สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัว

นายวรวิทย์ กองสุข
นายวรวุฒิ วิศวกิจเจริญ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62305
วัน,เดือน,ปี - 8 ส.ค. 2549

.b 11620169
.i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Embedded Web Server

Mr. Worawit Kongsuk

Mr. Worravut Vissavakitcharoen

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of

Bachelor of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง **Embedded Web Server**

นักศึกษา นายวรวิทย์ กองสุข

นายวรวุฒิ วิศวกิจเจริญ

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.วิชิต ศิริโชติ

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	ดร.ปิติพร ถนอมงาม	
กรรมการ	ผศ.สาหร่าย เล็กชะอุ่ม	
กรรมการ	อ.ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์	
กรรมการที่ปรึกษา	รศ.วิชิต ศิริโชติ	

.....

(รองศาสตราจารย์วิชาญ เตชิตธีระ)
หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง **Embedded Web Server**

นักศึกษา นายวรวิทย์ กองสุข
นายวรวุฒิ วิศวกิจเจริญ
ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ **คณะ** วิทยาศาสตร์
สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา 2548
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.วิชิต ศิริโชติ

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ได้ออกแบบระบบเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัว แผงวงจรเซิร์ฟเวอร์นี้สร้างด้วยไมโครโพรเซสเซอร์ขนาด 16 บิต ของ Intel และ อีเทอร์เน็ทชิพเบอร์ 8019 มีความเร็วในการรับ/ส่งข้อมูล 10 Mbit/s ของ Realtek ได้ใช้ Pacific C compiler พัฒนา Internet Protocol stack โปรโตคอลที่ประสบความสำเร็จในการทดสอบแล้วได้แก่ ARP ICMP UDP และ SNMP เซิร์ฟเวอร์นี้เชื่อมต่อกับ หัววัด ความชื้นและอุณหภูมิ เครื่องไคลแอนด์ระยะไกลซึ่งรันโปรแกรม SNMP viewer สามารถแสดงค่าความชื้นและอุณหภูมิได้อย่างสะดวก นอกจากนี้ยังได้ศึกษาโปรโตคอล TCP/IP และ HTTP อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	**Embedded Web Server**	
Name	Mr.Worawit	Kongsuk
	Mr.Worravut	Vissavakitcharoen
Department	Applied Physics	**Faculty** of Science
Program	Applied Physics	
Academic	2005	
Special Project Advisor	Assoc.Prof.Wichit Sirichote	

Abstract

An Embedded Web Server has been developed. The single board server is built with the 80C188, Intel 16-bit embedded microprocessor and the 8019, Realtek 10Mbit/s Ethernet chip. The Internet Protocol stack was developed with Pacific C compiler. The successfully tested protocols are ARP, ICMP, UDP and SNMP. The server provides Humidity/Temperature sensor interface. Client running SNMP viewer software can show the reading of humidity and temperature easily. The TCP/IP and HTTP have been also studied.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ต้องขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์วิชิต ศิริโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ โดยให้ทั้งความรู้ คำปรึกษาและข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งบิดา มารดา ครอบครัว เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่มีความห่วงใยและให้การช่วยเหลือตลอดมา นอกจากนี้ยังมีท่านอาจารย์อีกหลาย ๆ ท่าน ซึ่งไม่สามารถกล่าวในที่นี้ได้ทั้งหมด ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา ตั้งแต่พื้นฐาน จนถึงขั้นที่สามารถนำเอาไปประยุกต์ใช้งานได้ ทำให้การทำโครงงานพิเศษนี้มีความรู้สะสมเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน ทำให้มีโอกาสสร้างโครงงานพิเศษนี้ขึ้นมา

นายวรวิทย์ กองสุข

นายวรวุฒิ วิศวกิจเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญ (ต่อ)	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตในการศึกษา	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.5 ระยะเวลาในการดำเนินงาน	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	6
2.1 โปรโตคอลเออาร์พี (ARP)	6
2.1.1 หลักการทำงานของ Address Resolution Protocol (ARP)	6
2.1.2 เออาร์พีเดทาแกรม (ARP Data gram)	8
2.2 โปรโตคอลไอซีเอ็มพี (ICMP)	9
2.2.1 ไอซีเอ็มพีชนิด 0 และ 8	11
2.2.2 Ping	11
2.2.2.1 ตัวอย่างการใช้ ping	12
2.3 โปรโตคอล ยูดีพี User Datagram Protocol (UDP)	14
2.3.1 ยูดีพีเดทาแกรม	15
2.3.2 การคำนวณค่าผลรวมตรวจสอบ	15
2.4 โปรโตคอลทีซีพี	17
2.4.1 บริการรับประกันความเชื่อถือของทีซีพี	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 ทีซีพีเฮดเดอร์	18
2.4.3 กลไกการทำงานของทีซีพี	20
2.4.3.1 การสถาปนาการเชื่อมโยง	20
2.4.3.2 การถ่ายโอนข้อมูล	21
2.4.3.3 การยกเลิกการเชื่อมต่อ	22
2.5 เอชทีทีพี (HTTP)	22
2.5.1 เอชทีทีพี 1.1	23
2.6 ไมโครโปรเซสเซอร์	23
2.6.1 ไมโครโปรเซสเซอร์ 8088/8086	24
2.7 ไมโครโปรเซสเซอร์ 80C188EB	25
2.7.1 คุณสมบัติของไมโครโปรเซสเซอร์ 80C188EB	25
2.7.2 โครงสร้างภายในของไมโครโปรเซสเซอร์ 80C188EB	26
2.7.3 รีจิสเตอร์และเซกเมนต์	28
2.8 RTL8019AS Network Interface Controller (NIC)	31
2.8.1 คุณสมบัติของ RTL8019AS	31
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	32
3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์	32
3.1.1 ส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์ของเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัว	32
3.1.2 การเชื่อมต่อไอซีตรวจจับอุณหภูมิ SHT15 เข้ากับ 80C188EB	34
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	36
4.1 ผลการทดลอง	36
4.1.1 ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Ping ของวินโดวส์	36
4.1.2 ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม SNMPView 2.5	38
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	41
5.1 สรุป	41
5.2 ข้อเสนอแนะ	41
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบมาตรฐาน ISO/OSI กับมาตรฐาน TCP/IP	3
ตารางที่ 2.1 ประเภทความผิดพลาดของไอซีเอ็มพี	9
ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างของค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จาก DS18S20	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงการทำงานระหว่างเครื่องแม่ (Web Server) กับเครื่องลูก (Client) 1
รูปที่ 1.2 แสดงการทำงานของระบบเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัว 2
รูปที่ 2.1 การทำงานของเออาร์พี 7
รูปที่ 2.2 เออาร์พีเดทาแกรม 9
รูปที่ 2.3 ข่าวสารของไอซีเอ็มพีบรรจุอยู่ในไอพี 9
รูปที่ 2.4 เดทาแกรมไอซีเอ็มพีชนิด 0 และ 8 12
รูปที่ 2.5 ยูดีพีเอทาแกรม 15
รูปที่ 2.6 ยูดีพีและเฮดเดอร์ 16
รูปที่ 2.7 ทีซีพีเฮดเดอร์ 18
รูปที่ 2.8 แสดงภาพไมโครโปรเซสเซอร์ 8088 (a) และ 8086 (b) ตามลำดับ 24
รูปที่ 2.9 แสดงขาต่างๆ ของไมโครโปรเซสเซอร์ 80C188EB 25
รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในไมโครโปรเซสเซอร์ 80C188EB 26
รูปที่ 2.11 โครงสร้างรีจิสเตอร์แบบ 16 บิต และแบบ 8 บิต 28
รูปที่ 2.12 อินเด็กซ์รีจิสเตอร์ และ พ้อยเตอร์ รีจิสเตอร์ แบบ 16 บิต และแบบ 8 บิต 29
รูปที่ 2.13 เซกเม้นท์รีจิสเตอร์ 30
รูปที่ 2.14 รายละเอียดขาต่างๆ ของ RTL8019AS 31
รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์ของเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัว 33
รูปที่ 3.2 แสดงการจัดการหน่วยความจำรอมและแรม
พร้อมตำแหน่งของ RTL8019AS ใน Memory Map 33
รูปที่ 4.1 แสดงคำสั่งที่ใช้ในการ ping 36
รูปที่ 4.2 แสดงผลการ ping จากวินโดวส์ 37
รูปที่ 4.3 แสดงผลการอ่านค่าข้อมูลจากการเรียกดู
จากโปรแกรม SNMPView ผ่านระบบเน็ตเวิร์ค 38
รูปที่ 4.4 แสดงข้อมูลทั้งหมดที่โปรแกรม SNMPView ทำการเก็บไว้ได้ 39
รูปที่ 4.5 แสดงข้อมูลผ่านบราวส์เซอร์

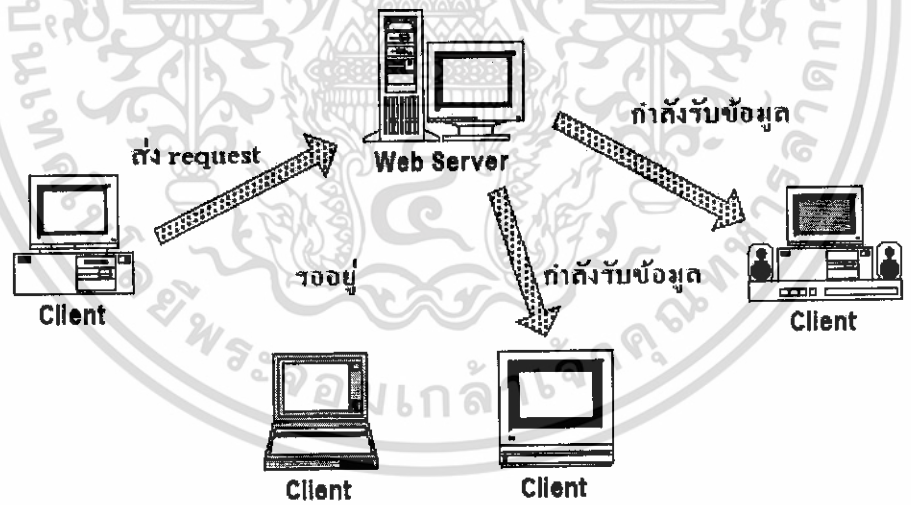
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

ในปัจจุบันระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีการเจริญเติมโตและมีความสำคัญในด้านต่างๆ มากขึ้น เช่น ด้านการสื่อสารข้อมูล การแลกเปลี่ยนข้อมูล โดยการแสดงผลต่างๆ จะกระทำผ่านเว็บเบราเซอร์ โดยข้อมูลบนเว็บเบราเซอร์เหล่านั้นจะถูกเก็บเอาไว้บนเครื่องเว็บเซิร์ฟเวอร์หรือเครื่องแม่อีกทีหนึ่ง

เครื่องที่นำมาใช้เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ในปัจจุบันนั้นมีหลายชนิด เช่น PC, Macintosh, IBM, DEC, SUN, HP, SGI, Cray ซึ่งแต่ละชนิดก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป โดยลักษณะการทำงานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์จะเป็นการรับการร้องขอและการส่งข้อมูลกลับให้กับเครื่องลูก (Client) นั่นเอง ดังรูปที่ 1.1

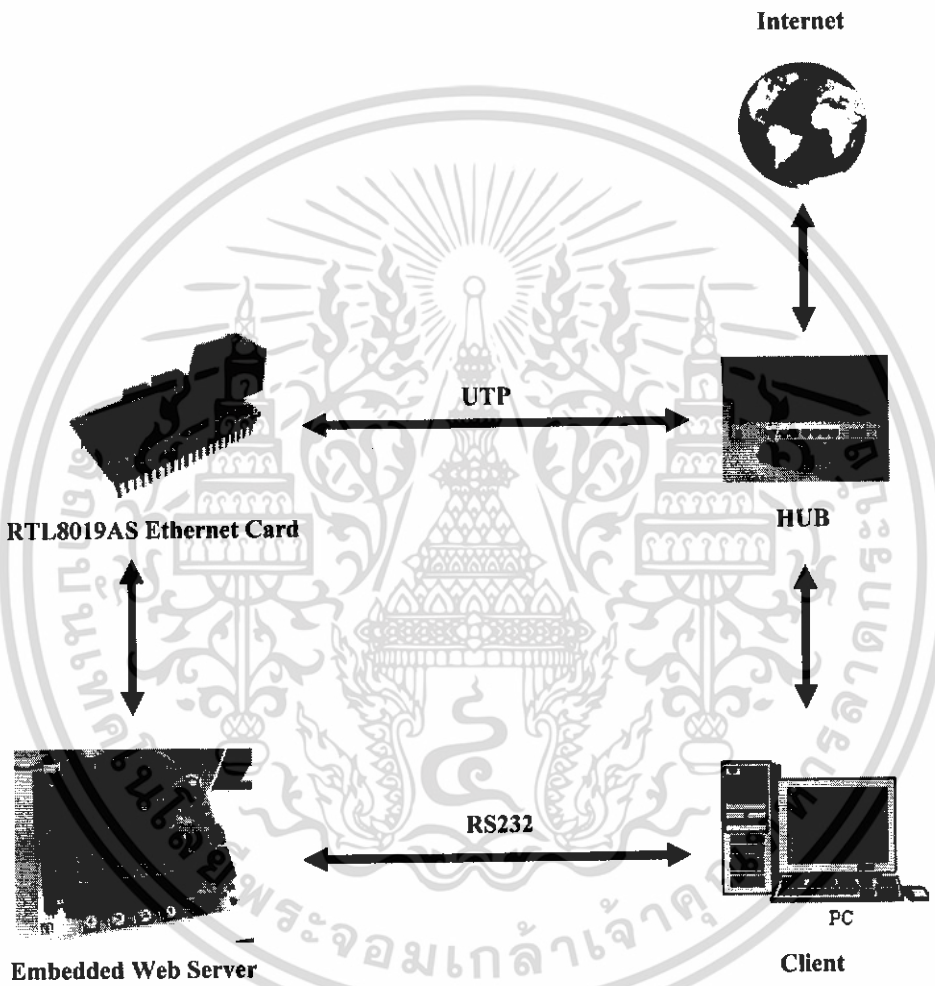


รูปที่ 1.1 แสดงการทำงานระหว่างเครื่องแม่ (Web Server) กับเครื่องลูก (Client)

จากความสำคัญของเครื่องเว็บเซิร์ฟเวอร์จึงทำให้เกิดโครงงานนี้ขึ้นมา โดยจะทำการลดขนาดของเครื่องเว็บเซิร์ฟเวอร์ให้เล็กลงมา โดยจะนำระบบเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวมาใช้เป็นเครื่องเซิร์ฟเวอร์แทน ซึ่งจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 16 บิต 80C188EB ต่อร่วมกับการ์ดอีเทอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RTL8019AS มาตรฐาน IEEE802.3 อีเทอร์เน็ต 10BaseT โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมการ์ดอีเทอร์เน็ตนี้จะสนับสนุนมาตรฐาน NE2000 โดยจะใช้ภาษาซีในการพัฒนาโปรแกรมและใช้ Pacific-C Complier ช่วยในการแปรภาษาออกมาเป็นโปรแกรมเพื่อนำระบบเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวนี้ติดต่อกับเน็ตเวิร์คผ่านทางสายแลน ซึ่งจะทำให้สามารถติดต่อผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ทั่วโลกนั่นเอง ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แสดงการทำงานของระบบเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัว

การที่เลือกใช้ระบบเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวนี้ก็เนื่องจากเป็นระบบที่เล็กและทำงานเฉพาะทางได้ดี แทนที่จะใช้คอมพิวเตอร์มาทำงานอย่างหนึ่งอย่างใด เช่น การวัด การควบคุม หรือการเก็บข้อมูล ก็จะเป็นการสิ้นเปลือง ถ้ามาใช้ระบบแบบฝังตัวก็จะมีต้นทุนที่ถูกกว่านั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นการเรียนรู้การทำงานของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
2. เพื่อเป็นการเรียนรู้กลไกลการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ 16 บิต 80C188EB
3. เพื่อศึกษาการสร้างเซิร์ฟเวอร์ โดยใช้การ์ดแลนทำการเชื่อมต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์
4. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษาซีผ่าน Pacific-C Complier
5. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษาซีติดต่อระหว่างการ์ดแลนกับไมโครโปรเซสเซอร์
6. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษาซีให้ระบบเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวติดต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.3 ขอบเขตในการศึกษา

การทำงานของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้นจะอาศัยการทำงานของมาตรฐานการสื่อสารแบบ TCP/IP ดังตารางที่ 1.1

Layer	ISO/OSI	TCP/IP (Internet)
7	Application	Telnet, FTP, SMTP, HTTP, DNS, BOOTP,DHCP,SNMP
6	Representation	
5	Session	
4	Transport	TCP , UDP
3	Network	IP , ICMP , IGMP
2	Data Link	Device Driver and Interface
1	Physical	Media

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบมาตรฐาน ISO/OSI กับมาตรฐาน TCP/IP

โดยขอบเขตของโครงงานนี้ก็คือจะทำการพัฒนาระบบเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวโดยในที่นี้จะอาศัยมาตรฐาน IEEE 802.3 อีเทอร์เน็ต 10BaseT ในการเชื่อต่อเข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ต และจะศึกษาโปรโตคอลการส่งข้อมูลตั้งแต่ระดับชั้นที่ 1 คือชั้น Physical หรือระบบฮาร์ดแวร์ของเซิร์ฟเวอร์จนถึงระดับชั้นที่ 7 คือชั้น Application นั่นก็คือส่วนของการทำ HTTP เพื่อการติดต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อการแสดงผลผ่านเว็บเพจต่อไป

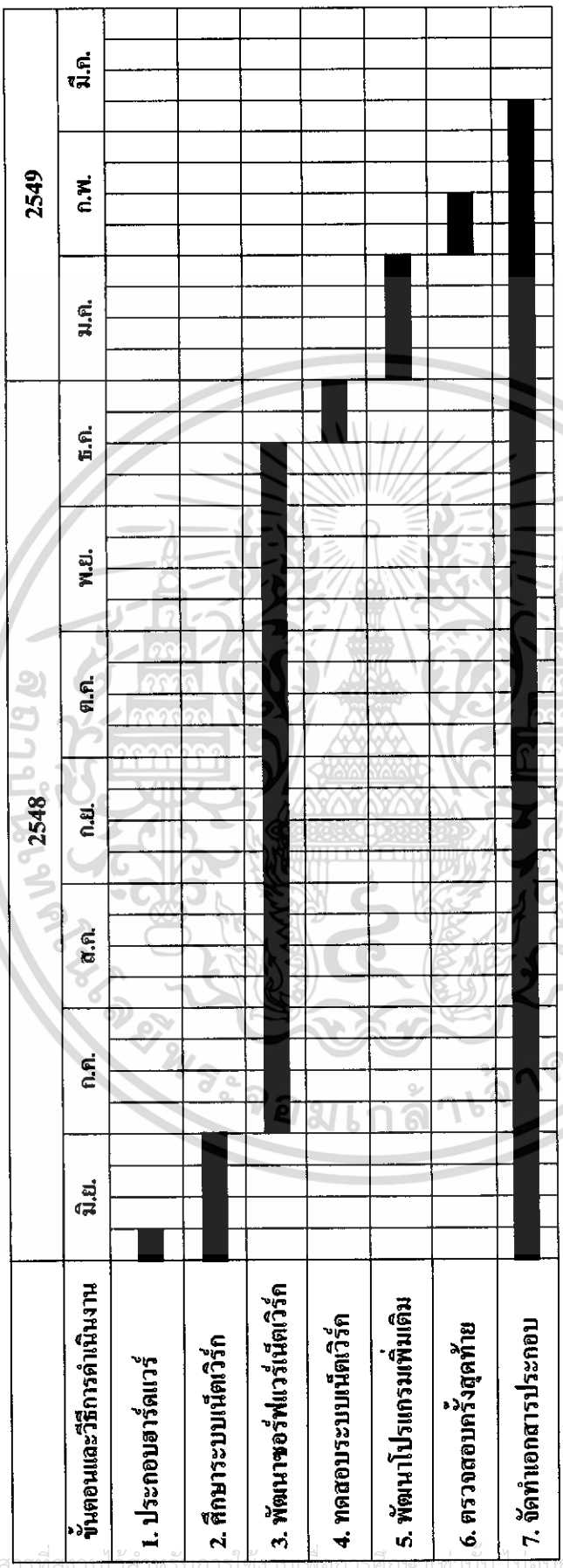
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้การทำงานของระบบเน็ตเวิร์คและสามารถประยุกต์ใช้งานได้
2. มีความเข้าใจการออกแบบระบบเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัว
3. สามารถพัฒนา TCP/IP ที่มีขนาดเล็กและเพียงพอต่อการใช้งานพื้นฐาน
4. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการประมาลผลบนระบบเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวต่อไป
5. ได้รู้จักการทำงานอย่างเป็นระบบทำให้สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ระยะเวลาในการดำเนินงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 โปรโตคอลเออาร์พี (ARP)

Address Resolution Protocol หรือ ARP เป็นโปรโตคอลที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในเครือข่ายที่สนับสนุน Broadcast หน้าที่ของ ARP ในเครือข่าย คือ ช่วยแปลง IP Address ไปสู่ Hardware Address เพื่อให้สถานีในเครือข่ายสามารถนำ Hardware Address ไปสร้างเฟรมระดับ Data link ได้ และเป็นเกณฑ์วิธีแยกที่อยู่และมาตรฐานในการหาหมายเลขตำแหน่ง IP บนระบบเครือข่ายแบบต่างๆ ARP จะจับคู่ระหว่างหมายเลข IP และ Physical Address ของมาตรฐานในระบบเครือข่ายต่างๆ

การสื่อสารระดับล่างระหว่างสถานีในเครือข่ายที่ใช้ฮาร์ดแวร์ซึ่งกำหนดอยู่ในการ์ดอินเทอร์เฟส ดีไวซ์ไดรเวอร์ในสถานีในเครือข่ายจะใช้ฮาร์ดแวร์แอดเดรสของสถานีปลายทางในเครือข่ายเพื่อนำมาใช้สร้างเฟรม Data link

การหา Hardware Address อาศัยการค้นจากตารางซึ่งเก็บคู่ของ IP Address และ Hardware Address การสร้างตารางและการค้นหามีรูปแบบที่กำหนดด้วยโปรโตคอล ARP ตารางที่เก็บคู่แอดเดรส เรียกว่า ARP Table

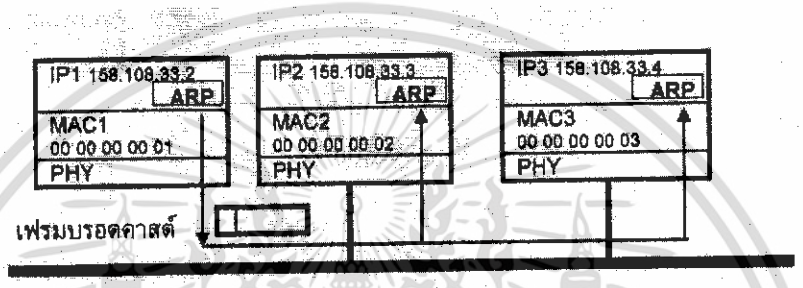
หากวิเคราห์จากลักษณะโครงสร้างของเฟรมบนมาตรฐานอีเทอร์เน็ต และ IP แล้ว จะพบว่าขนาดของหมายเลขตำแหน่งหรือ Address ซึ่งใช้บ่งบอกถึงที่อยู่บนระบบเครือข่ายของทั้งสองมาตรฐานนี้ มีความยาวแตกต่างกันโดย MAC Address ของอีเทอร์เน็ต นั้นมีขนาด 48 บิต ในขณะที่หมายเลขตำแหน่ง IP มีเพียง 32 บิต จากลักษณะดังกล่าวจึงเป็นที่มาของโปรโตคอล ARP เพื่อใช้ในการแปลง และค้นหา MAC Address ของอีเทอร์เน็ต หรือของ Data Link Layer บนมาตรฐานเครือข่ายแบบอื่น ของหมายเลข IP ที่ระบบต้องติดต่อสื่อสารด้วย

2.1.1 หลักการทำงานของ Address Resolution Protocol (ARP)

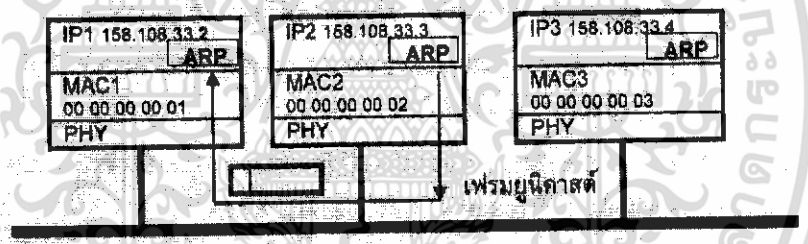
การทำงานของ ARP ทำงานโดยสถานีต้นทางที่ต้องการส่งแพ็กเก็ตไปยังสถานีปลายทางจะเปิดตารางหาค่า Hardware Address ที่ตรงกับ IP Address จาก ARP Cache หากไม่พบค่าใน Cache สถานีจะสร้างเฟรม ARP และ Broadcast เดทาแกรมร้องขอ (ARP Request) โดยใส่ IP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Address ของสถานีที่ต้องการถามหา Hardware Address ทุกสถานีในเครือข่ายเมื่อได้รับเฟรม Broadcast แล้วจะทำการตรวจสอบ IP Address ประจำตัวกับ IP Address ที่ร้องขอ หากว่าตรงกันกับสถานีนั้นก็จะส่ง เดทาแกรมตอบรับ (ARP Reply) โดยส่ง Hardware Address กลับไปยังสถานีที่ร้องขอ สถานีต้นทางที่ได้รับคำตอบก็จะนำ Hardware Address ไปใช้งานและเก็บเข้าตาราง ในขณะเดียวกันสถานีที่ตอบรับก็จะนำค่า IP และ Hardware Address ของสถานีที่ร้องขอเก็บเข้าตารางเช่นกันเพื่อใช้งานในโอกาสต่อไป



(ก) IP1 บรอดคาสต์เออาร์พีเพื่อสอบถามฮาร์ดแวร์แอดเดรสของ IP2



(ข) IP2 แจ้งฮาร์ดแวร์แอดเดรสกลับไปยัง IP1

รูปที่ 2.1 การทำงานของเออาร์พี

คู่แอดเดรสในตาราง ARP จะคงค่าอยู่เพียงระยะหนึ่งและจะถูกกำจัดออกเมื่อถึงเวลาที่กำหนด เวลาที่กำหนดอายุค่าในตาราง ARP (ARP Cache timeout) อาจแตกต่างไปตามแต่ระบบปฏิบัติการ โดยปกติแล้วหากไม่มีการใช้ค่าใดค่าหนึ่งประมาณ 15 นาที ค่านั้นก็จะถูกลบทิ้งออกไป วิธีนี้ช่วยให้ค่าในตาราง ARP เปลี่ยนแบบไดนามิกตามสภาพแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 เออาร์พีเดทาแกรม (ARP Data gram)

เนื่องจาก ARP ทำงานในระดับ Data link เดทาแกรมของ ARP ก็จะบรรจุอยู่ในเฟรม Data link อย่างเช่น อีเทอร์เน็ตโดยมีค่าประจำโปรโตคอลเท่ากับ 0x0806 แต่ละฟิลด์มีความหมายดังนี้

1. Hardware 16 Bits : กำหนดชนิดของ Hardware เครือข่ายที่ ARP ทำงานอยู่ ค่าที่ใช้งานมีดังตัวอย่างต่อไปนี้

   1 อีเทอร์เน็ต

   4 โทเค็นริง

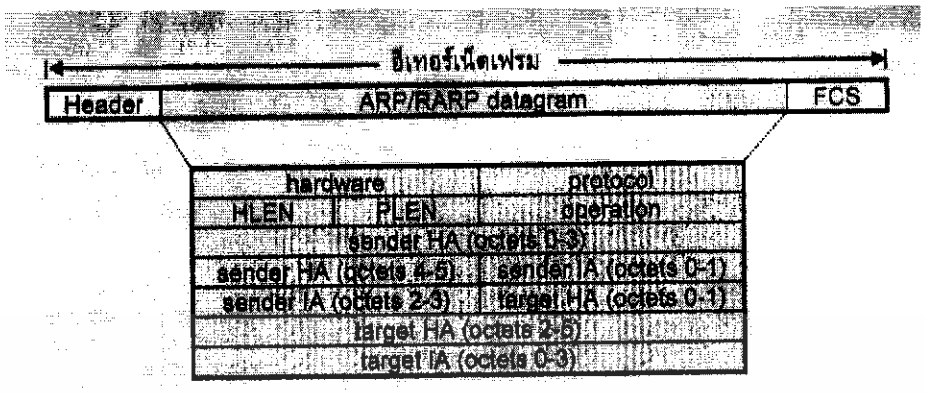
   5 เคออส (Chaos)

   6 เครือข่าย IEEE 802

   7 อาร์คเน็ต

   12 โลคัลทอล์ค
2. Protocol 16 Bits : ชนิดของโปรโตคอลที่ร้องขอใช้ ARP
3. HLEN 8 Bits : ขนาดของ Hardware Address เป็นจำนวนไบต์ ค่าปกติที่ใช้งานคือ 6 ซึ่งเท่ากับขนาด 6 ไบต์ของอีเทอร์เน็ต Hardware Address
4. PLEN 8 Bits : ขนาดของแอดเดรสระดับเน็ตเวิร์คเป็นจำนวนไบต์ ค่าปกติที่ใช้คือ 4 ซึ่งเท่ากับขนาด 4 ไบต์ของ IP Address
5. Operation 16 Bits : กำหนดรูปแบบการใช้เดทาแกรม ค่าในฟิลด์นี้ใช้กำหนดการทำงานของทั้ง ARP และ RARP ซึ่งมี 4 ค่าคือ
   - ARP request (ค่าเท่ากับ 1)
   - ARP reply (ค่าเท่ากับ 2)
   - RARP request (ค่าเท่ากับ 3)
   - RARP reply (ค่าเท่ากับ 4)
6. Address : ฟิลด์แอดเดรสเรียงลำดับจาก Hardware และ Network Address ของสถานีที่ร้องขอ ตามด้วย Hardware Address ของสถานีที่ตอบรับ

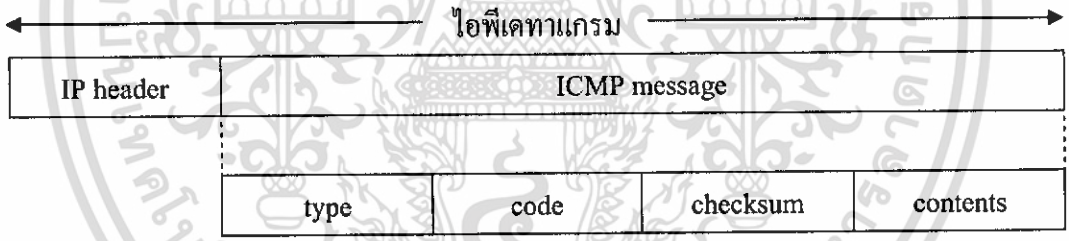
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 เออาร์พีเดทาแกรม

2.2 โปรโตคอลไอซีเอ็มพี (ICMP)

Internet Control Message Protocol หรือ ICMP มีการทำงานในระดับเดียวกันกับ IP โดยทำหน้าที่รายงานข้อผิดพลาดหรือสถานะการทำงานของ IP และแจ้งปัญหาที่เกิดจากการลำเลียง IP เดทาแกรม ภายในแพ็กเก็ต ICMP จะบรรจุข่าวสารบ่งบอกถึงข้อผิดพลาดและปัญหาที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.3 ข่าวสารของไอซีเอ็มพีบรรจุอยู่ในไอพี

แพ็กเก็ต ICMP จะใช้ IP เดทาแกรมสำหรับแจ้งข่าวสาร ข้อมูลของ IP เดทาแกรมก็คือข่าวสารที่บ่งบอกถึงปัญหาข้อผิดพลาด สาเหตุของปัญหาที่ทำให้ไม่สามารถส่งเดทาแกรมไปยังปลายทางมีได้มากมาย เช่น ไม่สามารถติดต่อโฮสต์ปลายทางได้เนื่องจากสารสื่อสารขัดข้อง หรือโฮสต์ทำงานผิดปกติ หรือ เราเตอร์ระหว่างทางอาจกำจัดเดทาแกรมทิ้งไปเนื่องจากหน่วยความจำไม่พอเพียงที่จะเก็บเดทาแกรม รวมทั้งปัญหาอื่นอีกหลายสาเหตุ หากโฮสต์หรือเราเตอร์ต้องทิ้งเดทาแกรมเนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง ซอร์ฟแวร์ ICMP ภายในโฮสต์หรือเราเตอร์จะแจ้งปัญหากลับไปยังต้นทางทันทีเพื่อให้ทราบถึงปัญหานอกเหนือไปจากการรายงานความผิดพลาดแล้ว ยังมีการใช้ ICMP เพื่อการตรวจสอบและร้องขอข้อมูลจากสถานีปลายทางที่กำหนดได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICMP จะจัดรูปแบบการรายงานข้อผิดพลาดโดยแบ่งฟิลด์ของข้อมูลในเดทาแกรมออกเป็น 4 ฟิลด์ โดยแต่ละฟิลด์มีความหมายดังนี้

- Type ขนาด 8 Bits : กำหนดทั้งค่าความผิดพลาดและการรายงานสถานะ การใช้งานในปัจจุบันมีทั้งหมด 15 ประการ
- Code ขนาด 8 Bits : รหัสความผิดพลาดย่อย
- Checksum ขนาด 16 Bits : ค่าผลรวมตรวจสอบแบบ 1's complement สำหรับใช้ตรวจสอบความผิดพลาด โดยคำนวณผลรวมของ Type, Code และ Contents
- Contents ขนาดไม่คงที่ : ฟิลด์นี้ใช้บรรจุข้อมูลข่าวสารเพิ่มเติมเพื่อแจ้งกลับซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่า Type และ Code

ถึงแม้ว่า ICMP จะใช้ IP เดทาแกรมซึ่งอาจเกิดปัญหาเดทาแกรมไปไม่ถึงปลายทางได้เช่นเดียวกับไอพีเดทาแกรมทั่วไป แต่ว่าจะไม่มีการรายงานความผิดพลาดด้วย ICMP หากมีปัญหาที่เกิดขึ้นกับเดทาแกรมของ ICMP เอง ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแจ้งความผิดพลาดแบบวนซ้ำ นอกจากนี้จะไม่ใช้ ICMP เมื่อเกิดความผิดพลาดของเดทาแกรมต่อไปนี้

- ไม่ใช้ ICMP กับ IP เดทาแกรมที่ใช้เพื่อบรอดคาสต์หรือมัลติคาสต์
- ไม่ใช้ ICMP กับ IP เดทาแกรมแฟรกเมนต์อื่นๆยกเว้นแฟรกเมนต์แรก กล่าวคือ ICMP จะตอบสนองกับเดทาแกรมแฟรกเมนต์แรกเท่านั้น
- ไม่ใช้ ICMP กับ IP เดทาแกรมที่แอดเดรสต้นทางไม่ได้ใช้กำหนดเลขโฮสต์ เช่น แอดเดรสลูปแบ็ค บรอดคาสต์ หรือมัลติคาสต์

ตารางที่ 2.1 ประเภทความผิดพลาดของไอซีเอ็มพี

type	ความหมาย	การใช้งาน
0	Echo reply	แจ้งการตอบรับ
3	Destination unreachable	ไม่สามารถติดต่อปลายทางได้
1	Source quench	ให้ต้นทางลดระดับภาระงาน
5	Redirect	แจ้งเส้นทางที่เหมาะสมกว่า
8	Echo request	ร้องขอการตอบรับ
9	Router advertisement	เราเตอร์แจ้งประกาศตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Type	ความหมาย	การใช้งาน
10	Router solicitation	โฮสต์ตรวจหาเราเตอร์
11	Time exceeded for datagram	เดทาแกรมใช้เวลาเกินกำหนด
12	Parameter problem on datagram	มีปัญหาพารามิเตอร์ในเดทาแกรม
13	Time stamp request	ร้องขอเวลาระบบ
14	Time stamp reply	แจ้งเวลาระบบกลับ
15	Information request	ร้องขอข่าวสาร
16	Information reply	แจ้งข่าวสารกลับ
17	Address mask request	ร้องขอแอดเดรสมาสค์
18	Address mask reply	แจ้งแอดเดรสมาสค์กลับ

2.2.1 ไอซีเอ็มพีชนิด 0 และ 8

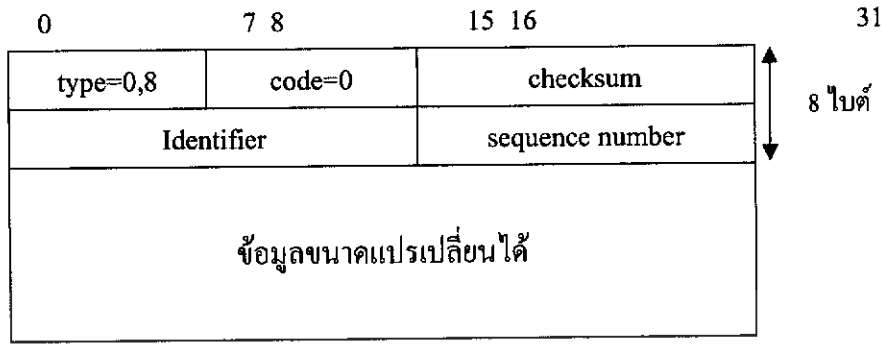
ไอซีเอ็มพีชนิด 0 และ 8 ใช้ตรวจสอบว่าสถานีหรือเราเตอร์ปลายทางยังทำงานอยู่หรือไม่ ตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากไอซีเอ็มพีกลุ่มนี้คือโปรแกรม ping

2.2.2 Ping

Ping จะส่ง ICMP ชนิด 8 เพื่อสอบถาม (request) ไปยังสถานีหรือเราเตอร์ที่ต้องการตรวจสอบและรอการตอบกลับ หากโฮสต์หรือเราเตอร์เปิดให้บริการอยู่ก็จะตอบกลับด้วย ICMP ชนิด 0 (reply) ต่อจากนั้น ping จึงนำผลการตอบกลับมาแสดงบนจอภาพฟอร์แมตของเดทาแกรมที่ใช้ร้องขอและตอบกลับมีโครงสร้างเช่นเดียวกัน

โปรแกรม ping จะส่งเดทาแกรมต่อเนื่องกันไป การตอบกลับจะต้องตอบอ้างอิงกับทุกๆเดทาแกรมด้วยค่า identifier และใช้ sequence number บอกลำดับเดทาแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 เดทาแกรมไอซีเอ็มพีชนิด 0 และ 8

ฟิลด์ข้อมูลถัดมาเป็นข้อมูลตรวจสอบกล่าวคือเมื่อส่งเดทาแกรมที่บรรจุข้อมูลหนึ่งๆ ออกไปแล้ว ทางฝ่ายรับจะต้องส่งข้อมูลที่ได้รับกลับมาด้วย โดยปกติแล้ว ping จะใช้ 8 ไบต์แรกของข้อมูลเพื่อประทับเวลาสำหรับใช้คำนวณเวลาไปกลับ ขนาดข้อมูลปกติที่ใช้คือ 56 ไบต์และสามารถเลือกค่าอื่นได้

2.2.2.1 ตัวอย่างการใช้ ping

เพื่อแสดงถึงการทำงานของ ICMP โดยใช้ ping ขอพิจารณาตัวอย่างผลลัพธ์จากคำสั่ง ping ดังต่อไปนี้

```
$ ping std.cpe.ku.ac.th
PING std.cpe.ku.ac.th (158.108.2.68) : 56 data bytes
64 bytes from 158.108.2.68: icmp_seq=0 ttl=252 time=1.0 ms
64 bytes from 158.108.2.68: icmp_seq=1 ttl=252 time=1.0 ms
64 bytes from 158.108.2.68: icmp_seq=2 ttl=252 time=1.0 ms
64 bytes from 158.108.2.68: icmp_seq=3 ttl=252 time=1.0 ms
64 bytes from 158.108.2.68: icmp_seq=4 ttl=252 time=1.1 ms
^C
--- std.cpe.ku.ac.th ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 1.0/1.0/1.1 ms
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างนี้แสดงการใช้ ping ส่ง ICMP ชนิด 8 ไปยัง std.cpc.ku.ac.th โดยใส่ข้อมูล 56 ไบต์ไว้ในเดทาแกรม โฮสต์ std.cpc.ac.th จะตอบกลับมาด้วย ICMP ชนิด 0 ผลที่ได้มีความหมายดังนี้คือ

- ตัวเลข 64 ไบต์ซึ่งเป็นขนาดรวมของเดทาแกรมที่ได้รับโดยคำนวณจากข้อมูลขนาด 56 ไบต์บวกกับเฮดเดอร์ของ ICMP อีก 8 ไบต์
- ค่า icmp_seq ลำดับเดทาแกรมตามโดยนำมาจากฟิลด์ sequence number
- ค่า ttl ใช้คำนวณหาจำนวนเราเตอร์ที่เดทาแกรมเดินทางผ่าน คำสั่ง ping กำหนดค่า ttl เริ่มต้นเท่ากับ 255 และลดค่าลงครั้งละหนึ่งทุกครั้งที่ผ่านเราเตอร์ตัวเลข 253 จึงหมายความว่าเดทาแกรมเดินทางผ่านเราเตอร์ 2 ตัว
- เวลาเดินทางไปกลับ (round-trip time : RTT) ซึ่งนับเริ่มต้นจากการส่งแพ็กเก็ตและได้รับแพ็กเก็ตตอบกลับในหน่วยวินาที ping คำนวณเวลาเดินทางไปกลับโดยบรรจุเวลาไว้ในเดทาแกรมที่ส่งออกไป เมื่อได้รับเดทาแกรมตอบซึ่งบรรจุเวลานี้กลับมาด้วยก็นำมาลบกับเวลาปัจจุบัน

ค่า sequence ยังใช้เป็นตัวตรวจสอบด้วยว่าเดทาแกรมใดบ้างที่สูญหาย เพื่อนำมาใช้คำนวณสถิติ และเวลาเดินทางไปกลับโดยเฉลี่ยของเดทาแกรมดังเช่น ลองพิจารณาการทดสอบกับโฮสต์ที่อยู่ห่างไกลมักพบว่ามีแพ็กเก็ตสูญหายดังนี้

```
$ ping www.yahoo.com
PING www.yahoo.com (204.71.200.74) : 56 data bytes
64 bytes from 204.71.200.74: icmp_seq=0 ttl=252 time=2949.9 ms
64 bytes from 204.71.200.74: icmp_seq=1 ttl=252 time=2942.9 ms
64 bytes from 204.71.200.74: icmp_seq=2 ttl=252 time=2790.1 ms
64 bytes from 204.71.200.74: icmp_seq=3 ttl=252 time=2686.7 ms
64 bytes from 204.71.200.74: icmp_seq=4 ttl=252 time=2759.9 ms
64 bytes from 204.71.200.74: icmp_seq=7 ttl=252 time=2694.9 ms
                                          ↑
--- www.yahoo.com ping statistics ---     เดทาแกรมลำดับ 5 และ 6 สูญหาย
8 packets transmitted, 6 packets received, 27% packet loss
round-trip min/avg/max = 1.0/1.0/1.1 ms
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างต่อไปนี้กำหนดให้ ping ส่งเดทาแกรมที่บรรจุข้อมูลขนาด 256 ไบต์จำนวน 4 เดทาแกรมต่อเนื่องออกไป

```
$ ping –s 256 –c 4 std.cpc.ku.ac.th
PING std.cpc.ku.ac.th (158.108.2.68) : 256 data bytes
264 bytes from 158.108.2.68: icmp_seq=0 ttl=252 time=1.0 ms
264 bytes from 158.108.2.68: icmp_seq=1 ttl=252 time=1.0 ms
264 bytes from 158.108.2.68: icmp_seq=2 ttl=252 time=1.0 ms
264 bytes from 158.108.2.68: icmp_seq=3 ttl=252 time=1.1 ms

--- std.cpc.ku.ac.th ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 1.0/1.0/1.1 ms
```

2.3 โปรโตคอล ยูดีพี User Datagram Protocol (UDP)

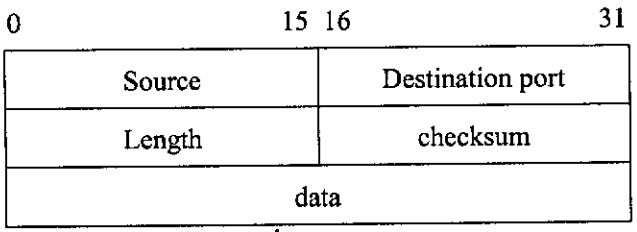
User Datagram Protocol หรือ UDP เป็นโปรโตคอลระดับทรานสพอร์ตทำหน้าที่นำส่งข้อมูลจากโปรโตคอลประยุกต์ไปยัง IP ข้อมูลรวมกับยูดีพีเฮดเดอร์เรียกว่า ยูดีพีเดทาแกรม หรือ ยูสเซอร์เดทาแกรม

ยูดีพีให้บริการแบบ “connectionless” กล่าวคือไม่สถาปนาการเชื่อมต่อระหว่างสถานีต้นทางและปลายทาง ยูดีพีส่งเดทาแกรมโดยไม่ตรวจสอบว่าสถานีปลายทางพร้อมที่จะติดต่อหรือไม่ การสื่อสารลักษณะนี้อาจเทียบได้กับการส่งจดหมาย ผู้ส่งเพียงแต่มอบหมายให้ไปรษณีย์จัดส่งโดยไม่ต้องทราบว่าผู้รับปลายทางพร้อมรับหรือไม่

หากมีปัญหาเกิดขึ้นกับยูดีพีเดทาแกรม เช่น เดทาแกรมสูญหาย หรือผิดลำดับหรือมีเดทาแกรมซ้ำกัน ยูดีพีจะไม่จัดการกับปัญหาเหล่านี้เนื่องจากไม่มีกลไกที่จะรับประกันความถูกต้องของเดทาแกรม โปรโตคอลประยุกต์ที่ใช้ยูดีพีต้องดำเนินการกับปัญหาเหล่านี้เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ยูดีพีเดทาแกรม



รูปที่ 2.5 ยูดีพีเอทาแกรม

ยูดีพีเดทาแกรมประกอบด้วย

- Source port ขนาด 16 Bits : พอร์ตสถานีต้นทาง
- Destination port ขนาด 16 Bits : พอร์ตสถานีปลายทาง
- Length ขนาด 16 Bits : บอกความยาวของเดทาแกรม (ทั้งเฮดเดอร์และข้อมูล) เป็นจำนวนไบต์
- Checksum ขนาด 16 Bits : ผลรวมตรวจสอบ คำนวณจากผลรวมของเฮดเดอร์และข้อมูล

ยูดีพีเดทาแกรมมีเฮดเดอร์ที่เรียบง่ายและมีฟิลด์จำนวนน้อย ฟิลด์ที่สำคัญมีเพียงพอร์ตต้นทางและปลายทาง และค่าผลรวมตรวจสอบโดยไม่มีฟิลด์อื่นใดใช้ในการรับประกันความเชื่อถือการส่งข้อมูล

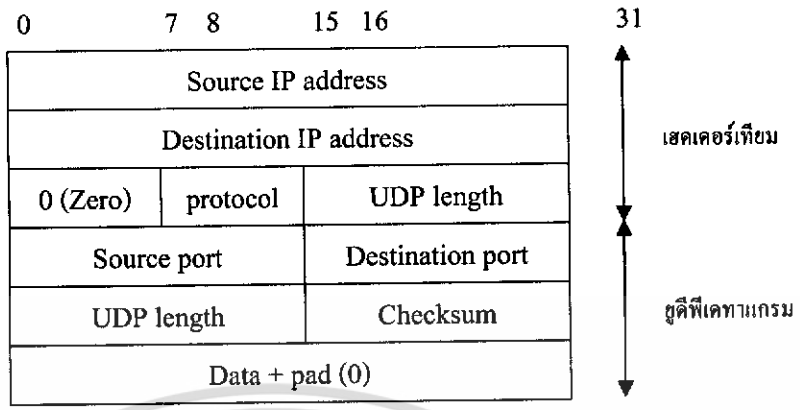
2.3.2 การคำนวณค่าผลรวมตรวจสอบ

ยูดีพีคำนวณผลรวมตรวจสอบจากเฮดเดอร์และข้อมูล ต่างจากผลรวมตรวจสอบของ IP ที่คำนวณจากเฮดเดอร์โดยไม่รวมข้อมูล ค่าผลรวมตรวจสอบของยูดีพีเป็นค่าเผื่อเลือก (optional) ที่ใช้หรือไม่ก็ได้ ในขณะที่ทีซีพีบังคับว่าต้องคำนวณผลรวมตรวจสอบเสมอ

ผลรวมตรวจสอบของยูดีพีคำนวณโดยบวกค่า 16 Bits แบบเลขเติมเต็มหนึ่ง แต่ถ้าความยาวของยูดีพีเดทาแกรมเป็นเลขคี่ให้แทรกค่า 0 อีก 1 ไบต์ เพื่อใช้เฉพาะขั้นตอนการคำนวณเท่านั้น (ไบต์ที่เพิ่มมาไม่ถูกส่งไปด้วย)

ยูดีพีและทีซีพีจะนำค่า เฮดเดอร์เทียม (psuedo-header) อีก 12 ไบต์เข้ามาร่วมคำนวณผลรวมตรวจสอบด้วย เฮดเดอร์เทียมนำมาจากบางฟิลด์ของ IP เดทาแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ยูดีพีและเฮดเดอร์

ยูดีพีใช้เฮดเดอร์เทียมเพื่อคำนวณผลรวมตรวจสอบเท่านั้นและไม่ส่งเฮดเดอร์เทียมออกไป หากสถานีปลายทางได้รับเดทาแกรมจะพบว่าผลรวมตรวจสอบไม่ถูกต้อง สถานีจะทิ้งเดทาแกรมนั้นไป แต่ละฟิลด์ในเฮดเดอร์เทียมมีความหมายดังนี้

- Source address ขนาด 32 บิต : IP Address ต้นทาง
- Destination address ขนาด 32 บิต : IP Address ปลายทาง
- Zero ขนาด 8 บิต : เป็นศูนย์หมดทุกบิต
- Protocol ขนาด 8 บิต : ชนิดของโปรโตคอล กรณีของยูดีพีจะมีค่าเท่ากับ 17
- Length ขนาด 16 บิต : ขนาดของเฮดเดอร์รวมกับข้อมูล

บริการของยูดีพีเหมาะสมกับโปรโตคอลประยุกต์หลายชนิดโดยเฉพาะโปรโตคอลที่ทำงานแบบ ไคเอ็นต์-เซอร์ฟเวอร์ ชนิดที่ใช้การร้องขอและตอบกลับ ไคลเอ็นต์ทำหน้าที่ขอบริการและเซอร์ฟเวอร์ตอบกลับไปตามการร้องขอ การตอบกลับนี้เป็นรูปแบบหนึ่งของการตอบรับ (acknowledge) หากไคลเอ็นต์ไม่ได้รับคำตอบกลับภายในระยะเวลาที่กำหนดก็อาจขอบริการซ้ำใหม่ หากไคลเอ็นร้องขอบริการซ้ำหลายครั้งเกินกำหนดโดยไม่ได้รับคำตอบไคลเอ็นต์จะถือว่าเซอร์ฟเวอร์ไม่อยู่ในสภาพที่ให้บริการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.4 โปรโตคอลทีซีพี

ทีซีพีเป็นโปรโตคอลที่ให้บริการชนิดที่ต้องมีการเชื่อมต่อ และรับประกันความเชื่อถือในการลำเลียงข้อมูล ทีซีพีรับประกันความเชื่อถือโดยทำหน้าที่ตรวจสอบเซกเมนต์ที่ผิดปกติและจัดส่งเซกเมนต์ซ้ำใหม่ รวมทั้งจัดลำดับให้ถูกต้องก่อนส่งไปยังโปรแกรมประยุกต์ระดับบนเฮดเดอร์และข้อมูลของทีซีพีเรียกว่า เซกเมนต์ (segment)

สถานีต้นทางจะต้องสถาปนาการเชื่อมโยงกับสถานีปลายทางก่อนส่งทีซีพีเซกเมนต์การสถาปนาการเชื่อมโยงใช้ประโยชน์เพื่อให้มั่นใจว่าปลายทางพร้อมจะสื่อสารด้วย และเมื่อเสร็จสิ้นการส่งถ่ายข้อมูลแล้วก็จะปิดการเชื่อมโยง

การสถาปนาการเชื่อมโยงของทีซีพีอาจเปรียบเทียบได้กับการการติดต่อทางโทรศัพท์ กล่าวคือเมื่อหมุนหมายเลขปลายทางแล้ว ผู้เรียกต้องรอให้ปลายทางรับสาย เมื่อทักทายและแจ้งให้ทราบว่าใครเป็นผู้เรียกสายแล้วจึงเริ่มการสนทนา กระบวนการสถาปนาของทีซีพีมีขั้นตอนเฉพาะ

ทีซีพีทำงานตามแบบไคลเอ็นต์-เซอร์ฟเวอร์ ไคลเอ็นต์จะเป็นผู้ร้องขอบริการและขอสถาปนาการเชื่อมโยง ส่วนเซิร์ฟเวอร์รับการร้องขอและให้บริการต่อไคลเอ็นต์ การขนถ่ายข้อมูลระหว่างไคลเอ็นต์และเซอร์ฟเวอร์เป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ เสมือนมีท่อลำเลียงสองท่อต่อเชื่อมระหว่างไคลเอ็นต์และเซอร์ฟเวอร์

ทีซีพีลำเลียงข้อมูลในรูปของไบต์ขนาด 8 บิต หรือมักเรียกว่าออกเต็ต (octet) และ เรียกบริการลำเลียงแบบนี้ว่า บริการสายข้อมูลแบบไบต์ (byte stream service) โปรโตคอลประยุกต์ปลายทางไม่จำเป็นต้องรับข้อมูลมาดำเนินการครั้งละไบต์เสมอไป หากแต่ดำเนินการไปตามการทำงานของแต่ละโปรโตคอล

2.4.1 บริการรับประกันความเชื่อถือของทีซีพี

ทีซีพีให้บริการจัดการด้านความเชื่อถือการลำเลียงเซกเมนต์ที่สำคัญคือ การตรวจจับและแก้ไขข้อผิดพลาด, การควบคุมปริมาณการไหลข้อมูล, การจัดลำดับ, และการกำจัดเซกเมนต์ซ้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- การตรวจจับและแก้ไขข้อผิดพลาดมุ่งเน้นแก้ปัญหาหาเซกเมนต์ที่ผิดปกติจากปัญหาสายสื่อสารหรือโปรโตคอลระดับล่าง หรือเซกเมนต์เดินทางไปไม่ถึง

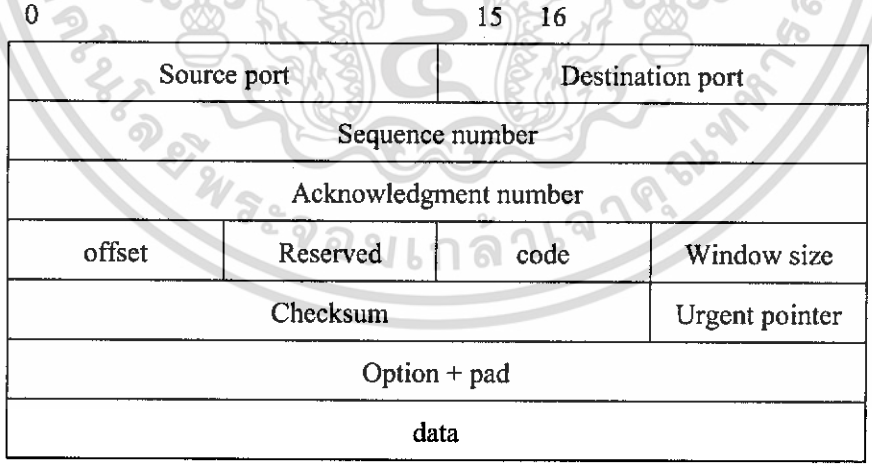
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62305

ปลายทาง ทีซีพีจัดการกับปัญหานี้โดยใช้ผลรวมตรวจสอบเช่นเดียวกับยูดีพีหากค่าผลรวมตรวจสอบไม่ถูกต้อง ทีซีพีจะส่งเซกเมนต์ซ้ำใหม่

- เมื่อทีซีพีได้รับเซกเมนต์จะตอบกลับไปต้นทาง ทีซีพีใช้การตอบรับเพื่อยืนยันว่าได้รับข้อมูลอย่างถูกต้อง
- ทีซีพีตจะตั้งเวลาเมื่อส่งเซกเมนต์เพื่อรอการตอบรับจากปลายทาง หากไม่มีการตอบรับภายในเวลาที่กำหนดทีซีพีจะส่งเซกเมนต์ซ้ำ วิธีนี้เรียกว่า การตอบรับแบบบวกพร้อมกับการส่งซ้ำ (positive acknowledge with retransmission)
- ทีซีพีฝ่ายรับสามารถกำหนดให้ฝ่ายส่งจัดส่งข้อมูลเป็นปริมาณเท่าที่จะรับได้จริงตามขนาดบัฟเฟอร์ที่มีอยู่ การควบคุมปริมาณการไหลข้อมูลเป็นการป้องกันไม่ให้ส่งเซกเมนต์ไปเกินขีดความสามารถของฝ่ายรับ
- หากเซกเมนต์มาไม่เป็นลำดับ ทีซีพีฝ่ายรับต้องจัดลำดับเซกเมนต์ให้ถูกต้อง
- ทีซีพีมีหน้าที่กำจัดเซกเมนต์ซ้ำซ้อน

2.4.2 ทีซีพีเฮดเดอร์

ทีซีพีเฮดเดอร์ประกอบด้วยฟิลด์จำนวนมากทำหน้าที่ให้บริการตามฟังก์ชันที่กล่าวข้างต้น แต่ละฟิลด์มีความหมายดังนี้



รูปที่ 2.7 ทีซีพีเฮดเดอร์

- Source port ขนาด 16 บิต : หมายเลขพอร์ตของสถานีต้นทาง
- Destination port ขนาด 16 บิต : หมายเลขพอร์ตของสถานีปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Sequence number ขนาด 32 บิต : ทีซีพีใช้ เลขลำดับ เป็นตัวนับจำนวนไบต์ที่ส่งทุกครั้งที่สถาปนาการเชื่อมโยงทีซีพีจะเลือกเลขลำดับเริ่มต้นสำหรับชี้ตำแหน่งข้อมูลไบต์แรกที่จะจัดส่ง หมายเลขเริ่มต้นไม่จำเป็นต้องเริ่มด้วย 1 แต่อาจจะเริ่มด้วยค่าใดๆ ก็ได้ ข้อมูลในเซกเมนต์ถัดไปจะมีเลขลำดับที่สัมพัทธ์เลขลำดับในเซกเมนต์ก่อนหน้า
- Acknowledgement number ขนาด 32 บิต : ค่ากำหนด เลขตอบรับ ซึ่งใช้ตอบกลับไปว่าได้รับข้อมูลแล้ว เลขตอบรับจะมีค่าเท่ากับเลขลำดับประจำเซกเมนต์บวกด้วยจำนวนไบต์ข้อมูลและบวกด้วยหนึ่ง เช่นเซกเมนต์หนึ่งมีเลขลำดับเท่ากับ 21 และมีข้อมูล 20 ไบต์ เลขตอบรับที่ต้องส่งกลับไปจะเท่ากับ 21+20+1=42 ซึ่งแจ้งว่าได้รับข้อมูลตั้งต้นถึงไบต์ลำดับที่ 41 แล้ว และคาดว่าไบต์ถัดไปคือไบต์ที่ 42
- Offset (data offset) ขนาด 4 บิต : บอกถึงตำแหน่งเริ่มต้นของไบต์ข้อมูลหรืออีกนัยหนึ่งใช้บอกขนาดเฮดเดอร์ ตัวเลขนี้มีหน่วยเป็นจำนวนเท่าของ 4 ไบต์ เช่นเดียวกับที่ใช้ในเดทาแกรม เฮดเดอร์ของทีซีพีมีความยาวขึ้นกับฟิลด์ option ตัวเลขในฟิลด์ offset จะเท่ากับ 5 ซึ่งเท่ากับ 20 ไบต์ (5X4-20) หากไม่ใช้ออพชันใด
- Reserved (RSV) ขนาด 4 บิต : สำรองไว้ใช้ในอนาคต
- Code ประกอบด้วย 6 ฟิลด์ย่อย แต่ละฟิลด์ย่อยมีขนาด 1 บิต ทำหน้าที่เป็นแฟล็กเรียงลำดับจากซ้ายไปขวา

    - URGent ถ้าบิตนี้เป็น "1" หมายความว่า Urgent pointer บรรจุตำแหน่งข้อมูลที่ต้องรีบดำเนินการเร่งด่วนก่อน
    - ACKnowledgement ถ้าบิตนี้เป็น 1 หมายถึงเป็นเซกเมนต์ตอบรับโดยตอบอ้างอิงเลขลำดับตามที่กำหนดในฟิลด์ acknowledgement number
    - PuSH ถ้าบิตนี้เป็น "1" หมายความว่าทันทีที่สถานีปลายทางได้รับเซกเมนต์ต้องรีบส่งข้อมูลไปยังโปรโตคอลประยุกต์ทันทีโดยไม่ต้องรอให้บัฟเฟอร์เต็ม
    - ReSeT ถ้าบิตนี้เป็น "1" หมายถึงให้ยกเลิกการเชื่อมต่อนี้ เนื่องจากอาจมีความผิดปกติเกิดขึ้นระหว่างคู่สถานีที่กำลังติดต่อกันอยู่ หากจำเป็นต้องส่งข้อมูลระหว่างกันอีกก็ต้องเริ่มต้นสถาปนาการเชื่อมต่อใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- SYNchronize ถ้าบิตนี้เป็น “1” หมายถึงของเริ่มต้นสถาปนาการเชื่อมต่อ และเมื่อการสถาปนาเสร็จสิ้น บิตนี้จะถูกกำหนดให้เป็น “0” หลังจากนั่นจึงสามารถส่งผ่านข้อมูลระหว่างกันได้
- FINish ถ้าบิตนี้เป็น “1” หมายถึงจบการเชื่อมต่อ

- Window size ขนาด 16 บิต : สถานีปลายทางใช้ฟิลด์นี้แจ้งขนาดบัฟเฟอร์ที่มีอยู่ (เป็นหน่วยไบต์) สถานีที่ติดต่อด้วยต้องไม่ส่งข้อมูลเกินค่านี้
- Checksum ขนาด 16 บิต : ผลรวมตรวจสอบความถูกต้องของเซกเมนต์โดยคำนวณทั้งเฮดเดอร์และข้อมูล (ใช้เฮดเดอร์เทียมเช่นเดียวกับยูดีพี)
- Urgent pointer ขนาด 16 บิต : พอยเตอร์ชี้ตำแหน่งไบต์ข้อมูลที่ต้องดำเนินการเร่งด่วนที่ต้องการให้โปรแกรมประยุกต์ดำเนินการทันที ค่าที่บรรจุในฟิลด์นี้จะมีความหมายก็ต่อเมื่อแฟล็ก URG ถูกเซ็ตเป็น “1”
- Potions ขนาดแปรเปลี่ยนได้ : ใช้กำหนดงานเพิ่มเติมให้กับทีซีพีซึ่งจะมีหรือไม่ก็ได้หากฟิลด์ offset หากมีค่าเป็น 5 แสดงว่ามีเฮดเดอร์มีขนาด 20 ไบต์ซึ่งหมายถึงไม่ใช้ออพชัน
- Pad ขนาด 0 ถึง 24 บิต : ใช้เป็นส่วนที่ทำให้ขนาดของออพชันเป็นจำนวนเท่าของ 32 บิต (เพื่อให้เฮดเดอร์ลงตัวที่ค่าจำนวนเท่าของ 32)

2.4.3 กลไกการทำงานของทีซีพี

ทีซีพีมีกลไกการลำเลียงข้อมูลระหว่างต้นทางและปลายทางหลายส่วน ในที่นี้จะกล่างเฉพาะกลไกที่สำคัญ 3 ประการก่อนได้แก่ การสถาปนาการเชื่อมโยง การถ่ายโอนข้อมูล และการยกเลิกการเชื่อมโยงตามหัวข้อต่อไปนี้

2.4.3.1 การสถาปนาการเชื่อมโยง

ขอยกตัวอย่างการสถาปนาการเชื่อมต่อระหว่างสถานีสองเครื่องคือ cc1 และ cc2 โดยให้ cc1 เป็นฝ่ายขอบริการจาก cc2 ดังนั้นโปรโตคอลประยุกต์ด้าน cc1 จะเป็นไคลเอ็นต์ และโปรโตคอลประยุกต์ด้าน cc2 จะเป็นเซิร์ฟเวอร์

Cc2 จะอยู่ในสภาพที่เรียกว่า การเปิดแบบพาสซีฟ (passive open) คือเซอร์ฟเวอร์สั่งให้ทีซีพีรอรับการเชื่อมต่อ ส่วน cc1 จะเริ่มการติดต่อเมื่อไคลเอ็นต์สั่งงาน การเปิดการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากไคลเอ็นต์เรียกว่า การเปิดแบบแอกทีฟ (active open) กระบวนการนี้ประกอบด้วยการส่งเซกเมนต์ 3 เซกเมนต์

1. ทีซีพีของ cc1 เลือกลำดับเริ่มต้น (ในที่นี้คือ 500) แล้วส่งเซกเมนต์ที่บรรจุเลขลำดับนี้ไปยัง cc2 พร้อมทั้งเซ็ตแฟล็ก SYN ให้เป็น "1" ขอให้สังเกตว่าเซกเมนต์นี้ (เซกเมนต์ 1) แฟล็ก ACK จะมีค่าเป็น "0"
2. ทีซีพีของ cc2 ได้รับเซกเมนต์จาก cc1 ก็จะเลือกเลขลำดับเริ่มต้นประจำตัวเช่นเดียวกัน (ในที่นี้คือ 700) แล้วตอบกลับด้วยเซกเมนต์ SYN (เซกเมนต์ 2) พร้อมทั้งเซ็ตแฟล็ก ACK เพื่อเจ้งว่าได้รับเซกเมนต์ 1 โดยใช้เลขลำดับที่ได้รับจากทาง cc1 บวกด้วยหนึ่ง (ในที่นี้คือ 501)
3. ทีซีพีของ cc1 จะส่งเซกเมนต์ตอบรับกลับไป (เซกเมนต์ 3) โดยเซ็ตแฟล็ก ACK และใช้เลขลำดับที่ได้รับจาก cc2 บวกด้วยหนึ่ง

ต่อจากนั้นทีซีพีของ cc1 จะแจ้งไปยังโปรโตคอลระดับบนว่าเชื่อมต่อแล้ว ส่วนทีซีพีของ cc2 เมื่อได้รับเซกเมนต์ตอบรับ (เซกเมนต์ 3) ก็จะแจ้งขึ้นไปยังโปรโตคอลระดับบนว่าเชื่อมต่อแล้วเช่นกัน เมื่อสิ้นสุดขั้นตอนนี้การสถาปนาทั้งสองด้านก็จะสมบูรณ์และพร้อมจะส่งข้อมูลได้ กระบวนการสถาปนาแบบนี้เรียกว่า "three way handshake" เพราะใช้ 3 เซกเมนต์โต้ตอบระหว่างกัน [Toml75] เซกเมนต์ทั้งสามนี้นิยมเรียกว่า SYN, SYN และ ACK ตามลำดับ

2.4.3.2 การถ่ายโอนข้อมูล

การขนถ่ายข้อมูลเริ่มได้หลังจากการสถาปนาเสร็จสิ้นแล้ว โดยสมมติให้ cc1 ส่งข้อมูลไปยัง cc2 ครั้งละ 100 ไบต์ จำนวน 4 ครั้ง

เซกเมนต์แรกที่ cc1 ส่งไปยัง cc2 บรรจุข้อมูลไบต์ 501 ถึง 600 และใช้เลขตอบรับ 701 เมื่อ cc2 รับข้อมูลเซกเมนต์ 1 แล้ว ก็จะตอบกลับด้วยเซกเมนต์ 2 พร้อมเลขตอบรับกำหนดข้อมูลที่คาดว่าจะได้รับต่อไปคือ 601

Cc1 สามารถส่งเซกเมนต์ไปอย่างต่อเนื่องได้ เช่นในแผนภาพมีการส่ง 3 เซกเมนต์คือไบต์ 601, 701 และ 801 ทาง cc2 สามรถตอบกลับในคราวเดียวกันได้ (เซกเมนต์ 6)

ในกรณีที่มีการส่งข้อมูลทั้งสองทิศทางระหว่าง cc1 และ cc2 หลักการทั่วไปยังคงเป็นเช่นเดียวกัน เพียงจะมีการตอบรับพร้อมกับส่งข้อมูลระหว่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.3 การยกเลิกการเชื่อมต่อ

เนื่องจากการถ่ายโอนในทีซีพีเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ การยกเลิกการเชื่อมต่อจึงมีขั้นตอนเกิดขึ้นทั้งสองด้าน ในที่นี้สมมติว่า cc1 ไม่มีข้อมูลส่งอีกต่อไปจึงต้องเป็นฝ่ายขอปิดการเชื่อมต่อโปรโตคอลประยุกต์ของ cc1 จะแจ้งไปยังทีซีพีว่าส่งข้อมูลหมดแล้ว ถัดจากนั้นจะมีการแลกเปลี่ยนเซกเมนต์จำนวน 4 เซกเมนต์ดังนี้

1. ทีซีพีของ cc1 ส่งเซกเมนต์พร้อมที่มีเลขลำดับและเลขตอบรับตามปกติแต่เซ็ตแฟล็ก FIN เป็น "1"
2. เมื่อทีซีพีของ cc2 ได้รับเซกเมนต์ FIN จะส่งเซกเมนต์ตอบรับ (เซกเมนต์ 2) และแจ้งไปขึ้นยังโปรแกรมประยุกต์ว่า cc1 ขอปิดการเชื่อมต่อ โปรแกรมประยุกต์ของ cc2 จะแจ้งกลับมายังทีซีพีว่าปิดการเชื่อมต่อได้
3. ทีซีพี cc2 ส่งเซกเมนต์ FIN ไปยัง cc1 (เซกเมนต์ 3)
4. เมื่อ cc1 ได้รับเซกเมนต์ FIN จะตอบรับกลับไป (เซกเมนต์ 4) และแจ้งไปยังโปรแกรมประยุกต์ว่าการเชื่อมโยงปิดลงแล้ว

2.5 เอชทีทีพี (HTTP)

เอชทีทีพีเป็นโปรโตคอลกำหนดการส่งข้อมูลระหว่างบราวเซอร์และเว็บเซอร์ฟเวอร์ในระบบเว็บ และยังใช้เป็นโปรโตคอลสำหรับแอพลิเคชันแบบไคลเอ็นต์-เซอร์ฟเวอร์ใดๆก็ได้ชื่อเอชทีทีพีอาจสื่อความหมายถึงโปรโตคอลสำหรับการขนถ่ายข้อมูลไฮเปอร์เท็กซ์ แต่ความสามารถของเอชทีทีพีครอบคลุมถึงการขนถ่ายข้อมูลเท็กซ์ ไฮเปอร์เท็กซ์ ไบนารี เสียง ภาพ หรือข้อมูลแบบอื่นในอินเทอร์เน็ต โดยมีขีดความสามารถเฉพาะในการทำงานกับลิงค์แบบไฮเปอร์เท็กซ์ภายใต้ข้อกำหนดในรูปของ ภาษาเอชทีเอ็มแอล (HTML : Hypertext Markup Language)

เอชทีทีพีเป็นโปรโตคอลไคลเอ็นต์-เซอร์ฟเวอร์แบบทรานแซคชัน และอาศัยทีซีพีพอร์ต 80 เอชทีทีพีมีลักษณะการทำงานแบบ "ไร้สถานะ" (stateless) แต่ละทรานแซคชันจะเป็นอิสระต่อกัน เมื่อผู้ใช้เรียกบราวเซอร์เพื่ออ่านเว็บเพจ บราวเซอร์จะทำหน้าที่เป็น เอชทีทีพีไคลเอ็นต์ ติดต่อกับเอชทีทีพีเซอร์ฟเวอร์ (หรือเรียกว่า เว็บเซอร์ฟเวอร์)

เอชทีทีพีไคลเอ็นต์จะเปิดการเชื่อมต่อด้วยทีซีพีกับเอชทีทีพีเซอร์ฟเวอร์พร้อมทั้งส่งคำสั่งกำหนดชื่อเวบเพจ เซอร์ฟเวอร์จะตอบกลับด้วยรหัสแสดงสถานะและเฮดเดอร์แบบไมม์รวมทั้งข้อมูลเว็บเพจ เมื่อไคลเอ็นต์ได้รับคำตอบแล้วก็จะปิดการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 เอชทีทีพี 1.1

เอชทีทีพีที่ใช้แพร่หลายในปัจจุบันคือรุ่น 1.1 [RFC 2068] ซึ่งพัฒนาต่อจากรุ่น 1.0 [RFC 1945] เอชทีทีพี 1.1 มีข้อปรับปรุงเพิ่มเติมจาก 1.0 หลายประการเช่น

- ใช้การเชื่อมต่อแบบรักษาสภาพ เอชทีทีพี 1.0 จะสถาปนาและยกเลิกการเชื่อมต่อเป็นรายครั้งต่อการร้องขอครั้งหนึ่งๆ ซึ่งทำให้เกิดการสร้างและยกเลิกการเชื่อมโยงทีซีพีจำนวนมาก เอชทีทีพี 1.1 ใช้วิธีคงสถานะการเชื่อมต่อไว้เพื่อให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- สนับสนุนการบีบอัดข้อมูลเพื่อนำส่งและการคลายข้อมูลเมื่อได้รับ
- มีกลไกควบคุมการแคชอย่างชัดเจนโดยเพิ่มเฮดเดอร์เพื่อกำหนดว่าไคลเอ็นต์ควรจะแคชข้อมูลที่ได้รับหรือไม่
- สนับสนุนระบบโฮสต์เสมือนโดยให้เว็บเซอร์ฟเวอร์เครื่องเดียวให้บริการในชื่อโดเมนที่ต่างกัน
- สนับสนุนการทำงานแบบหลายภาษา

2.6 ไมโครโปรเซสเซอร์

การทำงานของทั้งหมดของไมโครคอมพิวเตอร์จะถูกควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) โดยทำหน้าที่เป็นหน่วยประมาลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU) การทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์จะทำงานตามคำสั่งที่เราป้อนให้กับมัน ในปัจจุบันไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้กันอยู่มีหลายรุ่น ถ้าหากเป็นคอมพิวเตอร์ IBM PC ที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้จะเป็นไมโครโปรเซสเซอร์ของบริษัทอินเทล หรือที่เรียกกันว่าไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูลอินเทล ซึ่งมีอยู่หลายรุ่น ในการพัฒนาไมโครโพรเซสเซอร์รุ่นใหม่ๆ จะพัฒนาให้ทำงานได้เร็วขึ้นมีชุดคำสั่งมากขึ้นมีการพัฒนารีจิสเตอร์ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นและอ้างหน่วยความจำได้มากขึ้นเครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC มีการพัฒนาออกมาหลายรุ่น เครื่องรุ่นใหม่ๆ จะใช้ ไมโครโปรเซสเซอร์ที่ทำงาน ได้เร็วขึ้นไมโครโปรเซสเซอร์ที่นิยมใช้กันในคอมพิวเตอร์ IBM PC รุ่นแรกๆ ถึงรุ่น ปัจจุบันมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ไมโครโปรเซสเซอร์ 8088/8086

คอมพิวเตอร์ IBM PC รุ่นแรกจะเป็นคอมพิวเตอร์แบบ 16 บิต โดยใช้ CPU ที่เป็นไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8088 เรียกคอมพิวเตอร์รุ่นนี้ว่ารุ่น XT หรือ PC/XT (XT ย่อมาจาก eXteded) ส่วนประกอบภายในมีรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต จำนวน 14 ตัว โดยการประมวลผลภายในจะกระทำกับข้อมูลขนาด 16 บิต หรือ 2 ไบต์ แต่การติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก CPU จะใช้บัสข้อมูลขนาด 8 บิต CPU รุ่นนี้จะมีสายแอดเดรสทั้งหมด 20 เส้น ทำให้อ้างตำแหน่งได้ 1 MB สำหรับ CPU รุ่น 8086 โครงสร้างภายในจะเหมือนกับรุ่น 8088 แต่จะติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกด้วยบัสข้อมูลแบบ 16 บิต จึงเรียกรุ่น 8086 ว่าเป็น 16 บิตที่แท้จริง

(a) (b)

รูปที่ 2.8 แสดงภาพไมโครโปรเซสเซอร์ 8088 (a) และ 8086 (b) ตามลำดับ

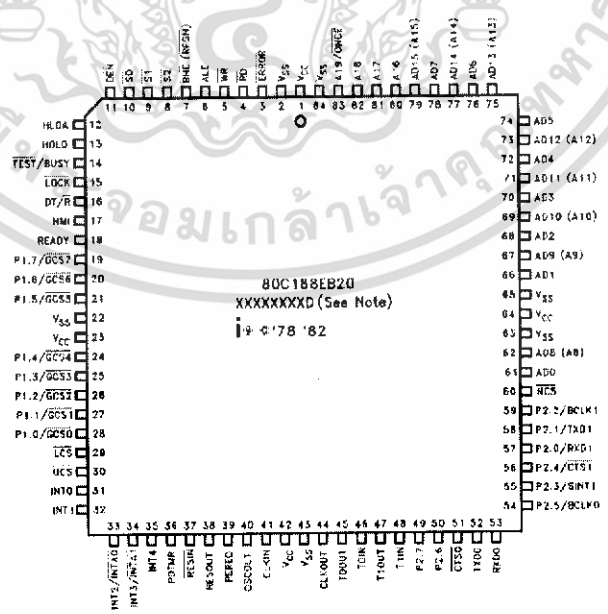
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ไมโครโปรเซสเซอร์ 80C188EB

ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 80C188EB ของอินเทลเป็นไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูลเดียวกับ ไมโครโปรเซสเซอร์ 8088 คือมีรีจิสเตอร์ภายในขนาด 16 บิต และมีบัสข้อมูลขนาด 8 บิต ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก และใช้เป็นหน่วยประมวลผลของ Embedded Web Server คุณสมบัติของ ไมโครโปรเซสเซอร์ 80C188EB มีดังนี้

2.7.1 คุณสมบัติของไมโครโปรเซสเซอร์ 80C188EB

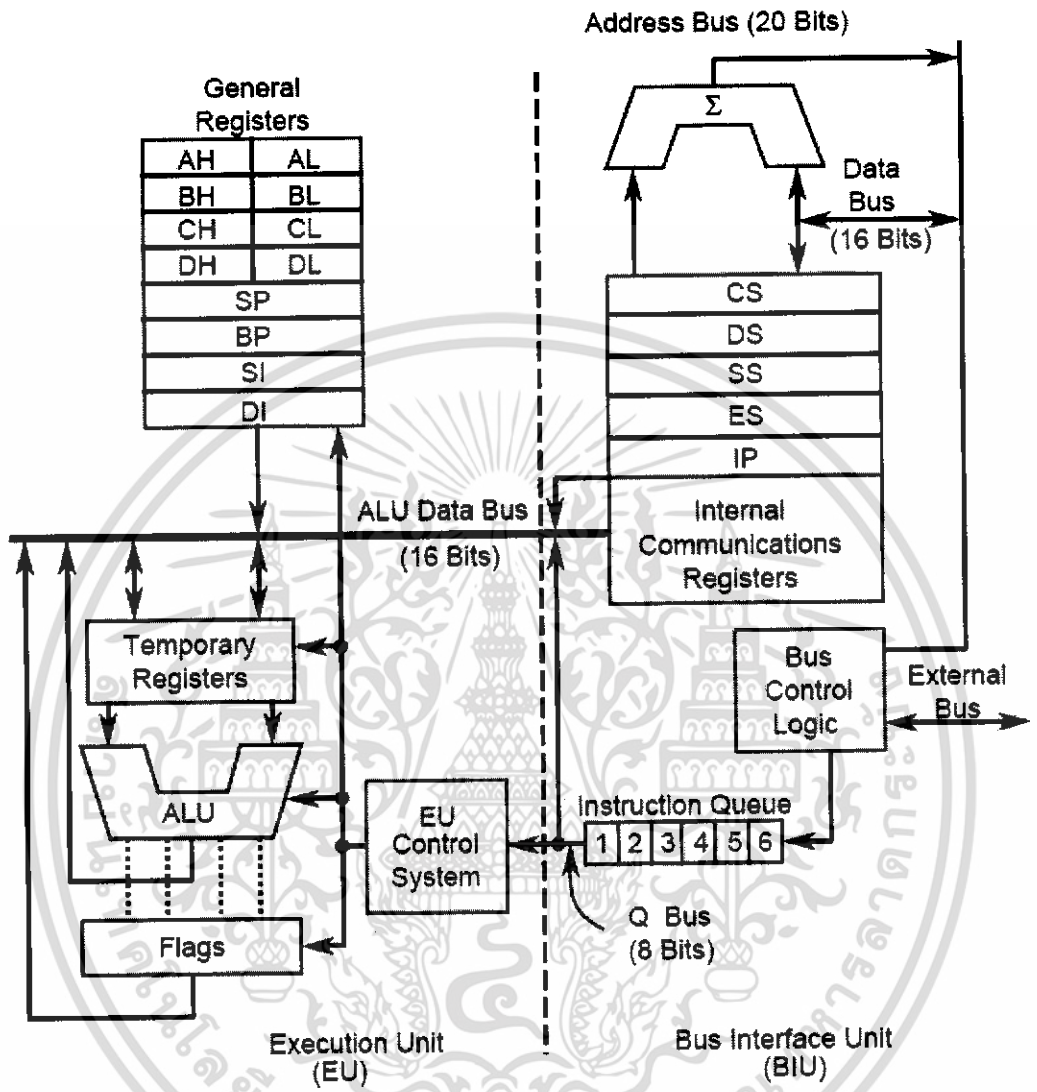
- ใช้พลังงานต่ำ
- มี UART สองตัวทำงานอิสระต่อกัน
- Multiplexed I/O พอร์ต ขนาด 8 บิต สองชุด
- สามารถโปรแกรมควบคุมการอินเทอร์รัพท์ได้
- มี Timer/Counter ขนาด 16 บิต 3 ตัว
- มีวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาภายใน
- รองรับหน่วยความจำภายนอกสูงสุด 1 MB และ 64 KB สำหรับ อินพุท/เอาท์พุท
- ความเร็วของสัญญาณนาฬิกา (ที่ 5 โวลต์) 25 MHz (80C188EB25)
- ทำงานได้ที่ช่วงอุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส ถึง 85 องศาเซลเซียส
- 84 Pin Plastic Leaded Chip Carrier (PLCC)



รูปที่ 2.9 แสดงขาต่างๆ ของไมโครโปรเซสเซอร์ 80C188EB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 โครงสร้างภายในของไมโครโปรเซสเซอร์ 80C188EB



รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในไมโครโปรเซสเซอร์ 80C188EB

ในไมโครโปรเซสเซอร์หรือตัวประมวลผลจะแบ่งการทำงานออกเป็นสองส่วนคือ Execute Unit (EU) และ Bus Interface Unit (BIU) ดังรูปที่ 2.14 การทำงานของ EU จะทำหน้าที่ประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสคำสั่งและข้อมูลที่ได้รับมาจาก BIU การเปลี่ยนแปลงหรือการกระทำกับข้อมูลใดๆ จะต้องเกิดจากส่วน EU นี้ โครงสร้างภายใน EU จะประกอบด้วยรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไปได้แก่ AX, BX, CX, DX สแตกพอยน์เตอร์ (SP) เบสพอยน์เตอร์ (BP) ซอร์สอินเด็กซ์ (SI) เดสทิเนชันอินเด็กซ์ (DI) รีจิสเตอร์แฟลก หน่วยควบคุม รวมทั้งหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิกที่เรียกว่า ALU ส่วน BIU จะทำหน้าที่เชื่อมต่อบัสในการส่งข้อมูลต่างๆ ควบคุมการเข้าถึงหน่วยความจำและการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกต่างๆ ของไมโครโปรเซสเซอร์ ประกอบด้วย หน่วยควบคุมบัส (bus control) รีจิสเตอร์เซกเมนต์ (segment register) วงจรลอจิกที่ใช้อ้างตำแหน่งหน่วยความจำ (memory address logic) เป็นต้น

การให้คอมพิวเตอร์ทำงานนั้นก็คือการให้ไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานโดยจะเริ่มจากการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมเข้ามาในตัวไมโครโปรเซสเซอร์จากนั้นจะถอดรหัสคำสั่งและทำงานตามคำสั่งเมื่อทำงานตามคำสั่งแล้วจะไปอ่านรหัสคำสั่งต่อไปออกมาเราเรียกกระบวนการนี้ว่า fetch and execute cycle และการทำงานคำสั่งหลายๆ คำสั่งต่อกันเราเรียกว่าการทำงานโปรแกรม เมื่อไมโครโปรเซสเซอร์เริ่มทำงานหลังจากการกดปุ่มรีเซ็ตของคอมพิวเตอร์กระบวนการต่างๆ จะเป็นดังต่อไปนี้

1. ค่าในรีจิสเตอร์ IP (instruction pointer) จะถูกคำนวณเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำโปรแกรมและจะส่งออกมาทางเอาต์พุตของ BIU เพื่ออ้างไปที่ตำแหน่งหน่วยความจำโปรแกรมที่ไมโครโปรเซสเซอร์ต้องการติดต่อ จากนั้นจะอ่านรหัสโปรแกรมจากหน่วยความจำเข้ามายัง BIU เพื่อให้หน่วย EU ทำการประมวลผล

2. ค่ารีจิสเตอร์ IP จะเพิ่มค่าขึ้นอีกเพื่ออ่านข้อมูลรหัสคำสั่งต่อไป

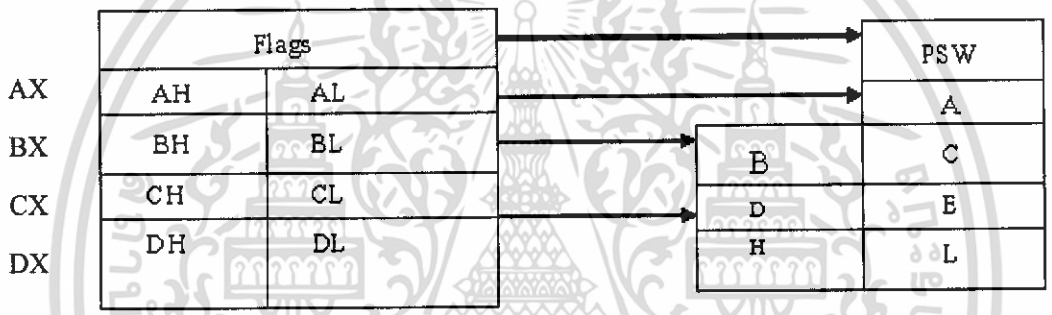
3. ไมโครโปรเซสเซอร์จะทำงานตามรหัสคำสั่งที่อ่านเข้ามาและอ่านค่าคำสั่งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 รีจิสเตอร์และเซกเมนต์

รีจิสเตอร์ (Register) เป็นหน่วยความจำขนาดเล็กที่อยู่ใน CPU ที่สามารถทำการคำนวณ เคลื่อนย้ายตำแหน่งต่างๆได้

รีจิสเตอร์ คือ หน่วยความจำชนิดซึ่งแตกต่างจาก ROM (Random Only Memory : เป็นหน่วยความจำที่ อยู่ติดกับแผ่นวงจรหลักของ เครื่องไม่สามารถเพิ่มขยายขนาดได้) และ RAM (Random Access Memory: เป็นหน่วย ความจำที่สามารถเพิ่มขยายขนาดได้) ซึ่งเป็นเพียงที่พักข้อมูลหรือคอยเก็บข้อมูลไว้เท่านั้นเอง แต่รีจีสเตอร์นั้น สามารถใช้ในการคำนวณนั้นไปเก็บไว้ เป็นหน่วยความจำที่อยู่ในไมโครโปรเซสเซอร์ 80C188EB จะมีขนาด 16 บิต ดังนั้น รีจีสเตอร์จะมีขนาด 16 บิตด้วย

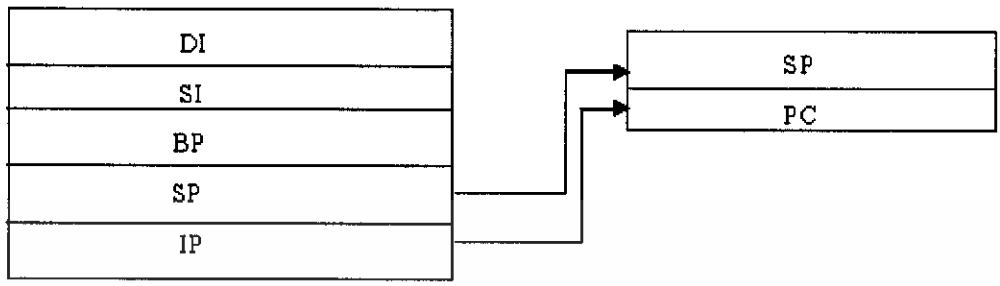


รูปที่ 2.11 โครงสร้างรีจิสเตอร์แบบ 16 บิต และแบบ 8 บิต

แอคคิวมูลเตอร์ (Accumulator) หรือ Primary Accumulator	AX	ทั้งหมดนี้เรียกว่ารี-จิสเตอร์ใช้งานทั่วไป
เบสพ้อย์เตอร์ (Base Pointer) หรือ Accumulator and Base Register	BX	
เคานต์รีจีเตอร์ (Count Register) หรือ Accumulator and Counter	CX	
รีจีสเตอร์ข้อมูล (Data Register) หรือ Accumulator and I/O Address	DX	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รีจิสเตอร์ตัวชี้และอินเด็กซ์



รูปที่ 2.12 อินเด็กซ์รีจิสเตอร์ และ พ้อยเตอร์ รีจิสเตอร์ แบบ 16 บิต และแบบ 8 บิต

DI (Destination Index):รีจิสเตอร์ปลายทาง

SI (Source Index): รีจิสเตอร์ต้นทาง

BP (Stack Base Pointer): เบสพ้อยเตอร์

SP (Stack Pointer): สแต็กพ้อยเตอร์

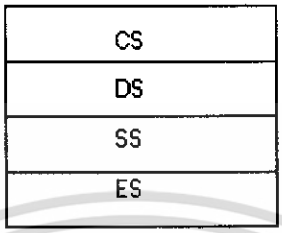
IP (Instruction Pointer): อินสตรักชั่นพ้อยต์เตอร์

- รีจิสเตอร์คำสั่ง Instruction Pointer (IP) จะทำงานร่วมกับรีจิสเตอร์ CS โดยจะใช้เก็บตำแหน่งคำสั่งถัดไปที่จะให้ไมโครโปรเซสเซอร์ทำงาน

- รีจิสเตอร์แฟลก (Flags Register) จะใช้เก็บสถานะต่างๆ จากการประมวลผลของไมโครโปรเซสเซอร์ เมื่อไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานคำสั่งบางคำสั่ง ผลลัพธ์ที่ได้อาจมีผลต่อแฟลกเพื่อบอกสถานะของผลลัพธ์ที่ได้ รีจิสเตอร์แฟลกแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ แฟลกสถานะ (status flags) และแฟลกควบคุม (control flags)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เซกเมนต์ (Segment) คือ Block ของหน่วยความจำที่เริ่มต้น ณ. ตำแหน่งที่คงที่ สามารถหาได้จากค่าของ เซกเมนต์รีจิสเตอร์ (Segment Register) 80C188EB มี เซกเมนต์รีจิสเตอร์ อยู่ 4 ตัว ซึ่งสามารถชี้ไป ยังตำแหน่งใดๆ ในแอดเดรส 1 MB ก็ได้



รูปที่ 2.13 เซกเม้นท์รีจิสเตอร์

CS (Code Segment) : โค้ดเซกเมนต์

DS (Data Segment) : ดาต้าเซกเมนต์

SS (Stack Segment) : สแต็กเซกเมนต์

ES (Extra Segment) : เอ็กซตร้าเมนต์

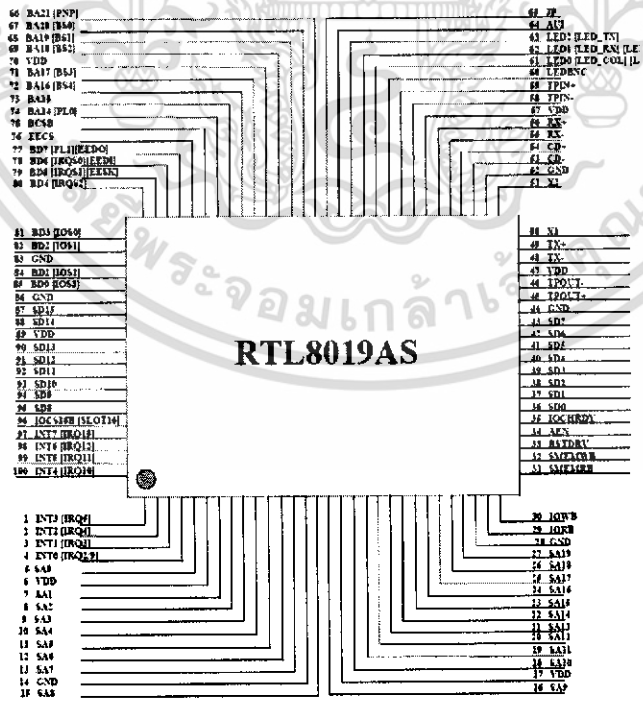
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 RTL8019AS Network Interface Controller (NIC)

RTL8019AS เป็นอีเธอร์เน็ตคอนโทรลเลอร์ที่มีคุณสมบัติเป็น Plug and Play และสนับสนุนมาตรฐาน NE2000 ส่งข้อมูลแบบ full-duplex ความเร็วในการส่งข้อมูล 10 Mbps การรับส่งข้อมูลจะเป็นไปตามมาตรฐาน IEEE802..3 CSMA/CD

2.8.1 คุณสมบัติของ RTL8019AS

- 100-pin แพ็กเกจแบบ PQFP
- สนับสนุน Plug and Play (PnP)
- เข้ากันได้กับ Ethernet II และ IEEE802.3 10Base5, 10Base2 และ 10BaseT
- ไดร์เวอร์สนับสนุนมาตรฐาน NE2000 ทั้ง 8 และ 16 บิต
- สามารถส่งข้อมูลแบบ full-duplex
- มี Interrupt Request 8 ทาง
- 16 KB SRAM ภายใน
- มี LED 4 ดวงในการแสดงสถานะ



รูปที่ 2.14 รายละเอียดขาต่างๆ ของ RTL8019AS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

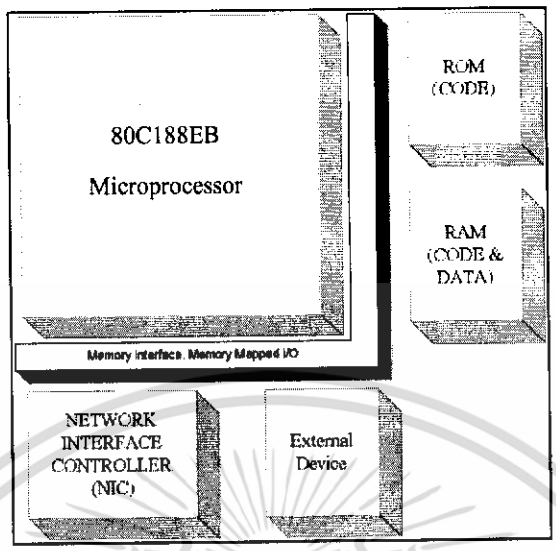
3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์

ฮาร์ดแวร์ของระบบควบคุมแบบฝังตัวทั่วไปนั้นประกอบด้วย ไมโครโปรเซสเซอร์(CPU) หน่วยความจำ (Memory) และส่วนรับส่งข้อมูลเข้า-ออก (Input/Output) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยช่องสัญญาณสำหรับการสื่อสาร (BUS) เพื่อใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ควบคุม หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าต่างๆ เช่น เซ็นเซอร์วัดความชื้น เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เป็นต้น ดังนั้นรายละเอียดการออกแบบส่วนของฮาร์ดแวร์ในที่นี้จะประกอบไปด้วย ส่วนประกอบหลักของไมโครโปรเซสเซอร์ 80C188EB ของอินเทล การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์เข้ากับเครือข่ายเน็ตเวิร์คโดยอาศัยอุปกรณ์ควบคุมระบบเครือข่ายหรือ NIC (Network Interface Controller) ของ Realtek เบอร์ RTL8019AS รวมถึงการเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์วัดค่าต่างๆ เช่น เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DS18S20 ของ Dallas เป็นต้น

3.1.1 ส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์ของเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัว

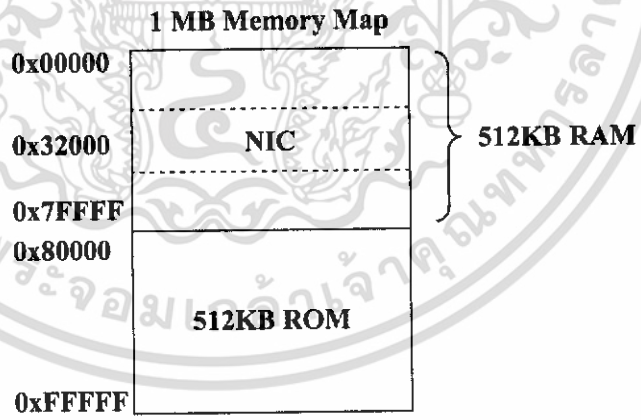
ระบบควบคุมแบบฝังตัวมีลักษณะทั่วไปคล้ายคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก กล่าวคือประกอบด้วย ไมโครโปรเซสเซอร์ หน่วยความจำโปรแกรมหรือรอม (ROM: Read Only Memory) หน่วยความจำข้อมูลหรือแรม (RAM: Random Access Memory) และระบบอินพุต/เอาต์พุต เพื่อใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ แต่ลักษณะของเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวนั้น จำเป็นต้องมีการติดต่อสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายด้วย ในที่นี้คือระบบอีเทอร์เน็ต ซึ่งการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตนั้นจะอาศัยอุปกรณ์ควบคุมการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายหรือ NIC (Network Interface Controller) ดังนั้นส่วนประกอบโดยรวมของเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวแสดงดังภาพที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์ของเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัว

จากภาพตำแหน่งของแรมอยู่ที่ตำแหน่ง 0x00000 ถึง 0x7FFFF และตำแหน่งของรอมอยู่ที่ตำแหน่ง 0x80000 ถึง 0xFFFFF ซึ่งทั้งรอมและแรมมีขนาดเท่ากันคือ 512 KB และทำการ Memory Map ตัว RTL8019AS ไว้ที่ตำแหน่ง 0x3200 ดังรูปที่ 3.2



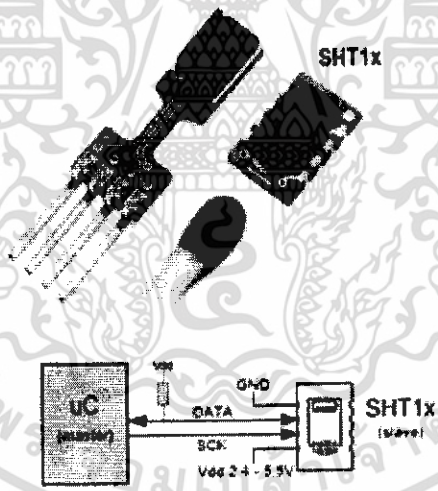
รูปที่ 3.2 แสดงการจัดการหน่วยความจำรอมและแรม พร้อมตำแหน่งของ RTL8019AS ใน Memory Map

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การเชื่อมต่อไอซีตรวจจับอุณหภูมิ SHT 15 เข้ากับ 80C188EB

เซนเซอร์รุ่น SHT 1X ของ SENSIRION เป็นเซ็นเซอร์ขนาดเล็กจิ๋วเมื่อเทียบกับขนาดหัวไม้ขีดไฟและเป็นเซนเซอร์ตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์แบบดิจิตอลที่วัดค่าอุณหภูมิได้ด้วย โดยมีจุดเด่นต่างๆ ดังนี้

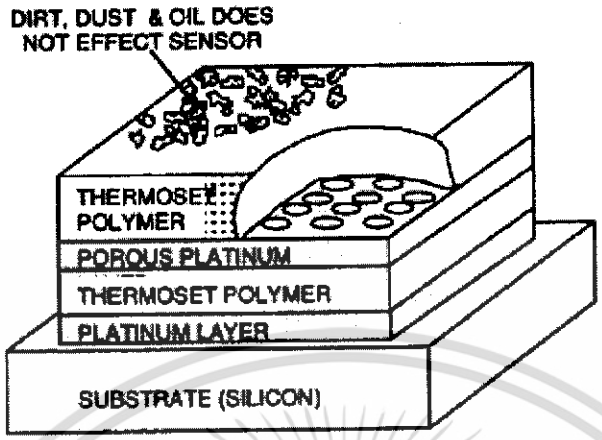
- เอาท์พุทแบบดิจิตอล
- เสถียรภาพสูงมาก
- ไม่ต้องมีวงจรใดมาเชื่อมต่อเพิ่มเติมอีก
- ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำมาก
- มีตัวถังให้เลือกแบบ Surface Mount หรือแบบ 4 ขาสัญญาณ
- ขนาดเล็ก
- มีระบบปิดเครื่องอัตโนมัติ
- สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรเลอร์ได้



แสดงหน้าตาของเซนเซอร์ SH11

โครงสร้างของเซนเซอร์วัดความชื้นและการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โครงสร้างมี 3 ชั้น วางอยู่บน SUBSTRATE (SILICON) ประกอบไปด้วยชั้นที่เป็น PLATINUM 2 ชั้นประกบชั้น ที่เป็น POLYMER ทำให้มีลักษณะเป็นตัว capacitance ตัวหนึ่ง ซึ่งชั้นที่เป็น POLYMER นี้เป็นวัสดุที่สามารถดูดซับความชื้นและคายความชื้นได้ อย่างที่เราทราบกันดีว่า ในอากาศประกอบไปด้วยน้ำเมื่อปริมาณน้ำในอากาศมากขึ้น วัสดุในชั้นนี้ก็จะดูดซับน้ำในอากาศมาทำให้ค่าความจุไฟฟ้าเปลี่ยนไปเราจึงนำเอาค่าความจุไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปนั้นมาคำนวณหาค่าความชื้นและค่าอุณหภูมิได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดลอง

การทดลองจะทำโดยการเชื่อมต่อ Embedded Web Server เข้ากับระบบเครือข่ายแลน ซึ่งในการทดลองนี้ได้ตั้งหมายเลข IP address ของ Embedded Web Server ของเราไว้ที่หมายเลข 161.246.13.69 และจะทำการทดลองโดยใช้โปรแกรม ping ของวินโดวส์เพื่อทำการทดสอบการเชื่อมต่อระหว่าง Embedded Web Server กับระบบแลนภายใต้โปรโตคอล ICMP หลังจากนั้นจะใช้โปรแกรม SNMPView ช่วยในการทดสอบโปรโตคอล SNMP ที่ใช้ในการดูค่าของอุณหภูมิ, ความชื้น, Dewpoint และ เวลาของระบบ Embedded Web Server ที่เปิดใช้งาน ซึ่งผลการทดลองเป็นดังนี้

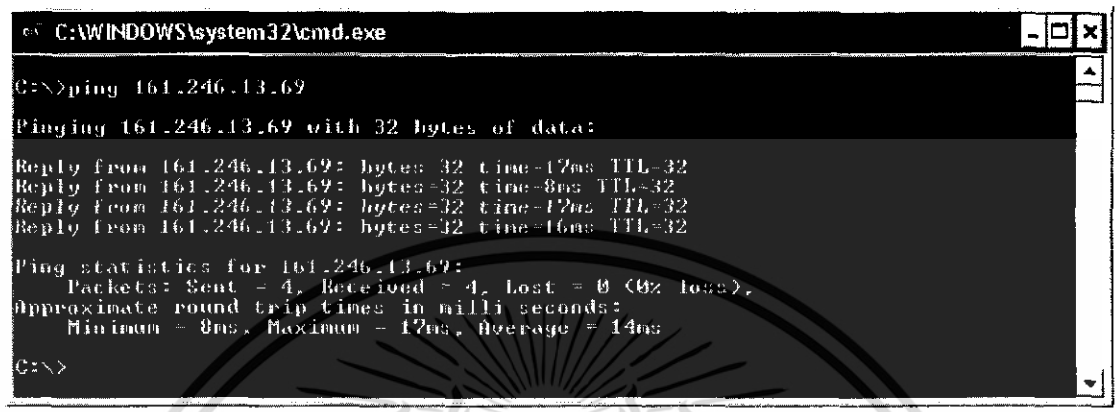
4.1.1 ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Ping ของวินโดวส์

รูปที่ 4.1 แสดงคำสั่งที่ใช้ในการ ping

คำสั่งที่ใช้ในการทดสอบโปรโตคอล ICMP โดยใช้โปรแกรม ping ของวินโดวส์ทำโดยการพิมพ์คำสั่ง ping และตามด้วยหมายเลข IP address ปลายทางหลังจากนั้นจึงกดปุ่ม enter ที่ keyboard

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อแสดงการทำงานของโปรโตคอล ICMP โดยใช้โปรแกรม ping ของวินโดวส์ ผลการทดลองได้ดังนี้



รูปแสดงผลการ ping จากวินโดวส์

ผลการทดลองนี้แสดงการใช้โปรแกรม ping ส่ง ICMP ไปยัง 161.246.13.69 ซึ่งเป็นหมายเลข IP address ประจำของ Embed Web Server ของเรา หลังจากนั้นระบบของเราก็จะตอบกลับมาโดยแสดงรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

- Pinging 161.246.13.69 with 32 bytes of data:
  หมายถึง โปรแกรม ping ของวินโดวส์ได้ส่งข้อมูลขนาด 32 ไบต์ ไปที่ 161.246.13.69
- Reply from 161.246.13.69:
  หมายถึง ระบบของเราได้ทำการตอบกลับจากการร้องขอของเครื่องต้นทาง
- bytes = 32
  หมายถึง ขนาดของข้อมูลตอบกลับซึ่งเป็นข้อมูลเดียวกันกับเครื่องต้นทางที่ส่งเข้ามา
- time = xx ms
  หมายถึง เวลาที่ใช้ในการตอบกลับไปยังเครื่องต้นทาง xx หมายถึง เวลาที่ใช้ ในหน่วย ms (หนึ่งในร้อยวินาที)
- TTL = 32
  ค่า TTL ใช้คำนวณหาจำนวนเราเตอร์ที่ข้อมูลเดินทางผ่าน คำสั่ง ping กำหนด TTL เริ่มต้นเท่ากับ 255 และลดค่าลงครั้งละหนึ่งทุกครั้งที่ผ่านเราเตอร์ ตัวเลข 32 หมายความว่าข้อมูลเดินทางผ่านเราเตอร์เท่ากับ 255-32 = 213 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Packets : Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 <0% loss>

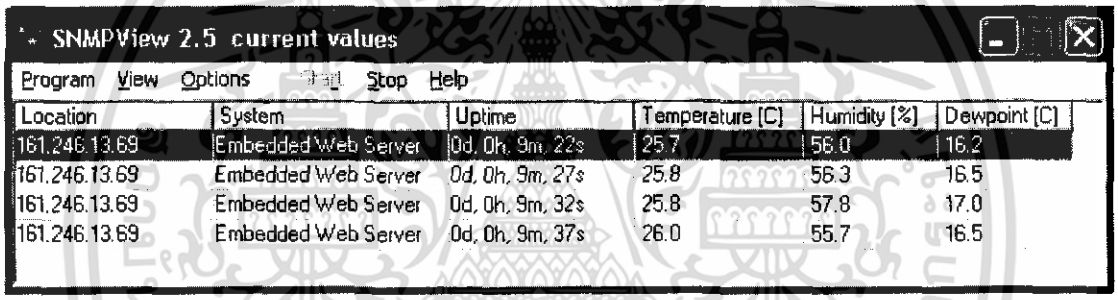
  หมายถึง ข้อมูลที่ส่งไป 4 ข้อมูล ได้รับ 4 ข้อมูล สูญหาย 0 ข้อมูล สรุป ข้อมูลที่สูญหายเท่ากับ 0%

- Minimum = 8ms, Maximum = 17ms, Average = 14ms

  หมายถึง เวลาที่ใช้ในการตอบกลับน้อยสุดเท่ากับ 8ms เวลาที่ใช้ในการตอบกลับมากที่สุดเท่ากับ 17ms เวลาที่ใช้ในการตอบกลับเฉลี่ยเท่ากับ 14ms

4.1.2 ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม SNMPView 2.5

โปรแกรม SNMPView มีความสามารถในการดูข้อมูลผ่านระบบเน็ตเวิร์คภายใต้โปรโตคอล SNMP ซึ่งเราได้ทำการตั้งค่าเริ่มต้นให้กับโปรแกรมเพื่อใช้ในการดูค่าต่างๆ ดังนี้



รูป 4.3 แสดงผลการอ่านค่าข้อมูลจากการเรียกดูจากโปรแกรม SNMPView ผ่านระบบเน็ตเวิร์ค

- *Location*

  หมายถึง IP address ของปลายทางที่ต้องการซึ่งจากการใช้โปรแกรม SNMPView นี้เราจะเห็นได้ว่าเป็น IP address ของที่เราได้ทำการตั้งค่าไว้เป็น *161.246.13.69*

- System

  หมายถึง ชื่อของระบบที่ได้ตอบกลับมาซึ่งเป็นชื่อที่เราตั้งไว้ในอุปกรณ์

- Uptime

  หมายถึง เวลาของระบบตั้งแต่เริ่มต้นการใช้งานจนถึงเวลาที่แสดงค่า

- Temperature (C)

  หมายถึง ค่าของอุณหภูมิที่เราได้ทำการอ่านค่าได้จาก Embed Web Server มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

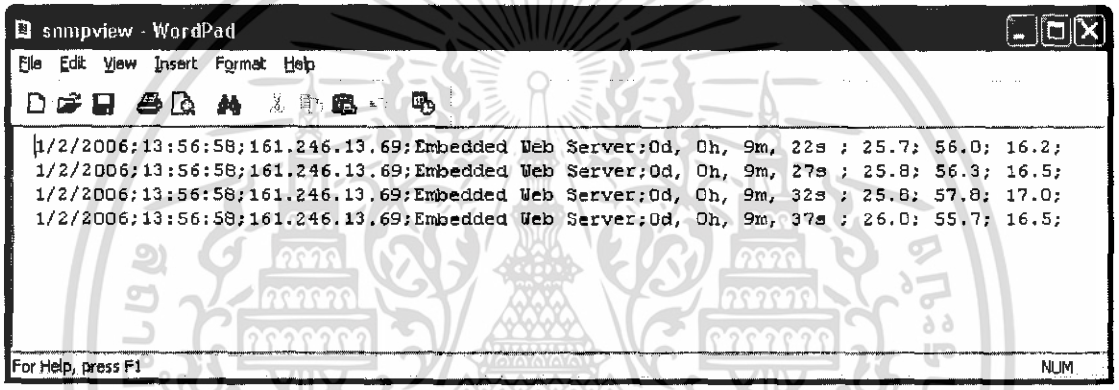
- Humidity (%)

  หมายถึง ค่าปริมาณความชื้นที่อุปกาณ์ในการตรวจวัดได้ทำการจับได้ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับจุด Dewpoint แล้วจะแสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์

- Dewpoint (C)

  หมายถึง ค่าที่ได้จากการคำนวณระหว่างค่าอุณหภูมิกับค่าปริมาณความชื้นที่วัดได้ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

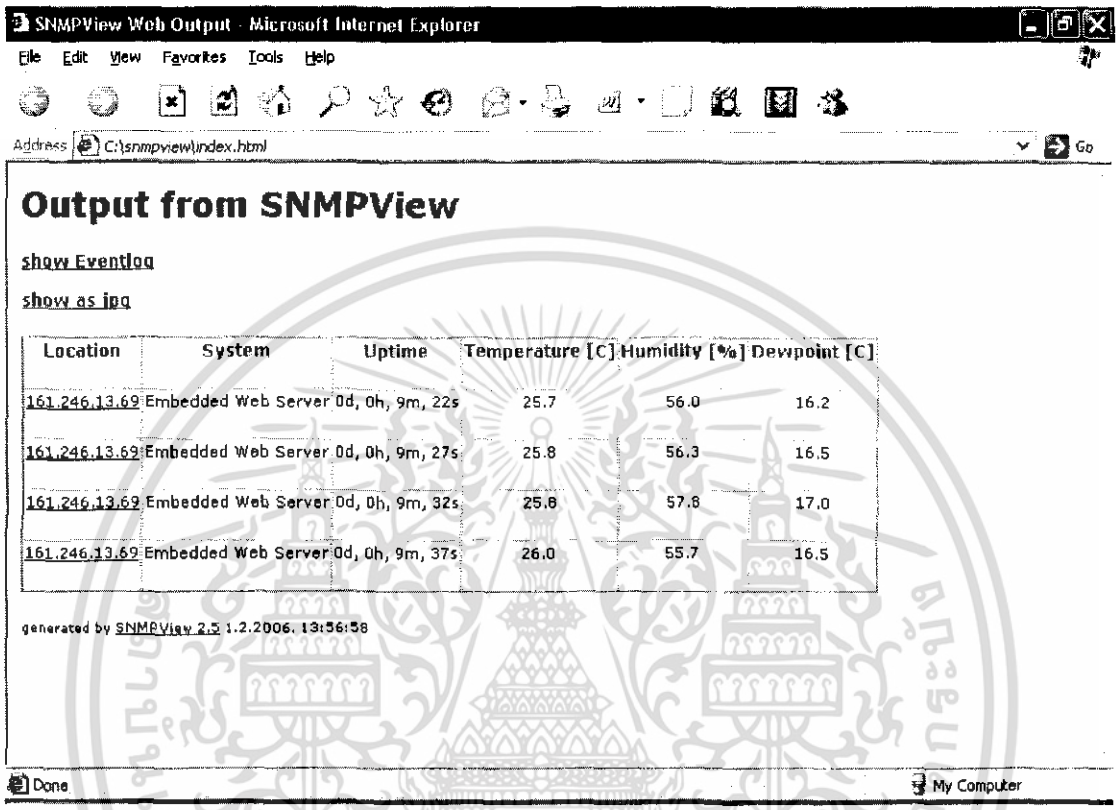
โปรแกรม SNMPView สามารถบันทึกผลซึ่งผลนี้เราสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้



รูป 4.4 แสดงข้อมูลทั้งหมดที่โปรแกรม SNMPView ทำการเก็บไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถอีกอย่างหนึ่งของโปรแกรม SNMPView คือ สามารถแสดงผลในรูปแบบของเว็ปบราวส์เซอร์ได้



รูป 4.5 แสดงข้อมูลผ่านบราวส์เซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ ได้อย่างมาก เนื่องจากเทคโนโลยีในปัจจุบันทำให้ระบบอินเตอร์เน็ตได้รับความนิยมและแพร่หลายในทุกๆ พื้นที่ ทำให้การเข้าถึงอินเตอร์เน็ตเป็นเรื่องที่ง่ายและสะดวก ดังนั้นการพัฒนาเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวนี้จึงมีความเหมาะสมในเรื่องของการใช้งานที่ง่าย สะดวกในการติดตั้งพร้อมกับมีราคาที่ถูก สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ ได้มากมายในทุกๆ พื้นที่ที่อินเตอร์เน็ตเข้าถึง อย่างไรก็ตาม โครงงานนี้ยังคงเป็นเพียงต้นแบบในการศึกษา ดังนั้นยังคงมีข้อบกพร่องอยู่หลายประการ และยังคงต้องการการพัฒนาให้มีความสามารถมากขึ้นต่อไป

5.1 สรุป

จากการศึกษาโครงงานเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวทำให้เราได้ทราบถึงหลักการทำงานของระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 16 บิต (80C188EB) เพื่อทำการเชื่อมต่อกับอีเทอร์เน็ตชิพ (RTL8019AS) กับไมโครโปรเซสเซอร์นั้นได้ ทำให้เราได้ทราบถึงหลักการทำงานของโปรโตคอลต่างๆ ในชั้นของ TCP/IP Stack และนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับระบบอินเตอร์เน็ตได้ เช่น การอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ผ่านทางระบบอินเตอร์เน็ต ทำให้เราสามารถนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาอุปกรณ์ต่างในระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

มาตรฐานของโปรโตคอล TCP/IP นั้นยังคงมีความสามารถอีกมาก จากโครงงานเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวนี้เรายังคงใช้ความสามารถเพียงส่วนหนึ่งของมาตรฐานโปรโตคอล TCP/IP เท่านั้น จึงทำให้สามารถพัฒนาให้เว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวนี้มีความสามารถเพิ่มมากขึ้นได้อีก เช่น การปรับแต่งค่าผ่านระบบเครืออินเตอร์เน็ต การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งานเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบฝังตัวนี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของความเร็วในการทำงาน ซึ่งยังไม่สามารถทำงานในระบบ real time ได้ดีนัก จึงเหมาะสมที่จะใช้งานในด้านการตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังมากกว่าจะเป็นการอ่านข้อมูลในแบบ real time ข้อจำกัดอีกประการคือโปรโตคอล TCP/IP Stack นั้นมีความต้องการใช้ทรัพยากรอย่างมากทั้งในเรื่องของหน่วยความจำ ความเร็วในการทำงานของซีพียู ดังนั้นควรทำการปรับปรุงโปรแกรมให้ทำงานให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุดในขณะที่ใช้หน่วยความจำน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

Jeremy Bentham. **TCP/IP Lean: Web Servers for Embedded Systems (2nd Edition)**

สุรศักดิ์ สงวนพงษ์. **สถาปัตยกรรมและโปรโตคอลทีซีพี/ไอพี**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2543.

ธีรวัฒน์ ประกอบผล. **การโปรแกรมภาษาซีสำหรับงานวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.

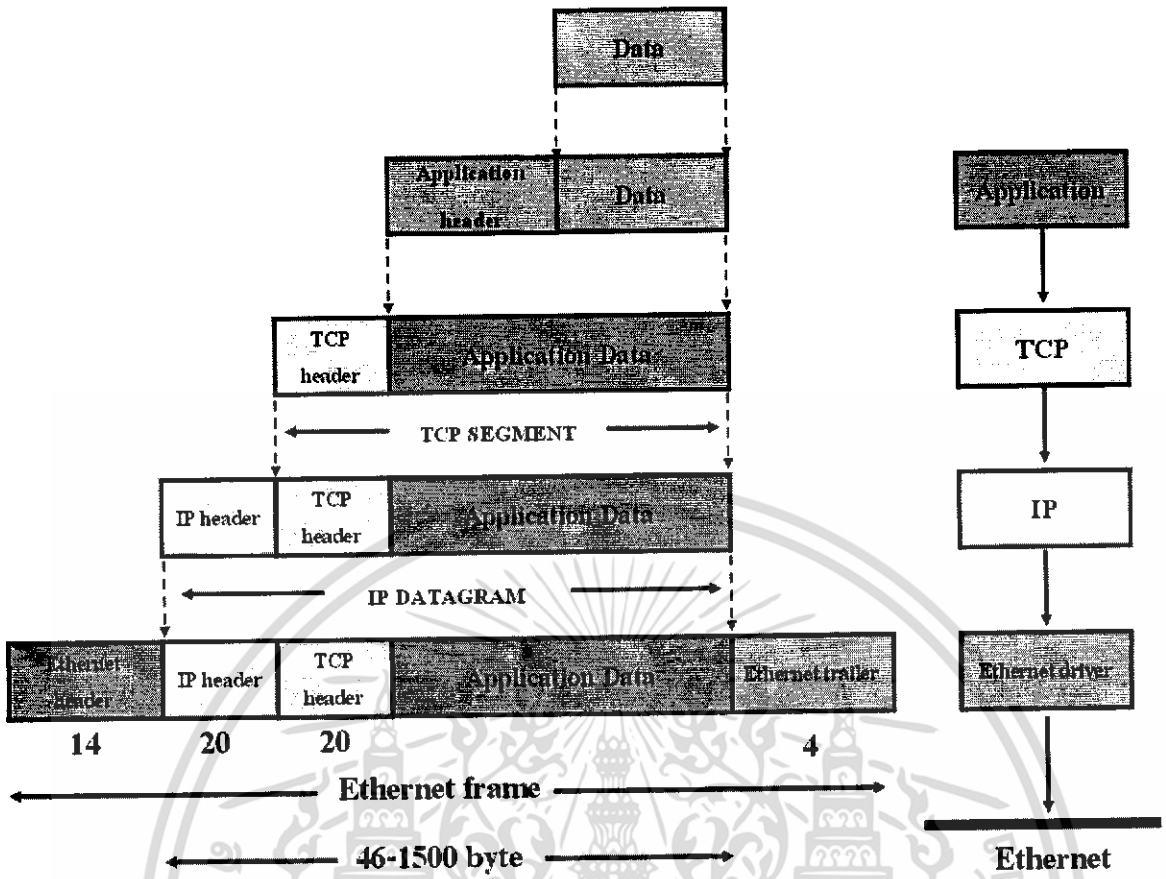
ธีรวัฒน์ ประกอบผล. **ระบบคอมพิวเตอร์และภาษาแอสแซมบลี**. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2543.

รองศาสตราจารย์ มัณฑนา ปราการสมุทร. **การเขียนชุดคำสั่งภาษาซี**. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534

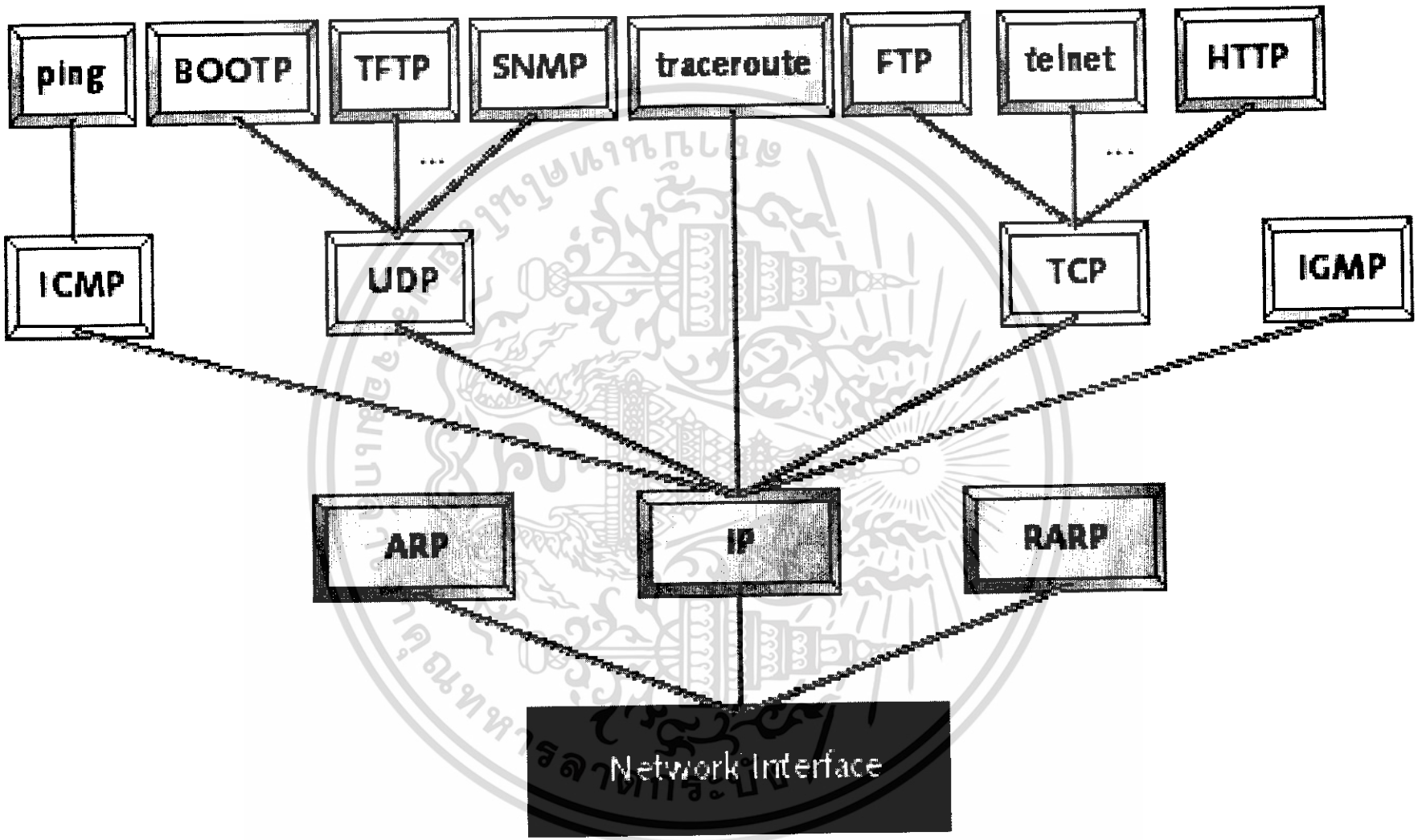
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ping
BOOTP
TFTP
SNMP
traceroute
FTP
telnet
HTTP
...
...
ICMP
UDP
TCP
IGMP
ARP
IP
RARP
Network Interface