำแกรมที่ส่งไปจะถึงปลายทางได้สำเร็จ ไอฟีให้บริการลำเลียงค้ำแกรมอย่างดีที่สุด หากมีความผิดปกติเกิดขึ้นระหว่างการนำส่งค้ำแกรม เช่น บัฟเฟอร์ของเราเตอร์ระหว่างทางเต็มจนไม่สามารถรับค้ำแกรมได้ สิ่งที่ไอฟีดำเนินการกับค้ำแกรมคือทิ้งค้ำแกรมนั้นไป แล้วรายงานสาเหตุของปัญหากลับไปด้วยโปรโตคอลไอซีเอ็มพี (ICMP)

**2.3.11 ทรานซิมชันคอนโทรลโปรโตคอล (Transmission Control Protocol : TCP)**

ทีซีพี (TCP) เป็นโปรโตคอลที่ให้บริการชนิดที่ต้องการมีการเชื่อมต่อเป็นแบบ Connection Oriented และรับประกันความเชื่อถือในการลำเลียงข้อมูล ทีซีพีรับประกันความน่าเชื่อถือในการลำเลียงข้อมูล โดยทำหน้าที่ตรวจสอบเซกเมนต์ (Segment) ที่ผิดปกติควบคุมปริมาณการไหลของข้อมูล จัดลำดับ กำจัดเซกเมนต์ที่ซ้ำและจัดส่งเซกเมนต์ซ้ำใหม่ รวมทั้งจัดลำดับให้ถูกต้องก่อนส่งไปยังโปรแกรมประยุกต์ ระดับบนเฮดเดอร์และข้อมูลของทีซีพี เรียกว่าเซกเมนต์ การเ็นแคปซูล (Encapsulate) ทีซีพีเซกเมนต์ในไอฟีค้ำแกรม (IP datagram) แสดงดังรูป



รูปที่ 2.17 การส่งถ่ายข้อมูลระหว่างชั้นของโปรโตคอลสแตค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ต้นทางจะต้องสร้างการเชื่อมโยงกับปลายทางก่อนส่งที่ซีพีเซกเมนต์ เพื่อให้มั่นใจว่าปลายทางพร้อมจะสื่อสารด้วย และเมื่อเสร็จสิ้นการส่งถ่ายข้อมูลแล้วก็จะปิดการเชื่อมโยง

### 2.3.12 ความสัมพันธ์ของ TCP และ UDP กับอินเทอร์เน็ต

ตามสถาปัตยกรรมของชุดข้อกำหนดรูปแบบแบริโคคอล TCP/IP ระดับชั้นทรานสปอร์ตจะมีการบริการส่งข้อมูลอยู่ 2 ประเภท คือ TCP/UDP

ความแตกต่างของ TCP กับ UDP อยู่ที่วิธีการสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่อง TCP ต้องสร้างการติดต่อให้ได้ก่อนแล้วจึงส่งข้อมูลและยกเลิกเส้นทางที่ต่อกันเมื่อจบการส่งข้อมูล ส่วน UDP จะไม่มีการสร้างการติดต่อแต่จะใช้แอดเดรสของคอมพิวเตอร์ปลายทางใส่รวมกับข้อมูลแล้วส่งออกไป ข้อมูลจะเดินทางตามไอพีแอดเดรสด้วยเส้นทางที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความเหมาะสมจนกว่าจะถึงคอมพิวเตอร์ปลายทาง

TCP เป็นวิธีการสื่อสารที่มีความเชื่อมั่นได้มากกว่า UDP ทั้งการส่งและการตอบรับข่าวสารวิธีของ UDP จะไม่มีการรับประกันว่าข่าวสารจะไปถึงผู้รับ แต่ UDP มีวิธีการที่จะตรวจสอบโดยให้เครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางส่งข่าวสารการตอบรับกลับมาเมื่อได้รับข่าวสารที่ส่งไปให้ ทางด้านผู้ส่งจะตั้งเวลารอานเท่าใดควรมีการตอบกลับรับกลับมา ถ้าเกินเวลาแล้วยังไม่มีการตอบกลับก็สันนิษฐานได้เลยว่าข่าวสารนั้นได้สูญหาย UDP ก็จะทำการส่งข่าวสารเดิมให้ใหม่

เครือข่ายขนาดใหญ่เช่นอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีเครื่องคอมพิวเตอร์บนเครือข่ายจำนวนมากการใช้ TCP ที่ต้องการสร้างการติดต่อและยกเลิกอยู่บ่อยๆจึงเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ ดังนั้นอินเทอร์เน็ตจึงใช้การส่งข่าวสารแบบ UDP

### 2.3.13 ไอพีแอดเดรส (IP Address)

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อเชื่อมกับอินเทอร์เน็ตเครือข่ายที่ใช้โปรโตคอล TCP/IP มีอยู่เป็นจำนวนมาก เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องต้องสามารถระบุหรืออ้างอิงตัวตนได้โดยไม่เกิดความซ้ำซ้อนกับเครื่องคอมพิวเตอร์อื่น มิฉะนั้นข่าวสารที่เครือข่ายรับมาจะไม่สามารถส่งไปให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการข่าวสารนั้นได้ จึงต้องมีการจัดระบบที่ดี เครือข่ายอินเทอร์เน็ตหรือเครือข่ายที่ใช้ TCP/IP ได้ออกแบบจัดการระบบส่วนนี้ไว้แล้ว เครือข่ายอินเทอร์เน็ตใช้รหัสหมายเลขมากำหนดให้แต่ละเครือข่ายและเครื่องคอมพิวเตอร์ภายในเครือข่ายที่เชื่อมโยง เรียกรหัสหมายเลขเหล่านี้ว่าอินเทอร์เน็ตแอดเดรส (Internet Address)

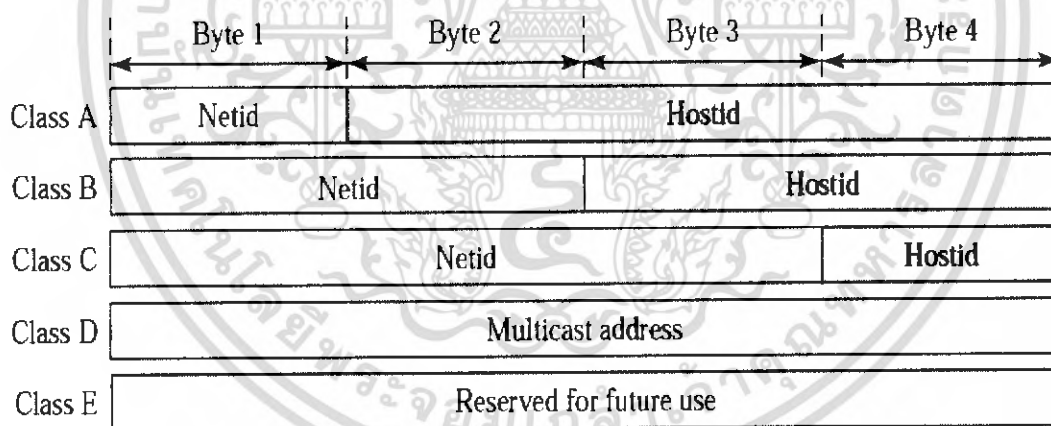
ไอพีแอดเดรสประกอบด้วยเลขฐานสองจำนวน 32 บิต แบ่งออกเป็น 4 ส่วน แต่ละส่วนมี 8 บิต เมื่อคูณเฉพาะแต่ละส่วนเป็นเลขฐานสิบจะได้เลขจำนวน 256 ค่าไม่ซ้ำกัน (0-255) ไอพีแอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะนำเอาหมายเลขทั้ง 4 ส่วนมารวมกัน โดยแยกแต่ละส่วนด้วยจุดตั้งนั้นหมายเลขทั้งหมดที่เป็นไปได้โดยไม่ซ้ำกันคือ 256 หรือ 4,294,976,296 จำนวน มีค่าหมายเลขจาก 000.000.000.000 จนถึง 255.255.255.255 หมายเลขเหล่านี้เองที่ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตใช้กำหนดให้กับเครือข่ายและเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้อ้างอิงถึงไอพีแอดเดรส บางหมายเลขสงวนไว้ใช้ด้วยจุดหมายกรณีพิเศษทำให้ไอพีแอดเดรสที่ใช้งานทั่วไปลดลงจากจำนวนที่เป็นไปได้ ความหมายของไอพีแอดเดรสจะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มดังนี้

1. กลุ่มที่ใช้เป็นรหัสประจำเครือข่าย
2. กลุ่มที่ใช้เป็นรหัสประจำเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ภายในเครือข่าย (Host Computers)

ไอพีแอดเดรสในกลุ่มรหัสประจำเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถซ้ำกันได้ แต่กลุ่มรหัสประจำเครือข่ายจะซ้ำกันไม่ได้ ดังนั้นรหัสเครื่องที่ซ้ำกันจึงไม่มีผลต่อการอ้างอิงถึง นอกจากนี้เพื่อความเหมาะสมในการกำหนดไอพีแอดเดรสให้กับผู้ขอทางผู้บริหารอินเทอร์เน็ตจึงได้กำหนดคลาส (Class) ของผู้ขอตามขนาดของเครือข่ายเพื่อให้ทรัพยากรส่วนนี้ถูกใช้อย่างคุ้มค่าที่สุด องค์กรขนาดใหญ่มักจะจัดให้อยู่ในคลาสที่สามารถกำหนดไอพีแอดเดรสให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายได้มากกว่าองค์กรขนาดเล็ก การแบ่งคลาสจะแบ่งได้ดังรูป



รูปที่ 2.18 คลาสของไอพีแอดเดรส

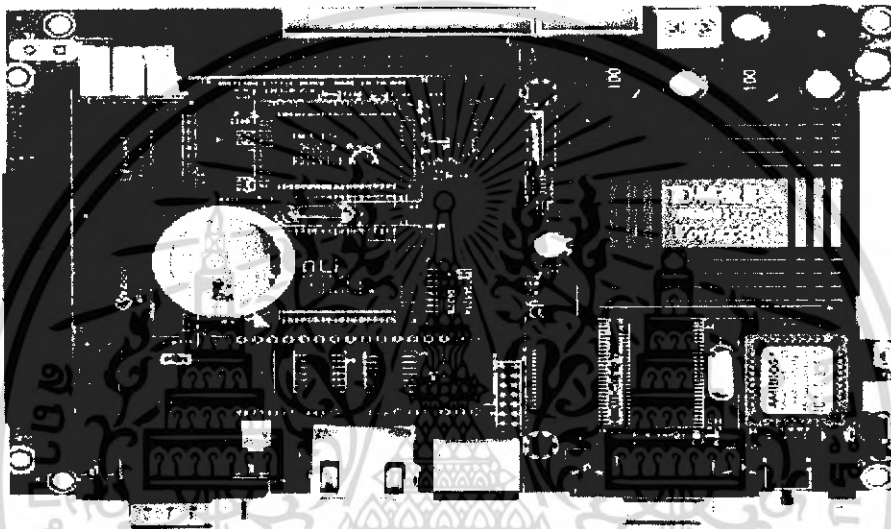
จากรูปที่ 2.18 จะแสดงประเภทของไอพีแอดเดรสและข้อกำหนดปลีกย่อยต่างๆ เราสามารถทราบได้ว่าเครือข่ายองค์กรถูกจัดอยู่ในคลาสใด โดยดูจากค่าหมายเลขของ 8 บิตแรกซ้ายมือสุดดังนี้

- Class A: ไอพีแอดเดรสอยู่ในช่วง 1 ถึง 126
- Class B: ไอพีแอดเดรสอยู่ในช่วง 128 ถึง 191
- Class C: ไอพีแอดเดรสอยู่ในช่วง 192 ถึง 233

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 ระบบฝังตัว (Embedded System)

ระบบฝังตัว (Embedded System) คือระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ประมวลผลด้วยซีพียู แต่จะต่างจากที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ โน้ตบุ๊ก โดยที่คอมพิวเตอร์ฝังตัวมักจะซีพียูที่ออกแบบเฉพาะมากกว่า ที่ผ่านมาระบบฝังตัวได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในรถยนต์ เครื่องบิน ยานอวกาศ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและสำนักงาน โทรศัพท์มือถือ ตลอดจนของเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ



รูปที่ 2.19 ระบบฝังตัว (Embedded System)

ระบบฝังตัว คือ อุปกรณ์ที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม ที่มีเจ้าตัวไมโครชิพที่มีการเขียนโปรแกรมใส่เข้าไป ไมโครชิพที่ว่านี้มีหลายรูปแบบเป็นทั้งแบบไม่ต้องมีโปรแกรมทำได้เลย กับแบบที่ต้องเขียนโปรแกรมเข้าไป ระบบฝังตัวนี้หมายถึงระบบที่มีไมโครชิพทำหน้าที่ควบคุมอยู่และการควบคุมนั้นเป็นการควบคุมโดยการเขียนโปรแกรมฝังเข้าไป อุปกรณ์ที่มีระบบฝังตัวอยู่ที่ได้เห็นได้ชัดที่สุดคือ โทรศัพท์มือถือ ภายในประกอบด้วยบอร์ดวงจร และหน่วยความจำ ที่สำคัญที่สุดคือไมโคร โปรเซสเซอร์ ซึ่งผู้ผลิตเอสพีวีนำมาใช้เป็นไมโครชิพของ ARM เวอร์ชัน 720 เช่นเดียวกับ พีดีเอ iPaq ซึ่งรุ่นก่อนหน้าก็ใช้ไมโครชิพของ ARM รุ่น SA1110 และเพิ่งจะเปลี่ยนมาใช้โปรเซสเซอร์ Xscale ของอินเทล ซึ่งประหยัดแบตเตอรี่มากกว่าและมีความเร็วสูงกว่า โทรศัพท์มือถือทั้งหมดเป็น Embedded System นั่นคือ เดิมเราเห็นคอมพิวเตอร์เป็นคอมพิวเตอร์ ถ้าจะให้ทำงานอะไรก็จะใส่โปรแกรมเข้าไปคอมพิวเตอร์ก็จะทำงาน ถ้าเป็น Embedded System จะมองไม่เห็นการใส่โปรแกรม เวลาจะใช้ก็สามารถกดใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตรงได้เลยเหมือนกับการใช้เครื่องเล่นวีดีโอ นั่นคือไม่ต้องโหลดหรือเรียกโปรแกรม เวลาต้องการใช้ก็สามารถกดปุ่มสั่งให้เครื่องทำงานได้

ระบบฝังตัวซอฟต์แวร์ต่างๆ จะถูกฝังลงในหน่วยความจำชนิดอ่านได้อย่างเดียวหรือที่เรียกว่า ROM (Read Only Memory) หรือพวก flash memory chip การเรียกใช้โปรแกรมจึงทำได้อย่างรวดเร็ว ต่างจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือพีซี โดยที่โปรแกรมจะถูกเรียกมาใช้ที่หน่วยความจำ RAM (Random Access Memory) ทุกครั้งจะเห็นได้ว่าระบบฝังตัวสามารถนำไปใช้งานได้ไม่จำกัด โดยแต่ละปีไมโครโปรเซสเซอร์นับพันล้านตัวจะถูกผลิตออกมาป้อนสู่ตลาดเพื่อประกอบในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ อุปกรณ์ที่ใช้ระบบฝังตัวนี้จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ชิพขนาดเล็กกินไฟน้อย มีระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์อยู่ในตัว ไมโครชิพสามารถทำงานได้หลายอย่างและเมื่อตัวไมโครชิพและหน่วยความจำมีขนาดเล็กลง และราคาถูกลง แดมยังมีความสามารถสูงขึ้นกว่าเดิม จึงสามารถเอาไปใส่ในอุปกรณ์ขนาดเล็กได้ และสามารถเขียนโปรแกรมที่มีความซับซ้อนได้ เพราะฉะนั้น โทรศัพท์มือถือบางรุ่นจึงมีความสามารถเพิ่มขึ้นมากกว่าแต่ก่อนมาก

ข้อดีของระบบฝังตัวคือ มีขบวนการใช้งานที่หลากหลายมากขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของชิพ และลักษณะการนำไปใช้งาน

#### 2.4.1 การใช้งาน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีระบบฝังตัวนั้นกำลังเป็นที่จับตามองเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ได้เริ่มมีการเพิ่มหน่วยประมวลผลเข้าไปเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติที่แตกต่างหรือเหนือกว่าคู่แข่งไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์ วิทยุ โทรทัศน์ เป็นต้น นอกเหนือจากมุมมองจากทางด้านการใช้งานแล้ว เทคโนโลยีของหน่วยประมวลผลเองนั้นก็ได้รับการพัฒนาให้ก้าวหน้าอยู่ตลอดเวลา ในปัจจุบันเรามีไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขนาดเล็ก และกินไฟน้อยออกมาให้เลือกใช้งานกันอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงไม่น่าแปลกใจที่เราจะเห็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กลง แต่สามารถใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาดเล็กเพียงไม่กี่ก้อนเท่านั้น

ถ้าจะกล่าวถึงการพัฒนาเทคโนโลยีของระบบฝังตัวแล้ว โดยส่วนใหญ่ผู้พัฒนาจะให้ความสำคัญกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และไมโครโปรเซสเซอร์เป็นหลัก ทั้งนี้เนื่องจากเป็นส่วนที่มีความสำคัญกับการประมวลผลและคุณสมบัติของระบบฝังตัว

#### 2.4.2 การแบ่งระดับของระบบฝังตัว

สำหรับเทคโนโลยีของระบบฝังตัวที่แบ่งตามความซับซ้อนในการประมวลผลและลักษณะการใช้งาน สามารถแบ่งออกได้ 3 ระดับดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบฝังตัวขนาดเล็ก เหมาะสำหรับควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานที่ทำงานไม่ซับซ้อนมากนัก โดยส่วนใหญ่มักจะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยความจำ ส่วนติดต่อกับอินพุทและเอาต์พุท รวมทั้งส่วนประกอบที่จำเป็นรวมอยู่ภายในเสร็จสรรพ ทั้งนี้ก็เพื่อความง่ายต่อการพัฒนาวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์เหล่านี้มักจะมีขนาดเล็ก (4 บิต หรือ 8 บิต) มีหน่วยความจำภายในไม่มาก ประมาณ 10-120 กิโลไบต์ มีพอร์ตอินพุทเอาต์พุทตั้งแต่ 1-4 พอร์ต สามารถติดต่อกับส่วนสื่อสารอนุกรมหรือขนานได้ทันที ตัวอย่างของไมโครคอนโทรลเลอร์เหล่านี้ได้แก่ MCS-51, PIC, และ Z80 เป็นต้น

- ระบบฝังตัวขนาดกลาง จะมีความในการทำงานสูงขึ้นมาจากระบบฝังตัวขนาดเล็ก ส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้กับงานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษที่ไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์ขนาดเล็กทำไม่ได้ เช่น ต้องการหน่วยความจำที่มีขนาดมากขึ้น ต้องการความเร็วในการทำงานมากขึ้น หรือต้องการสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นๆ เป็นต้น ไมโครโปรเซสเซอร์เหล่านี้มักมีขนาด 16 บิต และ 32 บิต ดังเช่นตระกูล x81 ของบริษัท Intel และ AMD ตระกูล ARM7 เป็นต้น ไมโครโปรเซสเซอร์เหล่านี้มักมีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะทาง เช่น การสื่อสาร หรือการประมวลผลชนิดพิเศษ

- ระบบฝังตัวขนาดใหญ่ มีความสามารถในการประมวลผลมากเป็นพิเศษ ส่วนใหญ่จะเป็นระบบฝังตัวที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับประมวลผลเป็นหลัก หรืออาจจะเป็นระบบฝังตัวที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นพื้นฐาน (PC-Based) ระบบฝังตัวประเภทนี้ส่วนใหญ่ใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่มีการใช้งานทั่วไป ดังเช่น นำระบบฝังตัวประเภทนี้ไปประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์สำหรับระบบเครือข่าย เช่น เราท์เตอร์ อินเทอร์เน็ต หรือเว็บเซิร์ฟเวอร์ เป็นต้น

เนื่องด้วยสิ่งสนับสนุนในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีอยู่เป็นจำนวนมากนี้ทำให้ผู้คนต่างๆ ในหลายๆสาขาหันมาให้ความสนใจกับไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กเป็นจำนวนมากแต่ปัญหาที่กำลังเกิดขึ้นก็คือ ความสามารถของตัวผลิตภัณฑ์ที่พัฒนามานี้กำลังจะถูกจำกัดด้วยความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้

ยกตัวอย่างเช่นในการพัฒนาหุ่นยนต์ในสถานศึกษาต่างๆ นั้นจะเห็นได้ว่าหุ่นยนต์เหล่านี้ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงมาเป็นเวลานาน แต่สิ่งที่เกิดขึ้นก็คือหุ่นยนต์ที่นักศึกษาได้พัฒนาขึ้นในวันนี้มีคุณสมบัติส่วนใหญ่เหมือนกับหุ่นยนต์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเมื่อ 5 ถึง 10 ปีที่แล้ว แต่จะแตกต่างกันตรงที่เวลาที่ใช้ในการพัฒนา ในอดีตการพัฒนากระบวนการประมวลผลสำหรับหุ่นยนต์อาจจะใช้เวลานานเป็นเดือน เนื่องด้วยข้อจำกัดของแหล่งเครื่องมือและแหล่งความรู้ แต่ในวันนี้ นักศึกษาสามารถพัฒนาหุ่นยนต์ที่มีคุณสมบัติเดียวกันได้ภายในเวลาไม่กี่สัปดาห์เท่านั้น จากสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อเราได้ย้อนกลับไปพิจารณาถึงต้นเหตุของปัญหาต่างๆ แล้วก็จะทำความเข้าใจได้ไม่ยากเลยเนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก ซึ่งพร้อมด้วยตัวเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาและข้อมูลประกอบแต่ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กเหล่านี้มีข้อจำกัดค่อนข้างมากจึงไม่สามารถพัฒนาให้หุ่นยนต์ของคุณให้มีความฉลาดหรือจะพัฒนาให้ตัวหุ่นยนต์สามารถทำงานได้หลากหลายมากขึ้น เนื่องจากตัวหน่วยความจำที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กเหล่านี้ มีให้นั้นไม่เพียงพอโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้เมื่อใช้เครื่องมือในการพัฒนาด้วยภาษาระดับสูงซึ่งกินพื้นที่ในหน่วยความจำมาก ถ้าจะหันกลับไปใช้ภาษาระดับล่างอย่างภาษาแอสเซมบลี ก็ทำให้การเขียนโปรแกรมทำได้ยากมากส่งผลให้หุ่นยนต์ไม่สามารถจะทำงานที่มีความซับซ้อนได้ หรือแม้แต่การใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมเอง เครื่องจักรที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครโพรเซสเซอร์ขนาดเล็กจะมีคุณสมบัติและฟังก์ชันการทำงานที่ไม่สูงมาก เครื่องจักรเหล่านี้ส่วนใหญ่จะไม่สามารถใช้ในการสื่อสารข้อมูลเป็นระบบเครือข่าย ซึ่งจะช่วยให้การควบคุม และการดูแลสามารถทำได้ง่ายขึ้นและถ้าวิศวกรต้องการพัฒนาให้เครื่องจักรสามารถทำงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้น มีความฉลาดมากขึ้น หรือสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ผ่านระบบเครือข่ายอย่าง SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) แล้วจำเป็นต้องใช้ระบบฝังตัวที่มีความสามารถสูงกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 หรือไมโครโพรเซสเซอร์ Z80

### 2.4.3 ส่วนประกอบต่างๆที่สำคัญของชุดพัฒนาคอม 86 รุ่น ICOP-6047

#### 1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Vortex86

ไมโครคอนโทรลเลอร์ Vortex86 ถือว่าเป็นศูนย์กลางที่ควบคุมการทำงานส่วนต่างๆของบอร์ดคอม 86 ซึ่ง Vortex86 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิปเดี่ยว (Single Chipset) ราคาต่ำแต่มีประสิทธิภาพสูงทั้งทางด้านฝั่ง North Bridge และการติดต่อกับฮาร์ดแวร์ผ่านทางจียูไอ GUI ทางด้านฝั่ง Super – South Bridge อีกทั้ง Vortex86 ยังมีการพัฒนาทางด้านการออกแบบให้ใช้ไฟฟาลดลงทำให้ประหยัดพลังงานมากขึ้น

#### 2. หน่วยความจำ

หน่วยความจำชุดพัฒนาคอม 86 ของบริษัทไอซีไอพี รุ่น ICOP-6047 นี้เป็นแบบ SDRAM มีความจุ 128 MB ซึ่งหน่วยความจำนี้จะฝังอยู่บนบอร์ดและเชื่อมต่อกับหน่วยประมวลผลด้วยช่องทางการส่งข้อมูลที่กว้างถึง 64 บิต

#### 3. ช่องทางการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

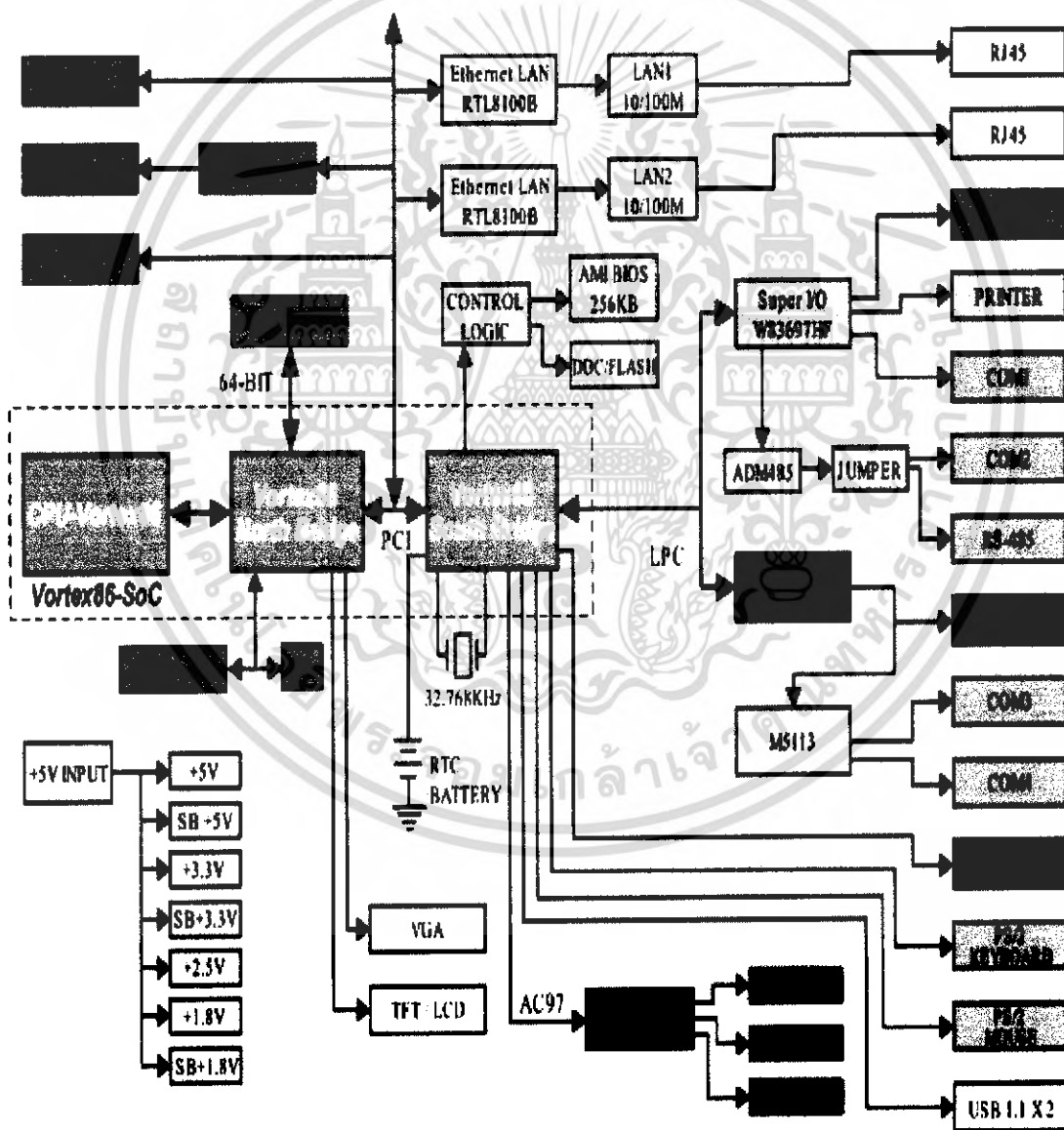
ช่องทางการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกนั้น ชุดพัฒนาคอม86รุ่น ICOP-6047 นี้มีช่องทางการเชื่อมต่อที่หลากหลายทำให้เราสามารถเข้าถึงได้ง่ายและสามารถจัดการทรัพยากรต่างๆ ของชุดพัฒนาคอม 86 ได้เป็นอย่างดี เช่น Serial port, Parallel port ช่องต่อฟลอปปีดิสก์ (Floppy disk) ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเพื่อขยายไอดีอี (Enhanced IDE interface) ยูเอสบีพอร์ต (USB port) หรือการต่อด้วยสายแลน (LAN) เป็นช่องทางการเชื่อมต่อที่มีประโยชน์มาก เป็นต้น

#### 4. ช่องทางการแสดงผล

ชุดพัฒนาคอม 86 ของบริษัทไอซีโอพี รุ่น ICOP-6047 นี้มีช่องทางการแสดงผลอยู่สองช่องทางด้วยกันคือ ช่องทางแรกจะเป็นส่วนของการแสดงผลทางจอภาพคือ แบบจอซีอาร์ที (CRT Monitor) และแบบจอแอลซีดี (LCD Monitor) และการแสดงผลอีกทางหนึ่งคือทางเสียง ซึ่งสามารถรับอินพุตได้ทางนี้ด้วย



รูปที่ 2.20 ส่วนประกอบต่างๆ ของชุดพัฒนาคอม 86 รุ่น ICOP-6047

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.4.4 ชีตจำกัดของเทคโนโลยี

ถ้าจะกล่าวถึงไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโพรเซสเซอร์สำหรับระบบฝังตัวที่มีความนิยมสูงสุดในประเทศไทยก็คงเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก นักพัฒนามีทางเลือกสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กเหล่านี้อย่างหลากหลายไม่ว่าจะเป็น Atmel MCS51, Microchip PIC 16c64, หรือแม้แต่ไมโครโพรเซสเซอร์ขนาดเล็กอย่าง Z80 เองก็ตาม ไมโครโพรเซสเซอร์ขนาดเล็กเหล่านี้มีการใช้งานภายในประเทศมานานแล้วทำให้มีเครื่องมือ ข้อมูลประกอบการพัฒนา และผู้เชี่ยวชาญจำนวนมาก เครื่องมือสำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กเหล่านี้มีตั้งแต่ คอมไพเลอร์สำหรับภาษาระดับสูง อย่าง C และ ดีบั๊กเกอร์ ข้อมูลมีหนังสือและเอกสารที่ตีพิมพ์ออกมาโดยสำนักพิมพ์ต่างๆ และสำหรับผู้เชี่ยวชาญก็นับได้ตั้งแต่อาจารย์ที่สอนอยู่ในสถาบันหรือมหาวิทยาลัย ไปจนถึงวิศวกรและช่างเทคนิคที่ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เหล่านี้

#### 2.5 การบีบอัดเสียง (Voice Compression)

ในการที่เราจะส่งเสียงผ่านระบบอินเตอร์เน็ตนั้น ในเบื้องต้นจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณเสียงพูดที่ได้รับจากไมโครโฟนซึ่งเป็น Analog ให้เป็น Digital ก่อน ซึ่งส่วนนี้ระบบปฏิบัติการและไดร์เวอร์ของการ์ดเสียงจะเป็นตัวทำให้โดยอัตโนมัติอยู่แล้วจึงจะไม่กล่าวถึง แต่ว่าการที่เราจะส่งสัญญาณออกไปนั้นจะเอาสัญญาณที่ได้จากการที่แปลงข้างต้นนั้นไม่ไหวแน่ เพราะว่าขนาดของข้อมูลจะใหญ่มากซึ่งจะสังเกตได้จากเมื่อเราทำการบันทึกเสียงเข้าทางไมโครโฟน ไฟล์ที่ได้มีขนาดใหญ่ เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการบีบอัดข้อมูลของเสียงก่อนที่จะส่งออกไปซึ่งการรูปแบบของการบีบอัดเสียงตามมาตรฐานของ H.323 มีดังนี้

ตารางที่ 2.2 การบีบอัดข้อมูลด้วยวิธีต่างๆ ตามมาตรฐาน H.323

มาตรฐาน	อัลกอริทึม	อัตราบิตเรท (kbps)	คุณภาพเสียง
G.711	PCM	64	ดีมาก
G.722	SB-ADPCM	48,56,64	ดี
G.723	V-CELP	5.3,6.3	ดี
G.728	LD-CELP	16	ดี
G.729	CE-CELP	8	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

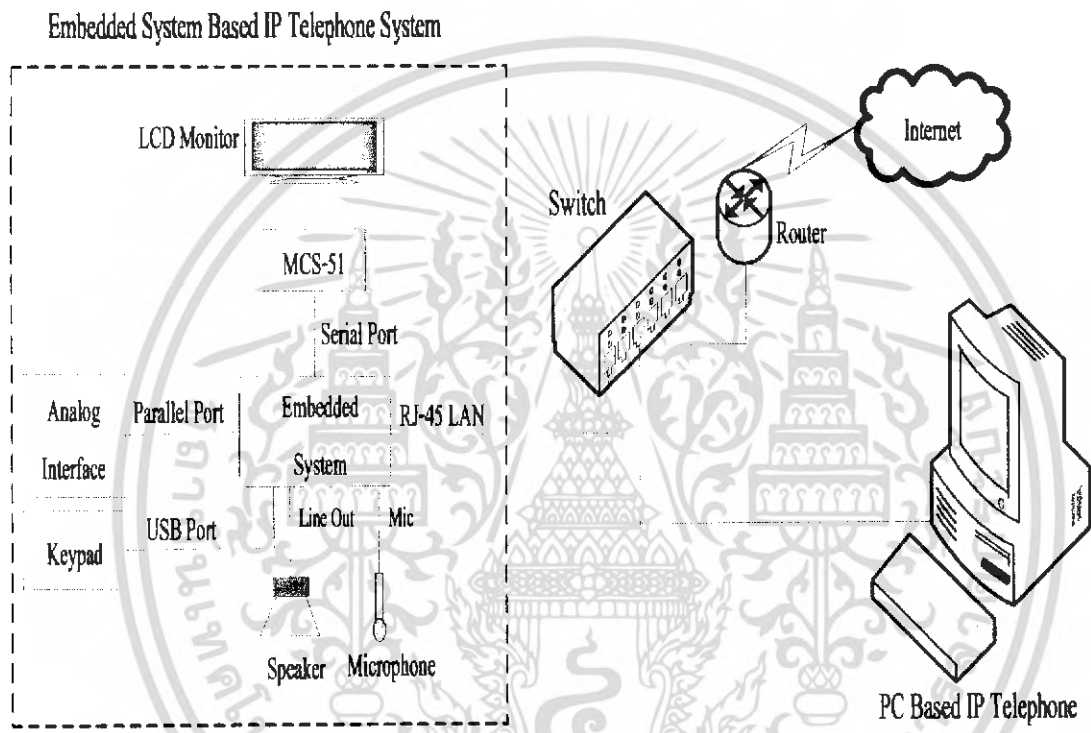
### 2.5.1 Pulse Code Modulation (PCM)

วิธีการเข้ารหัสสัญญาณเสียงนั้น ปัจจุบันในโครงข่ายสื่อสารสาธารณะได้ใช้วิธีการเข้ารหัสแบบ PCM โดยที่สัญญาณเสียงจะถูกเปลี่ยนเป็นข่าวสารดิจิทัลขนาด 64 Kbps เพื่อใช้ในการส่ง โดยทั่วไปนั้น การเปลี่ยนสัญญาณอะนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลนั้นจะเกิดสัญญาณรบกวนจำเพาะเกิดขึ้น ซึ่งก็คือสัญญาณรบกวนจากการควอนไทซ์ ในทางปฏิบัติการแปลงระหว่างสัญญาณอะนาล็อกกับดิจิทัลเป็นแบบเส้นตรง สำหรับสัญญาณเสียงโทรศัพท์ในแถบความถี่ 4 KHz นั้น ถ้าหากต้องการให้คุณภาพการส่งที่มีอิทธิพลเนื่องจากสัญญาณรบกวนจากการควอนไทซ์ให้ต่ำกว่าค่าที่ปรากฏอยู่จำเป็นต้องใช้อัตราบิต 100 Kbps อย่างไรก็ตามเนื่องจากอัตราบิตนั้นจำเป็นต้องจำกัดให้อยู่ภายในขอบเขตที่จำเป็น ดังนั้นการใช้วิธีการเข้ารหัส PCM ในทางปฏิบัติจะเพิ่มส่วนของการอัดขยายเข้าไปด้วย และในการที่จะรักษาคุณภาพการสื่อสารให้มีระดับตามที่ต้องการเช่นเดียวกับการควอนไทซ์แบบเส้นตรง ดังที่ได้กล่าวมาสามารถอัดย่อข้อมูลไว้ที่ 64 Kbps และวิธีการโดยรวมนี้ได้ถูกนำมาใช้เป็นวิธีการตามมาตรฐานสากล

## บทที่ 3

### การออกแบบและการทำงานของระบบ

การออกแบบโครงงานนี้แยกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์



รูปที่ 3.1 โค้ดแแกรมการทำงานของระบบ

### 3.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์

- ระบบฟังตัว
- วงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์ ( Analog Interface )
- ส่วนแสดงผล

#### 3.1.1 ระบบฟังตัว

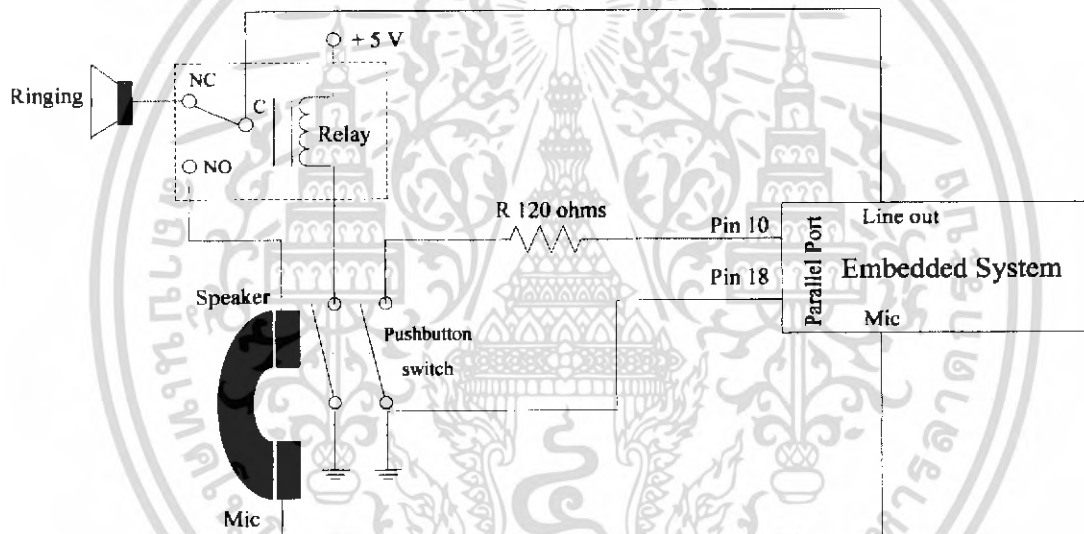
ระบบฟังตัวเป็นตัวกำหนดหมายเลขไอพีแอดเดรสของระบบโทรศัพท์ และควบคุมการติดต่อสื่อสารของโปรโตคอลต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยทำการติดต่อผ่านทางพอร์ต RJ-45 (LAN) ของระบบฟังตัว นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ติดต่อกับส่วนวงจรตรวจสอบการยกหูและวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการวิจัยเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หูโทรศัพท์ผ่านทางพอร์ตขนาน ส่วนรับการป้อนหมายเลขไอพีแอดเดรสจากคีย์แพด ( Keypad ) ผ่านทางพอร์ตยูเอสบี ( USB Port ) ส่วนเชื่อมต่อกับลำโพง,ไมโครโฟน และส่วนที่ติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแสดงผลที่จอแอลซีดี

### 3.1.2 วงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์

วงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์นี้ ทำหน้าที่ตรวจสอบการวางหูและยกโทรศัพท์ในขณะที่ใช้งาน โดยทำการรับค่าจากสวิทช์แล้วส่งค่าเข้ามาที่ระบบฝังตัวผ่านทางพอร์ตขนานเพื่อนำมาประมวลผลในโปรแกรม ส่วนของวงจรแสดงดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.2 วงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์

ในส่วนของวงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์นี้ เราใช้หูโทรศัพท์เป็นตัวเปิดปิดสวิทช์ของรีเลย์ โดยในสภาวะที่วางหูโทรศัพท์ (รีเลย์ยังไม่ทำงาน) ถ้ามีการโทรเข้ามา ระบบฝังตัวก็จะส่งสัญญาณเสียงเรียกเข้ามาที่ลำโพงเสียงเรียกเข้า (ringing) และเมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น รีเลย์ก็จะทำงานและเลื่อนตำแหน่งสวิทช์มาที่ตำแหน่งของหูโทรศัพท์ (speaker) ในขณะเดียวกันสวิทช์ที่ต่อขนานกันก็จะครบวงจรและทำการส่งค่าข้อมูลที่ได้ไปที่พอร์ตขนานของระบบฝังตัว เพื่อให้โปรแกรมทำการตัดสัญญาณเสียงเรียกเข้าออก ทำให้สามารถสนทนากันได้ผ่านทางหูโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.2.1 พอร์ตขนาน

พอร์ตขนานหรือ Parallel Port นั้นเดิมเรียกว่าพริ้นเตอร์พอร์ต เพราะการใช้งานส่วนใหญ่เป็นการใช้งานโดยต่อกับพริ้นเตอร์เป็นหลัก ลักษณะหัวต่อของพอร์ตขนานจะเป็นแบบ D-Type 25 pin นอกจากจะใช้ในการติดต่อกับเครื่องพริ้นเตอร์แล้วยังสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ชนิดอื่นๆ ได้อีก ซึ่งในโครงการเราได้นำมาต่อกับสวิทช์เพื่อตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์ ทั้งนี้เพราะสามารถรับส่งข้อมูลในลักษณะขนานได้ ทำให้นำไปใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้เป็นอย่างดี อีกทั้งลักษณะแรงดันที่จ่ายออกมาก็เป็น TTL โดยสัญญาณลอจิก “1” จะเท่ากับ 5 โวลต์ และลอจิก “0” จะเท่ากับศูนย์โวลต์ทำให้ง่ายในการออกแบบวงจร

พอร์ตขนานประกอบด้วยสัญญาณทั้งหมด 25 เส้นสัญญาณ แต่ใช้งานจริงๆ 17 เส้นสัญญาณ โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ตามลักษณะหน้าที่ ประกอบด้วย

#### DATA PORT

Data Port จะมีอยู่ 8 ขา หรือ 8 pin บางที่เรียกว่า DATA REGISTER ซึ่งจะส่งค่าได้อย่างเดียวไม่สามารถรับค่าได้

#### STATUS PORT

Status Port เป็นพอร์ตที่อ่านได้อย่างเดียวไม่สามารถเขียนข้อมูลได้ พอร์ตนี้จะมีสัญญาณเข้าอยู่ 5 สัญญาณ และสัญญาณ IRQ กับสัญญาณสแกนไว้อีก 2 บิต โดยสัญญาณ Busy และ Active Low

สำหรับลักษณะการทำงานของแต่ละบิตใน Status Port เป็นดังนี้

- Bit 7 Busy                   เมื่อ Active หมายถึงพริ้นเตอร์จะไม่รับข้อมูล
- Bit 6 nAck                   เมื่อ Active หมายถึงพริ้นเตอร์พร้อมที่จะทำงาน ( Active Low )
- Bit 5 PaperEnd               เมื่อ Active หมายถึงพริ้นเตอร์ไม่มีกระดาษ
- Bit 4 Select                   เมื่อ Active หมายถึงเลือกพริ้นเตอร์
- Bit 3 nError                   เมื่อ Active หมายถึงพริ้นเตอร์เกิดข้อผิดพลาด (Active Low )
- Bit 2, Bit 1, Bit 0           ไม่ใช่

## CONTROL PORT

Control Port เป็นพอร์ทที่ใช้ในการควบคุมพริ้นเตอร์ สัญญาณในกลุ่มนี้จะ Active Low ยกเว้นสัญญาณ Initialize เท่านั้นที่ไม่ถูก Invert สำหรับลักษณะการทำงานของแต่ละบิตใน Control Port เป็นดังนี้

- Bit 3 nSelectPrinter เมื่อ Active หมายถึงเลือกพริ้นเตอร์
- Bit 2 nInitialize เมื่อ Active หมายถึงรีเซ็ตพริ้นเตอร์
- Bit 1 nAutoFeed เมื่อ Active หมายถึงพริ้นเตอร์กระทำ Line Feed
- Bit 0 nStrobe เมื่อ Active หมายถึงการบอกให้พริ้นเตอร์ทราบว่ามีข้อมูลเข้ามาแล้ว

### สรุปลักษณะสัญญาณของพอร์ทขนานทั้งหมด

Pin No. (D-Type 25)	Signal Name	Bit	Direction (In/Out)
1	nStrobe	-C0	Output
2	Data 0 (Bit 0, pin 2)	D0	Output
3	Data 1 (Bit 1, pin 3)	D1	Output
4	Data 2 (Bit 2, pin 4)	D2	Output
5	Data 3 (Bit 3, pin 5)	D3	Output
6	Data 4 (Bit 4, pin 6)	D4	Output
7	Data 5 (Bit 5, pin 7)	D5	Output
8	Data 6 (Bit 6, pin 8)	D6	Output
9	Data 7 (Bit 7, pin 9)	D7	Output
10	nAck	S6	Input
11	Busy	-S7	Input
12	PaperEnd	S5	Input
13	Select	S4	Input
14	nAutoFeed	-C1	Output
15	nError	S3	Input
16	nInitialize	C2	Output
17	nSelectPrinter	-C3	Output
18-25	Ground	-	-

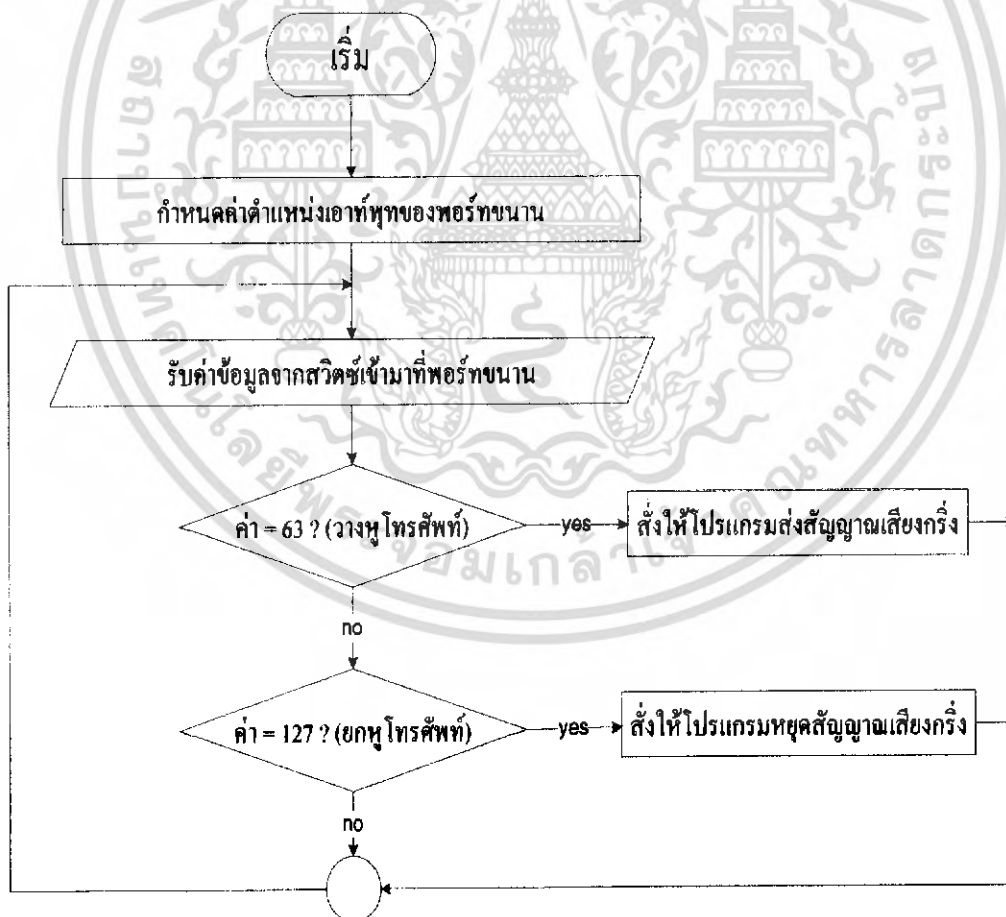
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการออกแบบวงจรเราจะใช้เฉพาะขาสัญญาณที่เป็นอินพุท (Input) และกราวด์ (Ground) เท่านั้น จากวงจรเราใช้ขาสัญญาณที่ 10 และ 18 ซึ่งเมื่อมีการทำงานจะทำให้เราได้ค่าของข้อมูลที่เข้ามาซึ่งพอร์ทขานานดังนี้

- เมื่อไม่มีการกดสวิทช์ค่าที่ได้จะเท่ากับ 127
- เมื่อมีการกดสวิทช์ค่าที่ได้จะเท่ากับ 63

ในการเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับพอร์ทขานานนั้นเราเขียนด้วยวิซวลเบสิก และเนื่องจากวิซวลเบสิกไม่มีฟังก์ชันไลบรารีที่ใช้สำหรับติดต่อกับพอร์ทขานานโดยตรง ต้องทำการดาวน์โหลดฟังก์ชันไลบรารีพิเศษที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ทขานานจากอินเทอร์เน็ต ซึ่งในที่นี้เราเลือกใช้ฟังก์ชันไลบรารีที่ชื่อว่า Dllport.dll

### 3.1.2.2 โฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) แสดงการทำงานของวงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์



รูปที่ 3.3 โฟลว์ชาร์ต (Flow chart) การทำงานของวงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์

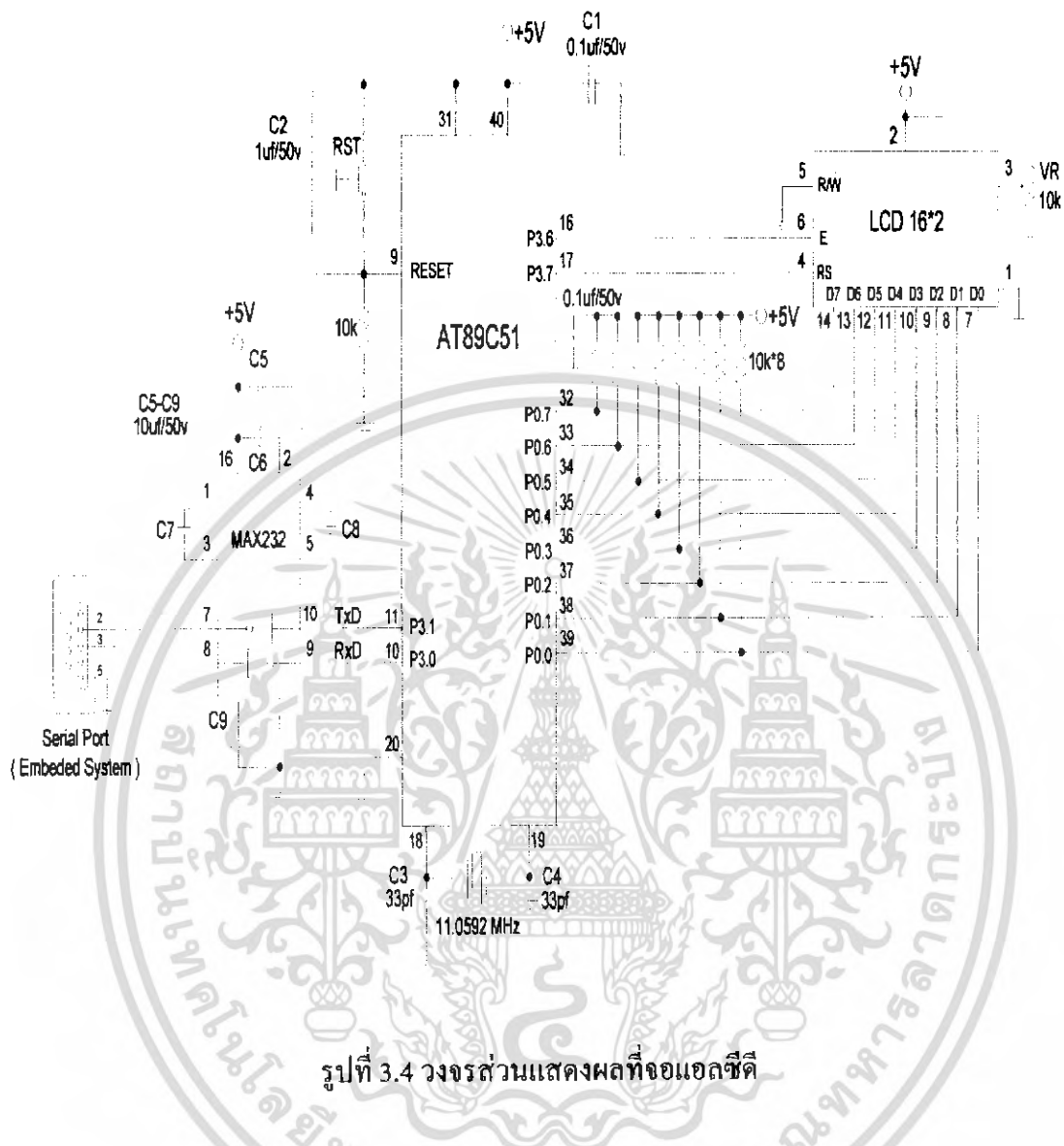
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโฟลว์ชาร์ตวงจรตรวจสอบการวางหูและขงหูโทรศัพท์สามารถอธิบายได้ดังนี้

- เริ่มต้นระบบจะทำการกำหนดค่าตำแหน่งเอาต์พุตของพอร์ตนาน
- รอรับค่าข้อมูลจากสวิทช์เข้ามาที่พอร์ตนาน
- ตรวจสอบค่าที่รับมาจากพอร์ตนานว่าเท่ากับ 63 หรือไม่ (สถานะวางหูโทรศัพท์) ถ้าใช่จะทำการสั่งให้โปรแกรมส่งสัญญาณเสียงกริ่งออกไป
- ถ้าไม่ใช่ก็จะตรวจสอบว่าค่าที่รับมาจากพอร์ตนานมีค่าเท่ากับ 127 หรือไม่ (สถานะมีการขงหูโทรศัพท์) ถ้าใช่จะทำการสั่งให้โปรแกรมตัดสัญญาณเสียงกริ่งออกไป เพื่อที่จะสามารถสนทนากันได้
- โดยโปรแกรมจะทำการวนตรวจสอบค่าที่มาจากสวิทช์ตลอดเวลา

### 3.1.3 ส่วนแสดงผล

ส่วนแสดงผลนี้ ทำหน้าที่แสดงหมายเลขไอพีแอดเดรสที่โทรออกและโทรเข้ามา โดยทำการส่งค่าข้อมูลจากระบบฝังตัวไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านทางพอร์ตนุกรมแล้วทำการแสดงผลหมายเลขไอพีแอดเดรสที่จอแอลซีดี (LCD) ซึ่งส่วนของวงจรแสดงดังรูปด้านล่าง



### 3.1.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำ 2 คำรวมกันคือ “ไมโคร” (micro) ซึ่งหมายถึง ไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ภายในประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU: Arithmetic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำและวงจรสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งก็คือคำว่า “คอนโทรลเลอร์” (Controller) หมายถึง อุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมโดยที่สามารถเขียน โปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.3.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ในอนุกรม AT89C51 ที่เลือกใช้ในโครงการ

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรมในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบพูลดิวลิตี
- ไทเมอร์/คานต์เคอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ในชิพ
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx
- มีวอตช์ดีด็อกไทมเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89xx

### 3.1.3.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาที่ใช้งานพื้นฐานเหมือนกันแสดงดังรูปด้านล่าง

(8052) only	T2EX	P1.0	1	40	Vcc
		P1.1	2	39	P0.0 AD0
		P1.2	3	38	P0.1 AD1
		P1.3	4	37	P0.2 AD2
		P1.4	5	36	P0.3 AD3
		P1.5	6	35	P0.4 AD4
		P1.6	7	34	P0.5 AD5
		P1.7	8	33	P0.6 AD6
		RST	9	32	P0.7 AD7
	RXD	P3.0	10	31	EA' Vpp
	TXD	P3.1	11	30	ALE PROG'
	INT0'	P3.2	12	29	PSEN'
	INT1'	P3.3	13	28	P2.7 A15
	T0	P3.4	14	27	P2.6 A14
	T1	P3.5	15	26	P2.5 A13
	WR'	P3.6	16	25	P2.4 A12
	RD'	P3.7	17	24	P2.3 A11
	XTAL2	18	23	P2.2 A10	
	XTAL1	19	22	P2.1 A9	
	Vss	20	21	P2.0 A8	

### รูปที่ 3.5 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ขา Vcc** ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 v

**ขา GND** เป็นขากาวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

**ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7)** มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้ โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย(float)จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ค่าของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อกับแอดเดรสและขาข้อมูล

**ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7)** มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทมเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทมเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการ โปรแกรมข้อมูลในระบบ

**ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7)** มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต และเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้ โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย(float)จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

**ขาพอร์ต 3 (P0.0-P0.7)** 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย(float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา INTO

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา INT1

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทมเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

**ขารีเซต (Reset)** ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมกซีนไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

**ขา ALE/PRONG (Address Latch Enable/Program pulse input)** เป็นขาที่ใช้สำหรับการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

**ขา PSEN (Program Store Enable)** ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละแมกซีนไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีสัญญาณใดๆออกมา

**ขา EA/Vpp (External Access Enable / Programming voltage input)** ใช้สำหรับเลือกการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นทำการติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12v

**ขา XTAL1 และ XTAL2** เป็นขาสำหรับต่อคริสตัลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

### 3.1.3.4 โมดูล LCD

โมดูล LCD จะมีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วนดังนี้

**ตัวแสดงผล (display)** ภายในเปลือกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอกดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD

**ตัวควบคุม (Controller)** เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของโมดูล LCD เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษร หรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมนี้ใช้ชิปควบคุม

โดยเฉพาะชิปที่นิยมใช้คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุม LCD แบบอักษร ส่วน HD61830 ใช้ควบคุม LCD แบบกราฟฟิก

ตัวขับ (driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด ชิปที่ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวขับนี้ได้แก่ เบอร์ HD44100H และ MSM5259 เป็นต้น

### โมดูล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด

สำหรับโมดูล LCD ที่ยกมาใช้ในการเรียนรู้ในการทดลอง เป็นขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด เนื่องจากราคาถูก ง่าย และเป็นโมดูล LCD ที่มีโครงสร้างเป็นมาตรฐาน มีผู้ผลิตหลายราย และมีการระบุเบอร์แตกต่างกันออกไปตามผู้ผลิต อาทิ LM020L ของฮิตาชิ, DMC-16117A ของคอปเท็กซ์ (Optrex) เป็นต้น



รูปที่ 3.6 จอ LCD ที่ใช้ในโครงงาน

โมดูล LCD ขนาด 16 x 1 มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา มีการจัดขาตั้งในรูป สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละขามีดังนี้

Vss (ขา 1) : ต่อกราวด์

Vdd (ขา 2) : ต่อไฟเลี้ยง +5V

Vo (ขา 3) : เป็นขาอินพุตรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล

RS (ขา 4) : เป็นขาอินพุตใช้ในการแยกชนิดของข้อมูลที่ทำการประมวลผลในขณะนั้นว่าเป็นคำสั่งสำหรับรีจิสเตอร์ DR โดยถ้าขานี้เป็น “0” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่ง แต่ถ้าขานี้เป็น “1” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล

R/W (ขา 5) : เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCD ถ้าเป็น “0” เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล แต่ถ้าเป็น “1” จะเป็นการอ่านข้อมูล

E (ขา 6) : เป็นขาสำหรับรับสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิล โมดูล LCD ให้ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D0-D7 (ขา 7-14) : เป็นขาที่ใช้เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอก ขนาด 8 บิต หนึ่งขา RS,R/W และ E จะใช้งานร่วมกัน

### 3.2 ส่วนของซอฟต์แวร์

จะเป็นโปรแกรมควบคุมการติดต่อและรับ-ส่งข้อมูลเสียงผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ส่วนของการรับค่าจากสวิทช์ผ่านทางพอร์ขนานมาประมวลผลเพื่อควบคุมการส่งสัญญาณเสียงกริ่งเรียกเข้าและเรียกออก ซึ่งในโครงการนี้พัฒนาด้วยไมโครซอฟท์วิซวลเบสิค 6 (Microsoft Visual Basic 6) ซึ่งมีไฟล์ชาร์คการทำงานแสดงด้านล่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.1 โฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) การทำงานของฝั่งผู้เรียก



รูปที่ 3.7 โฟลว์ชาร์ต (Flow chart) การทำงานของฝั่งผู้เรียก

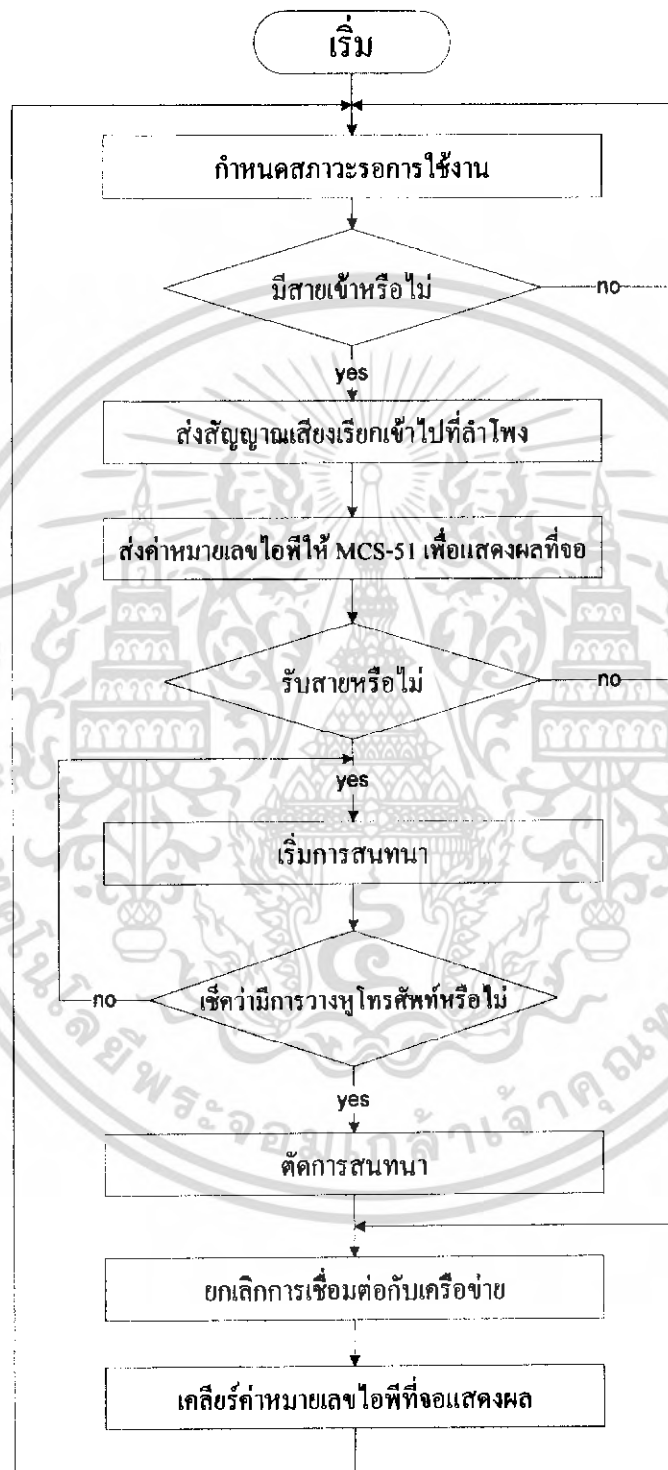
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโพลีชาร์ดฝั่งผู้เรียกสามารถอธิบายได้ดังนี้

- เริ่มต้นระบบจะทำการกำหนดสถานะรอการใช้งาน
- จากนั้นจะทำการตรวจสอบสถานะการขงูโทรศัพท์ ถ้าทำการขงูโทรศัพท์แล้วก็จะสามารถกดหมายเลขไอพีแอดเดรสที่ต้องการโทรออกได้
- โปรแกรมจะส่งค่าหมายเลขไอพีแอดเดรสที่ป้อนเข้ามาไปให้กับ MCS-51 เพื่อแสดงผลที่จอ
- ระบบจะทำการเชื่อมต่อกับเครือข่าย (ติดต่อไอพีแอดเดรสที่เลือกไว้) โดยระบบจะทำการตรวจสอบว่าเชื่อมต่อได้หรือไม่ ถ้าเชื่อมต่อกับเครือข่ายได้ก็จะส่งสัญญาณเสียงเรียกออกไป หากไม่ได้ก็จะหลุดจากการเชื่อมต่อกับเครือข่าย
- เมื่อมีเสียงเรียกเข้าระบบจะทำการตรวจสอบการขงูโทรศัพท์ โดยมีการกำหนดระยะเวลาเรียกไว้ถ้าไม่ขงูโทรศัพท์ในระยะเวลาที่จะหลุดจากการเชื่อมต่อกับเครือข่าย
- ถ้ามีการขงูโทรศัพท์ก็จะสามารถสนทนากันได้
- ระหว่างที่สนทนาถ้ามีการวางหูโทรศัพท์ระบบจะยกเลิกการเชื่อมต่อกับเครือข่ายทันที และทำการเคลียร์ค่าหมายเลขไอพีแอดเดรสที่จอแสดงผล
- จากนั้นระบบจะเข้าสู่สภาวะรอการใช้งานอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 โฟลว์ชาร์ต ( Flow Chart ) การทำงานของฝั่งผู้รับสาย



รูปที่ 3.8 โฟลว์ชาร์ต ( Flow chart ) การทำงานของฝั่งผู้รับสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโพล์ซาร์คฝั่งผู้รับสายสามารถอธิบายได้ดังนี้

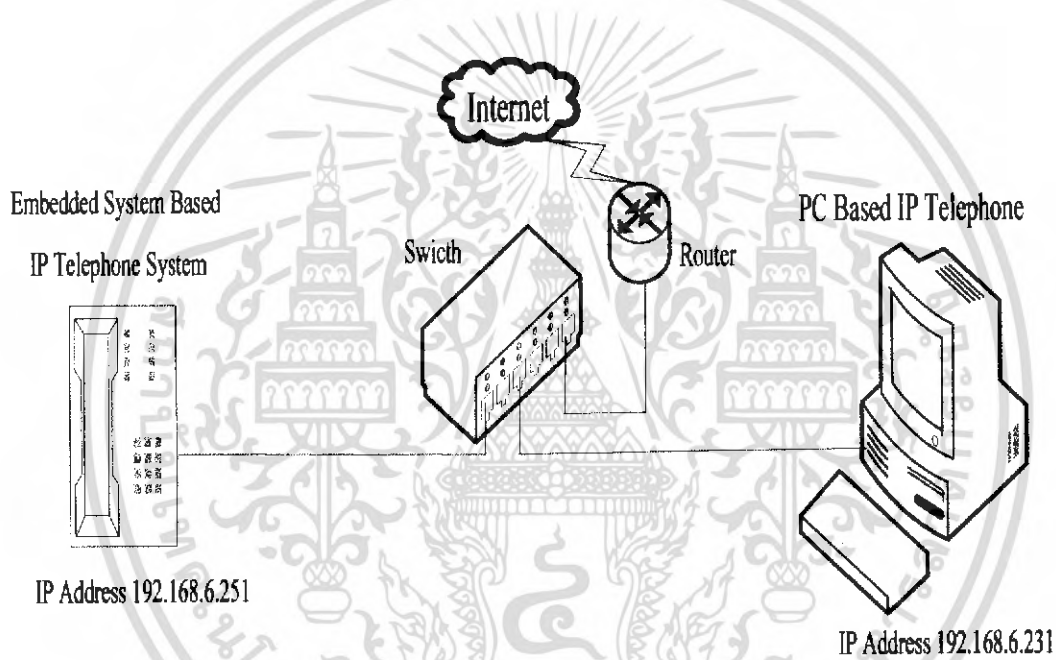
- เริ่มต้นระบบจะทำการกำหนดสภาวะรอการใช้งาน
- ทำการตรวจสอบว่ามีสายเข้าหรือไม่ ถ้าไม่มีก็จะกลับไปเริ่มต้นสภาวะรอการใช้งาน ถ้ามีสายเข้าก็จะส่งสัญญาณเสียงเรียกเข้าไปที่ลำโพงและส่งหมายเลขไอพีแอดเดรสของฝั่งผู้เรียกไปให้ MCS-51 เพื่อแสดงผลที่จอแอลซีดี
- เมื่อมีเสียงเรียกเข้าระบบจะทำการตรวจสอบการรับสาย โดยมีการกำหนดระยะเวลาเรียกไว้ถ้าไม่ยกหูโทรศัพท์ในระยะเวลาที่กำหนดไว้ก็จะหลุดออกจากการเชื่อมต่อกับเครือข่าย
- ถ้ามีการยกหูโทรศัพท์ก็จะสามารถสนทนากันได้
- ระหว่างที่สนทนาถ้ามีการวางหูโทรศัพท์ระบบจะยกเลิกการเชื่อมต่อกับเครือข่ายทันที และทำการเคลียร์ค่าหมายเลขไอพีแอดเดรสที่จอแสดงผล
- จากนั้นระบบจะเข้าสู่สภาวะรอการใช้งานอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

สำหรับในการทดลองนี้เราได้ทำการทดลองสื่อสารข้อมูลเสียงผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับตัวไอพีเทเลโฟนที่เราสร้างขึ้นมาจากระบบฝังตัว ซึ่งก่อนทำการทดลองเราต้องทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งสองกับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ผ่านทางอุปกรณ์สวิตช์ แล้วกำหนดค่าไอพีแอดเดรสของอุปกรณ์ทั้งสองดังรูปด้านล่าง



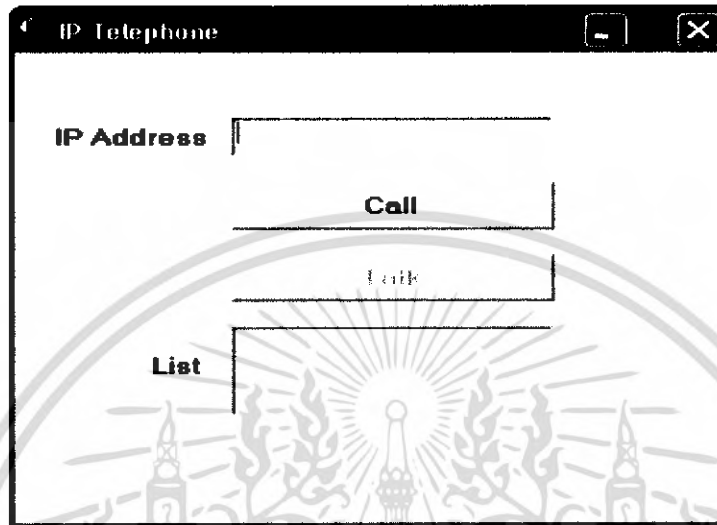
รูปที่ 4.1 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์และการกำหนดไอพีแอดเดรสก่อนทำการทดลอง

#### 4.1 ทดลองเรียกจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังไอพีเทเลโฟน

ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลเสียงผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนี้ เราต้องทราบหมายเลขไอพีแอดเดรสของเครื่องปลายทางที่ต้องการติดต่อก่อน ซึ่งในการทดลองนี้เราได้กำหนดหมายเลขไอพีแอดเดรสของเครื่องคอมพิวเตอร์คือ 192.168.6.231 และกำหนดหมายเลขไอพีแอดเดรสของไอพีเทเลโฟนคือ 192.168.6.251 ซึ่งหมายเลขไอพีแอดเดรสเหล่านี้อาจกำหนดเองหรืออาจมาจากการกำหนดแบบอัตโนมัติโดยเครื่อง DHCP Server ก็ได้แต่ถ้าเราต้องการติดต่อกับเครื่องใด ก็ต้องทราบหมายเลขไอพีแอดเดรสของเครื่องนั้นก่อนเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เครื่องคอมพิวเตอร์เมื่อต้องการติดต่อกับไอพีเทเลโฟนให้ทำการเปิดแอปพลิเคชันโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 หน้าต่างหลักของแอปพลิเคชัน โปรแกรมไอพีเทเลโฟนฝั่งเครื่องคอมพิวเตอร์

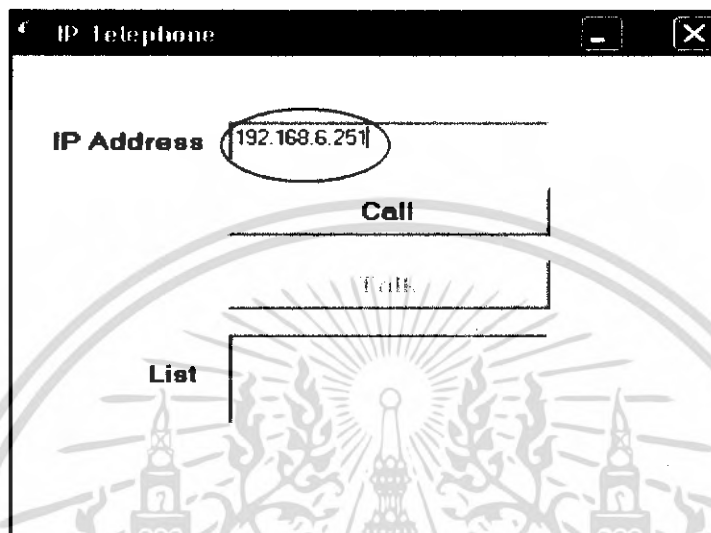
ที่ฝั่งไอพีเทเลโฟนที่สร้างขึ้นมาก็จะอยู่ในสภาวะรอการใช้งาน ซึ่งแสดงดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 4.3 จอแสดงผลของไอพีเทเลโฟนในสภาวะรอการใช้งาน

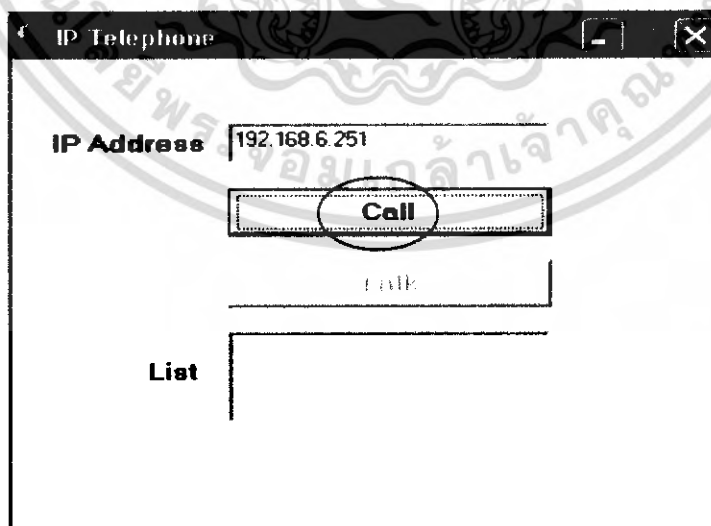
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อฝั่งคอมพิวเตอร์ทำการเปิดแอปพลิเคชันโปรแกรมขึ้นมาแล้ว ให้ทำการป้อนหมายเลขไอพีแอดเดรสของไอพีเทเลโฟนในช่องของ IP Address เพื่อทำการติดต่อ ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การป้อนหมายเลขไอพีแอดเดรสที่ต้องการติดต่อในช่อง IP Address

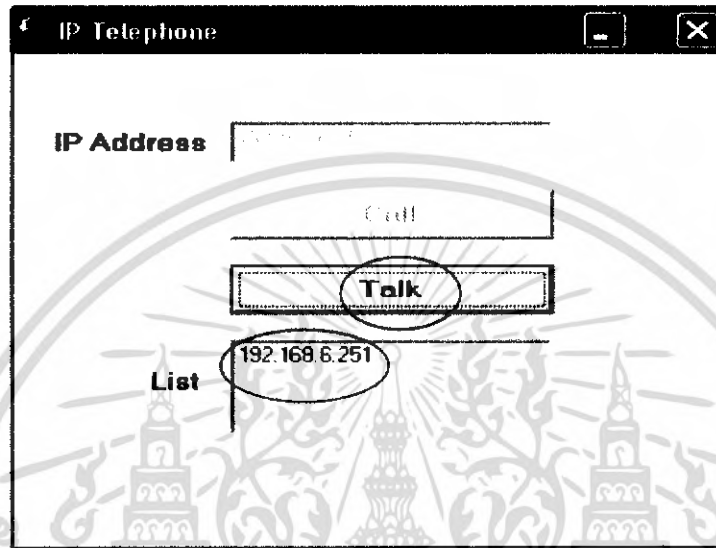
เมื่อป้อนไอพีแอดเดรสเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการเรียก (โทรออก) โดยการกดปุ่ม call ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การทดลองโดยการกดปุ่มเพื่อทำการเรียก (โทรออก)

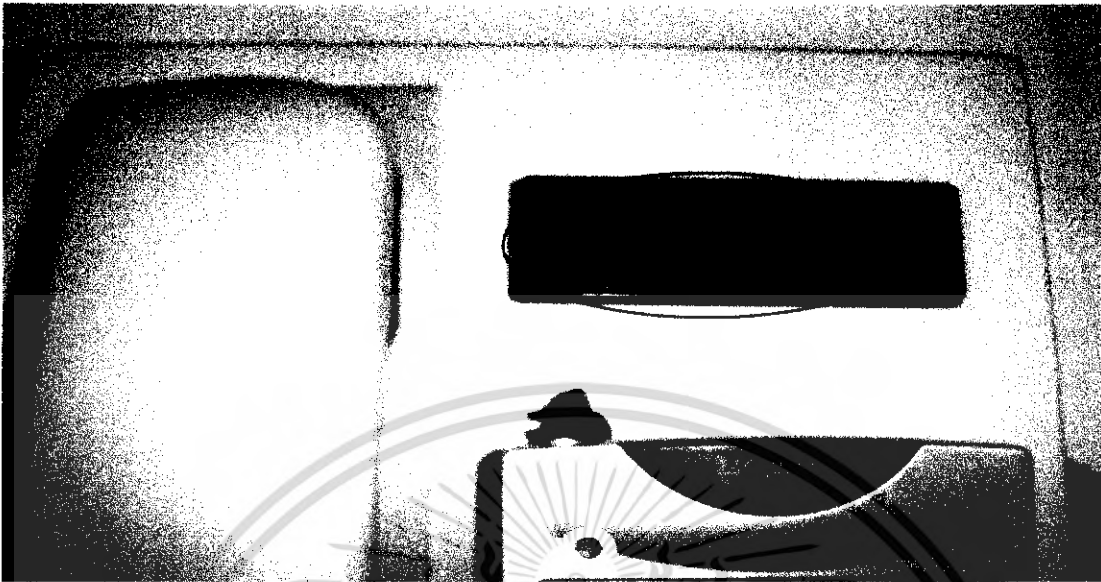
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นระบบจะทำการเชื่อมต่อกับเครือข่าย และเมื่อเชื่อมต่อกันได้แล้วที่หน้าต่างของ แอปพลิเคชัน โปรแกรมจะแสดงหมายเลขไอพีแอดเดรสที่ได้ทำการติดต่อในช่อง List และพร้อมที่จะสนทนา (Talk) ได้ทันทีเมื่ออีกฝั่งรับสาย ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 หมายเลขไอพีแอดเดรสที่ทำการติดต่อสำเร็จแล้ว

ที่ฝั่งไอพีเทเลโฟนเมื่อมีการเรียกเข้ามาก็จะมีหมายเลขไอพีแอดเดรสฝั่งที่เรียกเข้ามาแสดงที่จอแอลซีดี พร้อมกับมีเสียงกริ่งเรียกเข้า 20 วินาที ถ้ามีการรับสาย (ยกหูโทรศัพท์) ในเวลาที่กำหนดก็สามารถสนทนาระหว่างกันได้ทั้งสองฝั่ง แต่ถ้าไม่มีการรับสายภายในเวลาที่กำหนดระบบก็จะยกเลิกการเชื่อมต่อ ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 จอแอลซีดีแสดงหมายเลขไอพีแอดเดรสของฝั่งที่เรียกเข้ามา

#### 4.2 ทดลองเรียกจากไอพีโทรศัพท์ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์

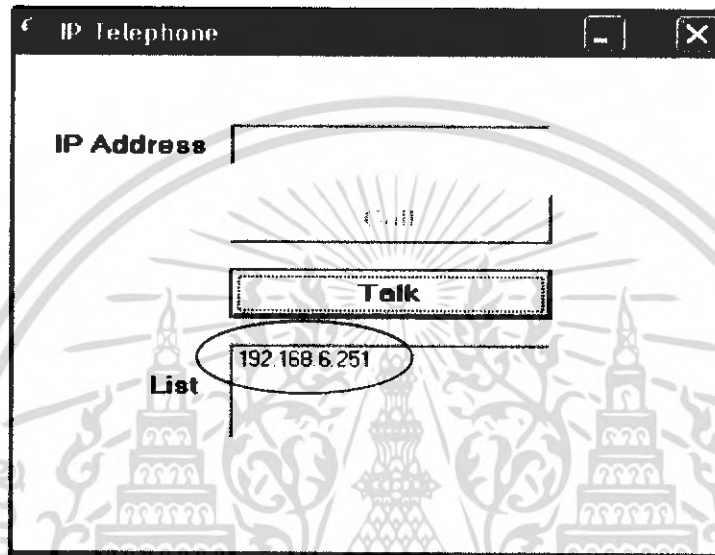
เมื่อทางฝั่งไอพีโทรศัพท์ต้องการ โทรออกไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ ก็ต้องกดหมายเลขไอพีแอดเดรสของเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทาง เมื่อกดครบทุกตัวแล้วให้กดปุ่ม Enter เพื่อโทรออก ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 4.8 กดหมายเลขไอพีแอดเดรสของเครื่องที่ต้องการติดต่อด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าไอพีเทเลโฟนทำการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ปลายทางได้แล้ว ที่คอมพิวเตอร์ปลายทางก็จะแสดงหมายเลขไอพีแอดเดรสของ ไอพีเทเลโฟน จากนั้นก็สามารถสนทนากันได้ทั้งสองฝั่งแสดงดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 4.9 หมายเลขไอพีแอดเดรสของไอพีเทเลโฟนที่ทำการเรียกเข้ามาที่เครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

#### 5.1 สรุปการพัฒนาโครงการ

โครงการนี้เป็นการนำระบบฝังตัว มาประยุกต์ใช้งานกับระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต โดยใช้ระบบฝังตัวเป็นตัวกำหนดไอพีแอดเดรสและควบคุมการติดต่อสื่อสารข้อมูลเสียงของระบบโทรศัพท์ดังกล่าว ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ทั้งยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการโทรทางไกลอีกด้วย

ซึ่งผลที่ได้จากการสร้างและทดสอบระบบโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ตบนพื้นฐานของระบบฝังตัวสามารถทำงานได้ดี โดยสามารถส่งข้อมูลเสียงผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้ คุณภาพของเสียงค่อนข้างดี มีความคมชัดตรงตามจุดประสงค์ และรูปแบบของตัวเครื่องโทรศัพท์ที่มีความสะดวกในการใช้งานเนื่องจากมีลักษณะคล้ายโทรศัพท์ทั่ว ๆ ไป

#### 5.2 ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในโครงการ

1. ส่วนของระบบฝังตัวนั้นยังมีความเร็วในการทำงานที่ช้าอยู่ ดังนั้นในเขียนโปรแกรมต้องเขียนให้มีขนาดเล็กที่สุด เพื่อให้มีการทำงานที่รวดเร็ว
2. เนื่องจากการพัฒนาโปรแกรมนั้น ผู้พัฒนามีเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเดียว ทำให้เมื่อนำมาทดลองจริง ๆ บนเครื่องสองเครื่องระหว่างคอมพิวเตอร์กับระบบฝังตัวนั้นมีปัญหาเกิดขึ้นมาก เนื่องจากระบบฝังตัวมีความเร็วในการทำงานที่ช้ากว่าคอมพิวเตอร์ทั่วไปมาก และยังมีส่วนที่ต้องติดต่อกับพอร์ตต่าง ๆ ทำให้ต้องมีการแก้ส่วนของโปรแกรมมากเมื่อนำมาทดลองจริง ๆ

#### 5.3 ข้อจำกัดของโครงการ

ระบบที่ทำการพัฒนานั้นยังเป็นการสื่อสารแบบฮาร์ฟดูเพล็กซ์ ( Half Duplex ) อยู่ คือ ผู้รับและผู้ส่งสัญญาณเสียงนั้นต้องสลับกันรับส่งคนละที เนื่องจากผู้พัฒนามีประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรมบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์น้อย

#### 5.4 แนวทางการพัฒนาต่อ

1. สามารถพัฒนาให้สามารถสื่อสารเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ ( Full Duplex ) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพิ่มเติมส่วนที่เป็นการฝากข้อความเสียงเมื่อไม่มีการรับสายในเวลาที่กำหนด
3. เพิ่มส่วนที่เป็นการส่งสัญญาณเสียงพร้อมกับสัญญาณวิดีโอ เพื่อเป็นการสนทนาแบบเห็นหน้าตาผู้สนทนาได้ หรือเป็นการประชุมผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

1. น.อ. ชวัลชัย เลื่อนฉวี. เทคโนโลยีโทรศัพท์. บริษัท ศุภาลัย มีเดีย จำกัด กรุงเทพมหานคร. พิมพ์ครั้งที่ 3 ,2543.
2. สุวัฒน์ ปุณณชัยยะ,ต้น ดัณฑ์สุทธีวงศ์,สุพจน์ ปุณณชัยยะ. เปิดโลก TCP/IP และโปรโตคอลของอินเทอร์เน็ต. บริษัท ด้านสุทธาคารพิมพ์ จำกัด กรุงเทพมหานคร. พิมพ์ครั้งที่ 1 ,2545.
3. รศ.ดร. สุวิพล สิทธีวิภาค. เทคโนโลยีการสื่อสารระบบดิจิทัล. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. พิมพ์ครั้งที่ 3 ,2547.
4. ชวัลชัย ชมศิริ. ติดตั้ง/ดูแลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์อย่างมืออาชีพ. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) กรุงเทพมหานคร. พิมพ์ครั้งที่ 1 ,2547.
5. สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร.คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน Visual Basic 6. บริษัท ด้านสุทธาคารพิมพ์ จำกัด กรุงเทพมหานคร. พิมพ์ครั้งที่ 1 ,2544.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก

ตารางเปรียบเทียบอัตราค่าบริการ โทรศัพท์ในประเทศ,ระหว่างประเทศ และอัตรา  
ค่าบริการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ( ข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์ 2549 )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. อัตราค่าบริการโทรศัพท์ Y-Tel 1234 ของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

โทรศัพท์ทางไกล ด้วยค่าโทรศัพท์ที่ประหยัดกว่าเดิม 30-70% ขึ้นอยู่กับระยะเวลาและเวลาที่ใช้บริการบริการ y-tel 1234 บริการโทรทางไกลราคาประหยัดเป็นบริการโทรศัพท์ทางไกลอัตโนมัติ บริการ y-tel1234 สามารถใช้ได้กับเครื่องโทรศัพท์ธรรมดาและเครื่องโทรสาร ไม่ต้องใช้อุปกรณ์เสริมหรือแจ้งขอใช้บริการ สามารถโทรได้ทันที จากโทรศัพท์ที่บ้าน ที่ทำงาน หรือโทรศัพท์สาธารณะ ที่เป็นเลขหมายของ ทีโอที โดยไม่ต้องแจ้งขอใช้บริการและไม่ต้องจ่ายค่าบริการพิเศษเพิ่ม

### การคิดค่าบริการ

- แห้งค่าโทรศัพท์ทางไกล y-tel 1234 ในใบแจ้งหนี้ค่าโทรศัพท์รายเดือน
- อัตราค่าบริการ คิดตามเวลาและระยะเวลาที่ใช้ใช้งาน (บาท/นาที)

วันธรรมดา	07.00 - ก่อน 18.00	2.00	4.00	6.00	8.00	
	18.00 - ก่อน 22.00	1.00	2.00	3.00	4.00	
	22.00 - ก่อน 07.00	0.75	1.50	2.25	3.00	
วันหยุดราชการ และ/หรือวัน นักขัตฤกษ์	07.00 - ก่อน 18.00	1.50	3.00	4.50	6.00	
	18.00 - ก่อน 22.00	0.75	1.50	2.25	3.00	
	22.00 - ก่อน 07.00	0.50	1.00	1.50	2.00	

## 2. อัตราค่าบริการโทรศัพท์ PIN PHONE 108 ของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

### อัตราค่าบริการ PIN PHONE 108

- โทรภายในพื้นที่เดียวกันคิดอัตรา 3 นาที ต่อ 1 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โทรทางไกลคิดอัตรา 3 บาท, 6 บาท, 9 บาท, และสูงสุด 12 บาท  
ช่วงเวลา 18.00-22.00 น. ค่าบริการคิดในอัตรารั้งราคาของอัตราปกติ  
ช่วงเวลา 22.00-07.00 น. ค่าบริการคิดในอัตรา 1 ใน 3 ของอัตราปกติ
- โทรทางไกลต่างประเทศ คิดตามอัตรา กสท. กำหนด

### 3. อัตราค่าบริการโทรศัพท์ TOT CARD ของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)



#### อัตราค่าบริการ TOT CARD

- โทรภายในพื้นที่เดียวกันคิดอัตรา 3 นาที ต่อ 1 บาท
- โทรทางไกลคิดอัตรา 3 บาท, 6 บาท, 9 บาท, และสูงสุด 12 บาท  
ช่วงเวลา 18.00-22.00 น. ค่าบริการคิดในอัตรารั้งราคาของอัตราปกติ  
ช่วงเวลา 22.00-07.00 น. ค่าบริการคิดในอัตรา 1 ใน 3 ของอัตราปกติ
- โทรทางไกลต่างประเทศ คิดตามอัตรา กสท. กำหนด

### 4. อัตราค่าบริการโทรศัพท์ PHONE CARD ของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)



#### อัตราค่าบริการ PHONE CARD

- โทรไปที่ไหนก็ได้บ้าง
- ภายในท้องถิ่น 3 นาที/บาท
- ทางไกลภายในประเทศ 3 , 6 , 9 , 12 บาท/นาที
- ทางไกลต่างประเทศ (สำหรับเครื่องที่มีสติกเกอร์สีเหลือง) ใช้อัตราเดียวกับ กสท.  
(ราคายังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม)

### 5. อัตราค่าบริการโทรศัพท์ระหว่างประเทศ CAT 009 ของ บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน)

#### อัตราค่าบริการ โทรคมนาคม

:: บริการโทรศัพท์ระหว่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## :: บริการ CAT009

บริการ CAT009	อัตราค่าบริการ
ประเทศ Alaska	7 บาท / นาที
ประเทศ Algeria	35 บาท/นาที
ประเทศ Andorra	25 บาท/นาที
ประเทศ Argentina	30 บาท/นาที
ประเทศ Australia	7 บาท / นาที
ประเทศ Austria	24 บาท/นาที
ประเทศ Azerbaijan	28 บาท/นาที
ประเทศ Bahamas	32 บาท/นาที
ประเทศ Bahrain	35 บาท/นาที
ประเทศ Bangladesh	20 บาท/นาที
ประเทศ Belarus	23 บาท/นาที
ประเทศ Belguim	7 บาท / นาที
ประเทศ Benin	35 บาท/นาที
ประเทศ Bermuda	32 บาท/นาที
ประเทศ Bhutan	28 บาท/นาที
ประเทศ Bolivia	35 บาท/นาที
ประเทศ Bosnia&Herzegovina	27 บาท/นาที
ประเทศ Botswana	35 บาท/นาที
ประเทศ Brazil	7 บาท / นาที
ประเทศ Brunei Darussalam	7 บาท / นาที
ประเทศ Bulgaria	29 บาท/นาที
ประเทศ Cambodia	24 บาท/นาที
ประเทศ Canada	7 บาท / นาที
ประเทศ Caymens Islands	35 บาท/นาที
ประเทศ Chile	32 บาท/นาที
ประเทศ China	7 บาท / นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศ Colombia	32 บาท/นาทึ
ประเทศ Congo, Dem. Rep. of	34 บาท/นาทึ
ประเทศ Congo, Rep. of	34 บาท/นาทึ
ประเทศ Costa Rica	32 บาท/นาทึ
ประเทศ Croatia	25 บาท/นาทึ
ประเทศ Cuba	39 บาท/นาทึ
ประเทศ Cyprus	27 บาท/นาทึ
ประเทศ Czech Republic	24 บาท/นาทึ
ประเทศ Denmark	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Dominican Rep. of	32 บาท/นาทึ
ประเทศ Ecuador	32 บาท/นาทึ
ประเทศ Egypt	35 บาท/นาทึ
ประเทศ El Salvador	35 บาท/นาทึ
ประเทศ Estonia	25 บาท/นาทึ
ประเทศ Ethiopia	39 บาท/นาทึ
ประเทศ F.S.M. of Micronesia	32 บาท/นาทึ
ประเทศ Falkland Is.	35 บาท/นาทึ
ประเทศ Faroe Is.	20 บาท/นาทึ
ประเทศ Finland	7 บาท / นาทึ
ประเทศ France	7 บาท / นาทึ
ประเทศ French Guiana	35 บาท/นาทึ
ประเทศ Germany Fed. Rep.	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Ghana	35 บาท/นาทึ
ประเทศ Gibraltar	30 บาท/นาทึ
ประเทศ Greece	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Greenland	20 บาท/นาทึ
ประเทศ Guam	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Guatemala	32 บาท/นาทึ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศ Guinea,Rep.of	23 บาท/นาทึ
ประเทศ Hawaii	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Honduras	35 บาท/นาทึ
ประเทศ Hong Kong	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Hungary	24 บาท/นาทึ
ประเทศ Iceland	24 บาท/นาทึ
ประเทศ India	26 บาท/นาทึ
ประเทศ Indonesia	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Iran	23 บาท/นาทึ
ประเทศ Iraq	28 บาท/นาทึ
ประเทศ Ireland,Rep.of	24 บาท/นาทึ
ประเทศ Israel	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Italy	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Jamaica	34 บาท/นาทึ
ประเทศ Japan	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Jordan	28 บาท/นาทึ
ประเทศ Kazakhstan	25 บาท/นาทึ
ประเทศ Kenya	18 บาท/นาทึ
ประเทศ Korea Dem.Rep.of	35 บาท/นาทึ
ประเทศ Korea,Rep.of	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Kuwait	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Kyrgyzstan	30 บาท/นาทึ
ประเทศ Loas	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Latvia	29 บาท/นาทึ
ประเทศ Lebanon	32 บาท/นาทึ
ประเทศ Libya	32 บาท/นาทึ
ประเทศ Liechtenstein	25 บาท/นาทึ
ประเทศ Lithuania	30 บาท/นาทึ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศ Luxembourg	24 บาท/นาทึ
ประเทศ Macau	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Macedonia	30 บาท/นาทึ
ประเทศ Madagascar Rep.	28 บาท/นาทึ
ประเทศ Malawi	35 บาท/นาทึ
ประเทศ Malaysia	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Maldives	28 บาท/นาทึ
ประเทศ Mali	35 บาท/นาทึ
ประเทศ Malta	22 บาท/นาทึ
ประเทศ Mauritius	28 บาท/นาทึ
ประเทศ Mexico	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Moldova	30 บาท/นาทึ
ประเทศ Monaco	26 บาท/นาทึ
ประเทศ Mongolia	21 บาท/นาทึ
ประเทศ Morocco	35 บาท/นาทึ
ประเทศ Mozambique	35 บาท/นาทึ
ประเทศ Myanmar	20 บาท/นาทึ
ประเทศ Namibia	32 บาท/นาทึ
ประเทศ Nepal	28 บาท/นาทึ
ประเทศ Netherlands	18 บาท/นาทึ
ประเทศ Netherlands Antilles	35 บาท/นาทึ
ประเทศ New Zealand	15 บาท/นาทึ
ประเทศ Nicaragua	39 บาท/นาทึ
ประเทศ Nigeria	34 บาท/นาทึ
ประเทศ Norway	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Oman	28 บาท/นาทึ
ประเทศ Pakistan	28 บาท/นาทึ
ประเทศ Panama	27 บาท/นาทึ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศ Papua New Guinea	30 บาท/นาทึ
ประเทศ Paraguay	35 บาท/นาทึ
ประเทศ Peru	23 บาท/นาทึ
ประเทศ Philippines	18 บาท/นาทึ
ประเทศ Poland	24 บาท/นาทึ
ประเทศ Portugal	24 บาท/นาทึ
ประเทศ Puerto Rico	32 บาท/นาทึ
ประเทศ Qatar	17 บาท/นาทึ
ประเทศ Romania	25 บาท/นาทึ
ประเทศ Russia	7 บาท / นาทึ
ประเทศ San Marino Rep.	25 บาท/นาทึ
ประเทศ Saudi Arabia	21 บาท/นาทึ
ประเทศ Senegal	35 บาท/นาทึ
ประเทศ Serbia&Montenegro [Yugoslavia]	29 บาท/นาทึ
ประเทศ Singapore	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Slovak Rep.	25 บาท/นาทึ
ประเทศ Slovenia	22 บาท/นาทึ
ประเทศ South Africa,Rep.Of	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Spain	24 บาท/นาทึ
ประเทศ Sri Lanka	24 บาท/นาทึ
ประเทศ Sudan	35 บาท/นาทึ
ประเทศ Swaziland	35 บาท/นาทึ
ประเทศ Sweden	18 บาท/นาทึ
ประเทศ Switzerland	18 บาท/นาทึ
ประเทศ Syria	35 บาท/นาทึ
ประเทศ Taiwan	7 บาท / นาทึ
ประเทศ Tajikistan	30 บาท/นาทึ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศ Tanzania	35 บาท/นาที
ประเทศ Tunisia	35 บาท/นาที
ประเทศ Turkey	25 บาท/นาที
ประเทศ Turkmenistan	28 บาท/นาที
ประเทศ U.A.E. (United Arab Emirates)	22 บาท/นาที
ประเทศ U.S.A.	7 บาท / นาที
ประเทศ Uganda	35 บาท/นาที
ประเทศ Ukraine	25 บาท/นาที
ประเทศ United Kingdom	7 บาท / นาที
ประเทศ Uzbekistan	22 บาท/นาที
ประเทศ The Bolivarian Republic of Venezuela [สาธารณรัฐ โบลิเวียแห่งเวเนซุเอลา]	32 บาท/นาที
ประเทศ Vietnam,Soc,Rep.Of	26 บาท/นาที
ประเทศ Yemen Rep.	28 บาท/นาที
ประเทศ Zambia	35 บาท/นาที
ประเทศ Zimbabwe	32 บาท/นาที

6. อัตราค่าบริการอินเทอร์เน็ต บัตร CATNET แบบ PIN CODE ของ บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน)

**อัตราค่าบริการ โทรคมนาคม**

:: บริการอินเทอร์เน็ต

:: บัตร CATNET แบบ PIN CODE

บัตร CATNET แบบ PIN CODE	อัตราค่าบริการ
รุ่น Chip Card ชนิดราคา 100 บาท	นาทีแรก 3 บาท นาทีต่อไปนาทีละ 0.12 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	(ชั่วโมงละ 7.20 บาท)
รุ่น Chip Card ชนิดราคา 300 บาท ** ลดเหลือ 150 บาท **	นาทีแรก 3 บาท นาที ต่อไปนาทีละ 0.12 บาท (ชั่วโมงละ 7.20 บาท)
รุ่น Chip Card ชนิดราคา 500 บาท ** ลดเหลือ 220 บาท **	นาทีแรก 3 บาท นาที ต่อไปนาทีละ 0.12 บาท (ชั่วโมงละ 7.20 บาท)
<p>จำหน่าย ณ สำนักงานบริการ โทรคมนาคมที่เปิดให้บริการ อินเทอร์เน็ตสาธารณะ พิเศษ สำหรับ บัตร CATNET แบบ SMART CARD เฉพาะราคา 300 บาท และ 500 บาท มีโบนัส เพิ่มเวลาให้ฟรี 30 และ 50 นาที</p>	

7. อัตราค่าบริการอินเทอร์เน็ต ADSL ของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

TOT Broadband Super 256/128Kbps	TOT Broadband Silver 432/216Kbps	TOT Broadband Gold 1024/256Kbps
500 บาท/เดือน Inter/Domestic Unlimited	700 บาท/เดือน Inter/Domestic Unlimited	1000 บาท/เดือน Inter/Domestic Unlimited
<ul style="list-style-type: none"> <li>๑ เร็วกว่า โมเด็ม 56K เกือบ 5 เท่า</li> <li>๑ ถูกกว่า อินเทอร์เน็ต แบบเดิม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>๑ เร็วกว่า โมเด็ม 56K เกือบ 10 เท่า</li> <li>๑ ถูกกว่า อินเทอร์เน็ต แบบเดิม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>๑ เร็วกว่า โมเด็ม 56K เกือบ 20 เท่า</li> <li>๑ ถูกกว่า อินเทอร์เน็ต แบบเดิม</li> </ul>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ๑ ไม่ต้องเสียค่าต่ออินเทอร์เน็ตครั้งละ 3 บาท
- ๑ ใช้อินเทอร์เน็ตได้พร้อมกับโทรศัพท์ได้
- ๑ ไม่ต้องมีสัญญาผูกมัดเป็นปีหรือข้อจำกัดการใช้งาน
- ๑ ใช้ก่อนจ่ายทีหลัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้