สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตบนพื้นฐานของระบบฝังตัว

Embedded System Based IP Telephone System

โดย

นายประดุจ งามมี

นายวิษณุพร ขำกลิ่น

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....62668
วัน,เดือน,ปี..21 ส.ค. 2549

.b.....1 k2811x.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Embedded System Based IP Telephone System

BY

Mr.Praduj Ngammee

Mr.Vitsanuporn Kumklin

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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตบนพื้นฐานของระบบฝังตัว
TITLE	Embedded System Based IP Telephone System
โดย	นายประดุจ งามมี รหัสนักศึกษา 46015670
	นายวิษณุพร ขำกลิ่น รหัสนักศึกษา 46015682
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ. มนต์ชัย แช่มช้อย
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2548

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(ผศ. มนต์ชัย แช่มช้อย)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตบนพื้นฐานของระบบฝังตัว			
ชื่อนักศึกษา	นายประดุจ	งามมี	รหัสนักศึกษา	46015670
	นายวิษณุพร	ขำกลิ่น	รหัสนักศึกษา	46015682
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.มนต์ชัย	แช่มช้อย		
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต			
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ			
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ			
ปีการศึกษา	2548			

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการนำระบบฝังตัว (Embedded System) มาประยุกต์ใช้งานกับระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ต (IP Telephone) จัดทำขึ้นเพื่อช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการโทรศัพท์ทางไกล เนื่องจากเป็นการส่งข้อมูลเสียงผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยใช้ระบบฝังตัวในการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ทำการกำหนดไอพีแอดเดรสของระบบโทรศัพท์ดังกล่าวและควบคุมการติดต่อสื่อสารข้อมูลเสียง ซึ่งระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตบนพื้นฐานของระบบฝังตัวนี้ จะมีจอมอนิเตอร์สำหรับแสดงข้อมูลต่างๆ เช่น หมายเลขไอพีที่โทรเข้าและหมายเลขไอพีที่โทรออก จากผลการทดลองเพื่อสื่อสารข้อมูลเสียงผ่านอินเตอร์เน็ต โดยทำการเชื่อมต่อระหว่างระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตบนพื้นฐานของระบบฝังตัวกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลระบบสามารถทำงานได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้อาจมิอาจเสร็จได้ด้วยดี ถ้าหากไม่ได้รับการช่วยเหลือและคำแนะนำที่ดีในด้านต่างๆ ในการทำงาน โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน คือท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์มนต์ชัย แช่มช้อย ที่คอยเอาใจใส่และให้คำปรึกษาที่มีประโยชน์ อีกทั้งอาจารย์หลาย ๆ ท่านในภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ รวมไปถึงเพื่อนๆ หลายคนที่คอยแนะนำในส่วนของฮาร์ดแวร์และการเขียนโปรแกรม จนกระทั่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

นายประดุจ งามมี

นายวิษณุพร ขำกลิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้าที่
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	2
บทที่ 2 ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตและระบบฝังตัว	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 ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ต	9
2.2.1 ประโยชน์ของระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ต	11
2.2.2 โปรโตคอล H.323 (H.323 Protocol)	12
2.2.3 สถาปัตยกรรมของ H.323 (H.323 Architecture)	13
2.2.4 เอนทิตี้และฟังก์ชันของ H.323 (H.323 entities & functions)	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 มัลติพอยท์คอนโทรลยูนิท(Multipoint Control Unit:MCU)	20
2.2.4.5 มัลติพอยท์คอนเฟอร์เร้นซ์ (Multipoint Conference)	20
2.3 ระบบเครือข่าย (Network System)	21
2.3.1 ความหมายของระบบอินเตอร์เน็ตเวิร์คกิ้ง	21
2.3.2 สถาปัตยกรรมของเครือข่ายอินเตอร์เน็ต	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 โปรโตคอลทีซีพี/ไอพี (TCP/IP)	25
2.3.7 แบบอ้างอิงทีซีพี/ไอพีและโปรโตคอลแสตค	26
2.3.8 การทำงานของโปรโตคอลทีซีพี/ไอพี	27
2.3.9 ลักษณะของการติดต่อ	29
2.3.10 อินเตอร์เน็ตโปรโตคอล (Internet Protocol : IP)	30
2.3.11 ทรานซ์มิสชั่นคอลโทรลโปรโตคอล (Transmission Control Protocol : TCP)	30
2.3.12 ความสัมพันธ์ของ TCP และ UDP กับอินเตอร์เน็ต	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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
- ระบบฝังตัวขนาดใหญ่	35
2.4.3 ส่วนประกอบต่างๆที่สำคัญของชุดพัฒนาคอม 86 รุ่น ICOP-6047	36
2.4.4 ขีดจำกัดของเทคโนโลยี	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 โฟลว์ชาร์ด (Flow Chart) แสดงการทำงานของวงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์	44
3.1.3 ส่วนแสดงผล	45
3.1.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	46
3.1.3.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89C51 ที่เลือกใช้ในโครงงาน	47
3.1.3.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	47
3.1.3.4 โมดูล LCD	49
3.2 ส่วนของซอฟต์แวร์	51
3.2.1 โฟลว์ชาร์ด (Flow Chart) การทำงานของฝั่งผู้เรียก	52
3.2.2 โฟลว์ชาร์ด (Flow Chart) การทำงานของฝั่งผู้รับสาย	54
บทที่ 4 ผลการทดลอง	56
4.1 ทดลองเรียกจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังไอพีเทเลโฟน	56
4.2 ทดลองเรียกจากไอพีเทเลโฟนไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์	60
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	62
บรรณานุกรม	64
ภาคผนวก	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 1.1 ไดอะแกรมแสดงการทำงานโดยรวมของระบบ	2
รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์	4
รูปที่ 2.2 แสดงวงจรการหมุนหมายเลขแบบพัลส์	5
รูปที่ 2.3 ไดอะแกรมของเวลาคราวๆของสัญญาณที่เกิดจากการหมุนหมายเลข 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 เครือข่าย H.323 เอนทิตี้และฟังก์ชัน H.323 เกทเวย์	15
รูปที่ 2.14 โอเอสไอโมเดล	23
รูปที่ 2.15 การเชื่อมโยงกันด้วยโปรโตคอล ทีซีพี/ไอพี	25
รูปที่ 2.16 แบบอ้างอิงทีซีพี/ไอพีเมื่อเทียบกับโอเอสไอโมเดล	26
รูปที่ 2.17 การส่งถ่ายข้อมูลระหว่างชั้นของโปรโตคอลสแตค	30
รูปที่ 2.18 คลาสของไอพีแอดเดรส	32
รูปที่ 2.19 ระบบฝังตัว (Embedded System)	33
รูปที่ 2.20 ส่วนประกอบต่างๆ ของชุดพัฒนาคอม 86 รุ่น ICOP-6047	37
รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมการทำงานของระบบ	40
รูปที่ 3.2 วงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์	41
รูปที่ 3.3 โฟลว์ชาร์ด (Flow chart) การทำงานของวงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์	44
รูปที่ 3.4 วงจรส่วนแสดงผลที่จอแอลซีดี	46
รูปที่ 3.5 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C51	47
รูปที่ 3.6 จอ LCD ที่ใช้ในโครงงาน	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3.7 โฟลว์ชาร์ด (Flow chart) การทำงานของฝั่งผู้เรียก 52

รูปที่ 3.8 โฟลว์ชาร์ด (Flow chart) การทำงานของฝั่งผู้รับสาย 54

รูปที่ 4.1 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์และการกำหนดไอพีแอดเดรสก่อนทำการทดลอง 56

รูปที่ 4.2 หน้าต่างหลักของแอพพลิเคชั่นโปรแกรมไอพีเทเลโฟนฝั่งเครื่องคอมพิวเตอร์ 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 จอแอลซีดีแสดงหมายเลขไอพีแอดเดรสของฝั่งที่เรียกเข้ามา 60

รูปที่ 4.8 กดหมายเลขไอพีแอดเดรสของเครื่องที่ต้องการติดต่อด้วย 60

รูปที่ 4.9 หมายเลขไอพีแอดเดรสของไอพีเทเลโฟนที่ทำการเรียกเข้ามาที่เครื่องคอมพิวเตอร์ 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสารตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีการพัฒนาความสามารถทั้งในด้านฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์อย่างต่อเนื่อง เทียบได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ในอดีตกับปัจจุบันมีการลดขนาดของเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เล็กลงแต่กลับมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงขึ้น เช่นที่นิยมใช้กันในปัจจุบันก็คือคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) นอกจากนี้แล้วยังมีการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กลงอีกที่สามารถฝังตัวได้ (Embedded System) เพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะนำระบบฝังตัวมาควบคุมการติดต่อสื่อสารของระบบโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (IP Telephone) ซึ่งการทำงานในส่วนนี้เราไม่มีความจำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ ให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ในห้องทำงานโดยไม่จำเป็น และเป็นการประยุกต์ใช้ระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ทั้งยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการโทรทางไกล และเพิ่มความสามารถในการสื่อสารด้านมัลติมีเดีย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

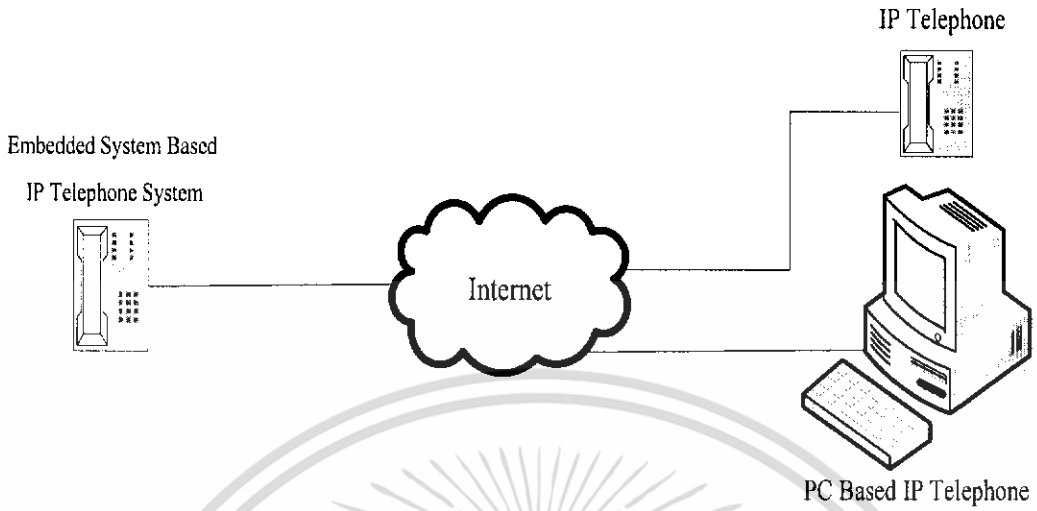
1. เพื่อศึกษาระบบการติดต่อสื่อสารข้อมูลเสียงผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต
2. เพื่อพัฒนาระบบโทรศัพท์ให้สามารถใช้งานบนระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้
3. เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้โทรศัพท์ทางไกล

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้จะได้ทำการสร้างระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตที่สามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลเสียงผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ซึ่งแยกเป็น 3 ส่วนคือ

1. ส่วนของระบบฝังตัว ทำหน้าที่กำหนดไอพีแอดแดรสของระบบโทรศัพท์และควบคุมการติดต่อสื่อสารของโปรโตคอลต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต
2. ส่วนแสดงผลหมายเลขไอพีที่โทรเข้าและหมายเลขไอพีที่โทรออก
3. ส่วนของวงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์ (Analog Interface)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 ไดอะแกรมแสดงการทำงานโดยรวมของระบบ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้ระบบการติดต่อสื่อสารข้อมูลเสียงผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต
2. ได้พัฒนาระบบโทรศัพท์ให้สามารถใช้งานบนระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้
3. ประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้โทรศัพท์ทางไกล
4. ได้เรียนรู้ขั้นตอนการเขียนและพัฒนาโปรแกรมในการติดต่อสื่อสาร

1.5 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

1. ศึกษาการทำงานของระบบฝังตัว
2. ศึกษาระบบการติดต่อสื่อสารของระบบโทรศัพท์
3. ศึกษาระบบการติดต่อสื่อสารของระบบอินเตอร์เน็ต
4. ศึกษาความต้องการของระบบรวมถึงขอบเขตในการทำงานของโปรแกรม
5. ออกแบบระบบ
6. เขียนโปรแกรม
7. ทดสอบและแก้ไขระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตและระบบฝังตัว

2.1 ระบบโทรศัพท์พื้นฐานทั่วไป

ปัจจุบันนี้การสื่อสารได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในชีวิตประจำวันเรียกได้ว่าจะต้อง มีการติดต่อสื่อสารกันตลอดเวลาก็ว่าได้ และระบบโทรศัพท์จัดว่าเป็นระบบสื่อสารที่ใกล้ตัวเรามาก โทรศัพท์ที่ใช้กันทั่วๆไปมีอยู่ 2 แบบ คือแบบกดปุ่มและระบบการหมุน หน้าที่ของทั้ง 2 ระบบนี้จะเหมือนๆกัน จะต่างกันที่แบบกดปุ่มจะส่งสัญญาณโดยใช้คลื่นความถี่ผสมกันเรียกว่าดีทีเอ็มเอฟ (DTMF) ส่วนแบบหมุนจะส่งสัญญาณเป็นจำนวนพัลส์ (Pluse) ตามหมายเลขที่หมุน

2.1.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบโทรศัพท์

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

2. สายโทรศัพท์ เครื่องรับโทรศัพท์แต่ละเครื่องจะมีสายโทรศัพท์ 1 คู่ เพื่อเชื่อมโยงและเป็นสื่อนำสัญญาณต่างๆจากชุมสายมายังตัวเครื่องรับโทรศัพท์ในขณะเดียวกันจะทำหน้าที่เป็นสื่อในการส่งสัญญาณไฟฟ้าที่แปลงมาจากสัญญาณเสียงระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์ สายโทรศัพท์ที่เชื่อมโยงระหว่างชุมสายเพื่อให้บริการระหว่างชุมสายจะเรียกว่า ทรังค์ (Trunk)

3.ชุมสายโทรศัพท์เป็นสถานที่รวบรวมคู่สายของตัวเครื่องรับโทรศัพท์แต่ละเครื่องในพื้นที่ใกล้เคียงกันและทำหน้าที่เชื่อมคู่สายให้กับผู้ใช้โทรศัพท์พร้อมกับส่งสัญญาณแจ้งภาวะการใช้ต่างๆ ให้ผู้ใช้ทราบ

2.1.2 หลักการเบื้องต้นของเครื่องโทรศัพท์

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

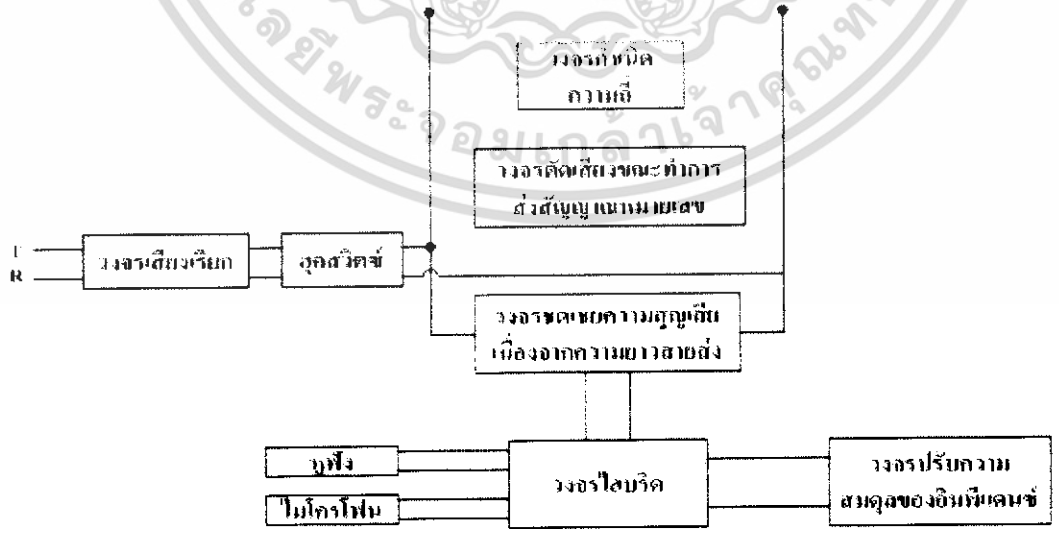
2.1.3 เครื่องโทรศัพท์

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

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

2.1.4 ไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์

จากบล็อคไดอะแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์ ไม่ว่าจะเป็นระบบพัลส์ (Pluse) หรือดีทีเอ็มเอฟ (DTMF) ก็มีลักษณะเหมือนกันแตกต่างกันตรงที่การกำเนิดสัญญาณเลขหมาย ไม่ว่าจะเป็นแบบพัลส์ หรือ ดีทีเอ็มเอฟ วงจรเสียงเรียกทำหน้าที่แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบว่ามีการเรียกเข้ามา Hook Switch เป็นตัวบอกให้ชุมสายโทรศัพท์รับรู้ว่ามีการยกหูใช้งานโทรศัพท์ แล้วก็จะทำการตัดต่อคู่สายให้ติดต่อกันได้ ในส่วนของวงจรตัดเสียงขณะทำการส่งเลขหมายจะช่วยให้การส่งเลขหมายมีความชัดเจนถูกต้อง ไม่ถูกรบกวนด้วยสัญญาณเสียงพูด

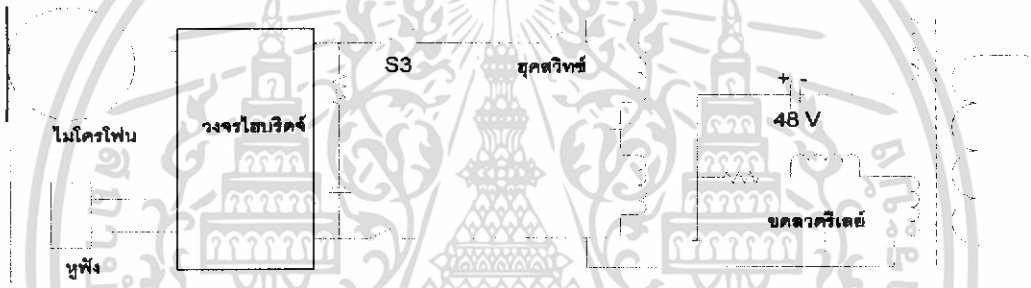


รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ระบบสัญญาณโทรศัพท์

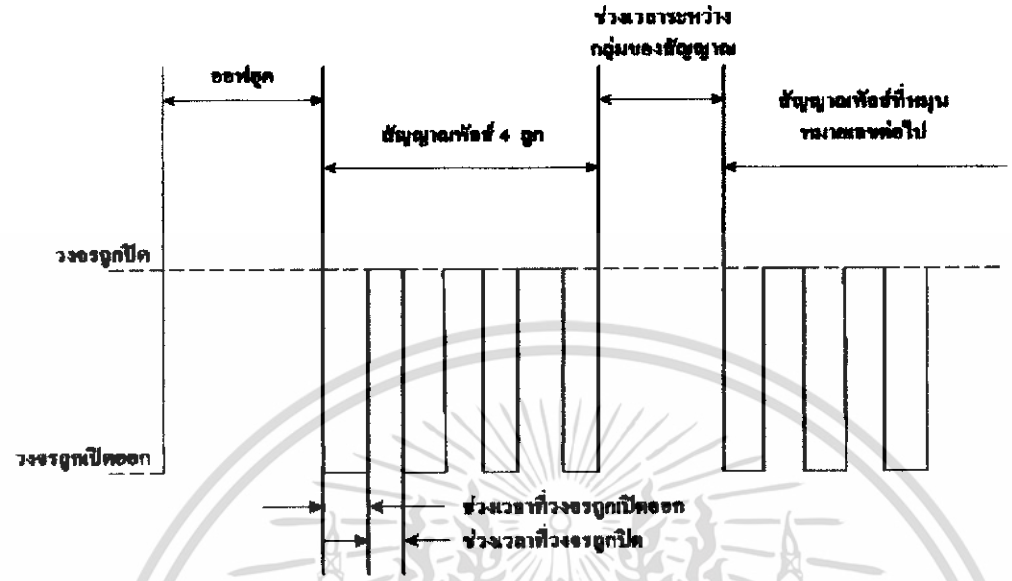
1.ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์ (Pluse) จากรูปเป็นวงจรที่ใช้ส่งหมายเลขโทรศัพท์ในแบบพัลส์ เห็นได้ว่าสวิตซ์ S3 จะถูกเปิดวงจรออกเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ เมื่อสวิตซ์ S3 ถูกเปิดวงจรออกก็จะไม่มีกระแสไหลผ่านเข้าไปในวงจรส่วนที่อยู่ถัดไปได้จึงเสมือนว่าเป็นการขัดจังหวะ (interruption) การไหลของกระแส สำหรับจำนวนครั้งที่สวิตซ์ S3 ถูกเปิด กระแสจะขึ้นอยู่กับระยะห่างของแป้นหมุน (dialer) ที่ถูกหมุนไปกับตำแหน่งปกติในขณะที่ไม่มีการหมุนหมายเลขใดๆ เป็นต้นว่า ถ้าหมุนหมายเลข 4 สวิตซ์ S3 จะถูกเปิดออก 4 ครั้ง ซึ่งสวิตซ์ S3 จะถูกเปิดวงจรในช่วงที่ปล่อยให้แป้นหมุนกลับสู่ตำแหน่งเดิมเท่านั้น ไม่ได้เกิดขึ้นในระหว่างที่ทำการหมุนหมายเลขอยู่



รูปที่ 2.2 วงจรการหมุนหมายเลขแบบพัลส์

จากรูปที่ 2.2 จะแสดงถึงลักษณะของรูปสัญญาณเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ จากรูปนี้จะเห็นว่าในตอนแรกโทรศัพท์อยู่ในสภาวะ On hook คือ หูโทรศัพท์วางอยู่บนที่วางโทรศัพท์ตามปกติ ไม่มีกระแสจากชุมสายเข้าสู่โทรศัพท์แต่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นโทรศัพท์จะอยู่ในสภาวะ Off hook ชุดสวิตซ์จะถูกเปิดวงจรทำให้มีกระแสไหลครบวงจรได้และเมื่อมีการหมุนหมายเลข 4 จะทำให้มีการเปิดวงจรออกด้วยสวิตซ์ S3 จำนวน 4 ครั้ง ได้รูปสัญญาณตามที่เห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ไดอะแกรมของเวลาคร่าวๆของสัญญาณที่เกิดจากการหมุนหมายเลข 4

ในระบบโทรศัพท์แบบที่ส่งสัญญาณแบบพัลซ์นี้ จะถูกกำหนดให้สามารถส่งสัญญาณในอัตรา 10 พัลซ์ต่อวินาที หรือ 20 พัลซ์ต่อวินาที

และเพื่อความเข้าใจที่ตรงกันในการพิจารณาสัญญาณที่เกิดขึ้นจึงควรทราบความหมายต่อไปนี้

- อัตราการส่งสัญญาณพัลซ์ (Pulse rate) = จำนวนพัลซ์ที่ถูกส่งออกไปใน 1 วินาที = 1000/คาบเวลาของสัญญาณพัลซ์ (เป็นมิลลิวินาที)
- เปอร์เซ็นต์ของการเปิดวงจร (Percent break) = 100 * อัตราส่วนการเปิดวงจร (break ratio) = 100 * ช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิดออก/คาบของสัญญาณพัลซ์
- ช่วงเวลาระหว่างกลุ่มของสัญญาณ (interdict interval) ถูกกำหนดให้มีค่าอย่างต่ำ 700 มิลลิวินาที

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

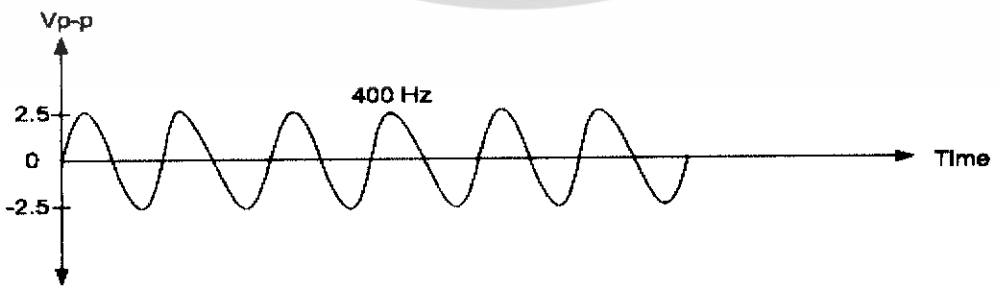
โทรศัพท์ที่ใช้ระบบ DTMF ผู้ใช้สามารถฟังเสียงสัญญาณ DTMF ได้โดยการยกหูโทรศัพท์ขึ้นฟัง แล้วกดปุ่มใดปุ่มหนึ่งบนหน้าปัทม์ ตัวอย่างเช่นหมายเลข 8 จะเกิดสัญญาณความถี่ 852 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์ ขึ้นพร้อมกัน สัญญาณจะถูกส่งผ่านคู่สายไปยังชุมสายและถูกถอดรหัสโดยตัวรับ DTMF ที่ชุมสายโทรศัพท์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมที่ทำหน้าที่ในการจัดการติดต่อโทรศัพท์ภายในท้องถิ่น ในบริเวณหนึ่งภายในพื้นที่หนึ่งๆซึ่งถูกกำหนดด้วยเลข 3 ตัวแรกของเลขหมาย หลังจากที่ชุมสายทำการเชื่อมต่อคู่สายระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกเรียบร้อยแล้ว 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

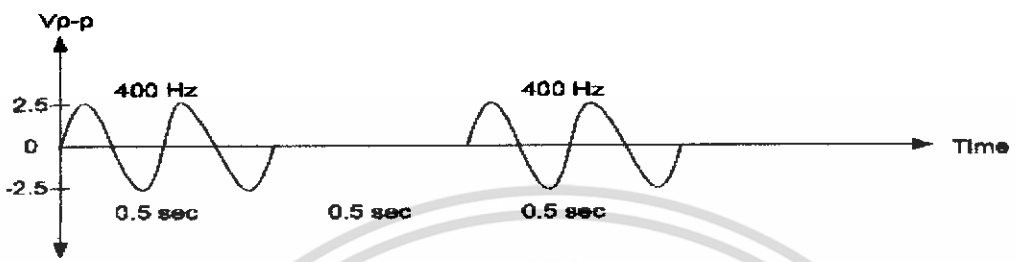
- **DIAL TONE** ใช้เพื่อแสดงให้ผู้เช่าทราบว่าขณะนี้ผู้เช่าสามารถที่เรียกไปยังหมายเลขอื่นได้ ลักษณะสัญญาณเป็นดังรูป



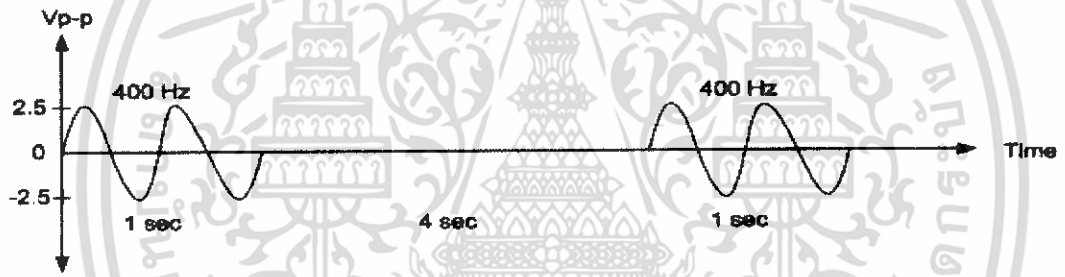
รูปที่ 2.4 สัญญาณ Dial Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **BUSY TONE** เพื่อให้ผู้เรียกทราบว่าโทรศัพท์หมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยขณะนี้ยังไม่ว่าง ควรจะวางหูสักระยะหนึ่งก่อนแล้วจึงค่อยเรียกหมายเลขใหม่อีกที โดยลักษณะสัญญาณเป็นดังรูป

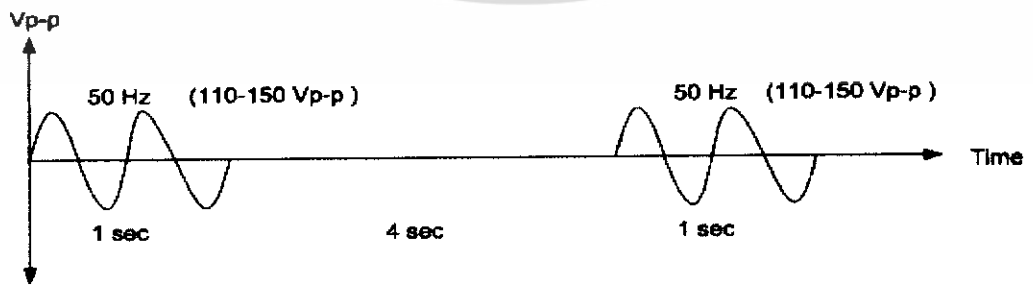


รูปที่ 2.5 สัญญาณ Busy Tone



รูปที่ 2.6 สัญญาณ Ringing Tone

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



รูปที่ 2.7 สัญญาณ Ringing Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ต

ในปัจจุบันเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้มีจำนวนผู้ใช้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้การพัฒนาการให้บริการในรูปแบบใหม่เพื่อรองรับความต้องการของผู้ใช้ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องมาจากความยืดหยุ่นของระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ทำให้สามารถพัฒนาการให้บริการได้ง่ายกว่าเครือข่ายอื่นๆ การให้บริการในรูปแบบหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจจากผู้ให้บริการรายต่างๆ เป็นอย่างมากคือ การใช้งานโทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตซึ่งใช้โปรโตคอลไอพี (IP: Internet Protocol) โดยเรียกว่าวอยซ์โอเวอร์ไอพี (Voice over IP :VoIP) หรือ IP telephony ซึ่งจะรวมไปถึงการส่งวีดีโอและข้อมูลด้วย (หรือเรียกว่า การสื่อสารแบบพหุสื่อ (multimedia communication)) การให้บริการแบบนี้จะทำให้ผู้ใช้สามารถใช้โทรศัพท์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตแทนเครือข่ายชนิดอื่นที่ใช้อยู่ ซึ่งการใช้งานในลักษณะนี้จะเป็นผลดีต่อผู้ใช้คือ จะช่วยประหยัดค่าโทรศัพท์ทางไกล และสามารถใช้งานโทรศัพท์พร้อมกับการใช้งานอย่างอื่นบนอินเตอร์เน็ต มีการเชื่อมต่อในการใช้งานที่ยืดหยุ่นกว่าโทรศัพท์ทั่วไป รวมทั้งยังสามารถปรับแต่งการใช้งานโทรศัพท์ได้หลากหลายกว่า เมื่อพิจารณาในแง่ของผู้ให้บริการหรือผู้ดูแลเครือข่าย การพัฒนาปรับปรุงเครือข่ายหรือการให้บริการสามารถทำได้ง่ายกว่า รวมทั้งการดูแลเครือข่ายทำได้สะดวกกว่า เพราะว่าไม่จำเป็นต้องแยกเครือข่ายสำหรับ ข้อมูล เสียงและวิดีโอ ระบบ VoIP จะทำให้ข้อมูลเสียงและวีดีโอสามารถส่งรวมกันไปในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเพียงเครือข่ายเดียว จากข้อดีเหล่านี้ต่างๆ ทำให้ VoIP เป็นที่สนใจอย่างมาก และอาจจะเป็นไปได้ว่า VoIP จะเข้ามาแทนที่ระบบโทรศัพท์ในปัจจุบันในอนาคตอันใกล้นี้

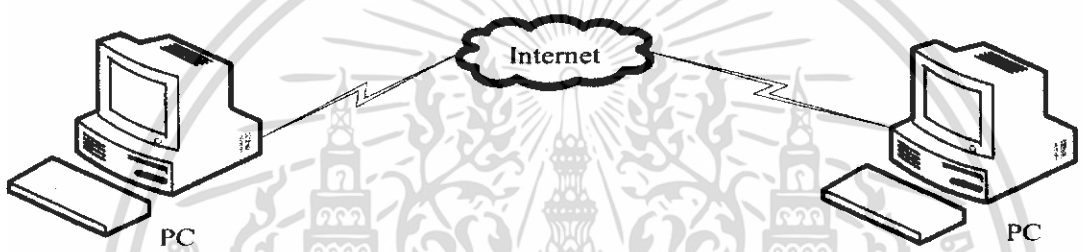
อย่างไรก็ตามความต้องการระดับพื้นฐานของ VoIP คือคุณภาพของการให้บริการต้องเทียบเท่าคุณภาพในระบบโทรศัพท์หรือดีกว่าซึ่งเป็นปัญหาสำหรับการใช้งาน VoIP ในทางปฏิบัติ เนื่องจากว่าระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นเครือข่ายที่ไม่รับประกันในเรื่องคุณภาพของการให้บริการ ปัญหานี้จึงเป็นอุปสรรคสำคัญในการนำ VoIP มาใช้แทนระบบโทรศัพท์ที่มีอยู่ เครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ให้การบริการในการส่งข้อมูลทั่วไปซึ่งไม่ต้องการคุณสมบัติแบบเวลาจริง (real time) แต่สำหรับในกรณีของ VoIP หรือการสื่อสารแบบพหุสื่อต้องการคุณสมบัติแบบเวลาจริง ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาโปรโตคอลที่สามารถให้คุณสมบัติดังกล่าวในการส่งข้อมูล และที่สำคัญ VoIP ต้องการฟังก์ชันในการสร้างหรือสิ้นสุดการเรียก และหาตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้ที่ถูกเรียก รวมทั้งฟังก์ชันที่ช่วยให้สามารถให้บริการได้เช่นเดียวกับในระบบโทรศัพท์ ซึ่งในชุดโปรโตคอล TCP/IP (Transport Control Protocol/Internet Protocol) นั้นไม่มีโปรโตคอล ที่ให้ฟังก์ชันดังกล่าว ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาโปรโตคอลขึ้นใหม่เพื่อรองรับ VoIP โปรโตคอลสำหรับ VoIP คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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 และสามารถใช้งานร่วมกับโปรโตคอลอื่นเพื่อให้เกิดการบริการที่มีคุณภาพมากขึ้น

รูปแบบการใช้งานของระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. ระหว่างพีซีกับพีซี

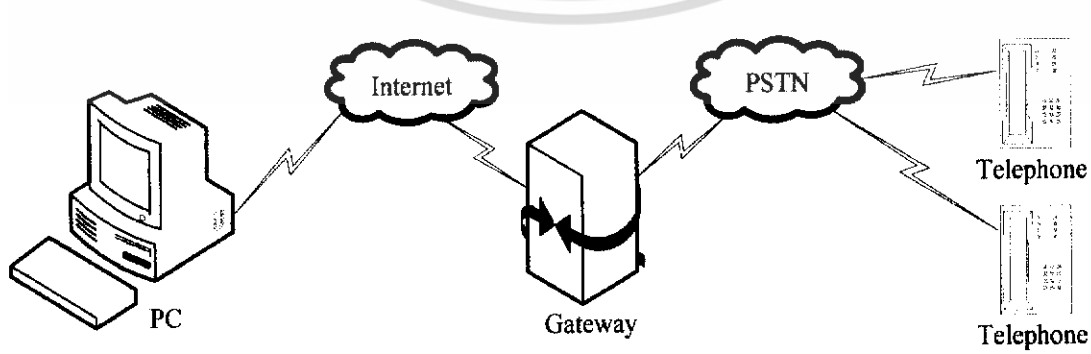


รูปที่ 2.8 ลักษณะการติดต่อระหว่างพีซีกับพีซี

ลักษณะการทำงาน

จากรูปที่ 2.8 จะเป็นการใช้คอมพิวเตอร์สองเครื่องในการเชื่อมต่อเพื่อสื่อสารข้อมูลกันโดยผ่านทางซอฟแวร์หรือใช้งานผ่านทางเว็บในการส่งข้อมูลระหว่างกัน ข้อมูลเสียงที่เป็นสัญญาณอนาล็อกจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลผ่านทางซาวด์การ์ด แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการบีบอัดแล้วส่งผ่านโปรโตคอลทีซีพี/ไอพี เพื่อส่งผ่านอินเตอร์เน็ตไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางที่คุยอยู่ด้วย

2. ระหว่างพีซีกับเครื่องโทรศัพท์



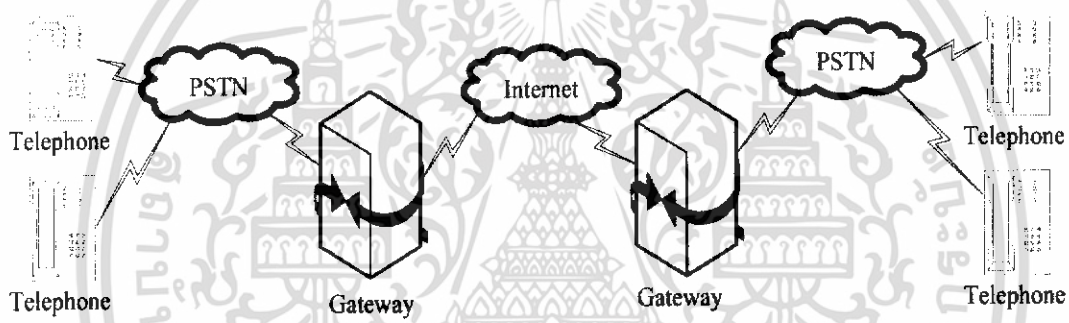
รูปที่ 2.9 ลักษณะการติดต่อระหว่างพีซีกับโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการทำงาน

จากรูปที่ 2.9 เป็นการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ทำการติดต่อไปยังระบบโทรศัพท์พื้นฐานที่ใช้งานตามบ้านทั่วไป (Public Switched Telephine Network : PSTN) ในส่วนของคอมพิวเตอร์จะใช้งานผ่านทางซอฟแวร์หรือผ่านทางเว็บที่ให้มีการบริการ มีลักษณะการทำงานคล้ายกับแบพีซีกับพีซี แต่จะมีข้อแตกต่างตรงที่ปลายทางจะเป็นการติดต่อไปยังระบบโทรศัพท์พื้นฐานทั่วไป ซึ่งต้องมีสิ่งที่เพิ่มขึ้นมาคือเกตเวย์ (Gateway) สำหรับแปลงข้อมูลที่ส่งมาจากอินเตอร์เน็ตไปเป็นสัญญาณในระบบโทรศัพท์ไปยังเครื่องโทรศัพท์ปลายทาง

3. ระหว่างโทรศัพท์กับโทรศัพท์



รูปที่ 2.10 ลักษณะการติดต่อระหว่างโทรศัพท์กับโทรศัพท์

ลักษณะการทำงาน

จากรูปที่ 2.10 เป็นระบบที่มีการนำเอาระบบโทรศัพท์ระบบเดิมมาใช้ แต่ได้มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมโดยการเพิ่มเกตเวย์ขึ้นที่ชุมสายโทรศัพท์เพื่อทำการแปลงสัญญาณข้อมูลในระบบโทรศัพท์ไปเป็นข้อมูลเพื่อส่งผ่านทางอินเตอร์เน็ต และที่ปลายทางก็จะมีเกตเวย์ทำการแปลงข้อมูลที่ส่งผ่านทางอินเตอร์เน็ตแปลงกลับไปเป็นสัญญาณโทรศัพท์อีกครั้ง

2.2.1 ประโยชน์ของระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ต

1. ประหยัดค่าใช่จ่ายในการติดต่อในระยะทางไกล เช่น การติดต่อระหว่างประเทศ

2. มีการเรียกใช้แบนวิดธ์น้อยกว่าเพราะว่าลดความจำเป็นต้องเช่าคู่สายโทรศัพท์เพิ่มจากเดิมเพื่อใช้ในการโทรศัพท์อีกต่อไป เมื่อนำระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอรเน็ตมาใช้ทำให้เราสามารถใช้งานบนระบบเครือข่ายไอพีที่มีอยู่แล้วในบริษัทได้

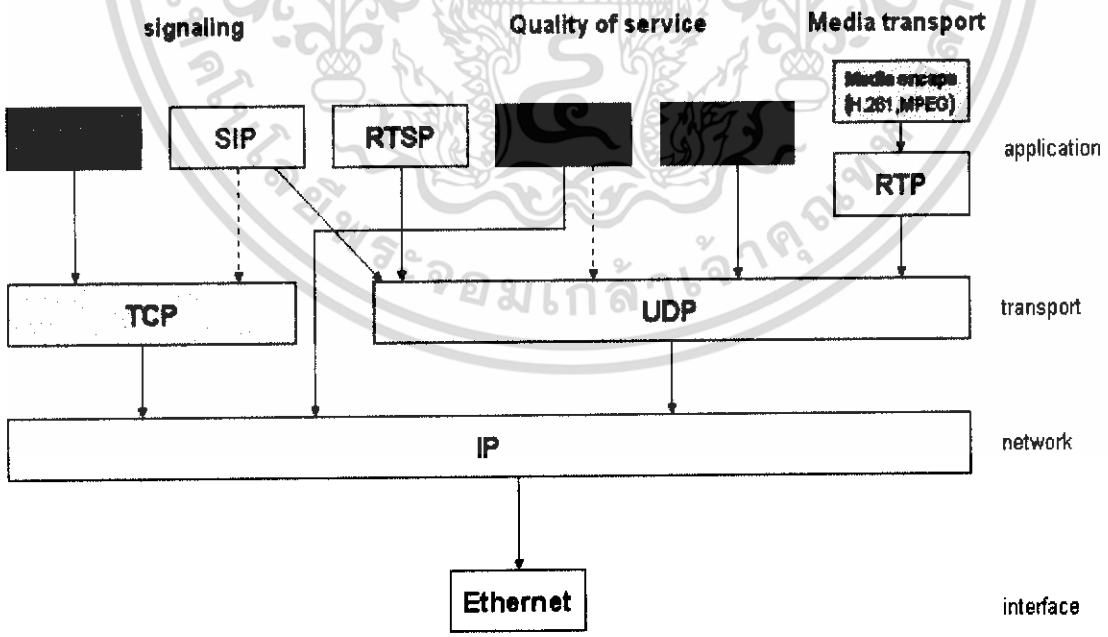
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มีการบริการดีกว่าและมากกว่าการใช้งานแบบเก่าเพราะบริการต่างๆที่มีอยู่ในตู้สาขาชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้ตามบริษัทนั้น ถ้านำระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตมาใช้งานก็ยังคงให้บริการต่างๆเหล่านั้นได้ดังเดิมและยังสามารถประยุกต์ใช้งานตามความสามารถของระบบเครือข่ายและระบบอินเตอร์เน็ตที่ติดต่ออยู่ได้เต็มที่

4. เป็นการใช้ประโยชน์จากเครือข่ายไอพีได้คุ้มค่าและง่ายเนื่องจากมีการใช้งานระบบเครือข่ายไอพีเป็นพื้นฐานอยู่ทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นระบบเน็ตเวิร์คหรือระบบอินเตอร์เน็ต ในเมื่อเรามีอยู่แล้วเราก็ควรจะใช้มันดีกว่าจะต้องแสวงหาทางเลือกอื่นที่อาจจะเสียค่าใช้จ่ายมากกว่าและไม่คุ้มค่า

2.2.2 โปรโตคอล H.323 (H.323 Protocol)

H.323 เป็นมาตรฐานหรือโปรโตคอลสำหรับการสื่อสารแบบพหุสื่อ(multimedia communication) แบบเวลาจริง บนเครือข่าย IP โปรโตคอล H.323 ได้ให้รายละเอียดสำหรับขั้นตอนในการสร้างการเรียก (call setup) เอนทิตี้ภายในเครือข่าย H.323 และการทำงานร่วมกันระหว่างเอนทิตี้ภายใน



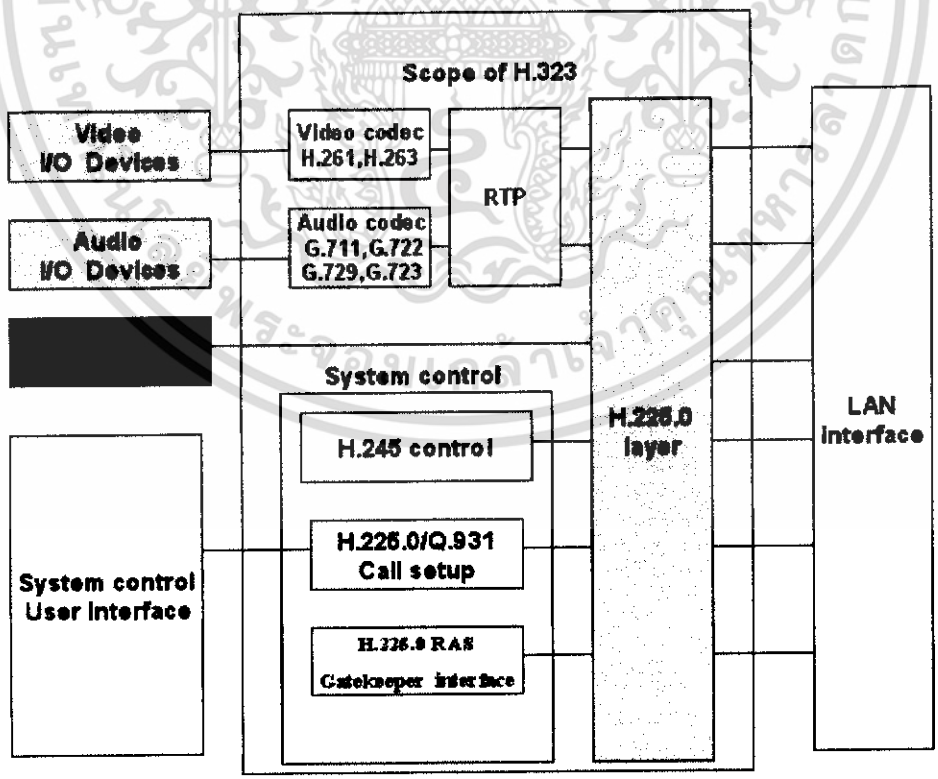
รูปที่ 2.11 IP telephony protocol stack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครือข่าย H.323 ถูกพัฒนาโดย ITU-T โดยเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐาน H.32x ที่เป็นมาตรฐานสำหรับการประชุมแบบพหุสื่อ (multimedia conference) บนเครือข่ายต่างๆ เช่น H.320 สำหรับเครือข่าย ISDN (Integrated Service Digital Networks) H.324 สำหรับเครือข่าย PSTN (Public Switching Telephone Networks) H.323 จะครอบคลุมโปรโตคอลอื่นไว้ คือ H.225.0 สำหรับ call signaling และการจัดรูปแบบแพ็กเกตมีเดีย (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 G723.1 G.729 และสัญญาณวีดีโอเช่น 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 และH.225.0/RAS เพื่อช่วยในการทำงานของโปรโตคอล H.323 โดยสถาปัตยกรรมของโปรโตคอล H.323 สำหรับ endpoint (หรือ terminal) จะเป็นดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 H.323 terminal architecture

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตของ H.323 ดังแสดงในรูปที่ 2.12 จะจำกัดอยู่ที่มาตรฐานในการบีบอัดข้อมูล (compression) รูปแบบแพ็กเกตมีเดีย (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/ถอดรหัสที่ใช้จะต้องรองรับโดยทุก endpoint ซึ่งจะทำการตกลงกันโดยใช้โปรโตคอล H.245

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

• RTP (real time transport protocol) ทั้งสัญญาณเสียงและวีดีโอจะถูกส่งโดยบรรจุในแพ็กเกต 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) และการสร้างช่องสัญญาณทางตรรก(logical

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

channel)สำหรับส่งเสียงหรือวิดีโอ โปรโตคอลนี้จะใช้ TCP ในการส่งแมสเสจโดยใช้ช่องสัญญาณในการส่งของตัวเอง

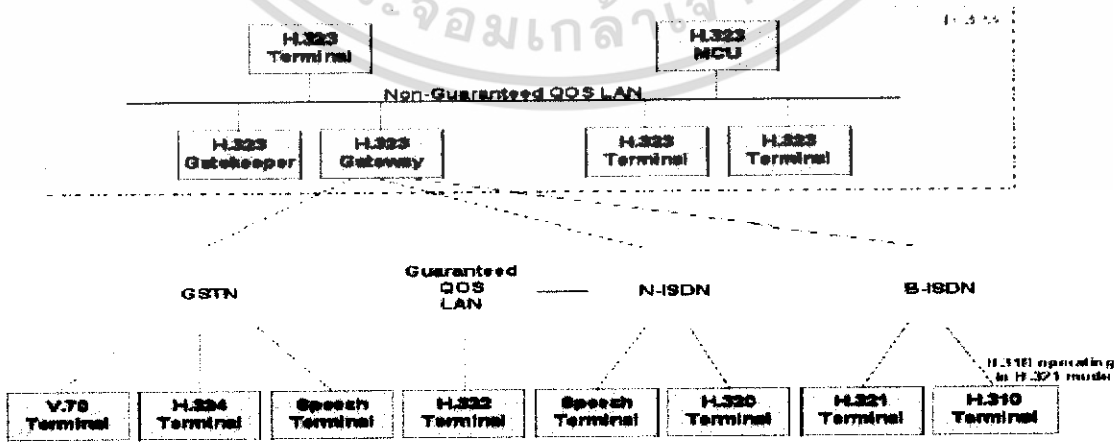
• H.225.0/Q.931 เป็นโปรโตคอล H.225.0 ในส่วนที่ทำหน้าที่สร้างการเชื่อมต่อ (connection establishment) ซึ่งถูกดัดแปลงมาจาก โปรโตคอล Q.931 โดยโปรโตคอลนี้จะใช้ TCP ในการส่งแมสเสจผ่านช่องสัญญาณของตัวเอง

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

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

2.2.4 เอนทิตี้และฟังก์ชันของ H.323 (H.323 entities & functions)

ในมาตรฐาน H.323 ได้อธิบายถึงเอนทิตี้ที่เป็นองค์ประกอบเครือข่าย H.323ซึ่งได้แก่ เทอร์มินัล MCU (Multipoint Control Unit) เกทเวย์ และ gatekeeper การเชื่อมต่อระหว่างเอนทิตี้ภายในเครือข่าย H.323 กับเครือข่ายอื่นดังแสดงในรูปที่ 3. รายละเอียดของแต่ละเอนทิตี้มีดังนี้



รูปที่ 2.13 เครือข่าย H.323 เอนทิตี้และฟังก์ชัน H.323 เกทเวย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.1 เทอร์มินัล (Terminal)

เทอร์มินัล เป็น endpoint ของเครือข่ายซึ่งอาจจะเป็นคอมพิวเตอร์หรือชุดอุปกรณ์ที่สามารถใช้งานโปรโตคอล H.323ได้ เทอร์มินัลต้องสนับสนุนการสื่อสารโดยใช้เสียง ส่วนสัญญาณวีดีโอและข้อมูลเป็นตัวเลือก ซึ่งฟังก์ชันหลักของเทอร์มินัลมีดังนี้

• ทำหน้าที่ในการติดต่อกับผู้ใช้ โดยรับคำสั่งและแสดงผลให้กับผู้ใช้

• จัดการในการส่ง call signaling ให้กับ voice gateway

• ส่งหมายเลขโทรศัพท์ (มาตรฐาน E.164) และหมายเลข IP ของผู้ใช้ ให้กับเกทคีปเปอร์ซึ่งเป็นหมายเลขที่ใช้อ้างอิงถึงในการเชื่อมต่อ ในการส่งหมายเลขดังกล่าวจะบรรจุอยู่ในแมสเสจ ARQ ของโปรโตคอล H.225.0/ RAS ซึ่งอาจจะมีหมายเลข alias address ส่งไปพร้อมกัน

• ทำการแปลงแพ็กเกตที่ได้รับจากเครือข่าย โดยผ่านกระบวนการของโปรโตคอลในชั้นต่างๆ ตามลำดับ (IP->UDP->RTP) เป็นเฟรมเสียง แล้วทำการถอดรหัส G.xxx ให้อยู่ในรูปของ PCM (Pulse Code Modulation) สตรีมเพื่อทำการส่งให้กับซาวน์การ์ดเพื่อแสดงผล ต่อไป

• ทำการเข้ารหัส G.xxx ให้กับ PCM สตรีมจากซาวน์การ์ดและทำการรวมเป็นแพ็กเกต แล้วแปลงแพ็กเกตเป็นแพ็กเกตที่ส่งในเครือข่ายโดยผ่านกระบวนการของโปรโตคอลในชั้นต่างๆ (RTP->UDP->IP)แล้วจึงทำการส่งผ่านเครือข่ายในรูปของแพ็กเกต

2.2.4.2 เกทเวย์ (Gateway)

เกทเวย์ เป็นเอนทิตี้ที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่าย H.323 กับเครือข่ายอื่นซึ่งอาจจะไม่จำเป็นต้องมีในกรณีที่ไม่มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายชนิดอื่นๆ การเชื่อมต่อเครือข่าย H.323 กับเครือข่ายอื่นโดยใช้เกทเวย์จะมีลักษณะดังรูปที่ 3. เกทเวย์ทำหน้าที่เสมือนเป็น endpoint ของเครือข่ายหนึ่งในการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่าย โดยจะทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายดังนี้

• สร้างการเชื่อมต่อกับเทอร์มินัล PSTN ในระบบแอนาลอก

• สร้างการเชื่อมต่อกับเทอร์มินัลที่รองรับมาตรฐาน H.320 บนเครือข่าย switched circuit ที่เป็น ISDN

• สร้างการเชื่อมต่อเทอร์มินัลที่รองรับมาตรฐาน H.324 บน เครือข่าย PSTN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเกทเวย์สามารถให้การเชื่อมต่อระหว่าง H.323 กับเครือข่ายอื่น ดังนั้นฟังก์ชันของเกทเวย์ จึงเป็นฟังก์ชันในการแปลงข้อมูลระหว่าง 2 เครือข่ายคือ

• รับและประมวลผลการเรียกที่มาจากเทอร์มินัลในเครือข่ายอื่นไปยังเทอร์มินัล H.323 เกทเวย์จะต้องทำการแปลง การส่งสัญญาณและcontrol ต่างๆ จากเครือข่ายอื่นมาเป็นของ H.323 เช่น จากขั้นตอนในการสร้างการสื่อสารจาก H.242 เป็น H.245 รวมทั้งทำหน้าที่สร้างและสิ้นสุดการเรียก หรืออาจจะมองได้ว่าเกทเวย์จะทำหน้าที่แทนเทอร์มินัลในเครือข่ายอื่นโดยเสมือนกับเป็นเทอร์มินัลในเครือข่าย H.323

• รับและประมวลผลการเรียกจากเทอร์มินัล H.323 ไปยังเครือข่ายอื่น เกทเวย์จะต้องทำการแปลง การส่งสัญญาณ และ control ต่างๆ ตาม H.323 ให้เป็นมาตรฐานในเครือข่ายอื่น เช่น แปลงจากโปรโตคอล H.245 เป็น H.242 รวมทั้งสร้างและสิ้นสุดการเรียก หรืออาจจะมองว่าเกทเวย์จะทำหน้าที่แทนเทอร์มินัลในเครือข่าย H.323 เสมือนกับเป็นเทอร์มินัลในเครือข่ายอื่น

• ทำหน้าที่ในการดูแลกระบวนการการเรียก (call) และการส่งสัญญาณ (signaling) ว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นหรือไม่ ซึ่งการทำงานจะอยู่ภายใต้การควบคุมของ gatekeeper

• ทำการเข้ารหัส G.xxx ให้กับสัญญาณ PCM จากเครือข่ายอื่น แล้วทำการรวมสัญญาณที่ถูกเข้ารหัสแล้วให้เป็นแพ็กเกตเพื่อส่งไปในเครือข่าย IP โดยผ่านกระบวนการแปลงของโปรโตคอลในชั้นต่างๆ เพื่อให้อยู่ในรูปแพ็กเกตที่สามารถส่งไปในเครือข่าย

• ทำการแปลงแพ็กเกตจากเครือข่าย IP กลับแพ็กเกตเสียง แล้วทำการถอดรหัส G.xxx และแปลงสัญญาณ PCM เพื่อส่งให้กับเครือข่าย ภายนอก

สำหรับฟังก์ชันเพิ่มเติมของเกทเวย์ไม่ได้มีการกำหนดไว้แน่นอน ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ เช่น จำนวนของเทอร์มินัลที่รองรับจำนวนการเชื่อมต่อกับเครือข่าย switched circuit และจำนวนการประชุมที่สนับสนุน เป็นต้น เมื่อเกทเวย์มีการพัฒนามากขึ้นจะทำให้เครือข่าย H.323 สามารถเชื่อมต่อกันกับเครือข่ายชนิดอื่นๆ ได้มากขึ้น

2.2.4.3 เกทคีปเปอร์ (Gatekeeper)

เกทคีปเปอร์ ทำหน้าที่ในการดูแลและให้บริการกับเอนทิตี้อื่นภายในโซนโดยโซนจะประกอบไปด้วย เกทคีปเปอร์ 1 ตัวและเอนทิตี้อื่นๆ ทั้งหมดที่ลงทะเบียนกับเกทคีปเปอร์ ถึงแม้ว่าเกทคีปเปอร์เป็นเอนทิตี้ที่ไม่จำเป็นต้องมีในเครือข่าย H.323 แต่ เกทคีปเปอร์ก็เป็นเอนทิตี้ที่สำคัญมาก ด้วยเหตุผลต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

62668

• เครือข่ายขนาดใหญ่สามารถแบ่งเป็นหลายโซน ซึ่งแต่ละโซนจะอยู่ภายในการดูแลของเกทคีปเปอร์ เพื่อความสะดวกในการดูแลรักษาเครือข่าย

• เกทคีปเปอร์สามารถให้ความปลอดภัยในการเข้าถึงเครือข่ายได้โดยการให้บริการ authentication สำหรับแต่ละการเรียก หรือแต่ละเอนทิตี้

• เกทคีปเปอร์เป็นศูนย์กลางในการ authentication authorization และ admission (เรียกรวมกันว่า AAA) ของโซน

• เกทคีปเปอร์สามารถจัดการควบคุมแบนด์วิดท์(bandwidth management) เช่นการจำกัดจำนวนของการเชื่อมต่อ

เพื่อเป็นการรักษาแบนวิดท์สำหรับการใช้งานอย่างอื่น เช่น อีเมล์ การโอนย้ายไฟล์ เกทคีปเปอรไม่สามารถเป็น endpoint ของการเชื่อมต่อได้ เมื่อมีเกทคีปเปอร์ทุกเอนทิตี้จะต้องทำการลงทะเบียนกับ เกทคีปเปอร์ ดังนั้น เกทคีปเปอร์จึงทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของการเรียกทั้งหมดภายในโซนและอาจจะให้บริการเพิ่มเติมกับโซนได้ สำหรับฟังก์ชันหลักที่จำเป็นของเกทคีปเปอร์ตามมาตรฐาน H.323 มี 4 ฟังก์ชันดังนี้

• การแปลงแอดเดรส (Address translation) เกทคีปเปอร์จะทำหน้าที่ในการแปลง alias addressให้เป็น transport address เอนทิตี้จะทำการส่ง alias พร้อมกับการลงทะเบียนโดยใช้แมสเสจ RRQ ซึ่งอาจจะสามารถปรับเปลี่ยนในภายหลังได้

• การควบคุมการยอมรับ (Admission control) เมื่อเอนทิตี้ภายในโซนต้องการสร้างการเรียก จะต้องทำการขออนุญาตไปยังเกทคีปเปอร์ โดยใช้แมสเสจ ARQ gatekeeper อาจจะอนุญาตหรือไม่ก็ได้ โดยจะทำการตรวจสอบจากเงื่อนไขต่างๆ เช่น แบนด์วิดท์ แหล่งกำเนิดการเรียก (call) และ authentication เป็นต้น

• การควบคุมแบนด์วิดท์ (Bandwidth control) gatekeeper สามารถรองรับการควบคุมแบนด์วิดท์ได้ เอนทิตี้จะทำการร้องขอแบนด์วิดท์ที่ต้องการโดยใช้แมสเสจ BRQ และ gเกทคีปเปอร์จะทำการตรวจสอบค่าแบนด์วิดท์ที่ร้องขอกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้สำหรับการจัดการแบนด์วิดท์ (bandwidth management) แล้วจึงจะอนุญาตหรือไม่อนุญาตด้วยการส่งแมสเสจ BCF หรือ BRJ ตามลำดับ

• การจัดการโซน (Zone management and Directory service) จากรูปที่ 8 โซนจะประกอบด้วยเทอร์มินัล เกทเวย์และ MCU ทั้งหมดที่ลงทะเบียนกับเกทคีปเปอร์ 1 ตัว เกทคีปเปอร์ทำหน้าที่ในการดูแลและจัดการให้กับทุกเอนทิตี้ที่อยู่ในภายในโซน โดยการใช้ฟังก์ชันข้างต้นและการให้บริการอื่นๆ รวมทั้งการให้บริการ directory service ของโซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากฟังก์ชันหลักดังกล่าวแล้ว เกทคีปเปอร์อาจจะให้ฟังก์ชันเพิ่มเติมอื่นๆ มีดังนี้

• การควบคุมการส่งสัญญาณ (call control signaling) เกทคีปเปอร์อาจจะช่วยในการประมวลผลแมสเสจ Q.931 ที่ส่งระหว่าง เทอร์มินัลได้ในระหว่างการสร้างการเรียก

• การตรวจสอบการเรียก (call authorization) เกทคีปเปอร์อาจจะปฏิเสธการสร้างการเรียกจากเทอร์มินัลด้วยเหตุผลบางอย่าง เช่น จำกัดการเข้าถึงจากเทอร์มินัลหรือเกทเวย์บางตัว จำกัดการเข้าถึงในบางช่วงเวลา เป็นต้น ซึ่งเงื่อนไขในการตรวจสอบจะอยู่นอกเหนือขอบเขตของ H.323

• การจัดการแบนด์วิดท์ เกทคีปเปอร์จะปฏิเสธการเรียกจาก เทอร์มินัลในกรณีที่มีแบนด์วิดท์ไม่เพียงพอ รวมถึงในกรณีที่มีการร้องขอการเพิ่มแบนด์วิดท์ สำหรับเงื่อนไขจะอยู่นอกเหนือขอบเขตของ H.323

• การจัดการการเรียก (call management) เกทคีปเปอร์อาจจะทำการเก็บรักษารายการการเรียกที่เกิดขึ้นเพื่อใช้ในการระบุเทอร์มินัลที่ถูกเรียกว่าว่างหรือไม่ หรือเพื่อให้ข้อมูลกับฟังก์ชันในการจัดการแบนด์วิดท์

• การตรวจสอบผู้ใช้ (authenticating users) สามารถจำกัดการการเข้าถึงของผู้ใช้ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้

• การจัดการบริการ(managing services) เกทคีปเปอร์จะทำหน้าที่ในการจัดการให้บริการต่างๆ แก่ผู้ใช้

• การจัดการฐานข้อมูลของสมาชิก (managing subscriber databases)เกทคีปเปอร์ทำหน้าที่ดูแลและจัดการเกี่ยวกับฐานข้อมูลของสมาชิกที่ได้ลงทะเบียนไว้กับเกทคีปเปอร์

• การหาตำแหน่งของสมาชิก (locating subscribers)เกทคีปเปอร์ทำหน้าที่ในการหาตำแหน่งของสมาชิกได้โดยการค้นหาจากข้อมูลของสมาชิก ที่สมาชิกได้จากการลงทะเบียน

• การรวบรวมข้อมูลสำหรับการเก็บค่าบริการ (collecting charging information) เกทคีปเปอร์จะทำการเก็บข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการคิดค่าบริการของการเรียก โดยที่การเรียก (call) ต้องถูกจัดเส้นทางผ่านเกทคีปเปอร์

• การควบคุมเกทเวย์ (managing gateway) เกทคีปเปอร์จะควบคุมการทำงานของเกทเวย์ เช่นควบคุมการสร้างการเรียก ของเกทเวย์ระหว่างเครือข่าย

• การช่วยในการสร้างการเรียก (assisting in call setup) เมื่อการเรียกถูกจัดเส้นทางผ่านเกทคีปเปอร์จะช่วยในการสร้างการเรียก เช่น อาจจะทำการจัดเส้นทางให้กับการเรียกไปยังเกทเวย์ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดต่อสื่อสารระหว่างเอนทิตี้กับเกทคีปเปอร์ จะใช้โปรโตคอล H.225.0 /RAS ส่วนแมสเสจ call signaling (H.225.0/ Q.931) และ media control (H.245) อาจจะผ่านเกทคีปเปอร์หรือไม่ก็ได้ขึ้นอยู่กับการลงทะเบียนของเอนทิตี้และเงื่อนไขของเกทคีปเปอร์ สำหรับเกทคีปเปอร์อาจจะถูกรวมอยู่ในเกทเวย์และ MCUได้ โดยที่ต้องแยกทางตรรก (logical) จาก endpoint

2.2.4.4 มัลติพอยท์คอนโทรลยูนิท (Multipoint Control Unit : MCU)

MCU ทำหน้าที่ในการสนับสนุนการประชุมแบบหลายจุด (multipoint conference) ระหว่างเทอร์มินัล 3 เทอร์มินัลขึ้นไป MCU เป็นเอนทิตี้ที่จะมีหรือไม่ก็ได้ MCU ประกอบด้วย multipoint controller (MC) และ multipoint processor (MP) ในการประชุมจะต้องมี MC ส่วน MP อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ หรืออาจจะมีมากกว่าหนึ่งก็ได้ MC เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในจัดการเกี่ยวกับการส่งสัญญาณในการควบคุมมีเดีย (media control signaling) ให้กับแต่ละเทอร์มินัล โดยที่ทุกเทอร์มินัลต้องมีช่องสัญญาณ H.245 เชื่อมต่อกับ MC แบบจุดถึงจุด

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

2.2.4.5 มัลติพอยท์คอนเฟอร์เร้นซ์ (Multipoint Conference)

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

• Centralize Model ในแบบจำลองนี้จำเป็นต้องมี MCU อยู่ทุก เทอร์มินัลที่เข้าร่วมในการประชุมต้องมีช่องสัญญาณ H.245 เชื่อมต่อแบบจุดถึงจุด (point-to-point) กับ MCU ซึ่ง MC จะหน้าที่ควบคุมการประชุมโดยใช้ฟังก์ชันของ H.245 ส่วน MP จะทำหน้าที่รับมีเดียสตรีมจากทุกเทอร์มินัลทำการรวมสัญญาณเสียง เลือกสัญญาณวีดีโอที่ตรงกัน และประมวลผล แล้วทำการส่งกลับไปให้กลับเทอร์มินัลอื่นๆ ทุกเทอร์มินัล

• Decentralized Model ในแบบจำลองนี้ เทอร์มินัลจะมัลติคาสท์สัญญาณเสียงและวีดีโอให้กับเทอร์มินัลอื่นๆ โดยไม่ผ่าน MCU แต่การควบคุมยังคงถูกควบคุมโดย MC ผ่านทางช่องสัญญาณ H.245 ที่เชื่อมต่อกับเทอร์มินัลแบบจุดถึงจุด (point-to-point) เทอร์มินัลที่ได้รับสัญญาณจะทำหน้าที่ในการประมวลผลสัญญาณเอง โดยอาจจะใช้ฟังก์ชัน MP ของแต่ละเทอร์มินัลช่วยทำหน้าที่ในการประมวลผลมีเดียสตรีม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

2.3 ระบบเครือข่าย (Network System)

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนระบบเครือข่ายจำเป็นที่จะต้องมีความรู้พื้นฐานทางด้านระบบเครือข่ายพอสมควร ในหัวข้อนี้จะอธิบายหลักการของระบบเครือข่าย ที่จำเป็นสำหรับการทำความเข้าใจในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนระบบเครือข่ายซึ่งจะกล่าวดังต่อไปนี้

2.3.1 ความหมายของระบบอินเตอร์เน็ตเวิร์คกิ้ง

ระบบอินเตอร์เน็ตเวิร์คกิ้ง หรือ ระบบอินเตอร์เน็ต (Internet System) คือการเชื่อมต่อระบบเครือข่าย 2 เครือข่ายขึ้นไป เพื่อจุดมุ่งหมายในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันและการแบ่งปันทรัพยากรของระบบ เช่น ไฟล์ข้อมูล ตลอดจนการให้บริการฐานข้อมูลร่วมกัน ดังนั้นคอมพิวเตอร์บนระบบเครือข่ายหนึ่งก็สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์บนระบบเครือข่ายอื่นๆได้

2.3.2 สถาปัตยกรรมของเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

เครือข่ายอินเตอร์เน็ตถือว่าเป็นเครือข่ายที่ใหญ่ที่สุดในโลก เครือข่ายที่มีการต่อเสมือนกับใยแมงมุมครอบคลุมโลก อินเตอร์เน็ตเชื่อมโยงโลกเข้าด้วยกันอย่างไร้มิติจากคำกล่าวนี้ทำให้เราควรรู้ว่าอินเตอร์เน็ตจัดการส่วนประกอบต่างๆอย่างไร จึงทำให้แต่ละส่วนสามารถรับส่งข้อมูลและทำงานสัมพันธ์กันได้เป็นอย่างดี เราจึงจำเป็นต้องศึกษาสถาปัตยกรรมของอินเตอร์เน็ตดังต่อไปนี้

อินเตอร์เน็ตประกอบด้วยสายสื่อสารความเร็วสูงที่เรียกว่าแบคโบน (Back bone) เครือข่ายที่ต้องการเชื่อมโยงโดยตรงกับอินเตอร์เน็ตจะต่อกับแบคโบน ด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า “ เกตเวย์ ” (Gateway) ซึ่งเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการผ่านเข้า-ออก ของข่าวสารระหว่างเครือข่ายกับแบคโบน เกตเวย์ทุกตัวสามารถกำหนดการติดต่อกับเกตเวย์ตัวอื่น หรือเครือข่ายอื่นได้โดยใช้ไอพีแอดเดรส (IP Address) ของเครือข่ายอ้างอิงถึงกัน เช่น อินเตอร์เน็ตประเทศไทยเป็นเกตเวย์ของเครือข่ายในกลุ่มติดต่อกับเกตเวย์ของ UUNET ที่รัฐเวอร์จิเนียร์ สหรัฐอเมริกา

ข่าวสารจากเครือข่ายถูกส่งออกไปผ่านเกตเวย์เข้าสู่อินเตอร์เน็ต โดยที่เกตเวย์เป็นตัวเลือกทิศทางการเดินทางเพื่อไปยังปลายทางที่ต้องการ แต่ตามเส้นทางอาจจะต้องผ่านเกตเวย์อีกหลายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อรับช่วงส่งข่าวสารจนถึงที่หมายถึงแม้ว่าจะต้องเดินทางระยะไกลก็ตาม แต่ด้วยสายสื่อสารความเร็วสูงทำให้การส่งข่าวสารทำได้อย่างรวดเร็ว

2.3.3 ข้อกำหนดรูปแบบของเกตเวย์ (Gateway Protocols)

เกตเวย์ต้องมีข้อมูลของเกตเวย์ตัวอื่นและรู้จักเครือข่ายปลายทาง เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดเส้นทางที่ข่าวสารสามารถเดินทางไปถึงได้เร็วที่สุด เกตเวย์จะมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันเกี่ยวกับเส้นทาง รายละเอียด สถานะเครือข่ายและคุณสมบัติเครือข่ายย่อยที่ติดต่อเข้าสู่เครือข่ายใหญ่ตามลำดับขั้น จึงต้องมีการกำหนดรูปแบบพิเศษสำหรับเกตเวย์ขึ้นมา ข้อกำหนดรูปแบบเกตเวย์แบ่งออกตามการใช้งานได้ดังนี้

1. IGP (Interior Gateway Protocol) ถูกนำมาใช้กับเกตเวย์ที่อยู่ในเครือข่ายลูกติดต่อกับเครือข่ายลูกที่อยู่ภายในเครือข่ายแม่เดียวกัน หรือติดต่อกันระหว่างเครือข่ายแม่กับเครือข่ายลูก การเชื่อมโยงเกตเวย์ประเภทนี้มักจะไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง จึงเรียกว่าระบบอิสระจากกัน (Autonomous)
2. EGP (External Gateway Protocol) ในเครือข่ายใหญ่ๆการติดต่อกับเครือข่ายอื่นจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอตามการเปลี่ยนแปลงของเครือข่ายย่อยที่เชื่อมโยงอยู่เป็นจำนวนมาก จึงมีข้อกำหนดรูปแบบที่ใช้กับการสื่อสารระหว่างเกตเวย์ของเครือข่ายด้วย EGP
3. GGP (Gateway-to-Gateway Protocol) การเดินทางของข่าวสารระยะไกลบนแบคโบนอาจจะต้องผ่านเกตเวย์หลายตัวกว่าจะถึงปลายทาง GGP เป็นข้อกำหนดรูปแบบของการสื่อสารระหว่างเกตเวย์บนแบคโบนเพื่อทำให้การจราจรบนแบคโบนไม่ติดขัด ข่าวสารเคลื่อนที่ไปได้รวดเร็ว

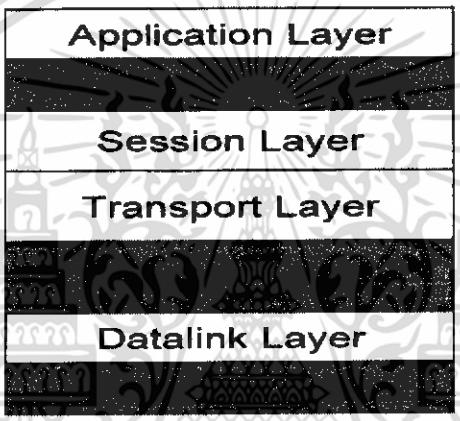
2.3.4 โมเดลโอเอสไอ (OSI Model)

ใช้เพื่อลดปัญหาความยุ่งยากสับสนในการติดต่อสื่อสารข้อมูล โครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลภายในอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่จะถูกแบ่งเป็นชั้นๆ โดยแต่ละชั้นมีอิสระไม่ขึ้นต่อกัน ทำให้การแปลงบริการชั้นใดๆไม่ก่อปัญหากับบริการชั้นอื่น การเพิ่มเติมการบริการใหม่ทำได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงโปรแกรมระบบเดิม และสิ่งที่สำคัญก็คือการทำระดับชั้นนั้นทำให้ตัวโปรแกรมมีขนาดเล็กสามารถระบุส่วนที่จะต้องปรับปรุงได้แน่นอน ไม่ต้องวิตกกังวลถึงโปรแกรมส่วนอื่นทำให้การพัฒนาประสิทธิภาพของระบบทำได้ง่ายและดียิ่งขึ้น

ISO (International Standardization for Organization) ซึ่งเป็นองค์กรที่จัดขึ้นมาเพื่อดูแลและส่งเสริมตลอดจนกำหนดมาตรฐานของการติดต่อสื่อสารของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาสถาปัตยกรรมข้อกำหนดรูปแบบสำหรับเครือข่าย ซึ่งเป็นลักษณะระบบเปิดที่เรียกว่า " Open System Interconnection Model " (OSI) โดยโมเดล OSI นี้มีลักษณะเป็นสถาปัตยกรรมแบบระบบเปิด (Open System) เพราะมุ่งหมายที่จะให้ระบบคอมพิวเตอร์ในหลายๆรูปแบบที่แตกต่างกันสามารถเชื่อมต่อกันได้ OSI โมเดลได้แบ่งโพรโตคอล (Protocol) ในการสื่อสารออกเป็น 7 เลเยอร์ (Layer) ซึ่งโพรโตคอลก็คือชุดหรือข้อตกลงในการติดต่อ ข้อสังเกตโมเดล OSI เป็นเพียงข้อเสนอแนะมิใช่ข้อกำหนดและควรรู้ว่ายังไงก็ไม่มีระบบการเชื่อมต่อที่สร้างเหมือนกับโมเดล OSI จริง



รูปที่ 2.14 โอเอสไอโมเดล

ข้อกำหนดรูปแบบแต่ละระดับชั้นของ OSI โมเดลจะต้องเป็นตามกลุ่มการบริการดังนี้

1. ระดับชั้นที่ 7 แอปพลิเคชั่นเลเยอร์ (Application Layer) เป็นการสื่อสารในระดับแอปพลิเคชั่น เช่น เบราเซอร์และโปรแกรม Telnet เป็นต้น ซึ่งทำหน้าที่เป็น User Interface โดยโปรโตคอลที่ทำงานอยู่ในชั้นนี้ เช่น TELNET, FTP, SMTP, HTTP และ DNS เป็นต้น
2. ระดับชั้นที่ 6 พรีเซนเตชั่นเลเยอร์ (Presentation Layer) มีหน้าที่ควบคุมเกี่ยวกับรูปแบบของข้อมูลที่จะถูกนำเสนอ รูปแบบดังกล่าวก็อย่างเช่น ASCII และ JPEG
3. ระดับชั้นที่ 5 เซสชั่นเลเยอร์ (Session Layer) ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะในการรับส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์ทั้งสองด้านให้มีความสอดคล้องกันและกไหนดวิธีที่ใช้รับส่งข้อมูล เช่น อาจจะเป็นลักษณะสลับกันส่ง (Half Duplex) หรือรับส่งข้อมูลพร้อมกันทั้งสองด้าน (Full Duplex)
4. ระดับชั้นที่ 4 ทรานสปอร์ตเลเยอร์ (Transport Layer) ทำหน้าที่ในการจัดเตรียมการส่งข้อมูลระหว่างต้นทางและปลายทาง เช่น การสถาปนาการเชื่อมต่อ การรักษาการเชื่อมต่อ และการยกเลิกการเชื่อมต่อ นอกจากนี้ยังมีหน้าที่เพิ่มเติมคือการรักษาความถูกต้องของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลด้วย เช่น โปรโตคอล TCP ส่วนโปรโตคอลที่ทำงานอยู่ในชั้นนี้เช่น UDP, TCP, และ SPX เป็นต้น

5. ระดับชั้นที่ 3 เน็ทเวอร์คเลเยอร์ (Network Layer) มีหน้าที่เลือกเส้นทางที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการนำส่งข้อมูลที่เรียกว่าแพ็กเก็ต (Packet) โปรโตคอลที่ทำงานอยู่ในชั้นนี้ เช่น IP และ IPX
6. ระดับชั้นที่ 2 คาต้าลิ้งค์เลเยอร์ (Data Link Layer) เป็นการทำงานในระดับ Network Interface Card และซอฟต์แวร์ไดรเวอร์ของมัน มีหน้าที่ดูแลการนำส่งข้อมูลระดับเฟรม โดยมีโปรโตคอลที่นิยมใช้ เช่น CSMA/CD
7. ระดับชั้นที่ 1 ฟิสิกส์คอลเลเยอร์ (Physical Layer) เป็นชั้นของการกำหนดคุณสมบัติทางฮาร์ดแวร์ เช่น คุณสมบัติทางไฟฟ้า มีหน้าที่ดูแลการนำส่งข้อมูลระดับบิต (Bit)

2.3.5 เปรียบเทียบ OSI กับ TCP/IP

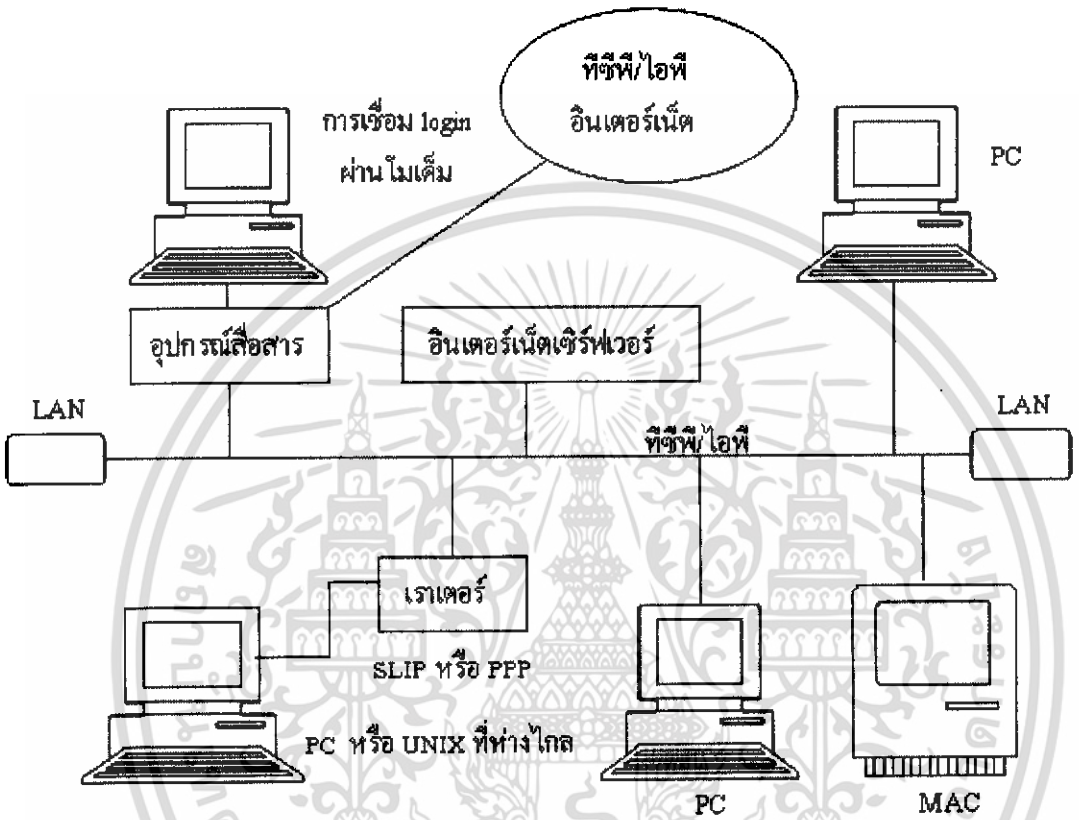
เราทราบแล้วว่า OSI ได้แบ่งหน้าที่ของทั้ง 7 ชั้นออกมาเป็นอย่างไร ชั้นไหนทำอะไรบ้าง ทำให้การเชื่อมต่อรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์สองระบบทำได้ง่ายกว่าเมื่อก่อนมาก เนื่องจากทุกระบบใช้มาตรฐานเดียวกัน อย่างไรก็ตามการกำหนดมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลนี้มีองค์กรใหญ่ๆอยู่ 3 องค์กรด้วยกัน คือ องค์กรมาตรฐานสากล หรือ International Standard Organization (ISO) ,สถาบันวิศวกรไฟฟ้าและอิเลกทรอนิกส์ของอเมริกา 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,ระบบสื่อสัญญาณ,เครือข่ายสาธารณะและข้อตกลงที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล เป็นต้น ซึ่งทำให้งานของแต่ละองค์กรมีความซ้ำซ้อนกันมากขึ้น แต่ก็เป็นผลดีที่ทำให้แต่ละมาตรฐานมีความร่วมมือกัน และเข้ากันได้กับมาตรฐานอื่นๆที่กำหนดขึ้นในคนละองค์กร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 โปรโตคอลทีซีพี/ไอพี (TCP/IP)

ทีซีพี/ไอพี เป็นแกนสำคัญในการที่จะทำการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อาจจะอยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันหรือนอกเครือข่าย



รูปที่ 2.15 การเชื่อมโยงกันด้วยโปรโตคอล ทีซีพี/ไอพี

ความสามารถของคอมพิวเตอร์และเครือข่ายในการแลกเปลี่ยนข่าวสารข้อมูลกันบนอินเตอร์เน็ตทั่วโลกนี้เกิดขึ้นได้ด้วยความคิดที่ดูง่ายๆนั่นก็คือการแตกข่าวสารนั้นออกเป็นชิ้นย่อยๆ ซึ่งเรียกว่าแพ็กเก็ต (Packet) แล้วส่งมันไปยังปลายทางที่ถูกต้องแต่ละชิ้นแล้วก็ประกอบพวกมันกลับขึ้นมาเป็นข่าวสารต้นฉบับเดิมเพื่อให้ผู้รับสามารถเรียกดูได้ ซึ่งงานทั้งหมดนี้จะเป็นหน้าที่ของโปรโตคอลในการสื่อสารที่สำคัญที่สุดในอินเตอร์เน็ตสองตัวที่จะจัดการ นั่นก็คือ ทรานซ์มิสชั่นคอลโทรลโปรโตคอล (Transmission Control Protocol : TCP) และอินเตอร์เน็ตโปรโตคอล (Internet Protocol : IP) ซึ่งอาจจะถูกอ้างถึงเป็นคู่ว่า ทีวีพี/ไอพี โดยที่ ทีซีพี จะเป็นตัวแตกข้อมูลออกมาเป็นแพ็กเก็ต ประกอบข้อมูลกลับคืนตามเดิมและรับประกันความถูกต้องในการลำเลียง

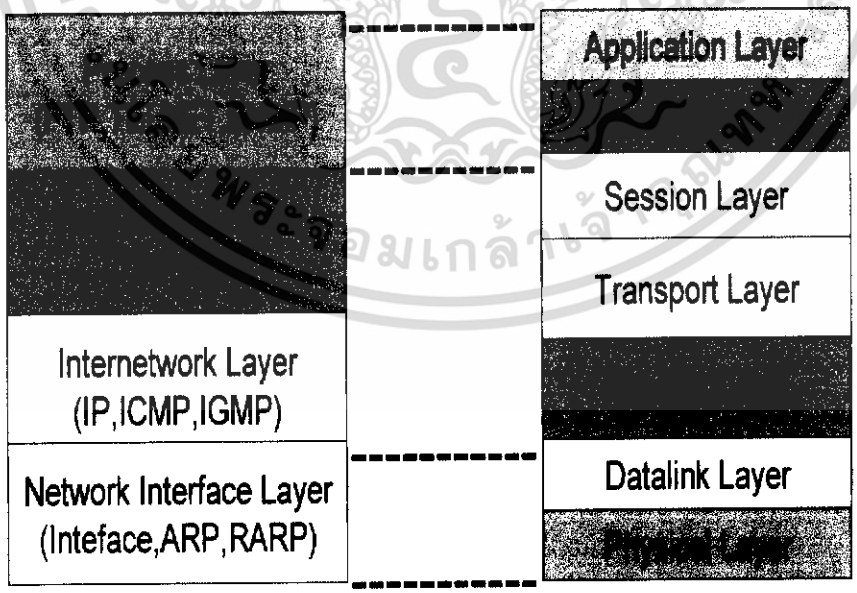
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล ในขณะที่ ไอพี เป็นตัวที่ช่วยสร้างความมั่นใจว่าแพ็กเก็ตจะถูกส่งไปยังปลายทางที่ถูกต้อง โดยการกำหนดแอดเดรส จัดแบ่งขนาดข้อมูลให้เหมาะสม และเลือกเส้นทางส่งข้อมูล

ทีซีพี/ไอพี (TCP/IP) ถูกนำมาใช้ในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นเครือข่ายในแบบที่เรียกว่า แพ็กเก็ต-สวิตช์เน็ตเวิร์ค (Packet-Switched Network) ซึ่งในเครือข่ายแบบนี้จะไม่มีการเชื่อมต่อถาวรใดๆ ระหว่างผู้รับและผู้ส่ง แต่ทว่าข่าวสารถูกส่งออกไปมันจะแยกเป็นแพ็กเก็ตเล็กๆและถูกส่งไปในเส้นทางที่แตกต่างกันพร้อมๆกัน แล้วถูกนำมาประกอบขึ้นใหม่ที่ด้านผู้รับอีกทีหนึ่ง ซึ่งแตกต่างกับระบบเครือข่ายของโทรศัพท์ที่เป็นเครือข่ายแบบ เซอร์กิต-สวิทช์เน็ตเวิร์ค (Circuit-Switched Network) ตรงที่ว่าในเครือข่ายของโทรศัพท์นั้นเมื่อมีการเชื่อมต่อขึ้นระหว่างจุดสองจุดแล้ว (อย่างเช่น การหมุนโทรศัพท์จากเครื่องของเราไปยังเครื่องปลายทาง) เครือข่ายส่วนที่เป็นทางเชื่อมระหว่างทั้งสองเครื่องนั้น หรือ "เซอร์กิต" จะถูกสงวนไว้ใช้งานเฉพาะการเชื่อมต่อครั้งนั้นๆ จนกว่าจะจบการติดต่อ

2.3.7 แบบอ้างอิงทีซีพี/ไอพีและโปรโตคอลแสตค

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



รูปที่ 2.16 แบบอ้างอิงทีซีพี/ไอพีเมื่อเทียบกับโอเอสไอโมเดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของแต่ละชั้นเป็นดังนี้

- ชั้นบนเรียกว่าโปรเซสเลเยอร์ (Process Layer) จะเป็นแอพพลิชันโปรโตคอลที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับผู้ใช้และให้บริการต่างๆ เช่น FTP,Telnet และ SNMP ฯลฯ
- ชั้นถัดมาเรียกว่าโฮสทูโฮสเลเยอร์ (Host-to-Host Layer) จะเป็น TCP หรือ UDP ที่ทำหน้าที่คล้ายกับชั้นที่ 4 ของโอเอสไอโมเดล คือควบคุมการรับส่งข้อมูลจากด้านส่งไปด้านรับและตัดข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยให้เหมาะกับเครือข่ายที่ใช้รับส่งข้อมูล รวมทั้งประกอบข้อมูลส่วนย่อยๆนี้เข้าด้วยกันเมื่อถึงปลายทาง
- ชั้นถัดมาเรียกว่าอินเตอร์เน็ตเวิร์คเลเยอร์ (Internetwork Layer) ได้แก่ส่วนของโปรโตคอลไอพี ซึ่งทำหน้าที่คล้ายกับเลเยอร์ที่ 3 ของโอเอสไอโมเดล คือเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับระบบเครือข่ายที่อยู่ชั้นล่างลงไปและทำหน้าที่เลือกเส้นทางที่ดีที่สุดในการรับส่งข้อมูล
- ส่วนชั้นที่อยู่ล่างสุดเรียกว่าเน็ตเวิร์คอินเตอร์เฟส (Network Interface) คือชั้นที่ควบคุมฮาร์ดแวร์การรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย ซึ่งเทียบเท่ากับเลเยอร์ที่ 1 ของโอเอสไอโมเดล ในชั้นนี้จะทำหน้าที่เชื่อมต่อกับฮาร์ดแวร์และควบคุมการรับส่งข้อมูลในระดับฮาร์ดแวร์ของเครือข่าย ซึ่งที่ใช้กันอยู่จะเป็นตามมาตรฐานของ IEEE 802.3 จะเป็นการเชื่อมต่อผ่าน LAN แบบ Ethernet LAN

การกำหนดตามโปรแกรมประยุกต์หนึ่งๆไม่ได้ใช้โปรโตคอลพร้อมกันทั้งชุด ใช้เพียงโปรโตคอลที่สัมพันธ์กันในแต่ละระดับชั้นของแบบอ้างอิง การซ้อนทับของโปรโตคอลจากระดับชั้นบนไปชั้นล่างเรียกว่าโปรโตคอลสแตค (Protocol stack)

2.3.8 การทำงานของโปรโตคอลทีซีพี/ไอพี

1. อินเตอร์เน็ตเป็นเครือข่ายแบบแพ็กเก็ต-สวิตช์ เน็ตเวิร์ก ซึ่งก็หมายความว่าเมื่อส่งข่าวสารข้ามอินเตอร์เน็ตข้อมูลจะถูกแตกเป็นชิ้นหรือแพ็กเก็ตย่อยๆ และแต่ละแพ็กเก็ตจะถูกส่งไปยังปลายทางโดยเป็นอิสระจากกันผ่านอุปกรณ์ค้นหาเส้นทางที่เรียกว่า เราเตอร์ (Router) หลายๆตัว เมื่อแพ็กเก็ตทั้งหมดเข้ามาถึงปลายทาง ก็จะถูกประกอบกลับขึ้นมาเป็นรูปแบบเดิมอีกทีหนึ่ง

โปรโตคอลสองตัวที่ใช้แตกข้อมูลออกเป็นแพ็กเก็ตจัดการกำหนดเส้นทางในการส่งข้ามอินเตอร์เน็ต แล้วประกอบมันกลับที่อีกปลายหนึ่งก็คือ อินเตอร์เน็ตโปรโตคอลซึ่งจะกำหนดเส้นทางของข้อมูลและทรานซ์มิสชั่น คอลโทรล โปรโตคอล ซึ่งจะจัดการแตกข้อมูลออกเป็นแพ็กเก็ตและประกอบมันกลับที่อีกปลายด้านหนึ่ง

2. เมื่อคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งต้องการที่จะติดต่อสนทนากับคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งบนอินเตอร์เน็ต คอมพิวเตอร์จะเปิดการเชื่อมต่อทีซีพีกับคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นขั้นตอนนี้อาจเทียบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับการทำงานของเครือข่ายโทรศัพท์ เมื่อคนกดปุ่มโทรศัพท์เพื่อที่จะโทรศัพท์ไปยังหมายเลขโทรศัพท์หนึ่งจะมีระบบสวิทชิ่งเรียกไปยังหมายเลขโทรศัพท์นั้นบนเครือข่ายให้ หลังจากมีผู้รับโทรศัพท์ก็สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้จนกว่าทั้งคู่ตัดสินใจวางโทรศัพท์ การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่องโดยใช้ทีซีพี ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้พร้อมกันสองทาง (Full duplex)

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

การจะบอกว่าผู้ใช้ต้องการใช้บริการอะไรทีซีพีต้องระบุพอร์ต (Port) เป็นตัวเลขขนาด 16 บิต เป็นบิตเสมือนแอดเดรสประจำโปรโตคอลในชั้นประยุกต์ ที่ผู้ใช้ต้องการเชื่อมต่อด้วย พอร์ตทำหน้าที่คล้ายกับหมายเลขต่อของโทรศัพท์ ยกเว้นว่าหมายเลขโทรศัพท์ (หมายเลขไอพี) และหมายเลขต่อพอร์ตของทีซีพี ถูกกำหนดไว้ในคราวเดียวกัน ทีซีพี/พีสงวนพอร์ตหมายเลข 1 ถึง1023 ไว้ใช้เป็นประจำโปรโตคอลประยุกต์โดยเรียกพอร์ตนี้ว่า "Well-know port" โดยปกติผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทราบหมายเลขพอร์ตที่ตนต้องใช้ โปรแกรมไคลเอนต์ที่ใช้จะรู้ว่าควรใช้พอร์ตหมายเลขอะไร

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนอินเตอร์เน็ตมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอด ไอพีอาจส่งดาต้าแกรมโดยไม่เรียงลำดับนอกจากนี้ไอพีไม่สามารถรับรองว่าดาต้าแกรมส่งถึงจุดหมายได้เรียบร้อยเป็นหน้าที่ของทีซีพีที่ต้องตรวจสอบว่าข้อมูลถึงจุดหมายทั้งหมดหรือไม่

การส่งข้อมูลยังต้องใช้การทำงานอีกระดับคือข้อมูลต้องส่งผ่านสื่อกลาง เช่น สายอีเธอร์เน็ต สายเคเบิ้ลไฟเบอร์ออฟติก (Fiber optic) หรือสายโทรศัพท์ ไอพีต้องใช้บริการของซอฟต์แวร์สำหรับควบคุมการใช้สื่อกลาง (Media access control) ในการส่งและรับข้อมูลผ่านสื่อเหล่านี้ ไอพีต้องใช้ความสามารถของโปรโตคอลระดับล่างอย่างเช่นอีเธอร์เน็ตเพื่อส่งข้อมูลไปตามสายสื่อสาร เหมือนกับ ทีซีพี ต้องใช้ความสามารถของไอพีในการสร้าง และส่งดาต้าแกรม

5. เมื่อแพ็กเก็ตมาถึงปลายทางของมัน ทีซีพี จะคำนวณค่าผลรวมสำหรับตรวจสอบของแต่ละดาต้าแกรมใหม่ แล้วเปรียบเทียบค่าผลรวมสำหรับตรวจสอบที่ส่งมาในดาต้าแกรมนั้นถ้าไม่เท่ากัน ทีซีพี บนเครื่องปลายทางก็จะรู้ว่าข้อมูลไม่สมบูรณ์ คือเกิดความผิดพลาดขึ้นในระหว่างการส่งและจะทิ้งดาต้าแกรมนั้นไปแล้วร้องขอให้ ทีซีพี บนเครื่องต้นทางส่งดาต้าแกรมนั้นมาใหม่

6. เมื่อได้รับดาต้าแกรมที่สมบูรณ์ครบทั้งหมดแล้ว ทีซีพี ก็จะประกอบข้อมูลนั้นกลับขึ้นมาเป็นรูปแบบเดิมของมัน

2.3.9 ลักษณะของการติดต่อ

แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

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

- ขั้นการสร้างการติดต่อ (Connection Establishment)
- ขั้นการส่งผ่านข้อมูล (Data Transfer)
- ขั้นยกเลิกการติดต่อ (Connection Termination)

Connectionless คือจะไม่มีขั้นการสร้างการติดต่อ และขั้นการยกเลิกการติดต่อ แต่จะมีขั้นการส่งผ่านข้อมูลเพียงอย่างเดียว โดยข้อมูลซึ่งเรียกว่าดาต้าแกรมจะถูกส่งจากระบบหนึ่งไปสู่อีกระบบหนึ่งอย่างเป็นอิสระโดยไม่ขึ้นอยู่กับดาต้าแกรมอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.10 อินเตอร์เน็ตโปรโตคอล (Internet Protocol : IP)

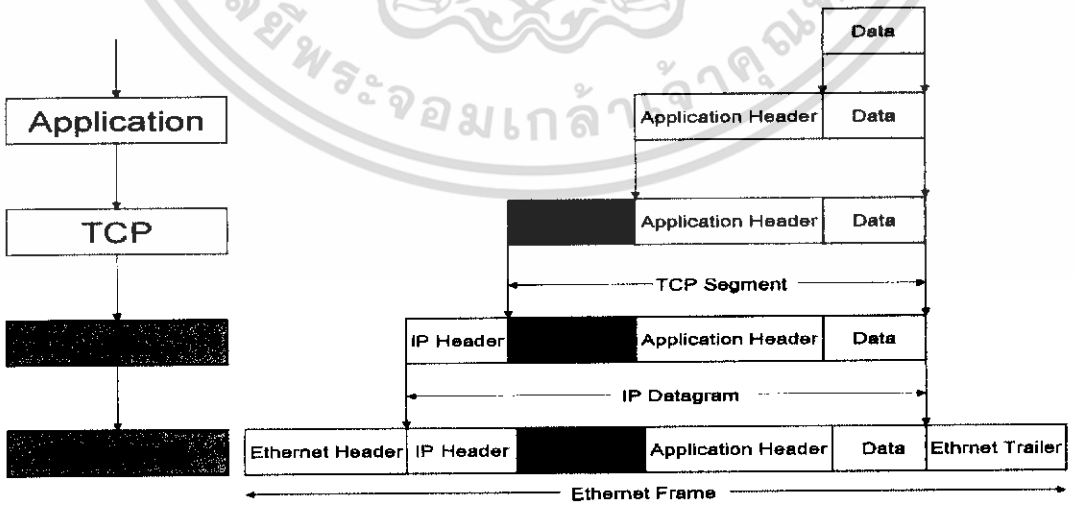
ไอพีนับเป็นโปรโตคอลหลักของทีซีพี/ไอพี โปรโตคอลอื่นไม่ว่าจะเป็นทีซีพีหรือยูดีพี (TCP/UDP) ต้องจัดข้อมูลในรูปดาต้าแกรม (Datagram) ซึ่งประกอบด้วยเฮดเดอร์ (Header) และข้อมูล

หน้าที่หลักของไอพี คือ จัดขนาดข้อมูลให้พอเหมาะและเลือกเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อจัดส่งดาต้าแกรม ไอพีมีรูปแบบการจัดส่งดาต้าแกรมเป็นแบบ "Unreliable" และ "Connectionless"

ความหมายของ "Unreliable" คือไอพีไม่มีกลไกรับประกันว่าดาต้าแกรมที่ส่งไปจะถึงปลายทางได้สำเร็จ ไอพีให้บริการลำเลียงดาต้าแกมอย่างดีที่สุด หากมีความผิดปกติเกิดขึ้นระหว่างการนำส่งดาต้าแกรม เช่น บัฟเฟอร์ของเราเตอร์ระหว่างทางเต็มจนไม่สามารถรับดาต้าแกรมได้ สิ่งที่ไอพีดำเนินการกับดาต้าแกรมคือทิ้งดาต้าแกรมนั้นไป แล้วรายงานสาเหตุของปัญหากลับไปด้วยโปรโตคอลไอซีเอ็มพี (ICMP)

2.3.11 ทรานซ์มิสชั่นคอลโทรลโปรโตคอล (Transmission Control Protocol : TCP)

ทีซีพี (TCP) เป็นโปรโตคอลที่ให้บริการชนิดที่ต้องมีการเชื่อมต่อเป็นแบบ Connection Oriented และรับประกันความเชื่อถือในการลำเลียงข้อมูล ทีซีพีรับประกันความน่าเชื่อถือในการลำเลียงข้อมูล โดยทำหน้าที่ตรวจสอบเซกเมนต์ (Segment) ที่ผิดปกติควบคุมปริมาณการไหลของข้อมูล จัดลำดับ กำจัดเซกเมนต์ที่ซ้ำและจัดส่งเซกเมนต์ซ้ำใหม่ รวมทั้งจัดลำดับให้ถูกต้องก่อนส่งไปยังโปรแกรมประยุกต์ ระดับบนเฮดเดอร์และข้อมูลของทีซีพี เรียกว่าเซกเมนต์ การเอ็นแคปซูเลต (Encapsulate) ทีซีพีเซกเมนต์ในไอพีดาต้าแกรม (IP datagram) แสดงดังรูป



รูปที่ 2.17 การส่งถ่ายข้อมูลระหว่างชั้นของโปรโตคอลสแตค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ต้นทางจะต้องสร้างการเชื่อมโยงกับปลายทางก่อนส่งทีซีพีเซกเมนต์ เพื่อให้มั่นใจว่าปลายทางพร้อมจะสื่อสารด้วย และเมื่อเสร็จสิ้นการส่งถ่ายข้อมูลแล้วก็จะปิดการเชื่อมโยง

2.3.12 ความสัมพันธ์ของ TCP และ UDP กับอินเตอร์เน็ต

ตามสถาปัตยกรรมของชุดข้อกำหนดรูปแบบแรโตคอล TCP/IP ระดับชั้นทรานสปอร์ตจะมีการบริการส่งข้อมูลอยู่ 2 ประเภท คือ TCP/UDP

ความแตกต่างของ TCP กับ UDP อยู่ที่วิธีการสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่อง TCP ต้องสร้างการติดต่อให้ได้ก่อนแล้วจึงส่งข้อมูลและยกเลิกเส้นทางที่ต่อกันเมื่อจบการส่งข้อมูล ส่วน UDP จะไม่มีการสร้างการติดต่อแต่จะใช้แอดเดรสของคอมพิวเตอร์ปลายทางใส่รวมกับข้อมูลแล้วส่งออกไป ข้อมูลจะเดินตามไอพีแอดเดรสด้วยเส้นทางที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความเหมาะสมจนกว่าจะถึงคอมพิวเตอร์ปลายทาง

TCP เป็นวิธีการสื่อสารที่มีความเชื่อมั่นได้มากกว่า UDP ทั้งการส่งและการตอบรับข่าวสาร วิธีของ UDP จะไม่มีการรับประกันว่าข่าวสารจะไปถึงผู้รับ แต่ UDP มีวิธีการที่จะตรวจสอบโดยให้เครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางส่งข่าวสารการตอบรับกลับมาเมื่อได้รับข่าวสารที่ส่งไปให้ ทางด้านผู้ส่งจะตั้งเวลาว่านานเท่าใดควรมีการตอบกลับรับกลับมา ถ้าเกินเวลาแล้วยังไม่มีการตอบกลับก็สันนิษฐานได้เลยว่าข่าวสารนั้นได้สูญหาย UDP ก็จะทำการส่งข่าวสารเดิมให้ใหม่

เครือข่ายขนาดใหญ่เช่นอินเตอร์เน็ต ซึ่งมีเครื่องคอมพิวเตอร์บนเครือข่ายจำนวนมากการใช้ TCP ที่ต้องการสร้างการติดต่อและยกเลิกอยู่บ่อยๆจึงเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ ดังนั้นอินเตอร์เน็ตจึงใช้การส่งข่าวสารแบบ UDP

2.3.13 ไอพีแอดเดรส (IP Address)

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อเชื่อมกับอินเตอร์เน็ตเครือข่ายที่ใช้โปรโตคอล TCP/IP มีอยู่เป็นจำนวนมาก เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องต้องสามารถระบุหรืออ้างอิงตัวตนได้โดยไม่เกิดความซ้ำซ้อนกับเครื่องคอมพิวเตอร์อื่น มิฉะนั้นข่าวสารที่เครือข่ายรับมาจะไม่สามารถส่งไปให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการข่าวสารนั้นได้ จึงต้องมีการจัดระบบที่ดี เครือข่ายอินเตอร์เน็ตหรือเครือข่ายที่ใช้ TCP/IP ได้ออกแบบจัดการระบบส่วนนี้ไว้แล้ว เครือข่ายอินเตอร์เน็ตใช้รหัสหมายเลขมากำหนดให้แต่ละเครือข่ายและเครื่องคอมพิวเตอร์ภายในเครือข่ายที่เชื่อมโยง เรียกรหัสหมายเลขเหล่านี้ว่าอินเตอร์เน็ตแอดเดรส (Internet Address)

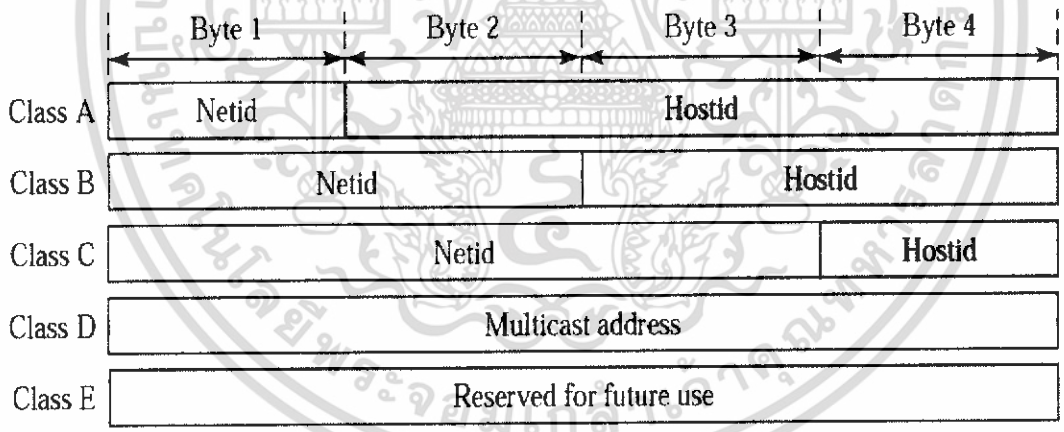
ไอพีแอดเดรสประกอบด้วยเลขฐานสองจำนวน 32 บิต แบ่งออกเป็น 4 ส่วน แต่ละส่วนมี 8 บิต เมื่อดูเฉพาะแต่ละส่วนเป็นเลขฐานสิบจะได้เลขจำนวน 256 ค่าไม่ซ้ำกัน (0-255) ไอพีแอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะนำเอาหมายเลขทั้ง 4 ส่วนมารวมกัน โดยแยกแต่ละส่วนด้วยจุดดังนั้นหมายเลขทั้งหมดที่เป็นไปได้โดยไม่ซ้ำกันคือ 256 หรือ 4,294,976,296 จำนวน มีค่าหมายเลขจาก 000.000.000.000 จนถึง 255.255.255.255 หมายเลขเหล่านี้เองที่ระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตใช้กำหนดให้กับเครือข่ายและเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้อ้างอิงถึงไอพีแอดเดรส บางหมายเลขสงวนไว้ใช้ด้วยจุดหมายกรณีพิเศษทำให้ไอพีแอดเดรสที่ให้งานทั่วไปลดลงจากจำนวนที่เป็นไปได้ ความหมายของไอพีแอดเดรสจะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มดังนี้

1. กลุ่มที่ใช้เป็นรหัสประจำเครือข่าย
2. กลุ่มที่ใช้เป็นรหัสประจำเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ภายในเครือข่าย (Host Computers)

ไอพีแอดเดรสในกลุ่มรหัสประจำเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถซ้ำกันได้ แต่กลุ่มรหัสประจำเครือข่ายจะซ้ำกันไม่ได้ ดังนั้นรหัสเครื่องที่ซ้ำกันจึงไม่มีผลต่อการอ้างอิงถึง นอกจากนี้เพื่อความเหมาะสมในการกำหนดไอพีแอดเดรสให้กับผู้ขอทางผู้บริหารอินเตอร์เน็ตจึงได้กำหนดคลาส (Class) ของผู้ขอตามขนาดของเครือข่ายเพื่อให้ทรัพยากรส่วนนี้ถูกใช้อย่างคุ้มค่าที่สุด องค์กรขนาดใหญ่ก็จะจัดให้อยู่ในคลาสที่สามารถกำหนดไอพีแอดเดรสให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายได้มากกว่าองค์กรขนาดเล็ก การแบ่งคลาสจะแบ่งได้ดังรูป



รูปที่2.18 คลาสของไอพีแอดเดรส

จากรูปที่ 2.18 จะแสดงประเภทของไอพีแอดเดรสและข้อกำหนดปลีกย่อยต่างๆ เราสามารถทราบได้ว่าเครือข่ายองค์กรถูกจัดอยู่ในคลาสใด โดยดูจากค่าหมายเลขของ 8 บิตแรกซ้ายมือสุดดังนี้

Class A: ไอพีแอดเดรสอยู่ในช่วง 1 ถึง 126

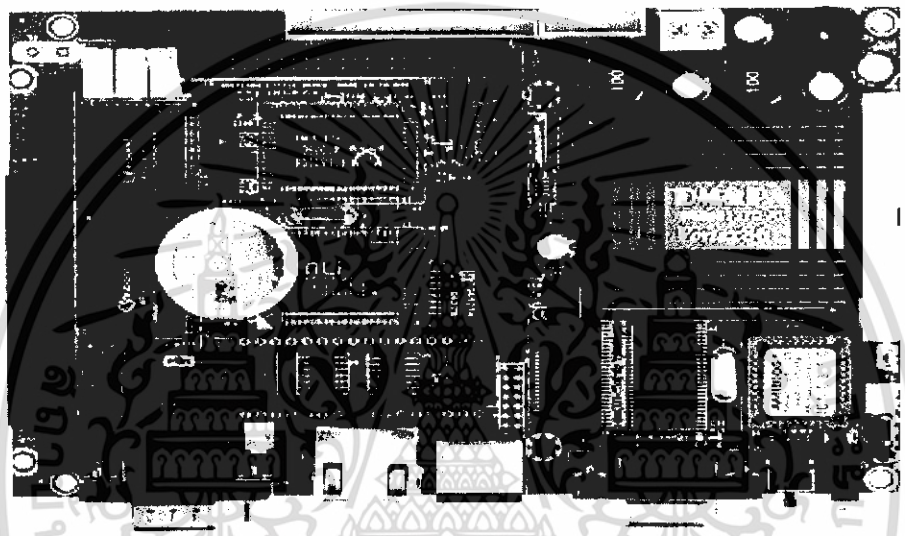
Class B: ไอพีแอดเดรสอยู่ในช่วง 128 ถึง 191

Class C: ไอพีแอดเดรสอยู่ในช่วง 192 ถึง 233

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ระบบฝังตัว (Embedded System)

ระบบฝังตัว (Embedded System) คือระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ประมวลผลด้วยซีพียู แต่จะต่างจากที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ โน๊ตบุ๊ค โดยที่คอมพิวเตอร์ฝังตัวมักจะชิพที่ออกแบบเฉพาะมากกว่า ที่ผ่านมาระบบฝังตัวได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในรถยนต์ เครื่องบิน ยานอวกาศ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและสำนักงาน โทรศัพท์มือถือ ตลอดจนของเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ



รูปที่ 2.19 ระบบฝังตัว (Embedded System)

ระบบฝังตัว คือ อุปกรณ์ที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม ที่มีเจ้าตัวไมโครชิพที่มีการเขียนโปรแกรมใส่เข้าไป ไมโครชิพที่ว่านี้มีหลายรูปแบบ เป็นทั้งแบบไม่ต้องมีโปรแกรมทำได้เลย กับแบบที่ต้องเขียนโปรแกรมเข้าไป ระบบฝังตัวนี้หมายถึงระบบที่มีไมโครชิพทำหน้าที่ควบคุมอยู่และการควบคุมนั้นเป็นการควบคุมโดยการเขียนโปรแกรมฝังเข้าไป อุปกรณ์ที่มีระบบฝังตัวอยู่ที่เห็นได้ชัดที่สุดคือ โทรศัพท์มือถือ ภายในประกอบด้วยบอร์ดวงจร และหน่วยความจำ ที่สำคัญที่สุดคือไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งผู้ผลิตเอสพีวีนำมาใช้เป็นไมโครชิพของ ARM เวอร์ชั่น 720 เช่นเดียวกับ พีดีเอ iPaq ซึ่งรุ่นก่อนหน้านี้ก็ใช้ไมโครชิพของ ARMรุ่น SA1110 และเพิ่งจะเปลี่ยนมาใช้โปรเซสเซอร์ Xscale ของอินเทล ซึ่งประหยัดแบตเตอรี่มากกว่าและมีความเร็วสูงกว่า โทรศัพท์มือถือทั้งหมดเป็น Embedded System นั่นคือ เดิมเราเห็นคอมพิวเตอร์เป็นคอมพิวเตอร์ ถ้าจะให้ทำงานอะไรก็จะใส่โปรแกรมเข้าไปคอมพิวเตอร์ก็จะทำงาน ถ้าเป็น Embedded System จะมองไม่เห็นการใส่โปรแกรม เวลาจะใช้ก็สามารถกดใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตรงได้เลยเหมือนกับการใช้เครื่องเล่นวีดีโอ นั่นคือไม่ต้องโหลดหรือเรียกโปรแกรม เวลาต้องการใช้ก็สามารถกดปุ่มสั่งให้เครื่องทำงานได้

ระบบฝังตัวซอฟต์แวร์ต่างๆ จะถูกฝังลงในหน่วยความจำชนิดอ่านได้อย่างเดียวหรือที่เรียกว่า ROM (Read Only Memory) หรือพวก flash memory chip การเรียกใช้โปรแกรมจึงทำได้อย่างรวดเร็ว ต่างจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือพีซี โดยที่โปรแกรมจะถูกเรียกมาไว้ที่หน่วยความจำ RAM (Random Access Memory) ทุกครั้งจะเห็นได้ว่าระบบฝังตัวสามารถนำไปใช้งานได้ไม่จำกัด โดยแต่ละปีไมโครโปรเซสเซอร์นับพันล้านตัวจะถูกผลิตออกมาป้อนสู่ตลาดเพื่อประกอบในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ อุปกรณ์ที่ใช้ระบบฝังตัวนี้จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ชิพขนาดเล็กกินไฟน้อย มีระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์อยู่ในตัว ไมโครชิพสามารถทำงานได้หลายอย่างและเมื่อตัวไมโครชิพและหน่วยความจำมีขนาดเล็กลง และราคาถูกลง แถมยังมีความสามารถสูงขึ้นกว่าเดิม จึงสามารถเอาไปใส่ในอุปกรณ์ขนาดเล็กได้ และสามารถเขียนโปรแกรมที่มีความซับซ้อนได้ เพราะฉะนั้นโทรศัพท์มือถือบางรุ่นจึงมีความสามารถเพิ่มขึ้นมากกว่าแต่ก่อนมาก

ข้อดีของระบบฝังตัวคือ มีย่านการใช้งานได้หลากหลายมากขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของซีพียู และลักษณะการนำไปใช้งาน

2.4.1 การใช้งาน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีระบบฝังตัวนั้นกำลังเป็นที่จับตามองเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆได้เริ่มมีการเพิ่มหน่วยประมวลผลเข้าไปเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติที่แตกต่างหรือเหนือกว่าคู่แข่งไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์ วิทยุ โทรทัศน์ เป็นต้น นอกเหนือจากมุมมองจากทางด้านการใช้งานแล้ว เทคโนโลยีของหน่วยประมวลผลเองนั้นก็ได้รับการพัฒนาให้ก้าวหน้าอยู่ตลอดเวลา ในปัจจุบันเรามีไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขนาดเล็ก และกินไฟน้อยออกมาให้เลือกใช้งานกันอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงไม่น่าแปลกใจที่เราจะเห็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กลง แต่สามารถใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาดเล็กเพียงไม่กี่ก้อนเท่านั้น

ถ้าจะกล่าวถึงการพัฒนาเทคโนโลยีของระบบฝังตัวแล้ว โดยส่วนใหญ่ผู้พัฒนาจะให้ความสำคัญกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และไมโครโพรเซสเซอร์เป็นหลัก ทั้งนี้เนื่องจากเป็นส่วนที่มีความสำคัญกับการประมวลผลและคุณสมบัติของระบบฝังตัว

2.4.2 การแบ่งระดับของระบบฝังตัว

สำหรับเทคโนโลยีของระบบฝังตัวที่แบ่งตามความซับซ้อนในการประมวลผลและลักษณะการใช้งาน สามารถแบ่งออกได้ 3 ระดับดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

- **ระบบฝังตัวขนาดกลาง** จะมีความในการทำงานสูงขึ้นมาจากระบบฝังตัวขนาดเล็ก ส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้กับงานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่จะต้องการคุณสมบัติพิเศษที่ไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์ขนาดเล็กทำไม่ได้ 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 ส่วนใหญ่จะเป็นระบบฝังตัวที่ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับประมวลผลเป็นหลัก หรืออาจจะเป็นระบบฝังตัวที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นพื้นฐาน (PC-Based) ระบบฝังตัวประเภทนี้ส่วนใหญ่ใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่มีการใช้งานทั่วไป ดังเช่น นำระบบฝังตัวประเภทนี้ไปประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์สำหรับระบบเครือข่าย เช่น เราท์เตอร์ อินเตอร์เน็ต หรือเว็บเซิร์ฟเวอร์ เป็นต้น

เนื่องด้วยสิ่งสนับสนุนในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีอยู่เป็นจำนวนมากนี้ทำให้ผู้คนต่างๆ ในหลายๆสาขาหันมาให้ความสนใจกับไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กเป็นจำนวนมากแต่ปัญหาที่กำลังเกิดขึ้นก็คือ ความสามารถของตัวผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมานั้นกำลังจะถูกจำกัดด้วยความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ใช้

ยกตัวอย่างเช่นในการพัฒนาหุ่นยนต์ในสถานศึกษาต่างๆ นั้นจะเห็นได้ว่าหุ่นยนต์เหล่านี้ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงมาเป็นเวลานาน แต่สิ่งที่เกิดขึ้นก็คือหุ่นยนต์ที่นักศึกษาได้พัฒนาขึ้นในวันนี้มีคุณสมบัติส่วนใหญ่เหมือนกับหุ่นยนต์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเมื่อ 5 ถึง 10 ปีที่แล้ว แต่จะแตกต่างกันตรงที่เวลาที่ใช้ในการพัฒนา ในอดีตการพัฒนาระบบประมวลผลสำหรับหุ่นยนต์อาจจะใช้เวลานานเป็นเดือน เนื่องด้วยข้อจำกัดของแหล่งเครื่องมือและแหล่งความรู้ แต่ในวันนี้นักศึกษาสามารถพัฒนาหุ่นยนต์ที่มีคุณสมบัติเดียวกันได้ภายในเวลาไม่กี่สัปดาห์เท่านั้น จากสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อเราได้ย้อนกลับไปพิจารณาถึงต้นเหตุของปัญหาต่างๆ แล้วก็จะทำความเข้าใจได้ไม่ยากเลยเนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก ซึ่งพร้อมด้วยตัวเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาและข้อมูลประกอบแต่ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กเหล่านี้มีข้อจำกัดค่อนข้างมากจึงไม่สามารถพัฒนาให้หุ่นยนต์ของตนให้มีความฉลาดหรือจะพัฒนาให้ตัวหุ่นยนต์สามารถทำงานได้หลากหลายมากขึ้น เนื่องจากตัวหน่วยความจำที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กเหล่านี้ มีให้นั้นไม่เพียงพอโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้เมื่อใช้เครื่องมือในการพัฒนาด้วยภาษาระดับสูงซึ่งกินพื้นที่ในหน่วยความจำมาก ถ้าจะหันกลับไปใช้ภาษาระดับล่างอย่างภาษาแอสแซมบลี้ ก็ทำให้การเขียนโปรแกรมทำได้ยากมากส่งผลให้หุ่นยนต์ไม่สามารถจะทำงานที่มีความซับซ้อนได้ หรือแม้แต่การใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมเองเครื่องจักรที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครโพรเซสเซอร์ขนาดเล็กจะมีคุณสมบัติและฟังก์ชันการทำงานที่ไม่สูงมาก เครื่องจักรเหล่านี้ส่วนใหญ่จะไม่มีความสามารถที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลเป็นระบบเครือข่าย ซึ่งจะช่วยให้การควบคุม และการดูแลสามารถทำได้ง่ายขึ้นและถ้าวิศวกรต้องการพัฒนาให้เครื่องจักรสามารถทำงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้น มีความฉลาดมากขึ้น หรือสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ผ่านระบบเครือข่ายอย่าง SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) แล้วจำเป็นต้องใช้ระบบฝังตัวที่มีความสามารถสูงกว่าไมโครคอนโทรเลอร์ 8051 หรือไมโครโพรเซสเซอร์ Z80

2.4.3 ส่วนประกอบต่างๆที่สำคัญของชุดพัฒนาคอม 86 รุ่น ICOP-6047

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Vortex86

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

2. หน่วยความจำ

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

3. ช่องทางการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

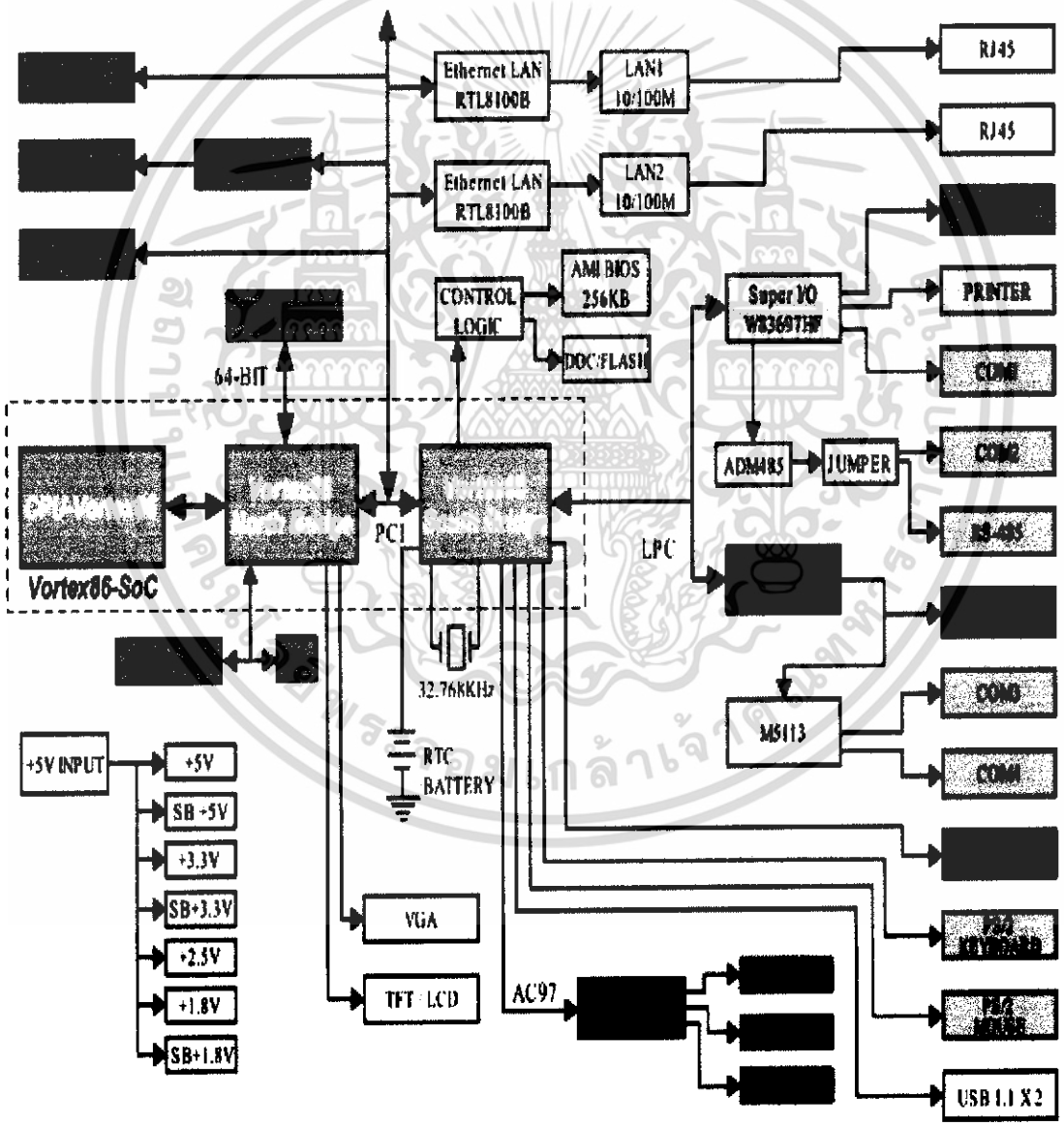
ช่องทางการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกนั้น ชุดพัฒนาคอม86รุ่น ICOP-6047 นี้มีช่องทางการเชื่อมต่อที่หลากหลายทำให้เราสามารถเข้าถึงได้ง่ายและสามารถจัดการทรัพยากรต่างๆ ของชุดพัฒนาคอม 86 ได้เป็นอย่างดี เช่น Serial port, Parallel port ช่องต่อฟลอบปี้ดิสก์ (Floppy disk) ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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 ซึ่งสามารถรับอินพุทได้ทางนี้ด้วย



รูปที่ 2.20 ส่วนประกอบต่างๆ ของชุดพัฒนาคอม 86 รุ่น ICOP-6047

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ขีดจำกัดของเทคโนโลยี

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

2.5 การบีบอัดเสียง (Voice Compression)

ในการที่เราจะส่งเสียงผ่านระบบอินเตอร์เน็ตนั้นในเบื้องต้นจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณเสียงพูดที่ได้รับจากไมโครโฟนซึ่งเป็นAnalog ให้เป็น Digital ก่อน ซึ่งส่วนนี้ระบบปฏิบัติการและไดร์เวอร์ของการ์ดเสียงจะเป็นตัวทำให้โดยอัตโนมัติอยู่แล้วจึงจะไม่กล่าวถึง แต่ว่าการที่ราจะส่งสัญญาณออกไปนั้นจะเอาสัญญาณที่ได้จากการที่แปลงข้างต้นนั้นไม่ไหวแน่ เพราะว่าขนาดของข้อมูลจะใหญ่มากซึ่งจะสังเกตได้จากเมื่อเราทำการบันทึกเสียงเข้าทางไมโครโฟน ไฟล์ที่ได้มีขนาดใหญ่มาก 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 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 Pulse Code Modulation (PCM)

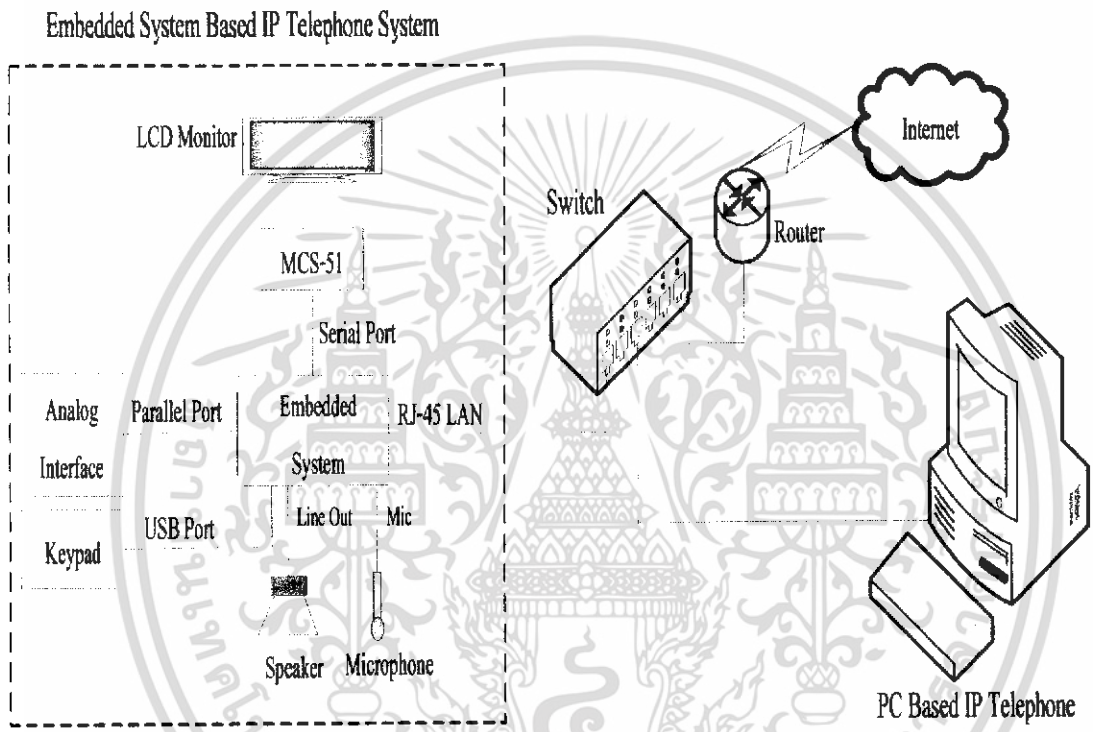
วิธีการเข้ารหัสสัญญาณเสียงนั้น ปัจจุบันในโครงข่ายสื่อสารสาธารณะได้ใช้วิธีการเข้ารหัสแบบ PCM โดยที่สัญญาณเสียงจะถูกเปลี่ยนเป็นข่าวสารดิจิตอลขนาด 64 Kbps เพื่อใช้ในการส่ง โดยทั่วไปนั้น การเปลี่ยนสัญญาณอะนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลนั้นจะเกิดสัญญาณรบกวนจำเพาะเกิดขึ้น ซึ่งก็คือสัญญาณรบกวนจากการควอนไตซ์ ในทางปฏิบัติการแปลงระหว่างสัญญาณอะนาล็อกกับดิจิตอลเป็นแบบเส้นตรง สำหรับสัญญาณเสียงโทรศัพท์ในแถบความถี่ 4 KHz นั้น ถ้าหากต้องการให้คุณภาพการส่งที่มีอิทธิพลเนื่องจากสัญญาณรบกวนจากการควอนไตซ์ให้ต่ำกว่าค่าที่ปรากฏอยู่จำเป็นต้องใช้อัตราบิต 100 Kbps อย่างไรก็ตามเนื่องจากอัตราบิตนั้นจำเป็นต้องจำกัดให้อยู่ภายในขอบเขตที่จำเป็น ดังนั้นการใช้วิธีการเข้ารหัส PCM ในทางปฏิบัติจะเพิ่มส่วนของการอัดขยายเข้าไปด้วย และในการที่จะรักษาคุณภาพการสื่อสารให้มีระดับตามที่ต้องการเช่นเดียวกับการควอนไตซ์แบบเส้นตรง ดังที่ได้กล่าวมาสามารถอัดย่อข้อมูลไว้ที่ 64 Kbps และวิธีการโดยรวมนี้ได้ถูกนำมาใช้เป็นวิธีการตามมาตรฐานสากล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการทำงานของระบบ

การออกแบบโครงงานนี้แยกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์



รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมการทำงานของระบบ

3.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์

-ระบบฝังตัว

-วงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์ (Analog Interface)

- ส่วนแสดงผล

3.1.1 ระบบฝังตัว

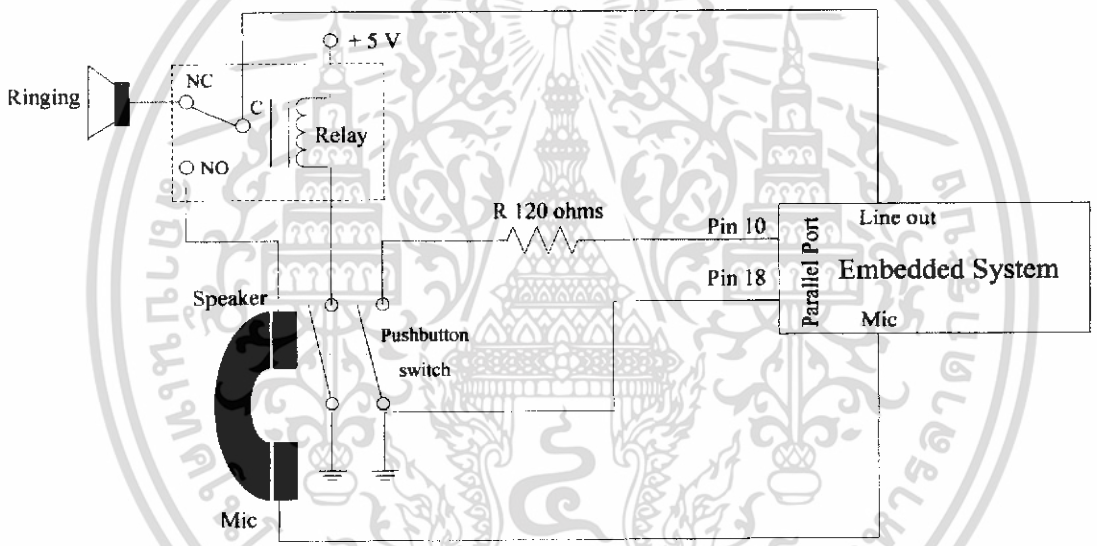
ระบบฝังตัวเป็นตัวกำหนดหมายเลขไอพีแอดเดรสของระบบโทรศัพท์ และควบคุมการติดต่อสื่อสารของโปรโตคอลต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยทำการติดต่อผ่านทางพอร์ท RJ-45 (LAN)ของระบบฝังตัว นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ติดต่อกับส่วนวงจรตรวจสอบการยกหูและวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หูโทรศัพท์ผ่านทางพอร์ขนาน ส่วนรับการป้อนหมายเลขไอพีแอดเดรสจากคีย์แพด (Keypad) ผ่านทางพอร์ทยูเอสบี (USB Port) ส่วนเชื่อมต่อกับลำโพง,ไมโครโฟน และส่วนที่ติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแสดงผลที่จอแอลซีดี

3.1.2 วงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์

วงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์นี้ ทำหน้าที่ตรวจสอบการวางหูและยกโทรศัพท์ในขณะใช้งาน โดยทำการรับค่าจากสวิทซ์แล้วส่งค่าเข้ามาที่ระบบฝังตัวผ่านทางพอร์ทขนานเพื่อนำมาประมวลผลในโปรแกรม ส่วนของวงจรแสดงดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.2 วงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์

ในส่วนของวงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์นี้ เราใช้หูโทรศัพท์เป็นตัวเปิดปิดสวิทซ์ของรีเลย์ โดยในสภาวะที่วางหูโทรศัพท์ (รีเลย์ยังไม่ทำงาน) ถ้ามีการโทรเข้ามา ระบบฝังตัวก็จะส่งสัญญาณเสียงเรียกเข้ามาที่ลำโพงเสียงเรียกเข้า (ringing) และเมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น รีเลย์ก็จะทำงานและเลื่อนตำแหน่งสวิทซ์มาที่ตำแหน่งของหูโทรศัพท์ (speaker) ในขณะเดียวกันสวิทซ์ที่ต่อขนานกันก็จะครบวงจรและทำการส่งค่าข้อมูลที่ได้ไปที่พอร์ทขนานของระบบฝังตัว เพื่อให้โปรแกรมทำการตัดสัญญาณเสียงเรียกเข้าออก ทำให้สามารถสนทนากันได้ผ่านทางหูโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.1 พอร์ทขนาน

พอร์ทขนานหรือ Parallel Port นั้นเดิมเรียกว่าพริ้นเตอร์พอร์ท เพราะการใช้งานส่วนใหญ่เป็นการใช้งานโดยต่อกับพริ้นเตอร์เป็นหลัก ลักษณะหัวต่อของพอร์ทขนานจะเป็นแบบ D-Type 25 pin นอกจากจะใช้ในการติดต่อกับเครื่องพริ้นเตอร์แล้วยังสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ชนิดอื่นๆ ได้อีก ซึ่งในโครงงานเราได้นำมาต่อกับสวิตซ์เพื่อตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์ ทั้งนี้เพราะสามารถรับส่งข้อมูลในลักษณะขนานได้ ทำให้นำไปใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้เป็นอย่างดี อีกทั้งลักษณะแรงดันที่จ่ายออกมาก็เป็น TTL โดยสัญญาณลอจิก "1" จะเท่ากับ 5 โวลต์ และลอจิก "0" จะเท่ากับศูนย์โวลต์ทำให้ง่ายในการออกแบบวงจร

พอร์ทขนานประกอบด้วยสัญญาณทั้งหมด 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 เป็นพอร์ทที่อ่านได้อย่างเดียวไม่สามารถเขียนข้อมูลได้ พอร์ทนี้จะมีสัญญาณเข้าอยู่ 5 สัญญาณ และสัญญาณ IRQ กับสัญญาณสงวนไว้อีก 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	ไม่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 nAutiFeed 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	nInnitialize	C2	Output
17	nSelectPrinter	-C3	Output
18-25	Ground		-

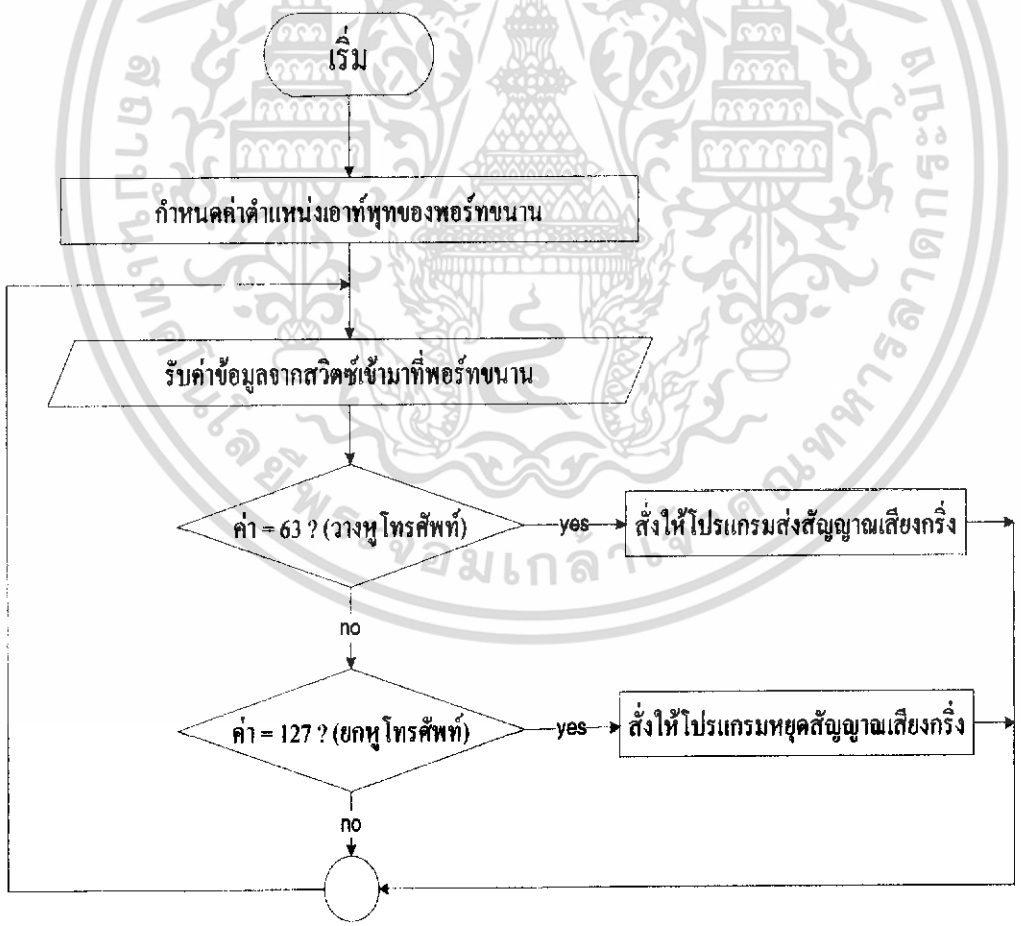
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

- เมื่อไม่มีการกดสวิทซ์ค่าที่ได้จะเท่ากับ 127
- เมื่อมีการกดสวิทซ์ค่าที่ได้จะเท่ากับ 63

ในการเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับพอร์ทขนานนั้นเราเขียนด้วยวิชวลเบสิก และเนื่องจากวิชวลเบสิกไม่มีฟังก์ชันไลบรารีที่ใช้สำหรับติดต่อกับพอร์ทขนานโดยตรง ต้องทำการดาวน์โหลดฟังก์ชันไลบรารีพิเศษที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ทขนานจากอินเตอร์เน็ต ซึ่งในที่นี้เราเลือกใช้ฟังก์ชันไลบรารีที่ชื่อว่า Dllport.dll

3.1.2.2 โฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) แสดงการทำงานของวงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์



รูปที่ 3.3 โฟลว์ชาร์ต (Flow chart) การทำงานของวงจรตรวจสอบการยกหูและวางหูโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

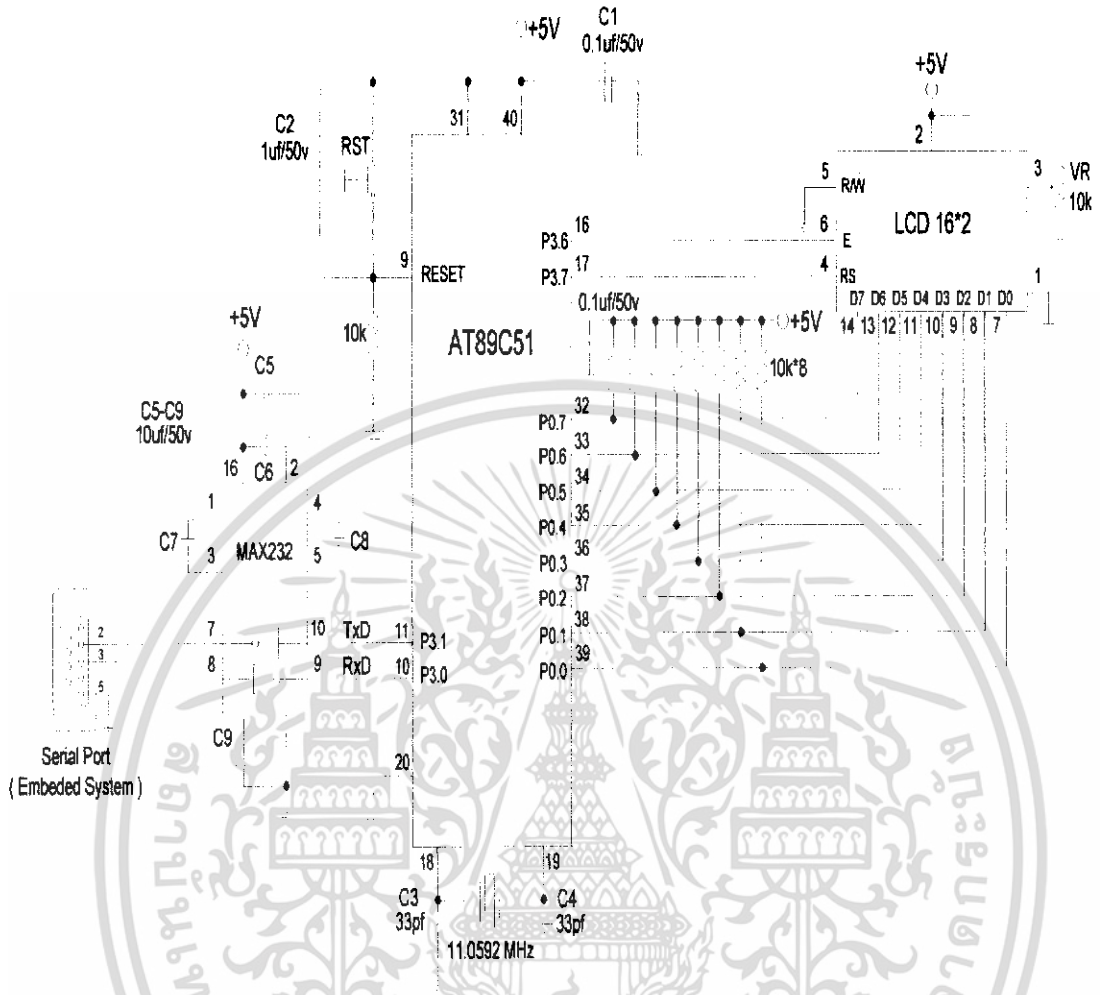
การทำงานของโฟลว์ชาร์ดวงจรตรวจสอบการวางหูและยกหูโทรศัพท์สามารถอธิบายได้ดังนี้

- เริ่มต้นระบบจะทำการกำหนดค่าตำแหน่งเอาท์พุทของพอร์ทขนาน
- รอรับค่าข้อมูลจากสวิทซ์เข้ามาที่พอร์ทขนาน
- ตรวจสอบค่าที่รับมาจากพอร์ทขนานว่าเท่ากับ 63 หรือไม่ (สภาวะวางหูโทรศัพท์) ถ้าใช่จะทำการสั่งให้โปรแกรมส่งสัญญาณเสียงกริ่งออกไป
- ถ้าไม่ใช่ก็จะตรวจสอบว่าค่าที่รับมาจากพอร์ทขนานมีค่าเท่ากับ 127 หรือไม่ (สภาวะมีการยกหูโทรศัพท์) ถ้าใช่จะทำการสั่งให้โปรแกรมตัดสัญญาณเสียงกริ่งออก เพื่อที่จะสามารถสนทนากันได้
- โดยโปรแกรมจะทำการวนตรวจสอบค่าที่มาจากสวิทซ์ตลอดเวลา

3.1.3 ส่วนแสดงผล

ส่วนแสดงผลนี้ ทำหน้าที่แสดงหมายเลขไอพีแอดเดรสที่โทรออกและโทรเข้ามา โดยทำการส่งค่าข้อมูลจากระบบฝังตัวไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านทางพอร์ทอนุกรมแล้วทำการแสดงผลหมายเลขไอพีแอดเดรสที่จอแอลซีดี (LCD) ซึ่งส่วนของวงจรแสดงดังรูปด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรส่วนแสดงผลที่จอแอลซีดี

3.1.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำ 2 คำรวมกันคือ “ไมโคร” (micro) ซึ่งหมายถึง ไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ภายในประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU: Arithmatic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำ และวงจรสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือคำว่า “คอนโทรลเลอร์” (Controller) หมายถึง อุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมโดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ

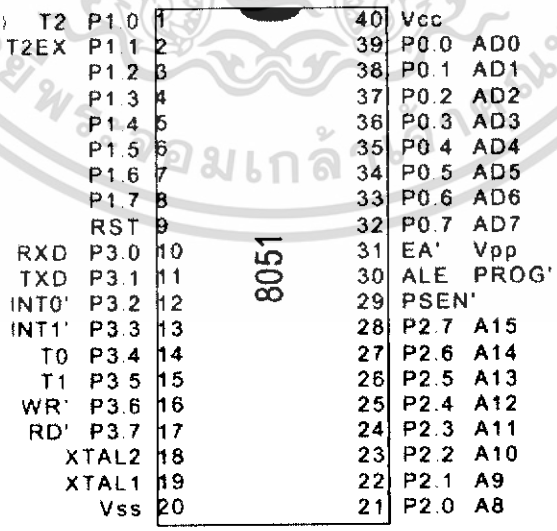
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89C51 ที่เลือกใช้ในโครงงาน

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรมในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิฟ
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx
- มีวอตช์ด็อกไทเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89xx

3.1.3.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาที่ใช้งานพื้นฐานเหมือนกันแสดงดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.5 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 v

ขา GND เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้ โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย(float)จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

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 INT0

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา INT1

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง1หรือขา T1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขารีเซต (Reset) ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

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

ขา PSEN (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละแมชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆออกมา

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

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1.3.4 โมดูล LCD

ในโมดูล LCD จะมีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วนดังนี้

ตัวแสดงผล (display) ภายในผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอกดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะชิปที่นิยมใช้คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุม LCD แบบอักขระ 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 หาง่าย และเป็นโมดูล LCD ที่มีโครงสร้างเป็นมาตรฐาน มีผู้ผลิตหลายราย และมีการระบุเบอร์แตกต่างกันออกไปตามผู้ผลิต อาทิ LM020L ของฮิตาชิ, DMC-16117A ของคอปเทร็กซ์ (Optrex) เป็นต้น

รูปที่ 3.6 จอ LCD ที่ใช้ในโครงงาน

โมดูล LCD ขนาด 16 x 1 มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา มีการจัดขาดังในรูป 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) : เป็นขาสำหรับรับสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิลโมดูล LCD ให้ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

3.2 ส่วนของซอฟต์แวร์

จะเป็นโปรแกรมควบคุมการติดต่อและรับ-ส่งข้อมูลเสียงผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ส่วนของการรับค่าจากสวิทซ์ผ่านทางพอร์ขนานมาประมวลผลเพื่อควบคุมการส่งสัญญาณเสียงกริ่งเรียกเข้าและเรียกออก ซึ่งในโครงงานนี้พัฒนาด้วยไมโครซอฟท์วิชวลเบสิค 6 (Microsoft Visual Basic 6) ซึ่งมีโฟลชาร์ดการทำงานแสดงด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 โฟลว์ชาร์ด (Flow Chart) การทำงานของฝั่งผู้เรียก

รูปที่ 3.7 โฟลว์ชาร์ด (Flow chart) การทำงานของฝั่งผู้เรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโฟลว์ชาร์ดฝั่งผู้เรียกสามารถอธิบายได้ดังนี้

- เริ่มต้นระบบจะทำการกำหนดสภาวะรอการใช้งาน
- จากนั้นจะทำการตรวจสอบสถานะการยกหูโทรศัพท์ ถ้าทำการยกหูโทรศัพท์แล้วก็จะสามารถกดหมายเลขไอพีแอดเดรสที่ต้องการโทรออกได้
- โปรแกรมจะส่งค่าหมายเลขไอพีแอดเดรสที่ป้อนเข้ามาไปให้กับ MCS-51 เพื่อแสดงผลที่จอ
- ระบบจะทำการเชื่อมต่อกับเครือข่าย (ติดต่อไอพีแอดเดรสที่เลือกไว้) โดยระบบจะทำการตรวจสอบว่าเชื่อมต่อได้หรือไม่ ถ้าเชื่อมต่อกับเครือข่ายได้ก็จะส่งสัญญาณเสียงเรียกออกไป หากไม่ได้ก็จะหลุดออกจากการเชื่อมต่อกับเครือข่าย
- เมื่อมีเสียงเรียกเข้าระบบจะทำการตรวจสอบการยกหูโทรศัพท์ โดยมีการกำหนดระยะเวลาเรียกไว้ถ้าไม่ยกหูโทรศัพท์ในระยะเวลาก็จะหลุดออกจากการเชื่อมต่อกับเครือข่าย
- ถ้ามีการยกหูโทรศัพท์ก็จะสามารถสนทนากันได้
- ระหว่างที่สนทนาถ้ามีการวางหูโทรศัพท์ระบบจะยกเลิกการเชื่อมต่อกับเครือข่ายทันที และทำการเคลียร์ค่าหมายเลขไอพีแอดเดรสที่จอแสดงผล
- จากนั้นระบบจะเข้าสู่สภาวะรอการใช้งานอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 โฟลว์ชาร์ด (Flow Chart) การทำงานของฝั่งผู้รับสาย

รูปที่ 3.8 โฟลว์ชาร์ด (Flow chart) การทำงานของฝั่งผู้รับสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโฟลว์ชาร์ดฝั่งผู้รับสายสามารถอธิบายได้ดังนี้

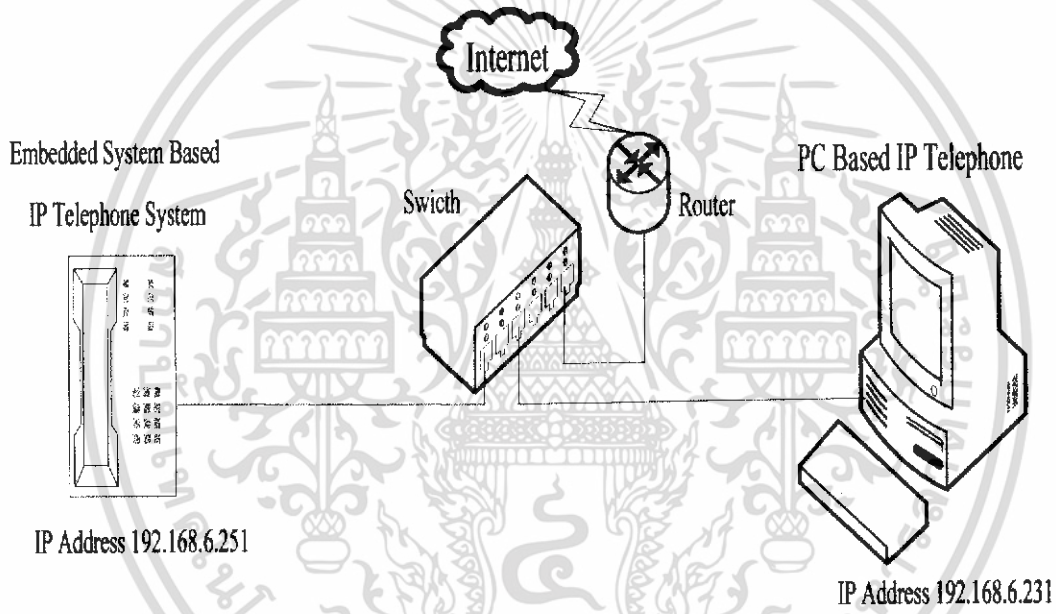
- เริ่มต้นระบบจะทำการกำหนดสภาวะรอการใช้งาน
- ทำการตรวจสอบว่ามีสายเข้าหรือไม่ ถ้าไม่มีก็จะกลับไปเริ่มต้นสภาวะรอการใช้งาน ถ้ามีสายเข้าก็จะส่งสัญญาณเสียงเรียกเข้าไปที่ลำโพงและส่งหมายเลขไอพีแอดเดรสของฝั่งผู้เรียกไปให้ MCS-51 เพื่อแสดงผลที่จอแอลซีดี
- เมื่อมีเสียงเรียกเข้าระบบจะทำการตรวจสอบการรับสาย โดยมีการกำหนดระยะเวลาเรียกไว้ถ้าไม่ยกหูโทรศัพท์ในระยะเวลาที่กำหนดไว้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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

สำหรับในการทดลองนี้เราได้ทำการทดลองสื่อสารข้อมูลเสียงผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับตัวไอพีเทเลโฟนที่เราสร้างขึ้นมาจากระบบฝังตัว ซึ่งก่อนทำการทดลองเราต้องทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งสองกับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ผ่านทางอุปกรณ์สวิทช์ แล้วกำหนดค่าไอพีแอดเดรสของอุปกรณ์ทั้งสองดังรูปด้านล่าง



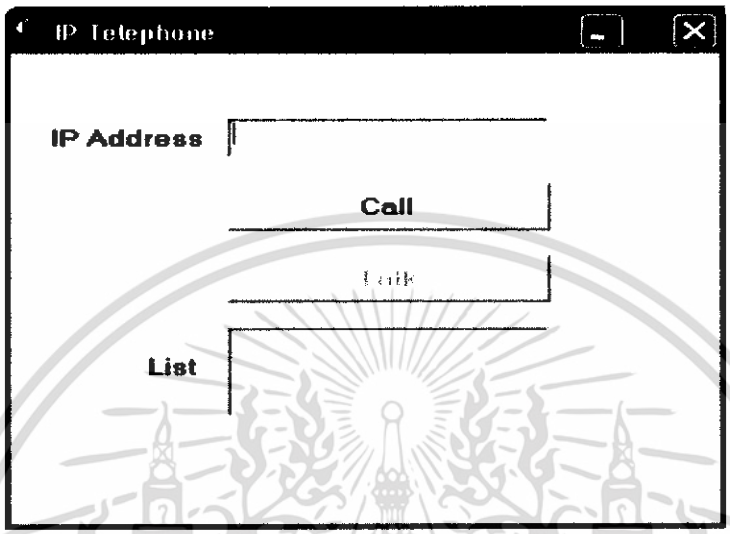
รูปที่ 4.1 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์และการกำหนดไอพีแอดเดรสก่อนทำการทดลอง

4.1 ทดลองเรียกจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังไอพีเทเลโฟน

ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลเสียงผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ตนี้ เราต้องทราบหมายเลขไอพีแอดเดรสของเครื่องปลายทางที่ต้องการติดต่อก่อน ซึ่งในการทดลองนี้เราได้กำหนดหมายเลขไอพีแอดเดรสของเครื่องคอมพิวเตอร์คือ 192.168.6.231 และกำหนดหมายเลขไอพีแอดเดรสของไอพีเทเลโฟนคือ 192.168.6.251 ซึ่งหมายเลขไอพีแอดเดรสเหล่านี้อาจกำหนดเองหรืออาจมาจากการกำหนดแบบอัตโนมัติโดยเครื่อง DHCP Server ก็ได้ แต่ถ้าเราต้องการติดต่อกับเครื่องใด ก็ต้องทราบหมายเลขไอพีแอดเดรสของเครื่องนั้นก่อนเสมอ

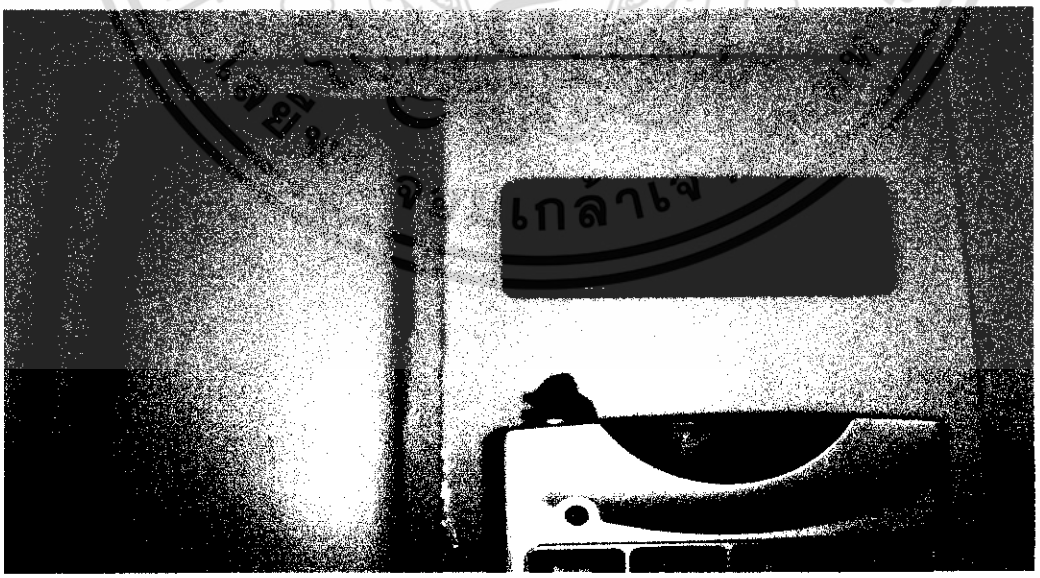
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เครื่องคอมพิวเตอร์เมื่อต้องการติดต่อกับไอพีเทเลโฟนให้ทำการเปิดแอพพลิเคชั่นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 หน้าต่างหลักของแอพพลิเคชั่นโปรแกรมไอพีเทเลโฟนฝั่งเครื่องคอมพิวเตอร์

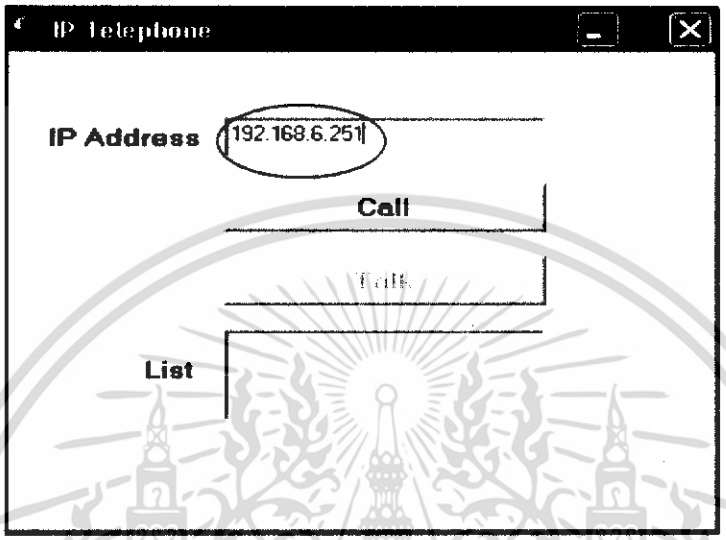
ที่ฝั่งไอพีเทเลโฟนที่สร้างขึ้นมาก็จะอยู่ในสภาวะรอการใช้งาน ซึ่งแสดงดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 4.3 จอแสดงผลของไอพีเทเลโฟนในสภาวะรอการใช้งาน

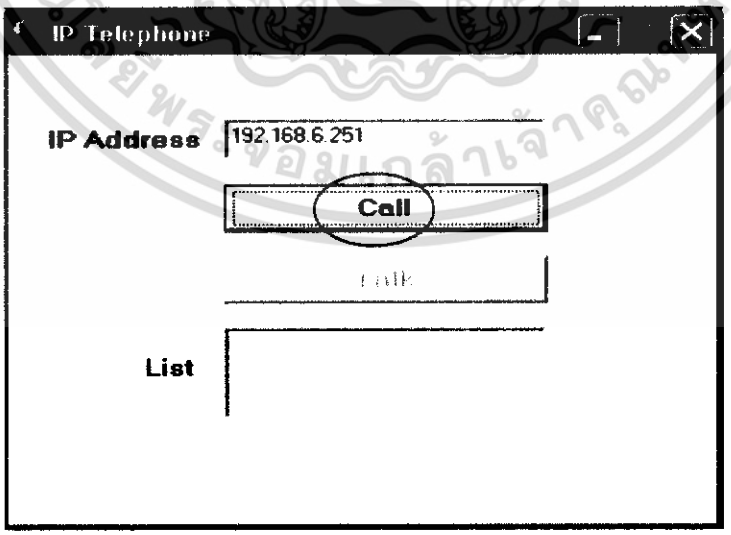
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อฝั่งคอมพิวเตอร์ทำการเปิดแอพพลิเคชั่นโปรแกรมขึ้นมาแล้ว ให้ทำการป้อนหมายเลขไอพีแอดเดรสของไอพีเทเลโฟนในช่องของ IP Address เพื่อทำการติดต่อ ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การป้อนหมายเลขไอพีแอดเดรสที่ต้องการติดต่อในช่อง IP Address

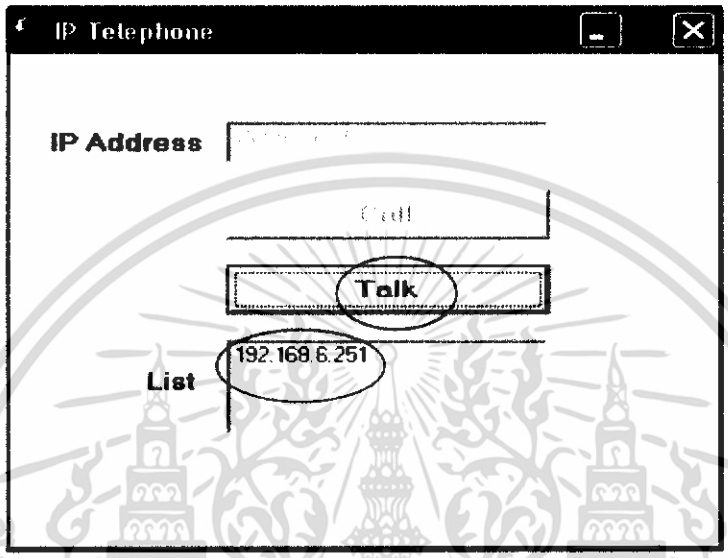
เมื่อป้อนไอพีแอดเดรสเรียบร้อยแล้วให้ทำการเรียก (โทรออก) โดยการกดปุ่ม call ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การทดลองโดยการกดปุ่มเพื่อทำการเรียก (โทรออก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

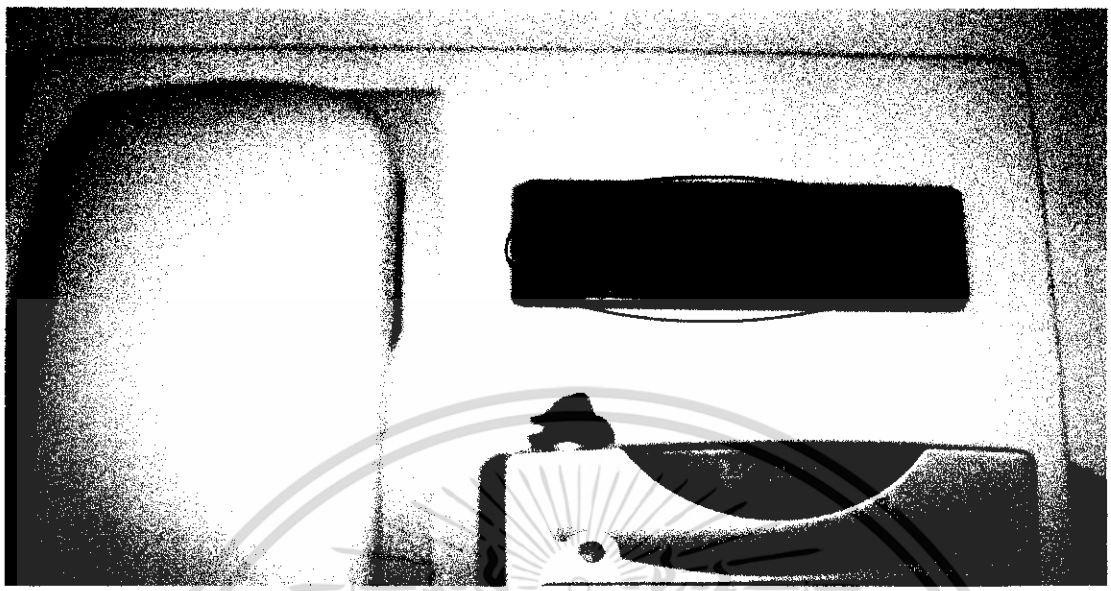
จากนั้นระบบจะทำการเชื่อมต่อกับเครือข่าย และเมื่อเชื่อมต่อกันได้แล้วที่หน้าต่างของแอพพลิเคชั่นโปรแกรมจะแสดงหมายเลขไอพีแอดเดรสที่ได้ทำการติดต่อในช่อง List และพร้อมที่จะสนทนา (Talk) ได้ทันทีเมื่ออีกฝั่งรับสาย ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 หมายเลขไอพีแอดเดรสที่ทำการติดต่อสำเร็จแล้ว

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

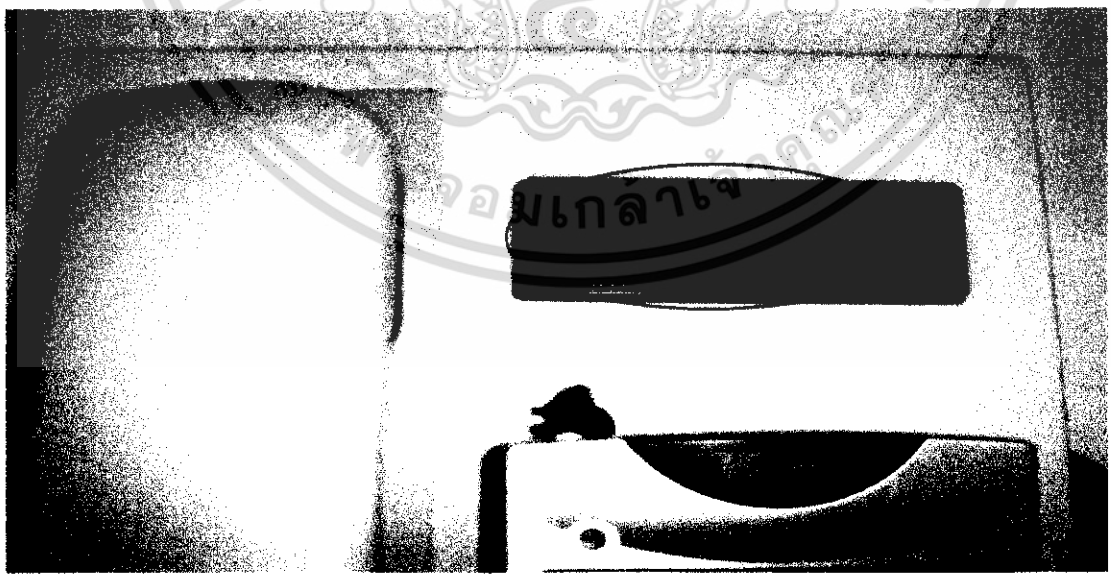
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 จอแอลซีดีแสดงหมายเลขไอพีแอดเดรสของฝั่งที่เรียกเข้ามา

4.2 ทดลองเรียกจากไอพีเทเลโฟนไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์

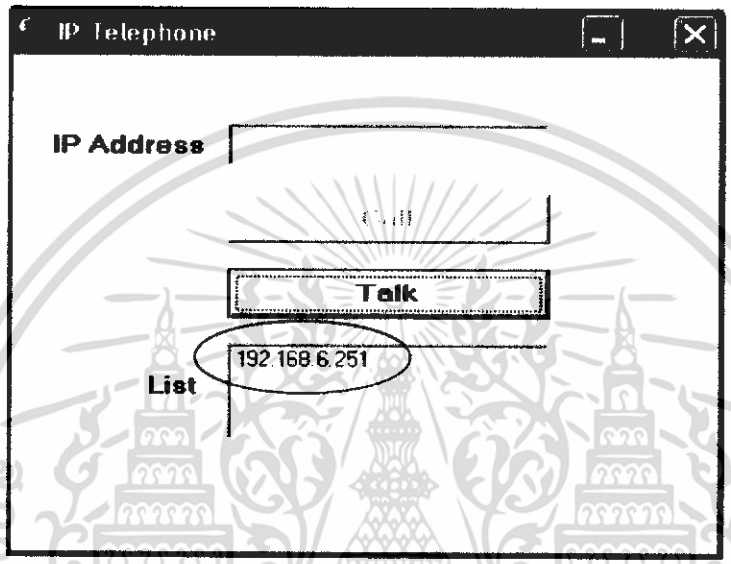
เมื่อทางฝั่งไอพีเทเลโฟนต้องการโทรออกไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ ก็ต้องกดหมายเลขไอพีแอดเดรสของเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทาง เมื่อกดครบทุกตัวแล้วให้กดปุ่ม Enter เพื่อโทรออก ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 4.8 กดหมายเลขไอพีแอดเดรสของเครื่องที่ต้องการติดต่อด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าไอพีเทเลโฟนทำการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ปลายทางได้แล้ว ที่คอมพิวเตอร์ปลายทางก็จะแสดงหมายเลขไอพีแอดเดรสของไอพีเทเลโฟน จากนั้นก็สามารถสนทนากันได้ทั้งสองฝั่ง แสดงดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 4.9 หมายเลขไอพีแอดเดรสของไอพีเทเลโฟนที่ทำการเรียกเข้ามาที่เครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปการพัฒนาโครงงาน

โครงงานนี้เป็นการนำระบบฝังตัว มาประยุกต์ใช้งานกับระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ต โดยใช้ระบบฝังตัวเป็นตัวกำหนดไอพีแอดเดรสและควบคุมการติดต่อสื่อสารข้อมูลเสียงของระบบโทรศัพท์ดังกล่าว ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ทั้งยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการโทรทางไกลอีกด้วย

ซึ่งผลที่ได้จากการสร้างและทดสอบระบบโทรศัพท์ผ่านอินเตอร์เน็ตบนพื้นฐานของระบบฝังตัวสามารถทำงานได้ดี โดยสามารถส่งข้อมูลเสียงผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้ คุณภาพของเสียงค่อนข้างดี มีความคมชัดตรงตามจุดประสงค์ และรูปแบบของตัวเครื่องโทรศัพท์มีความสะดวกในการใช้งานเนื่องจากมีลักษณะคล้ายโทรศัพท์ทั่ว ๆ ไป

5.2 ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในโครงงาน

1. ส่วนของระบบฝังตัวนั้นยังมีความเร็วในการทำงานที่ช้าอยู่ ดังนั้นในเขียนโปรแกรมต้องเขียนให้มีขนาดเล็กที่สุด เพื่อให้มีการทำงานที่รวดเร็ว

2. เนื่องจากการพัฒนาโปรแกรมนั้น ผู้พัฒนามีเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเดียว ทำให้เมื่อนำมาทดลองจริง ๆ บนเครื่องสองเครื่องระหว่างคอมพิวเตอร์กับระบบฝังตัวนั้นมีปัญหาเกิดขึ้นมาก เนื่องจากระบบฝังตัวมีความเร็วในการทำงานที่ช้ากว่าคอมพิวเตอร์ทั่วไปมาก และยังมีส่วนที่ต้องติดต่อกับพอร์ทต่าง ๆ ทำให้ต้องมีการแก้ส่วนของโปรแกรมมากเมื่อนำมาทดลองจริง ๆ

5.3 ข้อจำกัดของโครงงาน

ระบบที่ทำการพัฒนานั้นยังเป็นการสื่อสารแบบฮาร์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) อยู่ คือ ผู้รับและผู้ส่งสัญญาณเสียงนั้นต้องสลับกันรับส่งคนละที เนื่องจากผู้พัฒนามีประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรมบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์น้อย

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อ

1. สามารถพัฒนาให้สามารถสื่อสารเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพิ่มเติมส่วนที่เป็นการฝากข้อความเสียงเมื่อไม่มีการรับสายในเวลาที่กำหนด

3. เพิ่มส่วนที่เป็นการส่งสัญญาณเสียงพร้อมกับสัญญาณวิดีโอ เพื่อเป็นการสนทนาแบบเห็นหน้าตาคู่สนทนาได้ หรือเป็นการประชุมผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. น.อ. ธวัชชัย เลื่อนฉวี. เทคโนโลยีโทรศัพท์. บริษัท ศุภาลัย มีเดีย จำกัด กรุงเทพมหานคร. พิมพ์ครั้งที่ 3 ,2543.

2. สุวัฒน์ ปุณณชัยยะ,ต้น ตัณท์สุทธิวงศ์,สุพจน์ ปุณณชัยยะ. เปิดโลก TCP/IP และโปรโตคอลของอินเตอร์เน็ต. บริษัท ด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด กรุงเทพมหานคร. พิมพ์ครั้งที่ 1 ,2545.

3. รศ.ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค. เทคโนโลยีการสื่อสารระบบดิจิตอล. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. พิมพ์ครั้งที่ 3 ,2547.

4. ธวัชชัย ชมศิริ. ติดตั้ง/ดูแลระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์อย่างมืออาชีพ. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) กรุงเทพมหานคร. พิมพ์ครั้งที่ 1 ,2547.

5. สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร.คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน Visual Basic 6. บริษัท ด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด กรุงเทพมหานคร. พิมพ์ครั้งที่ 1 ,2544.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางเปรียบเทียบอัตราค่าบริการโทรศัพท์ในประเทศ,ระหว่างประเทศ และอัตราค่าบริการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (ข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์ 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

โทรศัพท์ทางไกล ด้วยค่าโทรศัพท์ที่ประหยัดกว่าเดิม30-70% ขึ้นอยู่กับระยะทางและเวลาที่ใช้บริการบริการ y-tel 1234 บริการโทรทางไกลราคาประหยัดเป็นบริการโทรศัพท์ทางไกลอัตโนมัติ บริการ y-tel1234 สามารถใช้ได้กับเครื่องโทรศัพท์ธรรมดาและเครื่องโทรสาร ไม่ต้องใช้อุปกรณ์เสริมหรือแจ้งขอใช้บริการ สามารถโทรได้ทันที จากโทรศัพท์ที่บ้าน ที่ทำงาน หรือโทรศัพท์สาธารณะ ที่เป็นเลขหมายของ ทีโอที โดยไม่ต้องแจ้งขอใช้บริการและไม่ต้องจ่ายค่าบริการพิเศษเพิ่ม

การคิดค่าบริการ

- แจ้งค่าโทรศัพท์ทางไกล y-tel 1234 ในใบแจ้งหนี้ค่าโทรศัพท์รายเดือน
- อัตราค่าบริการ คิดตามเวลาและระยะทางที่ใช้งาน (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	07.00	- ก่อน 18.00	1.50	3.00	4.50	6.00
และ/หรือวัน	18.00	- ก่อน 22.00	0.75	1.50	2.25	3.00
นักขัตฤกษ์	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 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

อัตราค่าบริการ PHONE CARD

โทรไปที่ไหนได้บ้าง

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

(ราคายังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม)

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

อัตราค่าบริการโทรคมนาคม

: : บริการโทรศัพท์ระหว่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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 [สาธารณรัฐโบลีวาร์แห่งเวเนซุเอลา]	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. อัตราค่าบริการอินเตอร์เน็ต บัตร CATNET แบบ PIN CODE ของ บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน)

อัตราค่าบริการโทรคมนาคม

: : 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

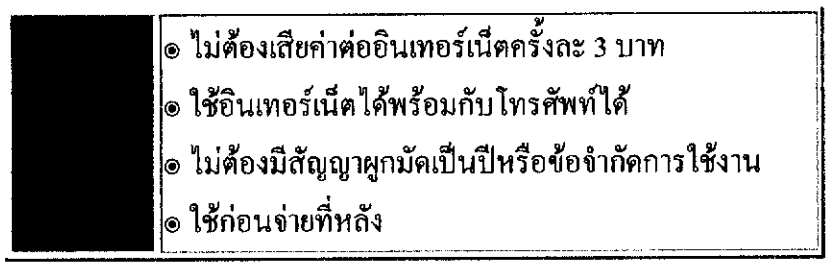
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	(ชั่วโมงละ 7.20 บาท)
รุ่น Chip Card ชนิดราคา 300 บาท ** ลดเหลือ 150 บาท **	นาทีแรก 3 บาท นาทีต่อไปนาทีละ 0.12 บาท (ชั่วโมงละ 7.20 บาท)
รุ่น Chip Card ชนิดราคา 500 บาท ** ลดเหลือ 220 บาท **	นาทีแรก 3 บาท นาทีต่อไปนาทีละ 0.12 บาท (ชั่วโมงละ 7.20 บาท)
จำหน่าย ณ สำนักงานบริการโทรคมนาคมที่เปิดให้บริการอินเทอร์เน็ตสาธารณะ พิเศษ สำหรับบัตร CATNET แบบ SMART CARD เฉพาะราคา 300 บาท และ 500 บาท มีโบนัส เพิ่มเวลาให้ใช้ฟรี 30 และ 50 นาที	

7. อัตราค่าบริการอินเตอร์เน็ต ADSL ของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

TOT Broadband Super 256/128Kbps	**TOT Broadband [illegible]**	**TOT Broadband Gold 1024/256Kbps**
500 บาท/เดือน Inter/Domestic Unlimited	700 บาท/เดือน Inter/Domestic Unlimited	1000 บาท/เดือน Inter/Domestic Unlimited
◉เร็วกว่าโมเด็ม56Kเกือบ5เท่า ◉ถูกกว่าอินเทอร์เน็ตแบบเดิม	◉เร็วกว่าโมเด็ม56Kเกือบ10เท่า ◉ถูกกว่าอินเทอร์เน็ตแบบเดิม	◉เร็วกว่าโมเด็ม56Kเกือบ20เท่า ◉ถูกกว่าอินเทอร์เน็ตแบบเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้