สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัย

โครงการพัฒนาชุมสายโทรศัพท์ขนาดเล็กผ่านระบบเครือข่าย

(Development of Private Branch Exchange using Computer Network)

อัครินทร์ คุณกิตติ

RCH
TK
6281
ค4795
ค.2
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 64401
วัน,เดือน,ปี 11 ก.ย. 2549
.b 10970575
.i.....

งบประมาณประจำปี 2540
สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การติดต่อสื่อสารด้วยเสียงโดยใช้ระบบโทรศัพท์นับได้ว่าเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งในการดำเนินธุรกิจ นอกจากนี้ในสำนักงานต่างๆ มักจะมีการใช้งานคอมพิวเตอร์ในลักษณะเครือข่ายคอมพิวเตอร์อยู่แล้ว ในโครงการวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำเอาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มาใช้ประโยชน์ในการสื่อสารแบบโทรศัพท์ โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่มาทำหน้าที่เป็นชุมสายโทรศัพท์ขนาดเล็ก แล้วให้ชุมสายเหล่านี้ติดต่อผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ โครงการวิจัยนี้ได้ทำการสร้างวงจรต้นแบบในลักษณะการ์ดแบบ ISA สำหรับติดตั้งในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อทำหน้าที่เป็นชุมสายโทรศัพท์ขนาดเล็ก สำหรับจำนวนโทรศัพท์ 4 เครื่องต่อการ์ด และได้พัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงานและติดต่อสื่อสารของชุมสายนี้ โดยทำงานในระบบปฏิบัติการ DOS และการทำงานในส่วนของการติดต่อสื่อสารระหว่างชุมสายได้ใช้โปรโตคอล IPX/SPX ผลของการวิจัยเป็นเพียงการสร้างเครื่องต้นแบบของระบบชุมสายขนาดเล็ก ซึ่งสามารถใช้ในการติดต่อสื่อสารด้วยโทรศัพท์ได้ในแบบเบื้องต้นเท่านั้น ในการนำไปใช้งานจริงยังคงจะต้องมีการพัฒนาต่อไป

Abstract

The telephone communication is an important tool for business. In almost all offices, they installed some kinds of computer networks. The main concept of this work is that computer network can be trunk of small private branch exchanges (PBX) for telephone network. The PBX prototype cards have been developed. They are installed on an ISA slot in any PCs. Each card supports up to four phone sets. The software also has been implemented and run on DOS PCs. The PBXs communicate to each others using IPX/SPX protocol. The developed prototypes PBXs can be used for basic telephone communication. The production versions have to be developed in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

เรื่อง หน้า

บทที่ 1. บทนำ **1**

1.1. ความสำคัญและความเป็นมา 1

1.2. วัตถุประสงค์ 1

1.3. ลักษณะโครงสร้างและขอบเขตของโครงการ 1

บทที่ 2. หลักการติดต่อสื่อสารผ่านชุมสายโทรศัพท์ **5**

2.1. การติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์ 5

2.2. สัญญาณที่ส่งในคู่สายโทรศัพท์ 6

2.2.1 สัญญาณเสียงในการสนทนา 6

2.2.2 สัญญาณควบคุม 7

2.3. หลักการเบื้องต้นของระบบโทรศัพท์ 8

2.4. วงจรเปลี่ยนสัญญาณจากสองสายเป็นสี่สาย (Two–wire to Four–wire Conversion) 9

บทที่ 3. การออกแบบและการทำงานของวงจร **11**

3.1. ส่วนวงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ (Subscriber Line Interface Circuit: SLIC) 11

3.2. ส่วนวงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข (Digital Speech Path) 14

3.2.1 วงจรโคเดค 15

3.2.2 วงจรเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลเชิงเลขระหว่างแบบอนุกรม (Serie) กับแบบขนาน (Parallel) 16

3.2.3 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 16

3.3. วงจรสร้างสัญญาณควบคุม (Tone Generator) 18

3.3.1 สัญญาณให้หมุน 18

3.3.2 สัญญาณสายไม่ว่าง 18

3.3.3 สัญญาณการเรียกกลับ 18

3.3.4 สัญญาณเรียก 18

3.4. วงจรถอดรหัสหมายเลขโทรศัพท์ (DTMF) 20

3.5. ส่วนวงจรสับสวิทช์ในการติดต่อคู่สายแบบเชิงอุปมาณ 23

3.6. วงจรเชื่อมต่อ (Interfacing) กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 23

3.6.1 วงจรถอดรหัสตำแหน่งพอร์ทอินพุทเอาท์พุท (Address Decoders) 23

3.6.2 วงจรขยายการอินเตอร์รัพท์ (Interrupt expanding) 24

บทที่ 4. ผลการพัฒนาวงจร **27**

4.1. วงจรสร้างสัญญาณต่าง ๆ 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 สัญญาณให้หมุน 27
4.1.2 สัญญาณสายไม่ว่าง 27
4.1.3 สัญญาณเรียกกลับ 28
4.1.4 สัญญาณเรียก 28
4.2. วงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ (SLIC) 29
4.3. วงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข 29
4.4. วงจรเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 32
4.5. วงจรถอดรหัสสัญญาณการกดเลขหมาย 32
4.6. วงจรต้นแบบ 32
บทที่ 5. หลักการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 38
5.1. เครือข่ายคอมพิวเตอร์ท้องถิ่น 38
5.1.1 ระบบเครือข่ายท้องถิ่น 38
5.1.2 มาตรฐานของระบบเครือข่ายท้องถิ่น 39
5.1.3 OSI Model 39
5.1.3.1 ชั้นที่ 1 Physical Layer 40
5.1.3.2 ชั้นที่ 2 Data Link Layer 40
5.1.3.3 ชั้นที่ 3 Network Layer 40
5.1.3.4 ชั้นที่ 4 Transport Layer 40
5.1.3.5 ชั้นที่ 5 Session Layer 40
5.1.3.6 ชั้นที่ 6 Presentation Layer 40
5.1.3.7 ชั้นที่ 7 Application 41
5.1.4 โมเดล OSI กับระบบเครือข่ายท้องถิ่น 41
5.1.5 องค์ประกอบของ LAN 42
5.2. NetWare and Netware Interface 42
5.2.1 ส่วนประกอบของระบบเครือข่าย NetWare 42
5.2.2 การทำงานของ NetWare 43
5.2.2.1 การวิเคราะห์ NetWare เปรียบเทียบกับ OSI Model 45
5.3. IPX and SPX Protocols 47
5.3.1 โครงสร้างกลุ่มข้อมูล (Packet) 47
5.3.2 โปรโตคอล IPX (IPX Protocol) 47
5.3.2.1 ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบ 48
5.3.2.2 การส่งกลุ่มข้อมูล IPX 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2.3 โครงสร้างกลุ่มข้อมูล IPX 48
5.3.3 โปรโตคอล SPX (SPX Protocol) 50
5.3.3.1 ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบ 50
5.3.3.2 โครงสร้างของกลุ่มข้อมูล SPX 51
5.4. Event Control Block (ECB) 52
5.4.1 โครงสร้าง ECB 52
5.5. Asynchronous Event Scheduler (AES) 55
5.6. EVENT SERVICE ROUTING (ESR) 55
5.6.1 การติดต่อ ESR โดยทั่วไป 56
บทที่ 6. โปรแกรมควบคุมการติดต่อสื่อสาร 57
6.1. การเขียนโปรแกรมและขั้นตอนในการใช้โทรศัพท์ 57
6.1.1 ส่วนโปรแกรมอินเตอร์รัพท์ (Interrupt) 57
6.1.1.1 หลักการทั่วไปของโปรแกรมอินเตอร์รัพท์ 57
6.1.1.2 การเขียนโปรแกรม 58
6.1.1.3 ขั้นตอนการใช้โทรศัพท์ในการติดต่อสื่อสาร 58
บทที่ 7. ผลการพัฒนาโปรแกรม 61
7.1. การทดลอง 61
7.1.1 ขั้นตอนการทดลอง 61
7.1.2 ลักษณะการทำงานของโครงการนี้ 61
7.1.2.1 โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์การยกหู 61
7.1.2.2 โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์การยกวางหู 62
7.1.2.3 โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์การกดหมายเลข 63
บทที่ 8. สรุปผลการพัฒนาและข้อเสนอแนะ 64
8.1. สรุปผลการพัฒนา 64
8.2. ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อไป 65
8.2.1 การเพิ่มความสามารถของชุมสาย เช่น 65
8.2.2 การเพิ่มจำนวนลูกข่ายในแต่ละชุมสาย 65
8.2.3 พัฒนาโปรแกรมบนวินโดว์ส 65
8.2.4 การพัฒนาเพื่อการเชื่อมต่อกับสายนอกขององค์การโทรศัพท์ เพื่อให้สามารถติดต่อกับสายนอกได้ 65
8.2.5 การพัฒนาในการลดปริมาณข้อมูล หรือลดแบนวิดธ์ของข้อมูล 65
บรรณานุกรม 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1. บทนำ

1.1. ความสำคัญและความเป็นมา

ในปัจจุบันเป็นโลกแห่งการแข่งในด้านต่าง ๆ ทางธุรกิจ ซึ่งผู้ที่จะประสบความสำเร็จและอยู่รอดได้นั้นจะต้องมีหูตาที่กว้างไกล มีวิสัยทัศน์ที่ดี หรือกล่าวง่าย ๆ ก็คือ ต้องมีข้อมูลที่ดีเพียงพอต่อการที่จะตัดสินใจในการจัดการต่าง ๆ อีกทั้งต้องแข่งขันกันทางด้านเวลาด้วย ซึ่งโทรศัพท์ก็เป็นอุปกรณ์สื่อสารที่สำคัญอย่างหนึ่งที่สามารถ ส่งข้อมูลและข่าวสารได้รวดเร็วและนับว่าเป็นสิ่งจำเป็นที่สุดสิ่งหนึ่งสำหรับสำนักงานทั่ว ๆ ไป เพื่อจะดำเนินธุรกิจให้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ การติดต่อสื่อสารที่เป็นพื้นฐานสำคัญอย่างหนึ่งคือ โทรศัพท์ เพราะเป็นวิธีที่สะดวกและง่ายที่สุดในการต่อต่อกันในลักษณะข้อมูลเสียง ปัจจุบันโทรศัพท์ได้กลายเป็นปัจจัยพื้นฐานในชีวิตประจำวันขของคนในสังคม ไม่ว่าจะเป็น การติดต่อทางไกลหรือใกล้ แม้ว่ากระทั่งภายในอาคารหรือสำนักงานต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นได้ว่าในอาคารหรือสำนักงานใหญ่มักจะมีระบบโทรศัพท์ส่วนตัวภายใน (Private Branch Exchange, PBX) โดยอาจจะเป็นแบบโอเปอร์เรเตอร์ คือมีเจ้าหน้าที่คอยจัดการติดต่อให้ หรือเป็นแบบอัตโนมัติ (Private Automatic Branch Exchange, PABX) ซึ่งนอกจากจะให้ความสะดวกในการติดต่อภายในแล้วยังติดต่อกับภายนอกหรือระบบโทรศัพท์สาธารณะ เช่นระบบโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ (TOT) ก็จะสะดวกเช่นกัน ประกอบกับในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทและมีการใช้งานในสำนักงานมากขึ้น จึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบโทรศัพท์เพื่อที่จะใช้ในสำนักงานและ จากการที่สำนักงานส่วนใหญ่มักจะมีระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์อยู่แล้ว ซึ่งการใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ในการพิมพ์เอกสารและทำรายงานต่างๆ ซึ่งถือว่าใช้ประโยชน์จากระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์อยู่ในปริมาณที่น้อยถือว่าไม่คุ้มค่ากับราคา ซึ่งน่าจะสามารถใช้ประโยชน์ได้มากกว่านี้ จึงเกิดความคิดที่จะพัฒนาระบบโทรศัพท์ ซึ่งจะใช้คอมพิวเตอร์มาทำงานเป็นชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ ซึ่งมีข้อดีคือทำให้คอมพิวเตอร์มีประโยชน์มากขึ้นและไม่ต้องวางระบบสายโทรศัพท์เพิ่มเนื่องจาก มีระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์อยู่แล้ว ซึ่งจะใช้ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ใช้ติดต่อระหว่างชุมสายอัตโนมัติได้ทันที

1.2. วัตถุประสงค์

โครงการนี้จะเป็นการประยุกต์ใช้งานระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ให้เกิดประโยชน์มากขึ้นโดยใช้การติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเพียงแต่นำโทรศัพท์ทั่วไปมาเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อบนระบบเครือข่ายอยู่แล้ว ซึ่งคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่เป็นชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติย่อยโดยสามารถมีลูกข่ายได้อย่างน้อย 4 เครื่องและสามารถติดต่อข้ามชุมสายได้โดยผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นทรั๊ง (Trunk) ระหว่างชุมสาย เป็นการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ให้ได้ประโยชน์มากขึ้นด้วย

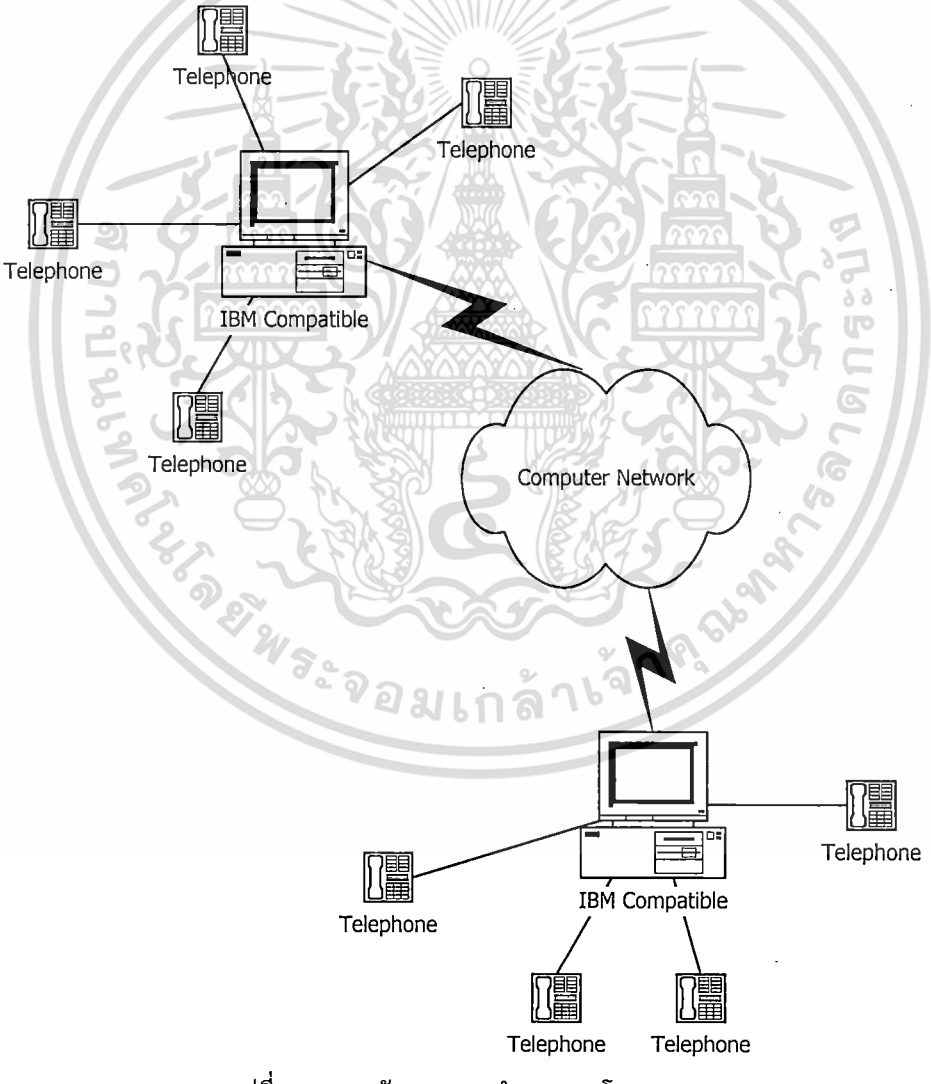
1.3. ลักษณะโครงสร้างและขอบเขตของโครงการ

ลักษณะของโครงการนี้จะเป็นการสร้างระบบชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ (PBX) โดยใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่เป็นชุมสายโทรศัพท์ย่อยและใช้ในการควบคุมเครื่องโทรศัพท์ (Centralized Control) และจะมีเครื่องโทรศัพท์เป็นลูกข่ายที่เชื่อมต่ออยู่ 4 เครื่อง ลูกข่ายหรือโทรศัพท์แต่ละเครื่องสามารถติดต่อกันได้แบบอัตโนมัติ โดยมีเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เป็นส่วนควบคุม ซึ่งจะเป็นลักษณะของการติดต่อภายใน (Local) การติดต่อภายในนี้จะยังไม่มีการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ แต่ก็จะเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบเชิงเลข (Digital) นอกจากจะมีการติดต่อกันภายในชุมสายได้แล้ว ยังสามารถติดต่อข้ามชุมสายได้ด้วย กล่าวคือจะมีชุมสายโทรศัพท์ในลักษณะเดียวกัน โดยใช้คอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งเป็นส่วนควบคุม ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ 2 เครื่องนี้อาจจะติดตั้งอยู่ห่างไกลกัน เช่น คนละห้องหรืออาคาร แต่คอมพิวเตอร์นี้มีการเชื่อมต่อกันด้วยระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบท้องถิ่น (Local Area Network : LAN) การติดต่อของโทรศัพท์ข้ามชุมสายนี้ จะอาศัยการส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ โดยผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบท้องถิ่น ซึ่งทำให้สามารถติดต่อพูดคุยได้ไกลขึ้น โดยมิต้อง ทำการติดตั้งสายโทรศัพท์เพิ่มเติม

ลักษณะของโครงการจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนแรกจะเป็นส่วนของวงจรหรือฮาร์ดแวร์ (Hardware) และส่วนที่สองจะเป็นส่วนของโปรแกรมหรือซอฟท์แวร์ (Software) เพื่อควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นชุมสายโทรศัพท์ โดยในรายงานส่วนแรกจะกล่าวเฉพาะส่วนของวงจรฮาร์ดแวร์ ซึ่งจะมีลักษณะเป็นการ์ด (Card) ที่จะใช้ในการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์ ซึ่งสามารถนำไปติดตั้งเข้ากับสล็อต (Slot) ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ได้ง่ายและนอกจากนั้นยังมีส่วนของชุดจ่ายไฟฟ้ากำลังเพิ่มเติมสำหรับการทำงานของระบบโทรศัพท์อยู่ภายนอก ในส่วนที่สองจะเป็นส่วนของโปรแกรม (Software) ควบคุมการทำงานของวงจร และการติดต่อสื่อสารโทรศัพท์ผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยหลักการทำงานของโครงการนี้สามารถแสดงโดยคร่าวๆ ตามในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะการทำงานของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแต่ละบทของรายงานนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของส่วนต่างๆ โดยเริ่มจากบทที่ 1 บทนำ เป็นการอธิบายเพื่อให้ทราบถึงความเป็นมาและแนวความคิดของโครงการนี้ ในบทที่ 2 ถึง 4 จะเป็นส่วนของวงจร และบทที่ 5 ถึง 7 จะเป็นส่วนของโปรแกรม โดยในส่วนแรกจะเริ่มจากการอธิบายทฤษฎีและหลักการทำงานของการติดต่อสื่อสารผ่านชุมสายโทรศัพท์ในบทที่ 2 หลังจากนั้นจึงอธิบายถึงการออกแบบและการทำงานของวงจรที่ออกแบบขึ้นในบทที่ 3 และแสดงผลของการพัฒนาวงจรในบทที่ 4 หลังจากที่ได้อธิบายในส่วนแรกที่เป็นส่วนของวงจรแล้ว จึงจะกล่าวถึงการพัฒนาในส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานในส่วนที่สอง โดยจะเริ่มด้วยการกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการติดต่อสื่อสารโดยใช้ระบ บเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบเครือข่ายที่ใช้โปรโตคอล IPX ซึ่งใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ในโครงการนี้ ในบทที่ 5 หลังจากนั้นจะเป็นการอธิบายถึงการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการติดต่อสื่อสารในบทที่ 6 ตามด้วยผลการพัฒนาโปรแกรมในบทที่ 7 และบทสุดท้าย บทที่ 8 จะเป็นการสรุปผลการพัฒนา ตลอดจนข้อเสนอแนะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1 วงจร

(Part 1 Hardware)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2. หลักการติดต่อสื่อสารผ่านชุมสายโทรศัพท์

การสื่อสารในระบบโทรศัพท์เป็นการสื่อสารสัญญาณเสียงพูดสนทนากัน โดยการเปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และใช้สายนำสัญญาณเป็นตัวกลางในการติดต่อ แต่ปัจจุบันตัวกลางในการติดต่อสามารถใช้ได้หลายทาง เช่น ผ่านระบบไมโครเวฟผ่านระบบดาวเทียมหรือสายใยแก้วนำแสง เป็นต้น ความถี่ที่ใช้ในการสื่อสารโทรศัพท์จะอยู่ในช่วงระหว่าง 300 – 4000 เฮิรตซ์ (Hz)

2.1. การติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์

ในปัจจุบันมี 2 ระบบคือ

2.1.1 ระบบหมุน (Rotary Dialer) ระบบนี้จะใช้การส่งพัลส์ตั้งแต่ 1 – 10 พัลส์ โดยจำนวนพัลส์จะเท่ากับเลขที่หมุน จะมีการส่งพัลส์โดยมีความเร็วในการส่งคือ 10 พัลส์ต่อวินาที

2.1.2 ระบบแบบกดปุ่ม (Dual Tone Multi Frequency: DTMF) ระบบนี้จะใช้สัญญาณความถี่คู่ในการติดต่อมีอยู่ 12 คู่ คือ 0 – 9 , * และ # บางเครื่องอาจมีเพิ่มเติมมาอีก 4 คู่ ได้แก่ A,B,C,D ถ้าต้องการหมุนหมายเลขใด ก็กดหมายเลขนั้นเครื่องจะทำการส่งความถี่ 2 ความถี่ออกมาเป็นคู่ความถี่ซึ่งแต่ละคู่จะไม่ซ้ำกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงสัญญาณที่ได้จากการกดคีย์แต่ละคีย์

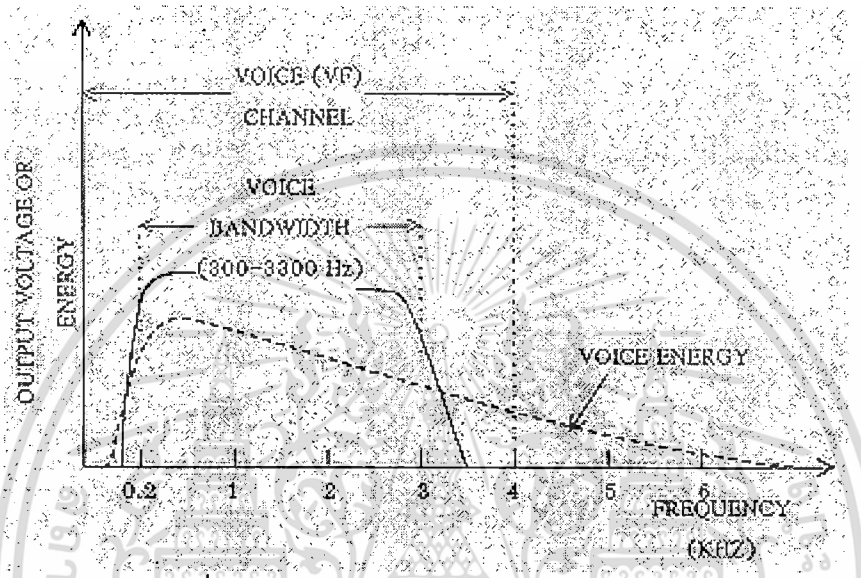
ปุ่ม	ความถี่สูง (Hz)	ความถี่ต่ำ (Hz)
1	1209	697
2	1336	697
3	1477	697
4	1209	770
5	1336	770
6	1477	770
7	1209	852
8	1336	852
9	1477	852
0	1336	941
*	1477	941
#	1633	941
A	1633	697
B	1633	770
C	1633	852
D	1633	941

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. สัญญาณที่ส่งในคู่สายโทรศัพท์

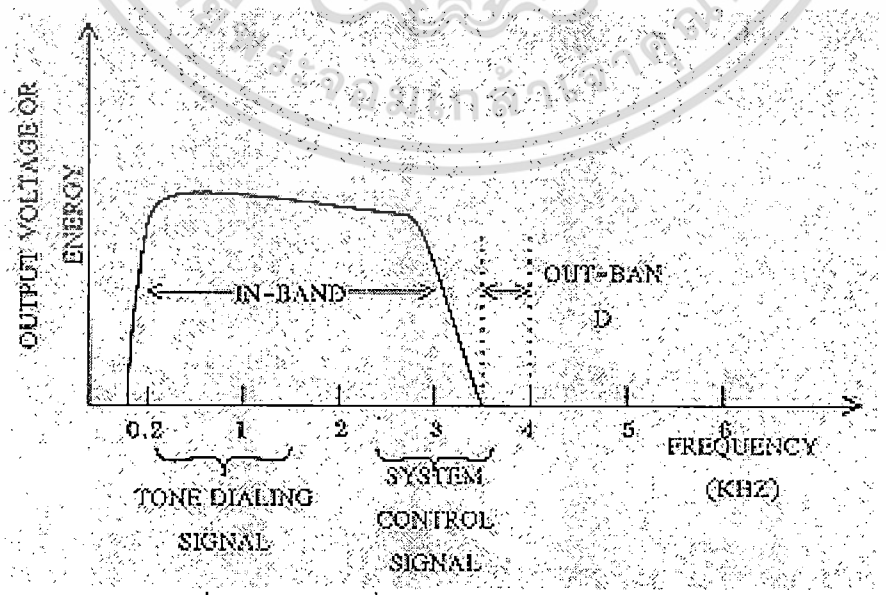
2.2.1 สัญญาณเสียงในการสนทนา

สัญญาณเสียงที่มนุษย์ได้ยินมีความถี่ในช่วง 20 – 20000 เฮิรตซ์ และการกระจายของพลังงานเสียงแสดงดังรูปที่ 2.1 จากรูปจะเห็นว่า พลังงานส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงความถี่ที่สูงกว่า 100 เฮิรตซ์ จนถึง 4000 เฮิรตซ์ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าพลังงานของเสียงพูดของมนุษย์โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 200 เฮิรตซ์ ถึง 4000 เฮิรตซ์



รูปที่ 2.1 แสดงการกระจายพลังงานของสัญญาณเสียง

เพื่อกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการขณะสนทนา เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดขึ้นกับสัญญาณควบคุม วงจรผ่านเสียงโทรศัพท์จะต้องให้สัญญาณในช่วงหนึ่งเท่านั้นที่สามารถผ่านได้ เรียกความถี่ช่วงนี้ว่าความถี่เสียงพูด (Voice Frequency: VF) ซึ่งจะอยู่ช่วง 300 – 3400 เฮิรตซ์



รูปที่ 2.2 แสดงความถี่ของสัญญาณ ในช่วงและนอกช่วง

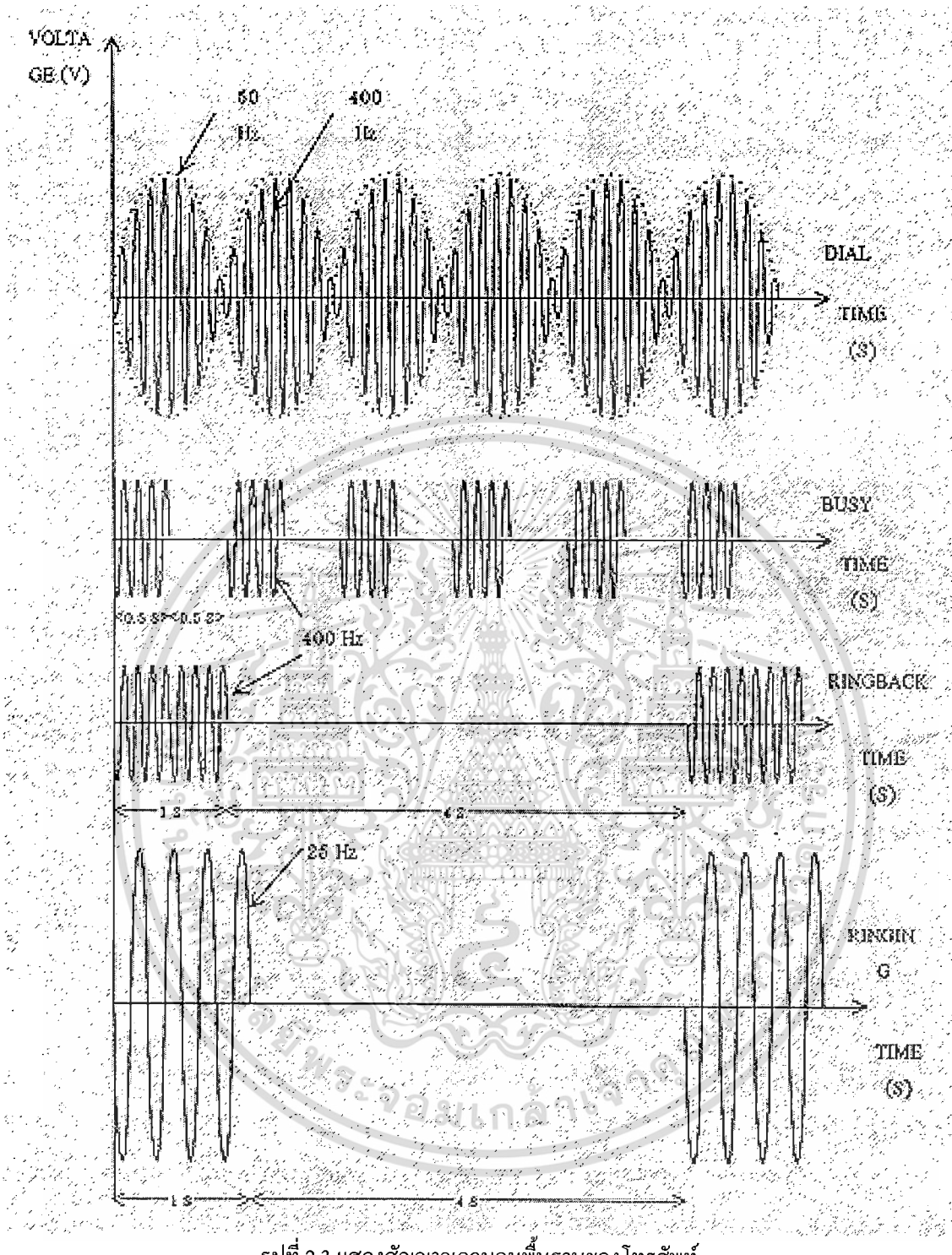
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 สัญญาณควบคุม

เป็นสัญญาณลูกข่าย (Subscriber Signal) คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งสถานะต่างๆ ในลูกข่ายว่าควรทำอย่างไร เมื่อได้ยินสัญญาณนั้น ซึ่งประกอบด้วย

1. *สัญญาณให้หมุน (Dial Tone)* ใช้เพื่อแสดงให้ลูกข่ายรู้ว่าทางชุมสายพร้อมที่จะให้บริการแล้ว และให้ลูกข่ายกดปุ่มหมายเลขที่ต้องการติดต่อได้ สัญญาณที่ส่งให้เป็นสัญญาณไซน์ต่อเนื่อง 400 เฮิรตซ์ มอดูเลทกับความถี่ 50 เฮิรตซ์ แบบแอมปลิจูดมอดูเลชั่น (AM)
2. *สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone)* ใช้เพื่อบอกผู้เรียกว่า ปลายทางไม่ว่าง หรือ ทางชุมสายไม่สามารถติดต่อได้ เช่น เกิดความผิดพลาดในการรับหมายเลข และให้ผู้เรียกว่างหูก่อน แล้วค่อยติดต่อใหม่ สัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณไซน์ 400 เฮิรตซ์ ที่ส่งเป็นช่วง ๆ โดยที่เวลาในการส่ง 0.5 วินาที และหยุดส่ง 0.5 วินาที สลับกันไป
3. *สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone)* ใช้เพื่อบอกผู้เรียกว่า การติดต่อไปยังปลายทางประสบความสำเร็จ และกำลังประสบความสำเร็จ และกำลังรอปลายทางรับสาย สัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณไซน์ 400 เฮิรตซ์ ที่ส่งเป็นช่วง ๆ เวลาการส่งประมาณ 1 วินาที และหยุดส่งประมาณ 4 วินาที สลับกันไป จนกว่าปลายทางจะรับสาย
4. *สัญญาณกระดิ่งเรียก (Ringing Tone)* ใช้ส่งให้ปลายทางเพื่อให้เครื่องโทรศัพท์ใช้สร้างสัญญาณกระดิ่งเรียกผู้รับสาย เมื่อการติดต่อสำเร็จ สัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณไซน์ความถี่เท่ากับ 25 เฮิรตซ์ ระดับแรงดันประมาณ 75 – 100 โวลท์ ช่วงเวลาในการส่งเหมือนกับสัญญาณเรียกกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงสัญญาณควบคุมพื้นฐานของโทรศัพท์

2.3. หลักการเบื้องต้นของระบบโทรศัพท์

เมื่อเริ่มต้นโทรศัพท์วางหูอยู่ เรียกว่า อยู่สภาวะวางหู (On Hook) วงจรระหว่างชุมสายหลักและโทรศัพท์จะเป็นวงจรเปิด ยกเว้นวงจรสัญญาณเรียก (Ring Circuit) ซึ่งจะต่ออยู่กับชุมสายหลักตลอดเวลา โดยมีตัวเก็บประจุ (Capacitor) ทำหน้าที่กันไฟตรงไม่ให้ผ่าน และให้ผ่านได้เฉพาะสัญญาณเรียกซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ขึ้น เรียกว่า อยู่ในสภาวะยกหู (Off Hook) จะทำให้ระดับไฟตรง (DC Voltage) ที่คู่สายโทรศัพท์เปลี่ยนจาก 48 โวลต์ เป็น 10 โวลต์ ชุมสายโทรศัพท์จะรู้ว่าเริ่มต้นการเรียก ก็จะทำการติดต่อระหว่างผู้เรียกกับชุมสาย โดยชุมสายจะส่งสัญญาณหมุน (Dial Tone) ในกรณีที่ชุมสายพร้อมที่จะรับเลขหมาย หรือส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ในกรณีที่ชุมสายมีปัญหาหรือเกิดผิดพลาดบางอย่าง เพื่อให้ผู้เรียกวางหูแล้วค่อยยกใหม่

เมื่อผู้เรียกได้ยินสัญญาณให้หมุน ก็จะกดหมายเลขโทรศัพท์ของปลายทาง เมื่อชุมสายได้รับสัญญาณการกดเลขหมายตัวแรกก็จะหยุดการส่งสัญญาณให้หมุน และทำการถอดรหัส เมื่อได้หมายเลขครบตามต้องการชุมสายจะทำการตรวจสอบว่าปลายทางว่างหรือไม่ ถ้าว่างก็จะส่งสัญญาณเรียก (Ringing Tone) ไปยังปลายทางและจะส่งสัญญาณเรียกกลับ (Ring back Tone) มายังผู้เรียก แต่ถ้าปลายทางไม่ว่างก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) กลับมายังผู้เรียก

ถ้าการติดต่อสำเร็จ คือ ปลายทางว่าง และมีผู้รับสาย ชุมสายจะหยุดส่งสัญญาณเรียก และเรียกกลับพร้อมทั้งทำการสร้างเส้นทางในการติดต่อระหว่าง ผู้เรียกและผู้รับ

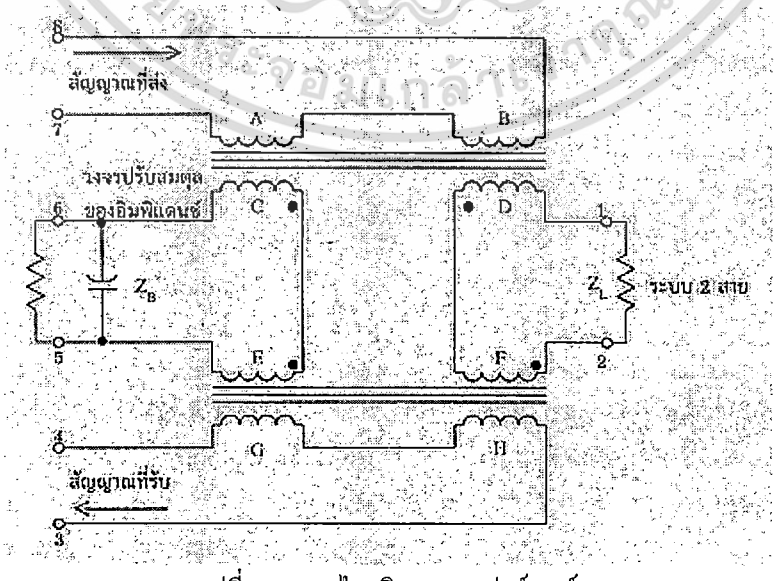
2.4. วงจรเปลี่ยนสัญญาณจากสองสายเป็นสี่สาย (Two–wire to Four–wire Conversion)

วงจรไฮบริดทรานฟอร์เมอร์ (Hybird Transformer) เป็นวงจรอย่างง่ายวงจรหนึ่ง ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างวงจร 2 สายกับวงจร 4 สายเพื่อทำงานในลักษณะ ฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) ซึ่งหมายถึงการส่งสัญญาณระหว่างวงจรจะเกิดขึ้นทั้ง 2 ทิศทางในเวลาเดียวกัน ระบบวงจรที่ใช้งานในเครื่องของผู้ใช้เพราะมีราคาถูกกว่าวงจรแบบ 4 สาย แต่ส่วนอื่นนั้นจะใช้โครงข่าย (Network) แบบวงจรแบบ 4 สายเกือบทั้งหมด ดังนั้นจึงใช้วงจรไฮบริดทรานฟอร์เมอร์ ที่เครื่องศูนย์กลางสำหรับเชื่อมต่อวงจรท้องถิ่นกับสายหลัก และระหว่างสายหลักในระบบโทรศัพท์

สำหรับชุมสายโทรศัพท์แบบอัตโนมัติแบบไม่ใช้พนักงานรับสาย นั้นจะใช้วงจรไฮบริดนี้เพื่อทำหน้าที่แปลงระบบวงจร 2 สาย เป็นวงจรแบบ 4 สาย เพื่อใช้ติดต่อกันระหว่างโทรศัพท์เครื่องลูกภายใน

นอกจากนี้ภายในตัวโทรศัพท์เองก็มีวงจรแปลงวงจร 2 สาย เป็นวงจรแบบ 4 สาย อยู่ภายในแต่ภายในโทรศัพท์นั้นใช้วงจรป้องกัน เสียงข้างเคียง (Anti Side Tone) มากกว่าที่จะเป็นวงจร 2 สายเป็นวงจรแบบ 4 สาย

ไฮบริดเป็นมัลติเพิลไวน์ดิ้งทรานสฟอร์เมอร์ (Multiple Winding Transformer) แบบหนึ่งสามารถแบบหนึ่งสามารถแสดงได้วงจรดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 วงจรไฮบริดทรานสฟอร์เมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปสัญญาณถูกส่งเข้ามายังปลายทางสาย 7 – 8 ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำทางสนามแม่เหล็กข้ามไปยังขดลวด C และ D โดยกระแสที่ไหลผ่านขดลวด A และ B จะเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นในขดลวด D จะทำให้กระแสไหลผ่านวงจร 2 สายซึ่งต่ออยู่ที่ปลายสาย 1 – 2 สำหรับการส่งผ่านสัญญาณต่อไป และกระแสที่เกิดขึ้นจะไหลผ่านขดลวด F ซึ่งทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นในขดลวด H

ในทำนองเดียวกัน การเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่เกิดในขดลวด C จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านวงจรสมดุลย์ (Balance Network) และขดลวด E อิมพีแดนซ์ (Impedance) Z_B ของวงจรสมดุลย์มีค่าเท่ากับไลน์อิมพีแดนซ์ (Line Impedance) Z_L เพราะ Z_R เท่ากับ Z_L รอบขดลวด G และ H และวงจร D และ F เท่ากันทำให้การเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนขดลวด G และ H เท่ากัน (ขดลวด G และ H มีจำนวนรอบเท่ากัน)

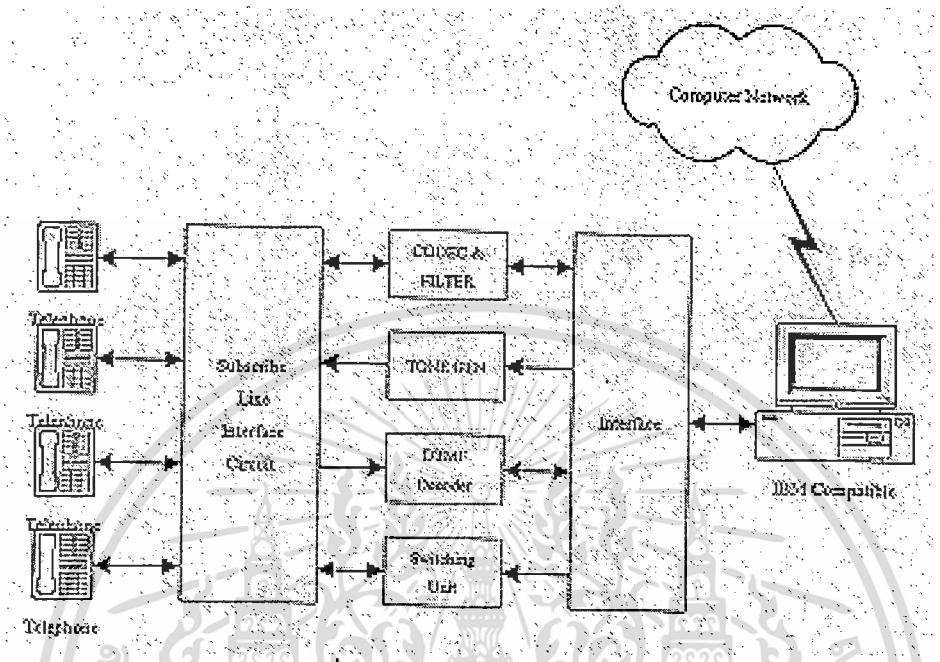
จะเห็นว่า ขดลวด C และ E มีการต่อขั้วเดียวกันเข้าหากัน ต่างจากขด D และ F ดังนั้น การเหนี่ยวนำไฟฟ้าในขดลวด G มีเฟสตรงกันข้ามกับขดลวด H (การเหนี่ยวนำในขดลวด G และ H มีจำนวนรอบเท่ากัน) ทำให้การหักล้างซึ่งกันและกันจนหมด เหตุผลอันนี้ ทำให้สัญญาณจากตัวส่งที่ปรากฏที่ปลายสาย 7 – 8 ถูกส่งไปที่ปลายสาย 1 – 2 แต่ไม่ปรากฏที่ปลายสาย 3 – 4 ซึ่งต่อไปยังตัวรับ ระดับสัญญาณที่ปลายสาย 1 – 2 จะเป็นเพียงครึ่งหนึ่งของระดับอินพุทที่ปลายสาย 7 – 8 เพราะระดับสัญญาณที่เหลืออีกครึ่งหนึ่งจะสูญเสียไปในวงจรสมดุลย์

ในทำนองเดียวกัน เมื่อปรากฏสัญญาณเข้ามาที่ปลายสาย 1 – 2 กระแสไหลผ่านขดลวด D และ F และทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่ขดลวด B และ H โวลต์ที่เกิดขึ้นใน H จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านวงจรตัวรับและขดลวด G และ H กระแสที่ไหลผ่านขดลวด G (ซึ่งเท่ากับกระแสที่ไหลผ่านขดลวด H) จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นที่ขดลวด E และผ่านขดลวด C ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นใน A แต่การเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ A จะต่างเฟสกับใน B 180 องศา (เพราะขดลวด C และ E ต่อขั้วเหมือนกันชนกัน) ดังนั้น จะเห็นได้ว่าไม่มีสัญญาณที่ปลายสาย 1 – 2 จากสายส่งไปปรากฏที่ปลายสาย 7 – 8 ซึ่งเป็นปลายสายตัวส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3. การออกแบบและการทำงานของวงจร

จากลักษณะโครงสร้างของโครงงานในบทที่ 1 สามารถแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของ โครงงานได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของวงจร

จากรูป โครงสร้างของวงจรประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ส่วนวงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ (Subscriber Line Interface Circuit: SLIC)
2. ส่วนวงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข (Digital Speech Path)
3. ส่วนวงจรสร้างสัญญาณควบคุม (Tone Generator)
4. ส่วนวงจรถอดรหัสการกดเลขหมายโทรศัพท์ (Dual Tone Multi Frequency Decoder: DTMF Decoder)
5. ส่วนวงจรสับสวิทช์ในการติดต่อคู่สายแบบเชิงอุปมาน (Analog Switching)
6. ส่วนวงจรเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (Computer Interfacing)

รายละเอียดการทำงานของแต่ละส่วนเป็นดังนี้

3.1. ส่วนวงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ (Subscriber Line Interface Circuit: SLIC)

วงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ หรือวงจรสลิค (SLIC) ซึ่งจะมีหน้าที่ในการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ โดยมีหน้าที่พื้นฐานดังนี้คือ เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงให้กับโทรศัพท์, การตรวจสอบการยกหูวางหู, ควบคุมการจ่ายสัญญาณกระดิ่งเรียก (Ringing), ป้องกันแรงดันเกินให้กับโทรศัพท์และทำหน้าที่ในการเปลี่ยนวงจรสายส่งแบบสองสายทาง ด้านโทรศัพท์ไปเป็นแบบสี่สายในการติดต่อกับระบบ

จากรูปที่ 3.2 ใช้ไอซี เบอร์ 5540B ทำหน้าที่เป็น SLIC เป็นตัวจ่ายกระแสให้กับวงจร 2 สาย ทางขา Tip (1) และขา Ring (2) ขา Tip Feed (9) จะทำหน้าที่จ่ายสัญญาณเสียงให้กับขา Tip ซึ่งทำงานร่วมกับขา Ring โดยผ่านความต้านทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

150 โอห์ม และทำนองเดียวกันขา Ring Feed (10) ก็จะทำหน้าที่จ่ายสัญญาณเสียงให้กับขา Ring โดยมีไดโอทำหน้าที่ป้องกันโวลต์เตจตกคร่อมเกิน ระหว่างขา Tip Feed และ Ring Feed

ทางด้านวงจรสี่สาย ขา Tx จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกและขา Rx จะรับสัญญาณเข้ามาซึ่งจะผ่านวงจรสมดุล (Balanced Network) ทางด้านส่งจะมีการขยายสัญญาณก่อน โดยใช้ออปแอมป์ (Op-Amp) ภายในตัวไอซีโดยขา 19 เป็นอินพุทลบและขา 20 เป็นอินพุทบวก ส่วนขา 18 เป็นเอาท์พุท

ในการตรวจสอบสถานะการยกและวางหูจะทำการตรวจสอบ และให้เอาท์พุทที่ขา SHD (Switch Hook Detect) เป็นสัญญาณเชิงเลข ซึ่งทำงานที่ระดับสัญญาณต่ำ เมื่อมีการยกหู ในการจ่ายสัญญาณกระดิ่งเรียกส่งผ่านทางรีเลย์ ซึ่งถูกควบคุมโดยสัญญาณเชิงเลข ที่ขา Ring CMD ทำงานที่ระดับสัญญาณต่ำโดยจะทำงานสัมพันธ์กับขา RD ซึ่งจะทำหน้าที่ขับรีเลย์ เมื่อมีระดับต่ำที่ขา Ring CMD จะทำงาน ทำให้เดกระแสไหลผ่านรีเลย์ ทำให้ Kla ที่ขา Tip ต่อลงกราวน์และขา Klb ที่ขา Ring ต่อกับสัญญาณกระดิ่งเรียก สำหรับค่าอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ได้จากคู่มือไอซีเบอร์นี้

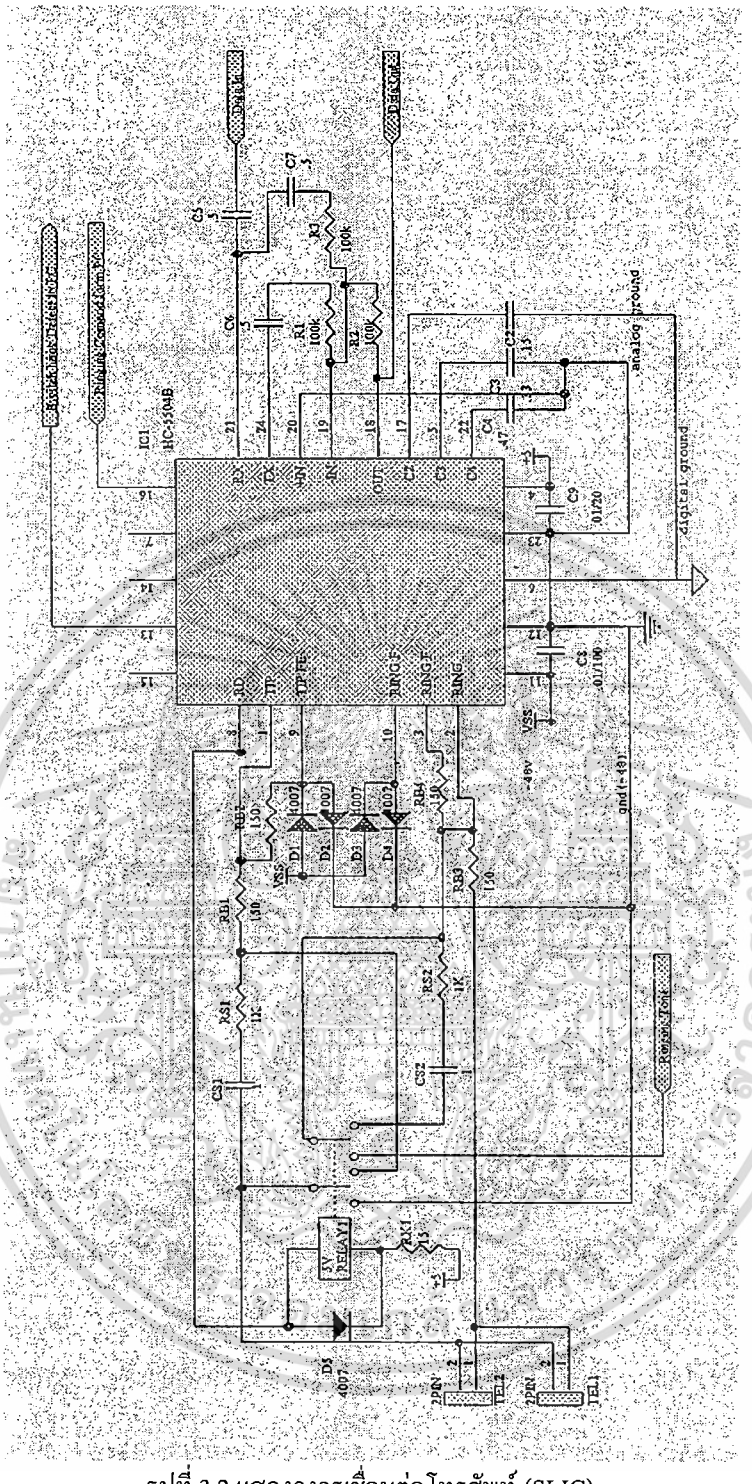
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการทำงานของขาต่างๆ ของไอซี HC 5504B

ขาที่	ชื่อขา	รายละเอียด
1.	TIP	สัญญาณอนาลอก จะต่อกับด้าน Tip (ค่าบวก) ของ SLIC ผ่านทางความต้านทาน 150 โอห์ม และต่อกับ Ring Relay การทำงานร่วมกับขา Ring เพื่อรับสัญญาณเสียงจากโทรศัพท์และการตรวจสอบการทำงาน Loop การทำงาน
2.	RING	สัญญาณอนาลอกจะต่อกับด้าน Ring (ค่าลบ) ของ SLIC ผ่านทางค่าความต้านทาน 150 โอห์ม และต่อกับ Ring Relay การทำงานร่วมกับขา Tip เพื่อรับสัญญาณเสียงจากโทรศัพท์และการตรวจสอบ Loop การทำงาน
3.	RFS	ใช้ในการตรวจสอบด้าน Ring ของ Loop เพื่อป้องกัน Ground Key และ Ring Tip Detect ในช่วง Ringing จะถูกป้อนเข้ามาทางขานี้และ RF จะจาก RFS เช่นเดียวกับรีเลย์
4.	Vb+	แหล่งจากไฟค่าบวก จะใช้ค่า 12 โวลต์ หรือ 5 โวลต์ ก็ได้
5.	C3	ค่าตัวเก็บประจุภายนอกที่ต่อระหว่างขานี้กับอนาลอกกราวน์ (Analog Ground) เพื่อการต่อวงจรที่เหมาะสมใน Loop กระแสและเพื่อกรอง Vb ใช้ค่า 0.3 uF 30V
6.	DG	ดิจิตอลกราวน์ (Digital Ground) จะรักษาระดับ 0 และเป็นค่าอ้างอิงสำหรับ ดิจิตอลอินพุทและเอาท์พุทใน SLIC ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์
7.	RS	Ring Synchronization Input จะจัดสัญญาณนาฬิกาซึ่งให้ขบวนพัลส์บวกเกิดขึ้นใน Zero Crossing ของ Ring Voltage Source เมื่อปรากฏค่าที่ขา RFS สำหรับด้าน TIP เมื่อป้อนมาพัลส์ของ RS ควรจะมีค่าลบผ่าน Zero Crossing และป้อน Ring เกิดค่าบวกผ่าน Zero Crossing ทำให้แน่ใจว่า Ring Relay ทำงานและยกเลิก เมื่อค่า Ring เดียวกันนี้เข้าใกล้ 0 ถ้าไม่ต้องการให้เกิดสัญญาณพร้อมกัน ควรต่อขานี้กับ 5 V.
8.	RD	Relay Driver เมื่อแอคทีฟจะเปิดวงจรด้านเอาท์พุท Collector Logic และเมื่อทำงาน Ring Relay ภายนอกจะถูกกระตุ้น
9.	TP	Tip Feed ค่าเอาท์พุทอนาลอก ความต้านทานต่ำต่อกับขา Tip ผ่านค่าความต้านทาน 150 โอห์ม การทำงานร่วมกับขา RF เพื่อจ่ายกระแส Loop และป้อนสัญญาณเสียงสู่ตัวเครื่องและดึงกระแส Longitudinal Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาที่	ชื่อขา	รายละเอียด
10.	RF	Ring Feed ค่าเอาท์พุทอนาลอก ความต้านทานต่ำต่อขา Ring ผ่านค่าความต้านทาน 150 โอห์ม ทำงานร่วมกับขา TF เพื่อจ่ายกระแส Loop และป้อนสัญญาณเสียงสู่ตัวเครื่องและดึงกระแส Longitudinal Current
11.	Vb-	Negative Voltage Source Vb- ใช้ค่า –48V. อาจอยู่ระหว่าง –42 ถึง –58 V. มักเรียกว่า "Battery"
12.	BG	Battery Ground ต่อกับค่า 0 Loop กระแสและค่ากระแสเกินจะไหลผ่านของกราวน์
13.	/SHD	Switch Hook Detection ตัว TTL มีค่าแอคทีฟที่ Low ต่ำกับค่า Logic Output ใด ๆ ได้และค่าเอาท์พุทจะเกิดขึ้นใน Loop กระแสที่มีค่าเกิน 10 mA
14.	GKD	Ground Key Detect TTL มีค่าแอคทีฟที่ Low ค่าเอาท์พุทจะเกิดขึ้นถ้ากระแส DC ที่ในเส้น Ring มากกว่ากระแส DC ที่ออกจากเส้น Tip ประมาณ 10mA
15.	/PD	Power Deny TTL มีค่าแอคทีฟ low เมื่อป้อนสัญญาณที่ตัวตรวจสอบ Switch Hook (/SHD) และ Ground Key ไม่จำเป็นต้องใช้และอ่านเอาท์พุทของ Relay Driver (RD) ก็จะถูกยกเลิก
16.	/RC	Ring Command เมื่อป้อน แอคทีฟ low เข้าไปจะทำให้ Relay Driver (RD) นั้นมีเอาท์พุท Low และในระดับ High ของ Ring Sync Input ต่อตราบที่ SLIC ไม่อยู่ในภาวะ Power Deny State (/PD = 0) หรือ Subscriber ไม่พร้อมที่จะ off-hook (/SHD = 0)
17.	C2	ค่าตัวเก็บประจุภายนอกต่อขานี้กับดิจิตอลกราวน์ เพื่อป้องกันความผิดพลาดของ Ground Key ในช่วง Ring Tip Detection มักใช้ค่า 0.15 uF 10V เราอาจไม่ต้องใช้ถ้า Ground Key ไม่ได้ใช้และ ขา 17 ว่าจะปล่อยหรือต่อกับดิจิตอลกราวน์
18.	OUT	ขาเอาท์พุทของตัวออปแอมป์สำรองจะมีเอาท์พุทเกิดขึ้นสวิงในช่วง ±5V.
19.	-IN	ขา Inverting Analog Input ของออปแอมป์สำรอง
20.	+IN	ขา Non-Inverting Analog Input ของออปแอมป์สำรอง
21.	Rx	Receive Input, Four Wire Side เป็นอินพุทแบบอนาลอกที่มีค่าความต้านทานสูงแบบไบอัสในตัว จำเป็นต้องมี Capacitive Coupling สำหรับขาน้สัญญาณ AC ที่เกิดขึ้นกับขับขา Tip และ Ring ซึ่งจะผ่านค่าความต้านทาน 300 โอห์ม ในแต่ละด้านของเส้น
22.	C4	ตัวเก็บประจุภายนอกต่อขานี้เข้ากับ อนาลอกกราวน์ใช้เพื่อป้องกัน Ground Key และ Ring Tip Detection ที่เกิดขึ้นเมื่อ Longitudinal Current นั้นเกิดเหนี่ยวนำใน Subscriber Loop เมื่อเข้าใกล้ Power Lines และแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน ค่า C ที่ใช้ในการต่อ Detection ของ Ring Tip ที่เหมาะสมด้วย จะใช้ค่า 0.5uF – 1 uF แบบไม่มีขั้ว
23.	AG	อนาลอกกราวน์ ต่อกับค่า zero และใช้อ้างอิงสำหรับ Transmit Output (Tx) และตัว Receive Input (Rx)
24.	Tx	Transmit Output, Four Wire Side เป็น Input แบบอนาลอก ค่าความต้านทานสูงซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของโวลต์เตจ ของ Tip และ Ring จำเป็นต้องใช้ Transhybrid Balance เพื่อให้เอาท์พุทที่ได้เป็นส่วนที่ออกมาจาก 2-4 Wire Conversion เอาท์พุทจากขานี้จะไม่สมดุล และเปรียบเทียบเสมือนอนาลอกกราวน์ เมื่อค่าระดับไฟตรงของขานี้เปลี่ยนแปลงตามกระแส Loop จึงต้องใช้ Capacitive coupling ในช่วงภาวะต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

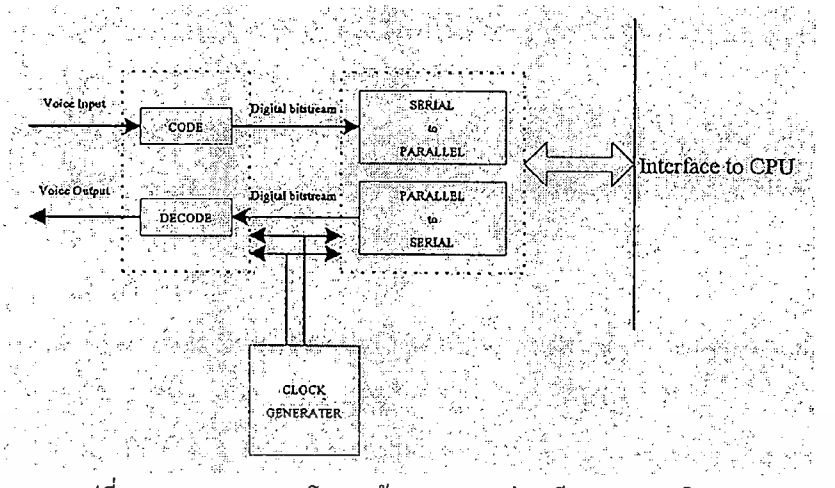


รูปที่ 3.2 แสดงวงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์ (SLIC)

3.2. ส่วนวงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข (Digital Speech Path)

ในส่วนของวงจรนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเชิงอุปมาณที่ได้จากวงจร เชื่อมต่อกับโทรศัพท์ ไปเป็นข้อมูลเชิงเลขเพื่อส่งไปยังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และในขณะเดียวกันก็จะทำการเปลี่ยนข้อมูลเชิงเลขที่ ได้จากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นสัญญาณเชิงเลขเพื่อส่งไปยังวงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงแผนภาพโครงสร้างของวงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข

การทำงานของวงจรส่วนนี้ทั้งหมดแสดงได้ดังโครงสร้างในรูปที่ 3.3 ซึ่งจากรูปจะเห็นว่า วงจรนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วนได้แก่

- วงจรเปลี่ยนข้อมูลจากเชิงเลขไปเป็นแบบข้อมูลเชิงเลขและทำการเปลี่ยนจากเชิงเลขไปเป็นเชิงอุปมาณ หรือเรียกว่าวงจรโคเดค (CODEC) ซึ่งมาจากวงจรโคด (Code) และดีโคด (Decode)
- วงจรเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลเชิงเลขระหว่างแบบอนุกรม (Serie) กับแบบขนาน (Parallel)
- วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Clock) เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจรทั้งสองวงจรข้างต้น

รูปวงจรทั้งหมดแสดงในรูปที่ 3.4 และรายละเอียดการทำงานแต่ละวงจรจะเป็นดังนี้

3.2.1 วงจรโคเดค

ในการออกแบบวงจรการเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเชิงอุปมาณกับเชิงเลขนี้ได้เลือกใช้วิธีการเข้ารหัสแบบพัลส์โคดมอดูเลชั่น (PCM) โดยมีเหตุผลอยู่ 3 ประการคือ

- การเข้ารหัสแบบนี้เป็นมาตรฐานในการใช้งานในระบบสื่อสารทั่วไปซึ่งจะง่ายในการพัฒนาต่อไปในการเชื่อมต่อกับระบบสื่อสารอื่น ๆ
- สามารถใช้งานในช่วงความถี่เสียงพูดของคนได้ดี
- สามารถหาอุปกรณ์หรือไอซี (IC) ในการทำงานในส่วนของวงจรนี้ได้

เหตุผลประการสุดท้ายเป็นเหตุผลประการสำคัญ เพราะในตลาดเมืองไทยไอซีบางตัวไม่สามารถหาได้ เช่น ไอซีที่ทำหน้าที่เข้ารหัสแบบอแด็ปทีฟพัลส์โคดมอดูเลทชั่น (ADPCM) ซึ่งจะมีแบนวิดธ์ข้อมูลน้อยกว่าแบบพัลส์โคดมอดูเลทชั่นในขณะที่คุณภาพเสียงเหมือนกันแต่ไอซีตัวนี้ไม่มีขายในเมืองไทย

สุดท้ายจึงต้องเลือกใช้แบบพัลส์โคดมอดูเลทชั่น โดยได้เลือกใช้งานไอซีของโมโตโรล่าเบอร์ MC145557 ด้วยเหตุผลที่ว่าไอซีตัวนี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานในระบบโทรศัพท์แบบเชิงเลขโดยเฉพาะ กล่าวคือจะทำงานในช่วงเสียงพูดของคนและสามารถทำงานเข้ากันได้ (Compatible) กับวงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ทั่วไปได้ดี

โครงสร้างของไอซีภายในจะมีวงจรกรองความถี่ผ่านบางช่วง (Band Pass Filter) โดยประกอบด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Lowpass Filter) แบบสวิตช์คาพาซิเตอร์ (Switched Capacitor) แบบ 5 โพล (Poles) ซึ่งจะมีความถี่ตัดทางทางด้านความถี่สูง (Low Frequency Cutoff) ที่ 3.4 กิโลเฮิรตซ์ และวงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) แบบ 3 โพล ซึ่งมีความถี่ตัดที่ความถี่ต่ำ (Low Frequency Cutoff) ที่ 200 เฮิรตซ์ ซึ่งทำให้ได้ความถี่ช่วงใช้งานตั้งแต่ 200 เฮิรตซ์ 3.4 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นช่วงความถี่เสียงพูดของคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของวงจรการเปลี่ยนข้อมูลจากเชิงอุปมาณไปเป็นเชิงเลขและเปลี่ยนจากเชิงเลขไปเป็นแบบเชิงอุปมาณนั้น จะใช้วงจรดิจิตอลทูอะนาล็อกคอนเวิร์ตเตอร์ (DAC) ชุดเดียวกันโดยจะสลับการทำงานด้วยวงจรมัลติเพล็กเซอร์ (Multiplexer: MUX) ซึ่งควบคุมการทำงานจากสัญญาณนาฬิกาภายนอกที่มาสเตอร์คล็อก (ขา $MCLK_R$/PDN)

ในการแบ่งระดับแรงดันของสัญญาณเสียงของไอซีตัวนี้ จะใช้แบบเชิงเส้นโดยใช้ 13 บิทในการแทนระดับซึ่งทำให้สามารถแบ่งระดับได้ 2^{13} ระดับซึ่งจะช่วงลดความผิดพลาดจากการแบ่งระดับหรือควอนไตซิ่งนอยส์ แต่การส่งข้อมูลเชิงเลขที่ส่งและรับจะเป็นแบบพัลส์โคดมอดูเลทชั่นที่มี 8 บิท ดังนั้น ไอซีเบอร์นี้จึงใช้การคอมแพนดิ้งแบบ เอ-ลอว์ (A-Law) (เบอร์อื่น เช่น MC145554, MC145564 จะใช้การคอมแพนดิ้งแบบ เอ็มยู-ลอว์ (Mu-Law))

สัญญาณนาฬิกาที่ใช้ควบคุมการทำงานมี 2 สัญญาณได้แก่ สัญญาณนาฬิกาควบคุมการสุ่ม (Sampling) ข้อมูลเชิงอุปมาณ และสัญญาณนาฬิกาควบคุมการส่งข้อมูล และการควบคุมการทำงานของวงจรมัลติเพล็กเซอร์หรือมาสเตอร์คล็อก ซึ่งทั้งสองสัญญาณต้องทำงานเข้าจังหวะกัน (Synchronized) โดยสัญญาณควบคุมการสุ่มจะใช้ที่ความถี่ 8 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งสามารถครอบคลุมความถี่เสียงได้ถึง 4 กิโลเฮิรตซ์ ตามทฤษฎีการสุ่ม และจะมีความกว้างพัลส์เป็นแปดเท่าของคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกามาสเตอร์คล็อก ซึ่งใช้ที่ความถี่ 2.048 เมกกะเฮิรตซ์

3.2.2 วงจรเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลเชิงเลขระหว่างแบบอนุกรม (Serie) กับแบบขนาน (Parallel)

เนื่องจากข้อมูลที่รับและส่งจากไอซี MC145557 เป็นแบบอนุกรม แต่การอ่านเขียนข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เป็นแบบขนานดังนั้นจึงต้องมีวงจรส่วนนี้

ในส่วนของวงจรนี้จะใช้ไอซีชิพรีจีสเตอร์ (Shift Register) เบอร์ 74HC164 และใช้สัญญาณนาฬิกาที่ความถี่ 2.048 เมกกะเฮิรตซ์ ในการเลื่อนข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณเดียวกับที่ใช้กับวงจรโคเดคแต่จะหน่วงเวลาออกไปช่วงหนึ่งเพื่อรอให้ข้อมูลออกจากโคเดคมาถึงอย่างแน่นอนและก่อนจะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์จะมีบัฟเฟอร์เพื่อเก็บข้อมูลไว้ช่วงหนึ่ง โดยใช้ไอซีเบอร์ 74HC374 ซึ่งข้อมูลจะถูกโหลดเข้าบัฟเฟอร์นี้เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะของระดับศักดาที่ขา 11 จากศูนย์เป็นห้าโวลท์ (ทำงานที่ขอบขาขึ้นของคล็อก) โดยใช้สัญญาณควบคุมจากสัญญาณนาฬิกาที่กลับเฟสจากการสุ่มในวงจรโคเดคซึ่งเป็นจังหวะที่ข้อมูลออกมาครบทั้งแปดบิท และในการนำข้อมูลออกจะถูกควบคุมด้วยระดับศักดาต่ำ (Logic Low) ที่ขา 1 ซึ่งจะควบคุมจากคอมพิวเตอร์เวลาที่คอมพิวเตอร์ต้องการอ่านข้อมูล

ส่วนวงจรเปลี่ยนข้อมูลจากแบบขนานเป็นแบบอนุกรม ใช้ไอซีเบอร์ 74HC165 ซึ่งจะทำการเลื่อนข้อมูลที่โหลดเข้ามาแบบขนานออกไปทีละบิทเป็นแบบอนุกรม โดยสัญญาณควบคุมการโหลดข้อมูลเข้าก็จะใช้สัญญาณเดียวกับสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ควบคุมการสุ่มในวงจรโคเดค และสัญญาณควบคุมการเลื่อนข้อมูลใช้สัญญาณ มาสเตอร์คล็อกของโคเดค และเช่นเดียวกันข้อมูลที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์จะมีบัฟเฟอร์ไว้เก็บข้อมูลชั่วคราว โดยใช้ไอซีเบอร์ 74HC373 ซึ่งการทำงานจะคล้ายกับ 74HC374 แต่ต่างกันที่การโหลดข้อมูลเข้าของไอซีเบอร์ 74HC373 นี้จะกระทำที่ระดับสัญญาณสูง (ทำงานที่ Logic High) ที่ขา 11 และการโหลดข้อมูลออกจะควบคุมด้วยสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ควบคุมการสุ่มของวงจรโคเดคเช่นกัน

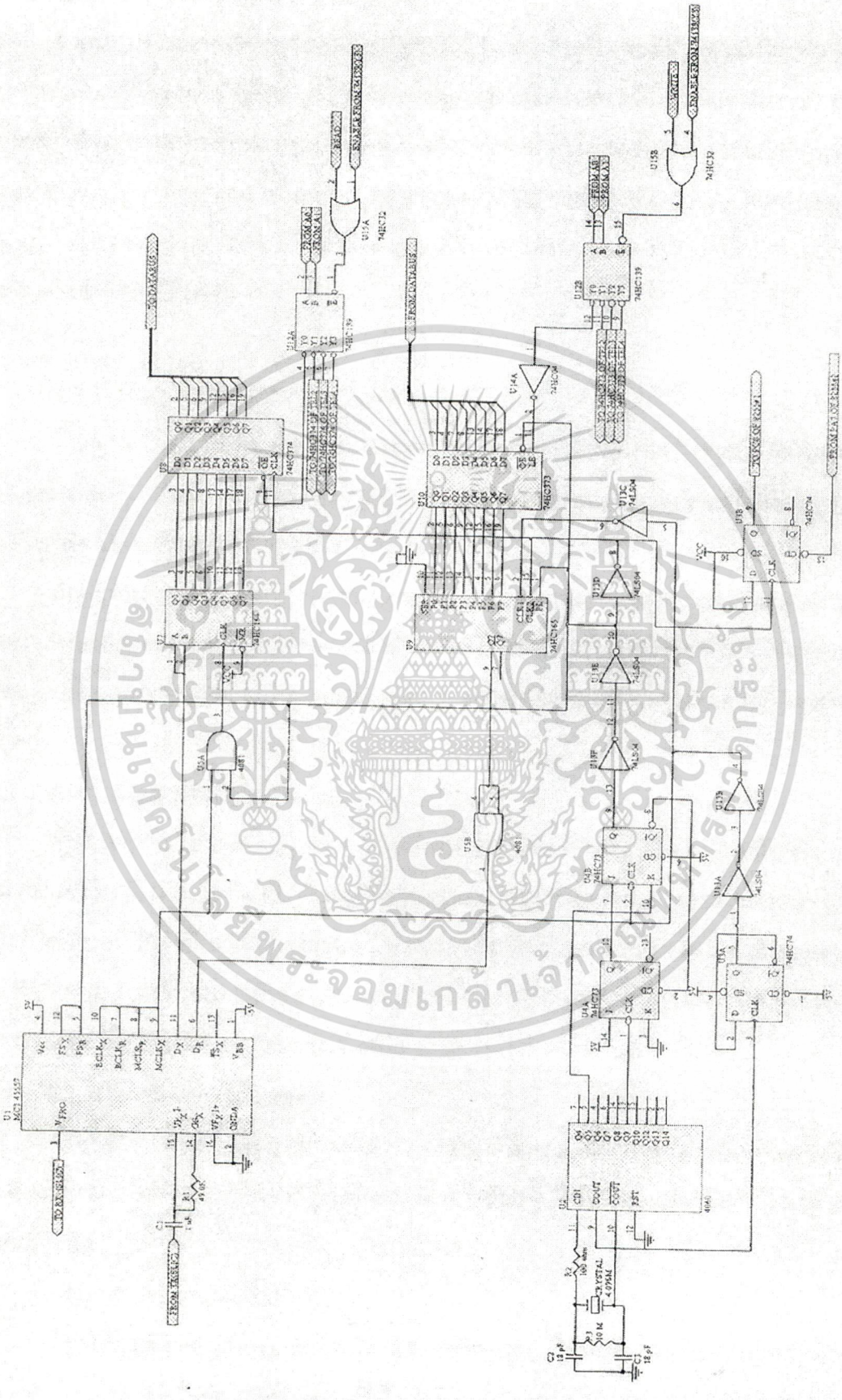
3.2.3 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

จากวงจรทั้งสองที่กล่าวมา จำเป็นต้องใช้สัญญาณนาฬิกาสองความถี่คือ 8 กิโลเฮิรตซ์ และ 2.048 กิโลเฮิรตซ์ ที่เข้าจังหวะกัน และสัญญาณนาฬิกา 8 กิโลเฮิรตซ์ จะต้องมีความกว้างพัลส์เป็นแปดเท่าของคาบเวลาของความถี่ 2.048 กิโลเฮิรตซ์

จากวงจรในรูปที่ 3.4 จะใช้ไอซีเบอร์ 4060 ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่วงจรนับ และใช้แร่ผลึกคริสตัล (Crytal) ในการสร้างความถี่ 4.096 เมกกะเฮิรตซ์ (เนื่องจากหาคริสตัล 2.048 เมกกะเฮิรตซ์ ไม่ได้ นอกจากนี้ยังจะทำให้สัญญาณที่ได้มีความแม่นยำขึ้นด้วย) แล้วใช้วงจรหารสองที่สร้างจาก ดี ฟลิป-ฟลอป (D Flip-Flop) เพื่อให้ได้ความถี่ 2.048 เฮิรตซ์และส่วนสัญญาณความถี่ 8 กิโลเฮิรตซ์ จะใช้เอาท์พุท Q_5 และ Q_9 ของไอซี 4060 และสัญญาณความถี่ 2.048 เฮิรตซ์ ต่อกับวงจรที่สร้างจาก ฟลิป-ฟลอป แบบเจ-เค (JK Flip-Flop) ดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

64401

3.3. วงจรสร้างสัญญาณควบคุม (Tone Generator)

จากทฤษฎีและหลักการของระบบโทรศัพท์ในบทที่ 2 นั้น จะมีสัญญาณเสียงที่ทางชุมสายสร้างขึ้น เพื่อส่งให้ลูกข่ายหรือตัวเครื่องโทรศัพท์แต่ละเครื่อง เพื่อใช้เป็นสัญญาณควบคุมการทำงานและแสดงสถานะต่างๆ ของชุมสายเพื่อให้ลูกข่ายทราบ สัญญาณดังกล่าวได้แก่ สัญญาณให้หมุน (Dial Tone) สัญญาณสายไม่ว่าง (Busy Tone) สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone) และสัญญาณเรียก (Ringing Tone) วงจรที่ใช้สร้างสัญญาณทั้งหมดดังกล่าวแสดงในรูปที่ 3.5 และรายละเอียดการทำงานเป็นดังนี้

3.3.1 สัญญาณให้หมุน

สัญญาณให้หมุนมีลักษณะเป็นการมอดูเลทกันระหว่างสัญญาณ 2 ความถี่ คือ 400 เฮิรตซ์กับ 50 เฮิรตซ์ ทั้งสองความถี่ได้เลือกใช้วงจรออสซิลเลทแบบวีนบริดจ์ในการสร้างสัญญาณตามวงจรวีนบริดจ์ออสซิสเลเตอร์ในรูปที่ 3.5

สัญญาณทั้งสองความถี่ที่ได้ถูกนำมามอดูเลทกันด้วยวงจรมอดูเลชั่นแบบดิฟเฟอรเรนเชียลแอมป์ (Differential Amp) และก่อนนำเอาสัญญาณไปใช้ ต้องนำไปขยายกระแสด้วยวงจรขยายแบบคอมมอนคอลเลกเตอร์ (Common Collector) เพื่อป้องกันผลกระทบจากการดึงกระแสของโหลด

3.3.2 สัญญาณสายไม่ว่าง

สัญญาณสายไม่ว่างซึ่งเป็นสัญญาณความถี่ 400 เฮิรตซ์ โดยมีการปิดเปิดเป็นจังหวะคือ ปิดเป็นเวลา 0.5 วินาที เปิด 0.5 วินาที สัญญาณควบคุมการปิดเปิดนี้สร้างจากวงจรไทม์เมอร์ (Timer) โดยใช้ไอซีเบอร์ 555 ที่มีความถี่ 1 เฮิรตซ์ มีช่วงเวลาการปิดเปิดเท่ากันคือ 0.5 วินาที สัญญาณที่ได้จะนำไปควบคุมการปิดเปิดสวิตช์อนาลอกในการตัดต่อสัญญาณไซน์ 400 เฮิรตซ์ เป็นจังหวะตามต้องการโดยใช้ไอซีสวิตช์อนาลอกเบอร์ 4066

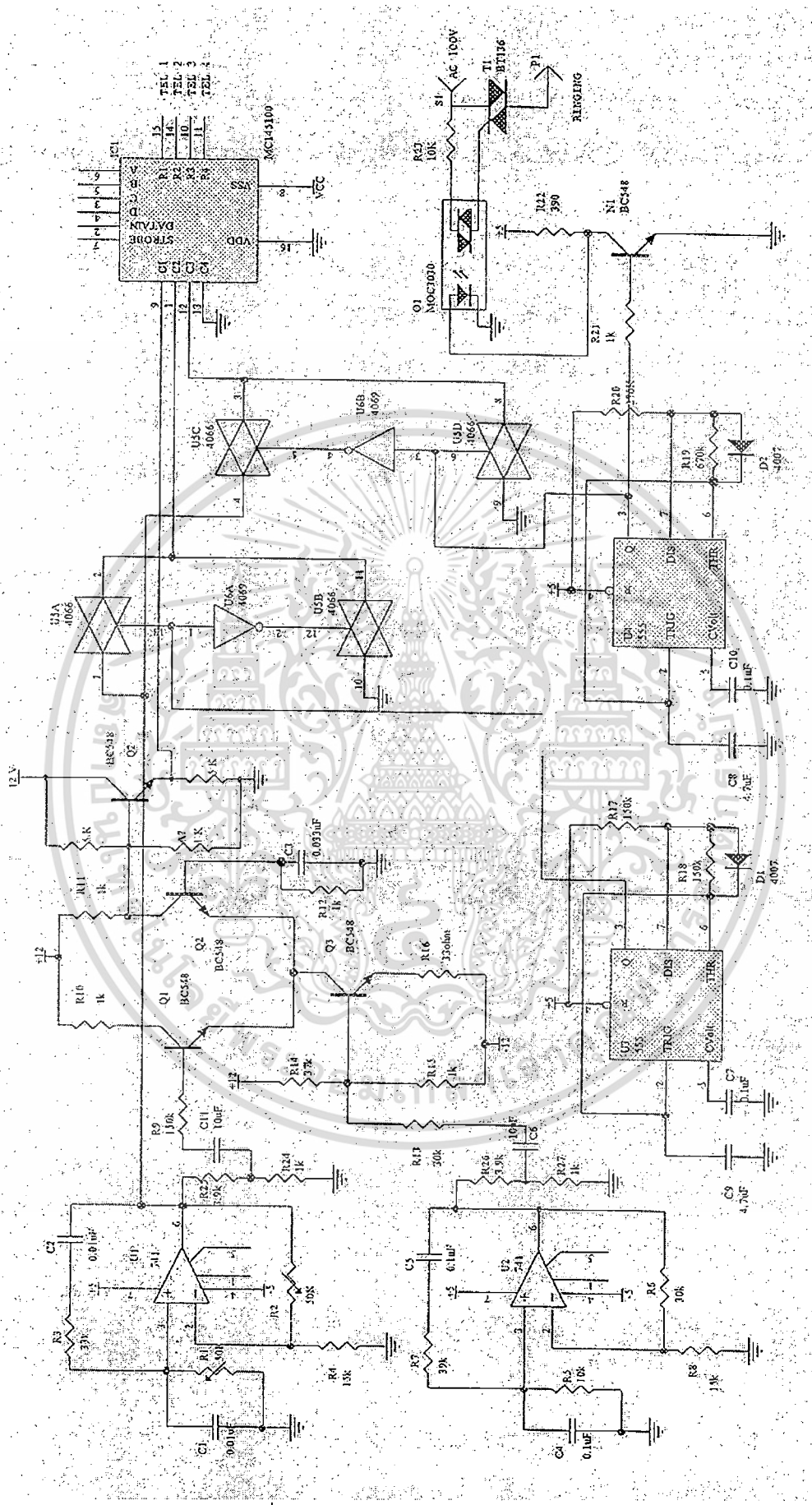
3.3.3 สัญญาณการเรียกกลับ

ก็ใช้วิธีเดียวกันกับสัญญาณสายไม่ว่าง เพียงแต่สัญญาณที่ควบคุมการปิดเปิดสวิตช์อนาลอกซึ่งสร้างจากไอซี 555 จะเป็นสัญญาณความถี่ 0.2 เฮิรตซ์ ซึ่งมีจังหวะการเปิด 1 วินาที และจังหวะการปิด 4 วินาที

3.3.4 สัญญาณเรียก

ก็จะใช้สัญญาณควบคุมการปิดเปิดเดียวกับสัญญาณเรียกกลับไปควบคุมการนำสัญญาณของไตรแอค (Triac) ในการนำสัญญาณไฟ 50 เฮิรตซ์ แรงดันประมาณ 60 โวลท์ จากหม้อแปลง (ภายนอก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



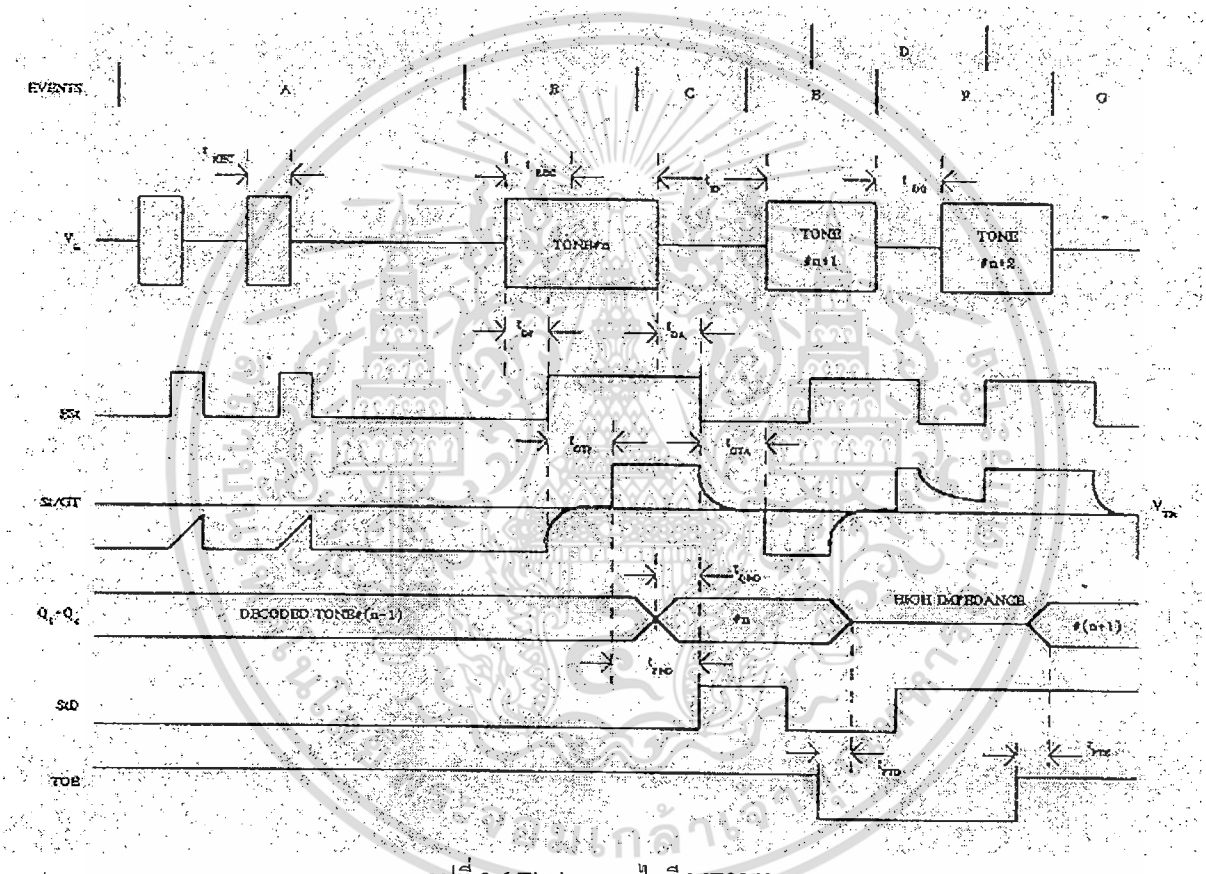
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4. วงจรถอดรหัสหมายเลขโทรศัพท์(DTMF)

วงจรนี้จะทำหน้าที่ถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ซึ่งเป็นความถี่ผสม ที่เกิดจาการกดปุ่มของตัวเลขของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม ให้เป็นข้อมูลเชิงเลข ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลให้กับหน่วยประมวลผลในการหาปลายทาง

จากรูปวงจรที่ 3.7 ใช้ไอซีเบอร์ MT 8870 ทำหน้าที่ถอดรหัสความถี่คู่ให้เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิท หลักการทำงานของไอซีเบอร์นี้คือ จะทำการแยกสัญญาณความถี่ที่เข้ามาทางอินพุทออกเป็น 2 กลุ่ม คือช่วงความถี่สูงและความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองแถบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐานหรือไม่ เพื่อป้องกันไม่ให้ความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยตรวจสอบระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเห็นช่วงระยะพอสมควร มิฉะนั้นไอซีจะไม่รับสัญญาณความถี่ที่ถูกกดปุ่มนั้นมาถอดรหัส เนื่องจากระยะเวลาของสัญญาณความถี่น้อยเกินไป



รูปที่ 3.6 Timing ของไอซี MT8870

การทำงานของไอซีถอดรหัสความถี่นี้สามารถอธิบายเป็นแผนภูมิได้ดังนี้

Vin = สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา

EST = Early Sterring Output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง

St/Gt = stearing input/Guard Time output สำหรับต่อกับ RCภายนอก

Q_1-Q_4 = เอาท์พุทแบบไบนารีโคดเดซิมอล (BCD)

STD = Delayed Steering output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

TOE = Tone Output Enable (Input) ใช้ควบคุม Q_1-Q_4 ให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$t_{\overline{REC}}$ = คาบเวลานานสุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง

t_{REC} = คาบเวลาสั้นที่สุดที่ต้องการเพื่อแสดงสัญญาณถูกต้อง

t_{ID} = เวลาสั้นที่สุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

t_{DO} = เวลานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

t_{DP} = เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{DA} = เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

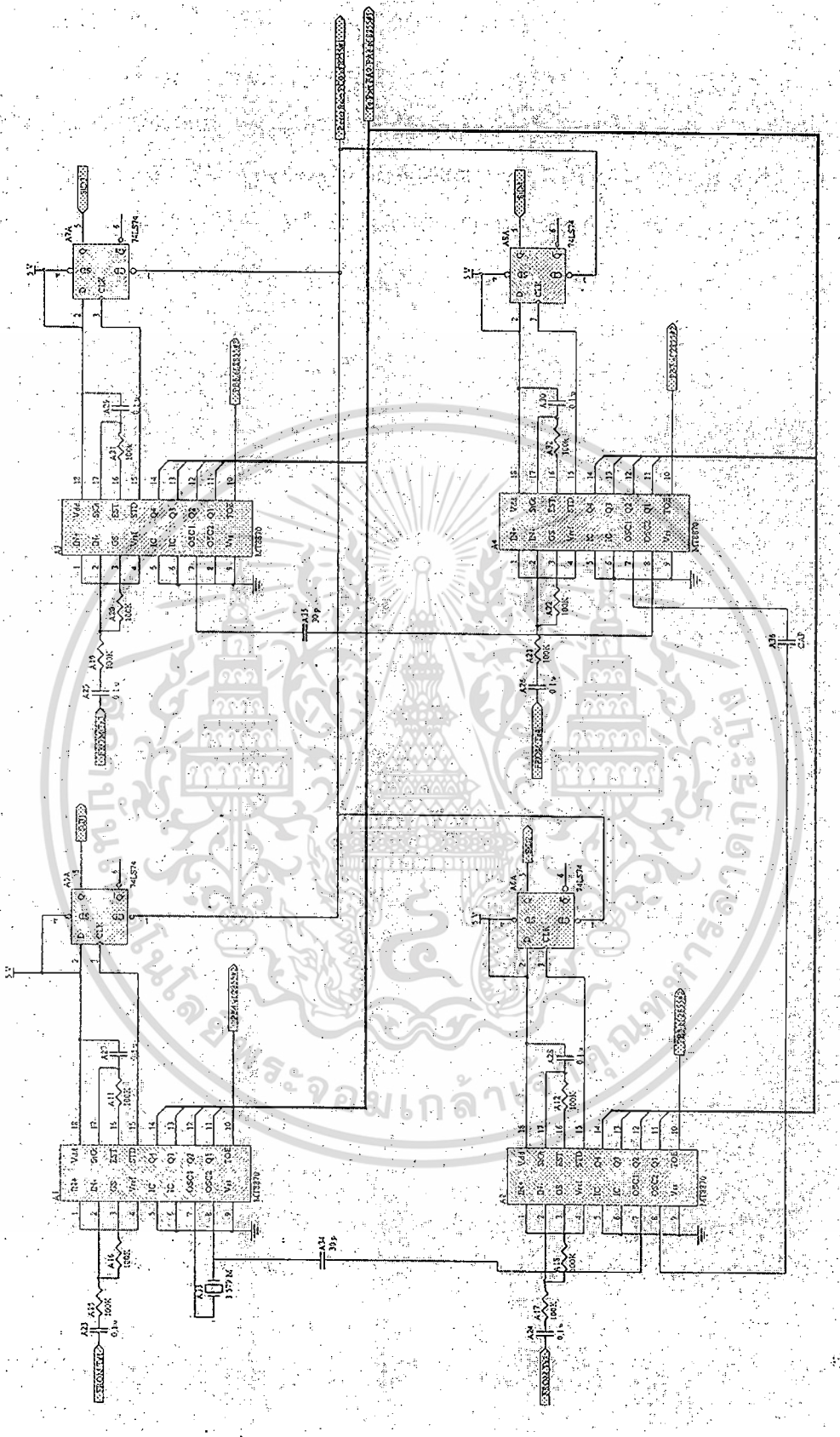
t_{GTP} = การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF

t_{GTA} = การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

- ช่วง A สัญญาณที่ขา EST เป็นลอจิกสูง เนื่องจากตรวจพบว่ามีความถี่เข้ามาแต่คาบเวลาหรือระยะเวลาที่เข้ามาไม่ถูกต้อง (คาบเวลาสั้นไป) จึงไม่ทำการถอดรหัสความถี่นี้ ดังนั้นเอาท์พุทไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- ช่วง B มีความถี่เข้ามาอีกครั้ง (ความถี่ n) ซึ่งมีคาบเวลาที่ถูกต้อง (เท่ากับ หรือ มากกว่าเวลาที่การ์ดไทม์กำหนดไว้) ดังนั้นความถี่ที่เข้ามาใหม่นี้จะถูกถอดรหัสและแลตซ์ไว้ที่เอาท์พุท
- ช่วง C หมดความถี่ n ตรวจสอบช่วงห่างว่าถูกต้อง เอาท์พุทยังคงถูกแลตซ์ไว้จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่
- ช่วง D ความถี่ n+1 เข้ามาใหม่ สัญญาณที่ลอจิก EST เปลี่ยนเป็นลอจิกสูงอีกครั้ง
- ช่วง E เอาท์พุทเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพความต้านทานสูง เนื่องจากการดิสเอเบิ้ลเอาท์พุท (สัญญาณที่ TOE เป็นลอจิกต่ำ)
- ช่วง F ความถี่ n+1 เข้ามาใหม่อย่างถูกต้อง และอีนาเบิ้ลเอาท์พุทแล้วจึงทำการถอดรหัสและแลตซ์ไว้
- ช่วง G หมดความถี่ n+1 ช่วงเวลาห่างถูกต้อง เอาท์พุทยังแลตซ์อยู่จนกว่าจะมีความถี่ใหม่เข้ามา

เมื่อมีการถอดรหัสและได้ข้อมูลเชิงเลขที่ถูกต้องแล้ว ระดับศักดาที่ขา 15 (STD) จะมีค่าระดับสูง (Logic High) ดังนั้นจึงใช้สัญญาณที่ขานี้ในการแจ้งให้คอมพิวเตอร์ทราบว่ามีการกดเลขหมายโทรศัพท์ โดยส่งผ่านโดยวงจรอินเตอร์รัพท์ และข้อมูลเชิงเลข 4 บิท จะยังไม่ปรากฏบนบัสข้อมูลจนกว่าระดับศักดาที่ขา 10 (TOE) จะมีค่าระดับต่ำ (Logic Low) ซึ่งจะถูกควบคุมจากคอมพิวเตอร์เวลาที่ต้องการอ่านข้อมูล เพราะเนื่องจากข้อมูล 4 บิท ของแต่ละเครื่องนี้จะส่งทางบัสเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมการปล่อยข้อมูลลงบัสด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อไม่ให้ข้อมูลเกิดชนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

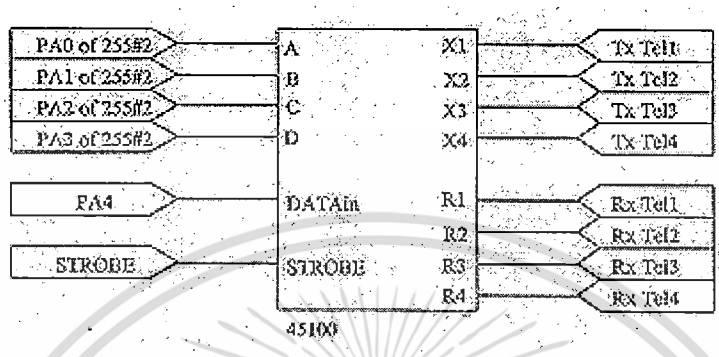


รูปที่ 3.7 แสดงวงจรถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5. ส่วนวงจรสับสวิทช์ในการติดต่อคู่สายแบบเชิงอุปมาณ

ใช้ในการติดต่อกันภายในชุมสาย ซึ่งในตอนแรกออกแบบไว้เพื่อการทดสอบการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ แต่ตอนนี้การติดต่อภายในชุมสายได้เปลี่ยนมาใช้แบบเชิงเลขแล้ว แต่อย่างไรก็ตามวงจรนี้ก็ยังสามารถใช้ได้อยู่เช่นกัน การทำงานของวงจรเพียงแต่ใช้ไอซี เชิงอุปมาณครอสพอยท์สวิทช์เบอร์ MC145100 เช่นเดียวกับวงจรในการสร้างสัญญาณ ดังแสดงดังรูป



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรสวิทช์ในการติดต่อโทรศัพท์แบบเชิงอุปมาณ

3.6. วงจรเชื่อมต่อ (Interfacing) กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ในส่วนของวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์นี้ จะทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับการ์ด ที่มีการเชื่อมต่อเป็นแบบ ISA รวมทั้งทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับการขออินเตอร์รัพท์เครื่องคอมพิวเตอร์จากการ์ด ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนคือ

3.6.1 วงจรถอดรหัสตำแหน่งพอร์ทอินพุทเอาท์พุท (Address Decoders)

โดยทั่วไปเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะกำหนดตำแหน่งของพอร์ทอินพุทและพอร์ทเอาท์พุทไว้จำนวน 1024 ตำแหน่ง โดยใช้แอดเดรสบัสจำนวน 10 เส้น (A_0-A_9) ในการกำหนดตำแหน่ง ในส่วนวงจรเชื่อมต่อไปนี้จะใช้พอร์ทจำนวน 12 พอร์ท ซึ่งจะต้องเลือกใช้ตำแหน่งพอร์ทที่ยังว่างอยู่และเนื่องจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องอาจมีการใช้พอรีทในตำแหน่งที่ไม่ตรงกัน ดังนั้นการกำหนดตำแหน่งของพอร์ทจึงต้องใช้แบบเปลี่ยนค่าได้

- สัญญาณจากขา 4 และ 5 จะถูกนำไปใช้ในการอีนาเบิล (Enable) พอร์ทเอนกประสงค์ 8255 สองตัว โดยแต่ละตัวจะทำงานในโหมดศูนย์ คือ เป็นพอร์ทอินพุทเอาท์พุทมาตรฐาน ซึ่งมี 3 พอร์ทคือ พอร์ท A, B และ C การกำหนดให้พอร์ทใดเป็นพอร์ทอินพุทหรือเอาท์พุท จะใช้การโปรแกรมผ่านทางคอนโทรลเวิร์ด (Control Word) ของไอซี 8255 และการเลือกใช้งานพอร์ท A, B หรือ C จะเลือกจากแอดเดรส A_0 และ A_1 ดังนี้

  A_0=0 A_1=0 เป็นการเลือกใช้งานพอร์ท A

  A_0=1 A_1=0 เป็นการเลือกใช้งานพอร์ท B

  A_0=0 A_1= 1 เป็นการเลือกใช้งานพอร์ท C

  A_0=1 A_1=1 เป็นการเลือกใช้งานคอนโทรลเวิร์ดรีจีสเตอร์ (Control Word Register) ในการโปรแกรมพอร์ท ส่วนการเชื่อมต่อพอร์ทต่าง ๆ กับระบบก็จะเป็นดังรูปวงจรในรูปที่ 3.9

- สัญญาณจากขา 6 จะถูกนำไปใช้ในการอีนาเบิล ไอซี 74HC139 อีกตัวหนึ่งซึ่งจะทำหน้าทีดีมัลติเพล็กซ์ แอดเดรสบัส A_0 A_1 เพื่อให้ได้สัญญาณควบคุมการอ่านเขียนข้อมูลของคอมพิวเตอร์กับวงจรผ่านเสียงพูดแบบดิจิตอล ซึ่งมีสี่วงจรสำหรับโทรศัพท์สี่เครื่อง การอ่านและการเขียนจะถูกแยกกันด้วยการใช้สัญญาณ IOR และ IOW ออร์ (OR) กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณจากขา 6 ดังกล่าวนี้ก่อนที่จะนำไปอินาเบิล ไอซี 74HC139 ซึ่งภายในตัวเดียวจะมีวงจรดีมัลติเพล็กซ์จำนวนสองวงจร ดังแสดงในรูปวงจรที่ 3.9

3.6.2 วงจรขยายการอินเตอร์รัพท์ (Interrupt expanding)

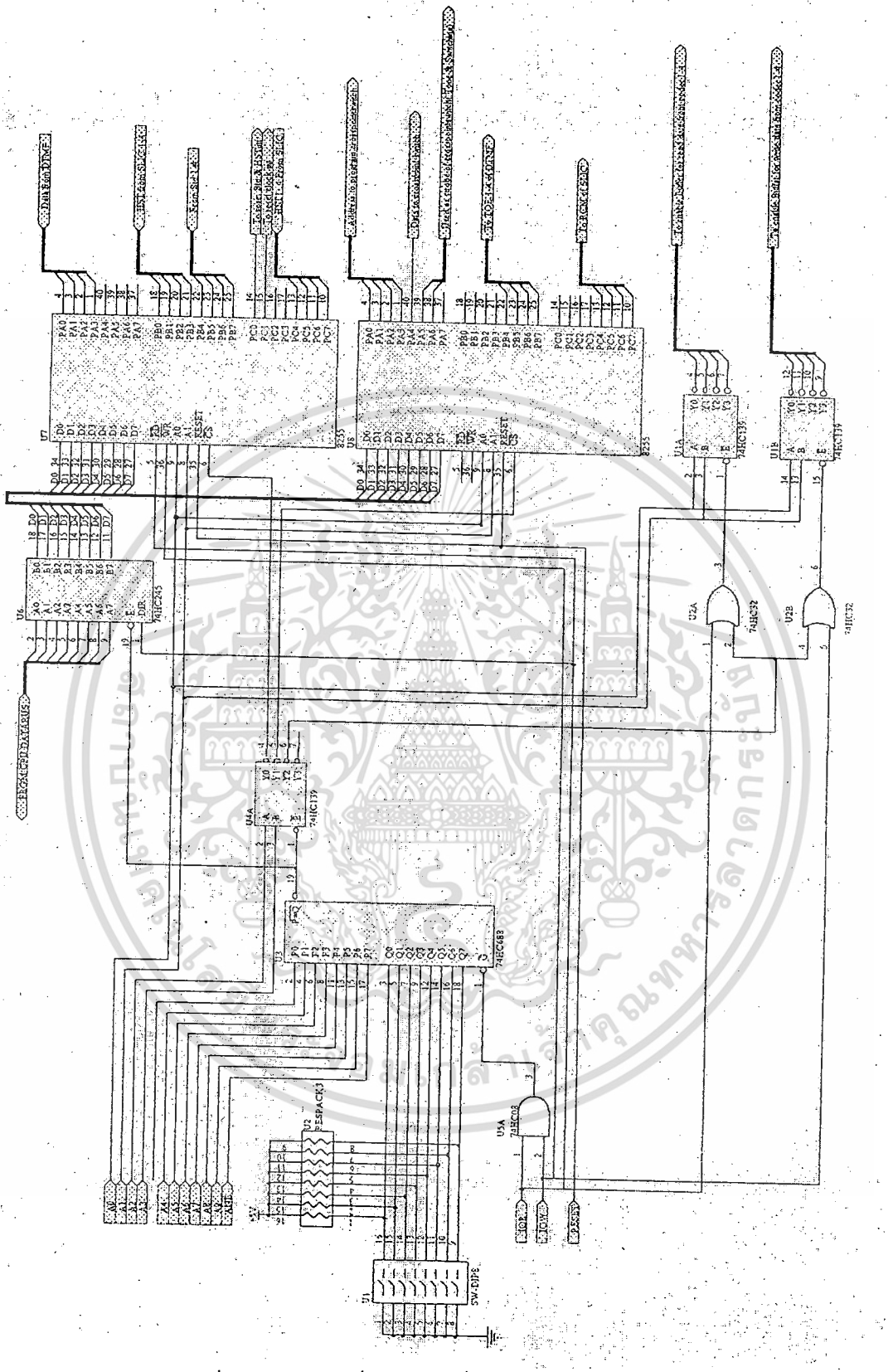
เนื่องจากการทำงานของระบบชุมสายที่ได้ออกแบบขึ้นจำเป็นต้องใช้การอินเตอร์รัพท์หน่วยประมวลผล (CPU) ซึ่งมีการอินเตอร์รัพท์หลายสัญญาณ ได้แก่ การอินเตอร์รัพท์จากการเปลี่ยนสถานะการยกและวางหูของโทรศัพท์จำนวนสี่เครื่อง, การอินเตอร์รัพท์จากการกดเลขหมายโทรศัพท์จำนวนสี่เครื่อง และการอินเตอร์รัพท์จากสัญญาณนาฬิกาซึ่งเป็นสัญญาณเดียวกับที่ใช้ในการแซมเปิ้งในวงจรโคเดคซึ่งจะใช้เป็นจังหวะในการอ่านเขียนข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ กับวงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข ดังนั้นสรุปว่าต้องใช้สัญญาณการอินเตอร์รัพท์ถึง 9 สัญญาณ แต่สัญญาณการอินเตอร์รัพท์ที่ให้ใช้ได้ผ่านทางสล็อตแบบ ISA มีเพียง 8 สัญญาณและถูกใช้ไปบ้างแล้วตามอุปกรณ์ที่ติดตั้งประกอบอยู่ด้วยแล้ว เช่น คีย์บอร์ด เมาส์ เป็นต้น ดังนั้นจึงเลือกใช้สัญญาณการอินเตอร์รัพท์จากสล็อตเพียงเส้นเดียวมาทำการขยายโดยใช้การ OR กันของสัญญาณการอินเตอร์รัพท์ต่าง ๆ จากระบบเข้าด้วยกันจนเหลือเพียงสัญญาณเดียวแล้วจึงต่อเข้ากับดิปสวิตซ์ (Dip switch) เพื่อที่จะเลือกได้ว่าจะให้อินเตอร์รัพท์เข้าทางเส้นไหนของเครื่องคอมพิวเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 3.10

สัญญาณการอินเตอร์รัพท์จากการยกหูและการวางหูได้จากวงจรเชื่อมต่อกับเครื่องโทรศัพท์จาก ไอซี 5504 ซึ่งมีเพียงสัญญาณเดียวในการบอกสถานะของโทรศัพท์ คือถ้าเป็น 0 จะเป็นการยกหูและเป็น 1 เมื่อวางหู แต่การอินเตอร์รัพท์ของสัญญาณนี้จะต้องอินเตอร์รัพท์ เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะ ดังนั้นจึงมีวงจรในการสร้างสัญญาณการอินเตอร์รัพท์นี้โดยใช้ ดี ฟลิป-ฟลอป 2 ตัวทำงานให้เอาท์พุทที่ขา Q เป็นระดับศักดาสูงเมื่อมีการเปลี่ยนสถานะคือจากยกหูเป็นวางหูหรือจากการวางหูเป็นยกหูและจะมีค่าคงที่ (Latch) ไว้จนกว่าจะได้รับการรีเซต (Reset) จากเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังรูปวงจรที่ 3.10

สัญญาณการอินเตอร์รัพท์ของการกดเลขหมายโทรศัพท์จะได้จากสัญญาณที่ขา 15 (STD) ของไอซี MT8870 ในวงจรถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์โดยนำมาคงค่าไว้ด้วย ดี ฟลิป-ฟลอป จนกว่าจะได้รับการรีเซตจากคอมพิวเตอร์

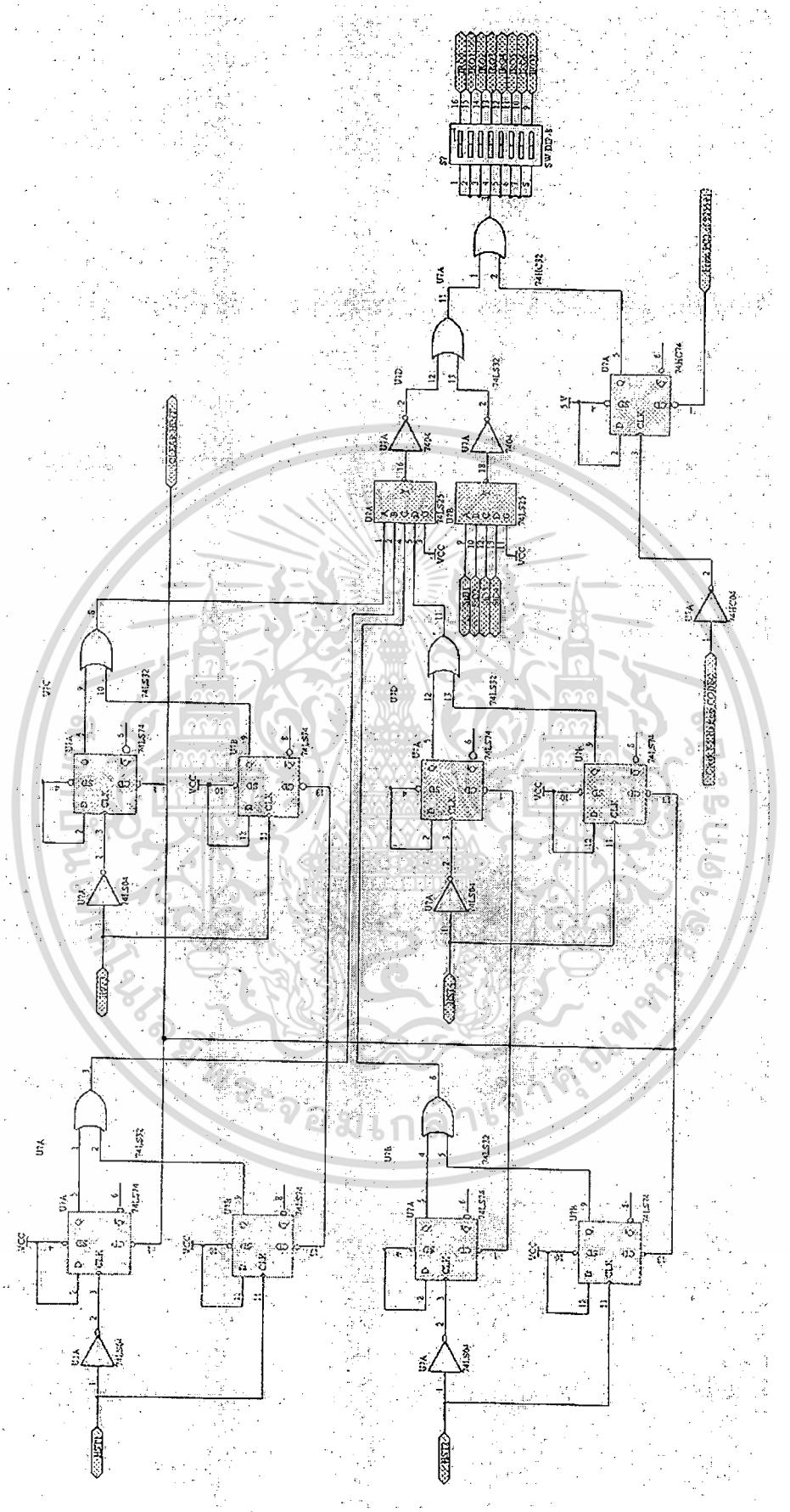
ส่วนสัญญาณการอินเตอร์รัพท์อีกสัญญาณหนึ่งคือ สัญญาณนาฬิกาซึ่งเป็นสัญญาณเดียวกับสัญญาณที่ใช้ควบคุมการสุ่มของวงจรโคเดค โดยการนำมาคงค่าไว้ด้วย ดี ฟลิป-ฟลอป จนกว่าจะได้รับการรีเซตจากคอมพิวเตอร์เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงวงจรการอินเตอร์รัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

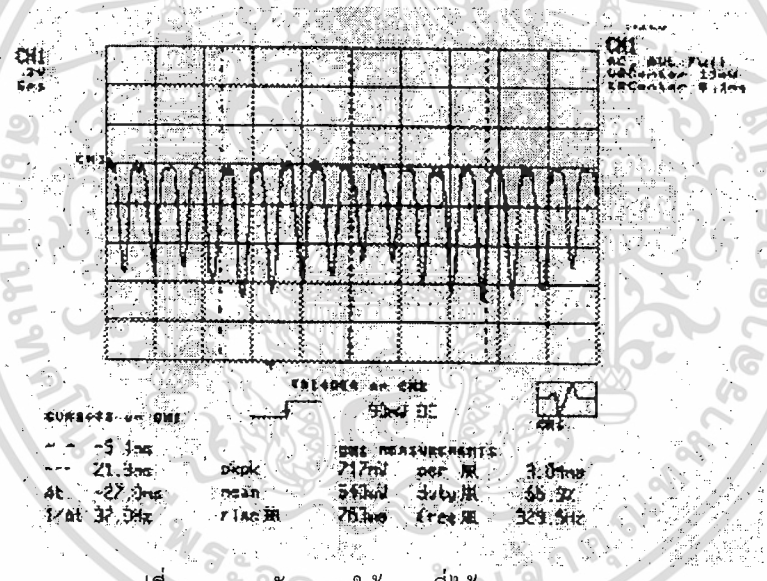
บทที่ 4. ผลการพัฒนาวงจร

จากวงจรที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 เมื่อได้ทำการทดลองในแต่ละวงจรได้ผลดังนี้

4.1. วงจรสร้างสัญญาณต่าง ๆ

4.1.1 สัญญาณให้หมุน

จากเดิมทดลองสร้างความถี่ 400 เฮิรตซ์ ที่มีลักษณะเป็นพัลส์โดยสร้างจากวงจรไทม์เมอร์ เมื่อทดลองฟังเสียง คุณภาพเสียงจะไม่ดี เสียงจะไม่เรียบฟังแล้วรู้สึกขัดหู หลังจากนั้นได้ใช้วงจรวีนบริดส์ในการสร้างสัญญาณไซน์ ที่มีความถี่ประมาณ 400 เฮิรตซ์เมื่อทดลองฟังปรากฏว่าคุณภาพเสียงดีขึ้นมาก แต่ยังไม่เหมือนทางองค์การโทรศัพท์ ดังนั้นจึงได้สร้างวงจรวีนบริดส์อีกวงจรโดยมีความถี่ 50 เฮิรตซ์ และนำมามอดูเลท (Modulate) กับความถี่ 400 เฮิรตซ์ ด้วยวงจรดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ (Differential Amplifier) ทำให้คุณภาพเสียงดีขึ้นและคล้ายกับของทางองค์การโทรศัพท์มากแต่สัญญาณจะถูกรบกวนจากสัญญาณ 0.25 เฮิรตซ์ ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณเรียกกลับ (Ring-Back) (ช่วงที่สัญญาณเรียกกลับเงียบ) ทำให้ขนาดของสัญญาณให้หมุนลดลงไปนิดหน่อยซึ่งสามารถยอมรับได้

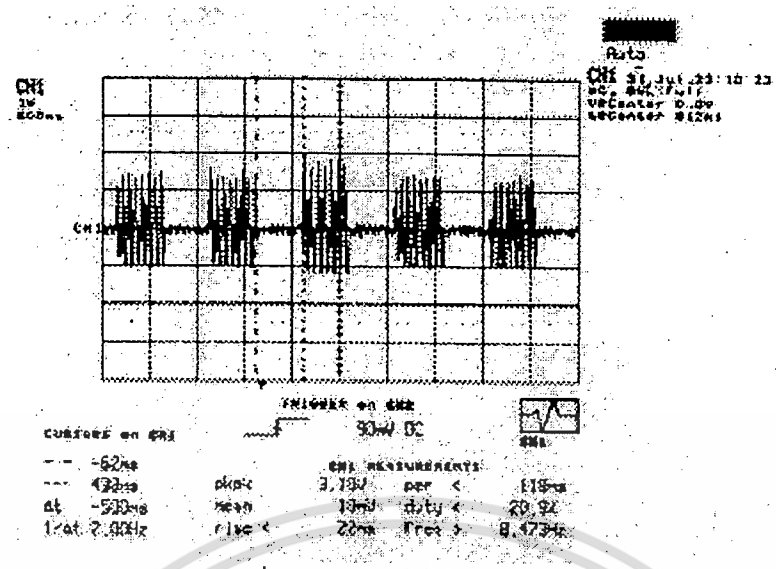


รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณให้หมุนที่ได้จากการทดลอง

4.1.2 สัญญาณสายไม่ว่าง

ได้นำเอาสัญญาณไซน์ 400 เฮิรตซ์ มาทำการปิดเปิด โดยใช้สวิทซ์อนาลอก โดยใช้สัญญาณการควบคุมการปิดเปิดจากวงจรไทม์เมอร์ซึ่งมีความถี่ 1 เฮิรตซ์ โดยมีจังหวะการปิด 0.5 วินาที และเปิด 0.5 วินาที สัญญาณที่ออกมาได้ตามต้องการดังรูปที่ 4.2

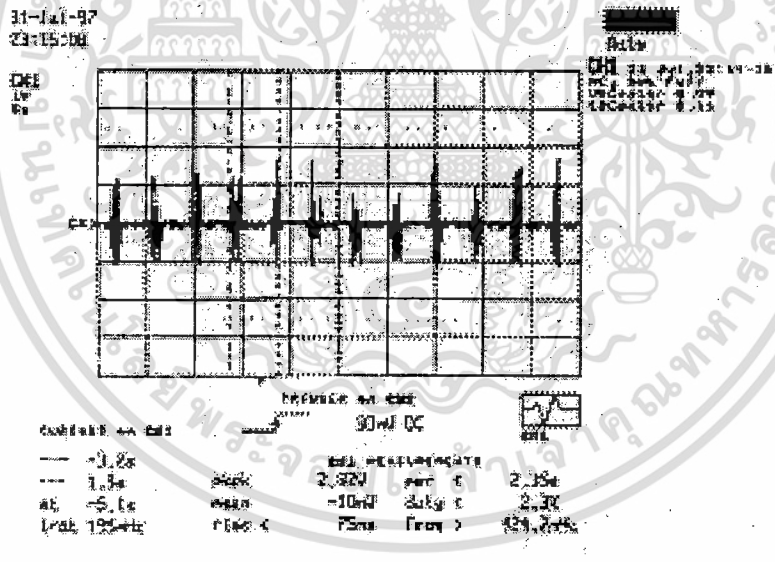
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณสายไม่ว่าง

4.1.3 สัญญาณเรียกกลับ

การทดลองเช่นเดียวกับสัญญาณสายไม่ว่าง คือจะใช้สัญญาณไซน์ 400 เฮิรตซ์ มาปิดเปิด เป็นจังหวะด้วยสัญญาณควบคุมจากวงจรไทม์เมอร์ ซึ่งมีจังหวะเปิด 1 วินาที และปิด 4 วินาที ซึ่งให้ผลการทดลองตามต้องการ



รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณเรียกกลับ

4.1.4 สัญญาณเรียก

จากการทดลองสัญญาณเรียกโดยใช้สัญญาณควบคุมเดียวกับสัญญาณเรียกกลับไปควบคุมการทำงานไตรแอด ในการปิดเปิดสัญญาณไฟกระแสสลับ 50 เฮิรตซ์ ระดับศักดาประมาณ 60 โวลท์ ซึ่งได้ผลตามต้องการ แต่จะมีปัญหาเล็กน้อย เมื่อนำสัญญาณดังกล่าวนี้ในการใช้งานจริงไปขับกระดิ่งโทรศัพท์ ปรากฏว่าระดับแรงดันลดลงเหลือแค่ประมาณ 30 โวลท์ ซึ่งเกิดจากชุดจ่ายกำลังจ่ายกำลังไม่พอ ทำให้สัญญาณกระดิ่งไม่ค่อยดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2. วงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ (SLIC)

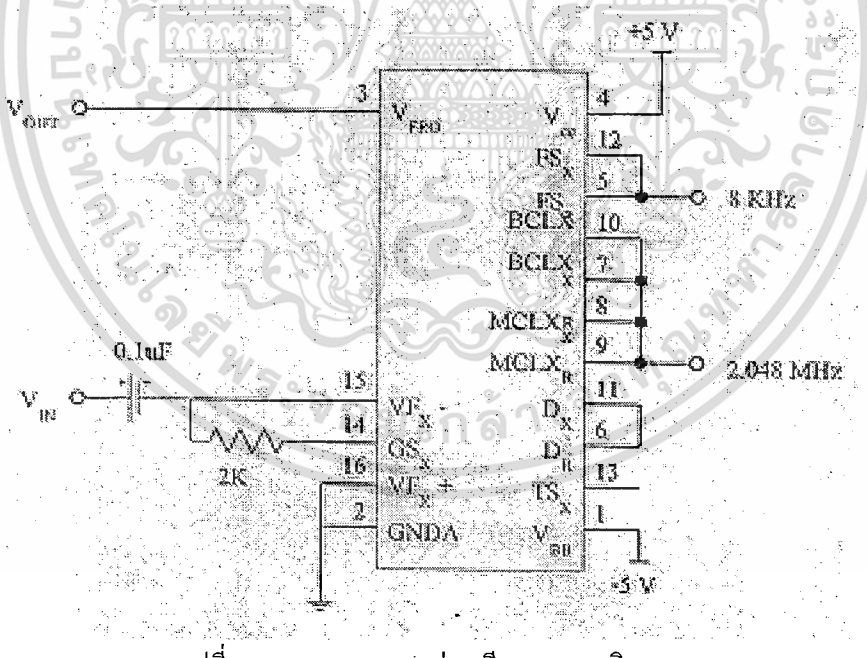
การทดลองได้ทดลองต่อวงจร สลิก (SLIC) ในโปรโตบอร์ด และได้ผลทดลองดังนี้

- เมื่อต่อกับโทรศัพท์ สามารถจ่ายกระแสให้กับโทรศัพท์ได้
- เมื่อยกหูโทรศัพท์ สัญญาณที่ ขา 13 (HD) มีระดับเป็น 0 (Low) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถที่จะตรวจจับการยกหูหรือวางหูได้เพราะขณะวางหูระดับจะเป็น 5 โวลท์
- เมื่อส่งสัญญาณควบคุมการติดต่อสัญญาณเรียก (Ring Command) เป็นระดับต่ำ (Low) ตัวไอซีจะทำการขับรีเลย์ได้ทั้ง 2 จุด (ที่ขา TFP และ ที่ขา Ring Feed) แต่จากการทดลองยังไม่ป้อนสัญญาณเรียก (Ringing)
- เมื่อทดลองต่อวงจรนี้ 2 วงจร และต่อโทรศัพท์ทั้ง 2 วงจรต่อขา Rx (21) ของวงจรหนึ่งกับขา OUT (18) ของอีกวงจรและกลับการต่อขา Rx (21) อีกวงจรกับขา OUT (18) ของอีกวงจรและทดลองสนทนากัน ผลที่ได้สามารถคุยกันได้รู้เรื่อง คุณภาพเสียงชัดเจนดี สรุปแล้วในส่วนของวงจรนี้สามารถทำงานได้ดี จึงได้ทำการออกแบบลายวงจรของส่วนนี้ เมื่อความสะดวกในการใช้งานและการประกอบเข้ากับส่วนวงจรอื่น ๆ ในลักษณะบอร์ดลูก (Daughter Board) ต่อไป

4.3. วงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข

การทดลองและผลการทดลองมีดังนี้

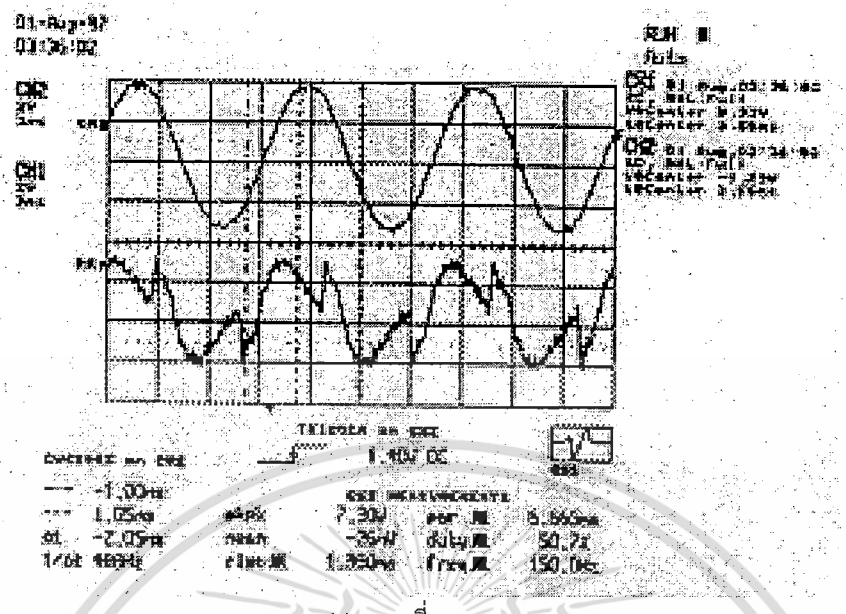
- ใช้ไอซีเบอร์ MC145557 ต่อวงจรตามรูปที่ 4.4



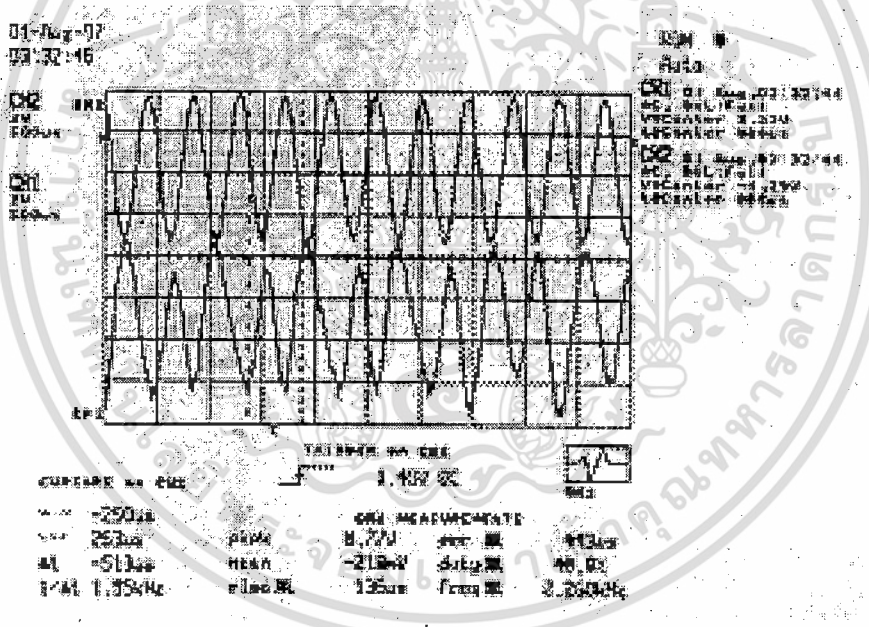
รูปที่ 4.4 วงจรการทดลองผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข

โดยใช้ไอซีนี้เพียงตัวเดียวในการแปลงสัญญาณเชิงอุปมาน ไปเป็นสัญญาณเชิงเลขและแปลงกลับจากเชิงเลขเป็นเชิงอุปมาณ โดยสัญญาณอนาลอกที่ป้อนเป็นสัญญาณไซน์ที่ความถี่ต่าง ๆ กัน ซึ่งได้ผลดังนี้ สัญญาณที่แปลงกลับมาจะได้สัญญาณคล้ายกับสัญญาณที่ป้อนในช่วงความถี่ ประมาณ 200 – 3400 เฮิรตซ์ นอกเหนือจากความถี่นี้ สัญญาณที่แปลงกลับมาจะมีขนาดเล็กมากและผิดเพี้ยนไป และสัญญาณที่แปลงกลับมาเหมือนกับสัญญาณที่ป้อนมากที่สุด ในช่วงความถี่ 2–3 กิโลเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

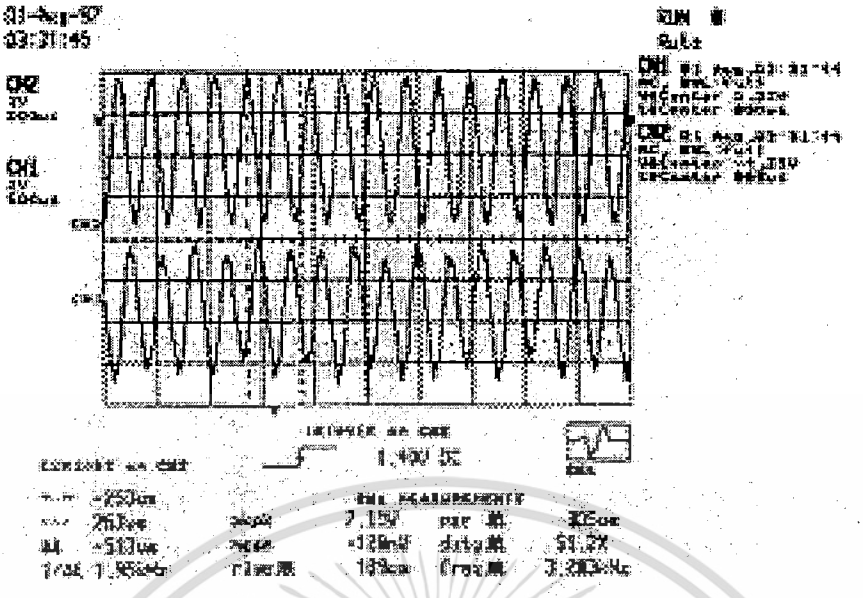


(a) ความถี่ 150 Hz

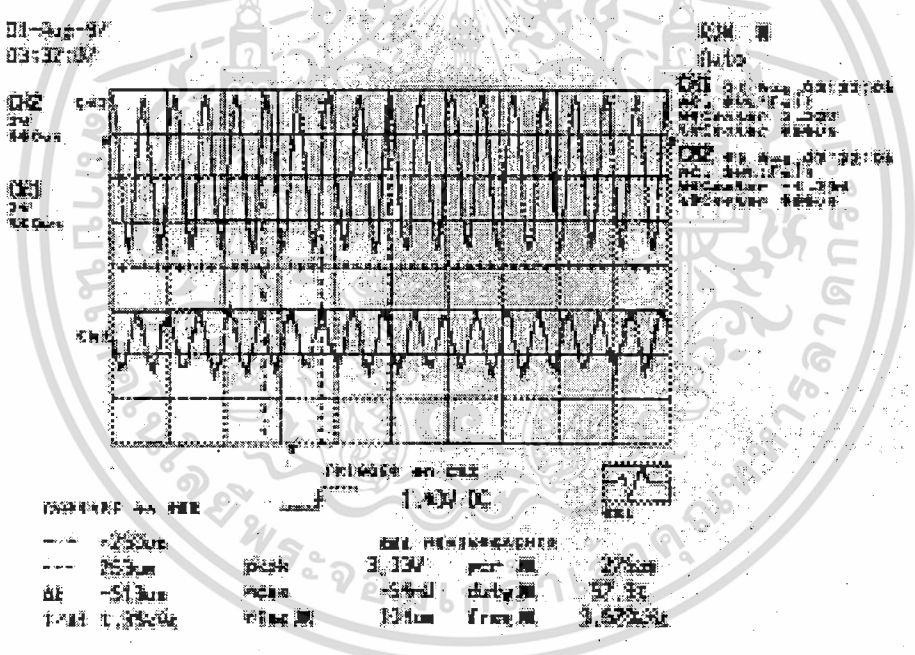


(b) ความถี่ 2,260 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(c) ความถี่ 3,280 Hz



(d) ความถี่ 3,600 Hz

รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณจากการทดลองวงจรผ่านเสียงพูดแบบเชิงเลข ที่ความถี่ต่างๆ (CH2 อินพุท, CH1 เอาท์พุท)

- และเมื่อใช้ไอซี 2 ตัวและใช้สัญญาณควบคุมคนละชุดกัน ก็สามารถทำงานได้เหมือนกันแต่ต้องมีวงจรที่ทำหน้าที่พักข้อมูลไว้ชั่วคราวซึ่งได้แก่ ไอซีที่หน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ดังที่ได้ออกแบบไว้ใน บทที่ 3 ดังกล่าวข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4. วงจรเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

จากวงจรที่ได้ออกแบบในบทที่ 3 เมื่อนำมาทดลองโดยการทดสอบการรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทต่างๆ สามารถทำงานได้ดี และในส่วนของวงจรการอินเตอร์รัพท์ได้ทดลอง โดยการยกหู การกดคีย์ สามารถทำงานได้เช่นกัน รวมทั้งการอินเตอร์รัพท์จากสัญญาณนาฬิกาก็ทำงานได้เช่นกัน

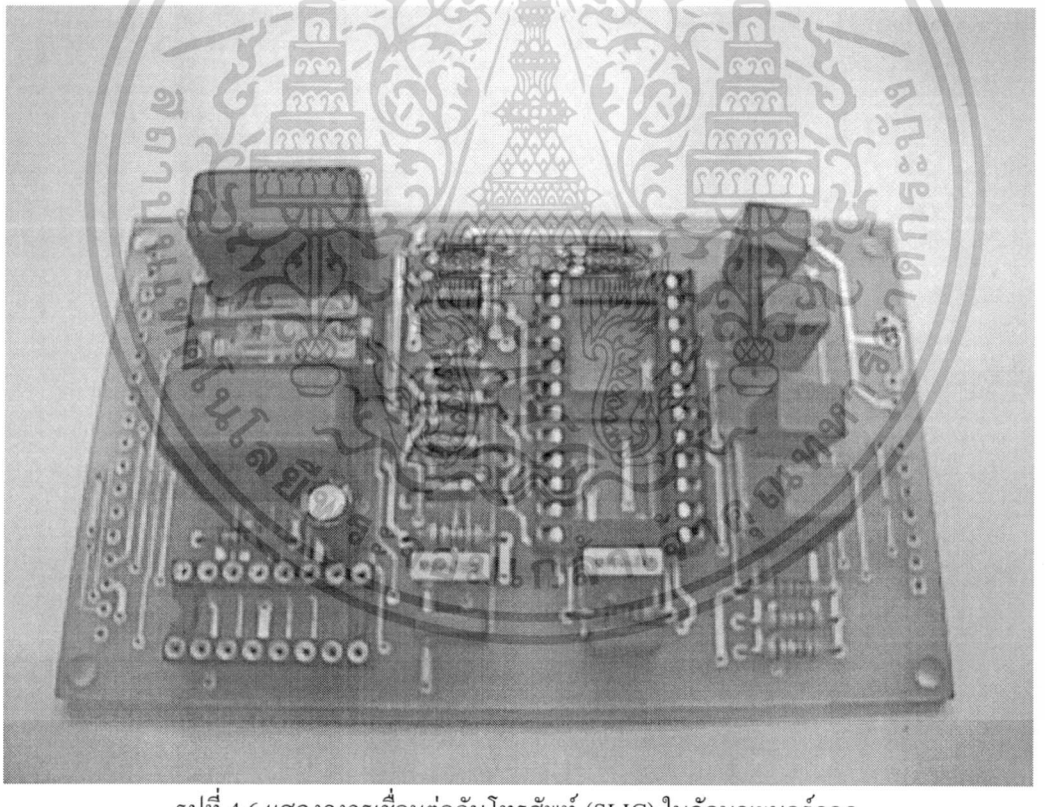
4.5. วงจรถอดรหัสสัญญาณการกดเลขหมาย

วงจรที่ได้ออกแบบทำงานได้ตามต้องการ คือสามารถถอดรหัสสัญญาณการกดคีย์แล้ว ส่งออกมาสัญญาณเชิงเลข 4 บิท รวมทั้งสัญญาณแจ้งการกดคีย์

เมื่อนำเอาวงจรทั้งหมดมาทำงานรวมกันเป็นระบบ ก็สามารถทำงานได้ คือ สามารถพูดสนทนาระหว่างโทรศัพท์ และคุณภาพเสียงก็ชัดเจนดี แต่สัญญาณควบคุมยังมีเสียงรบกวนอยู่เล็กน้อยโดยเฉพาะสัญญาณให้หมุน

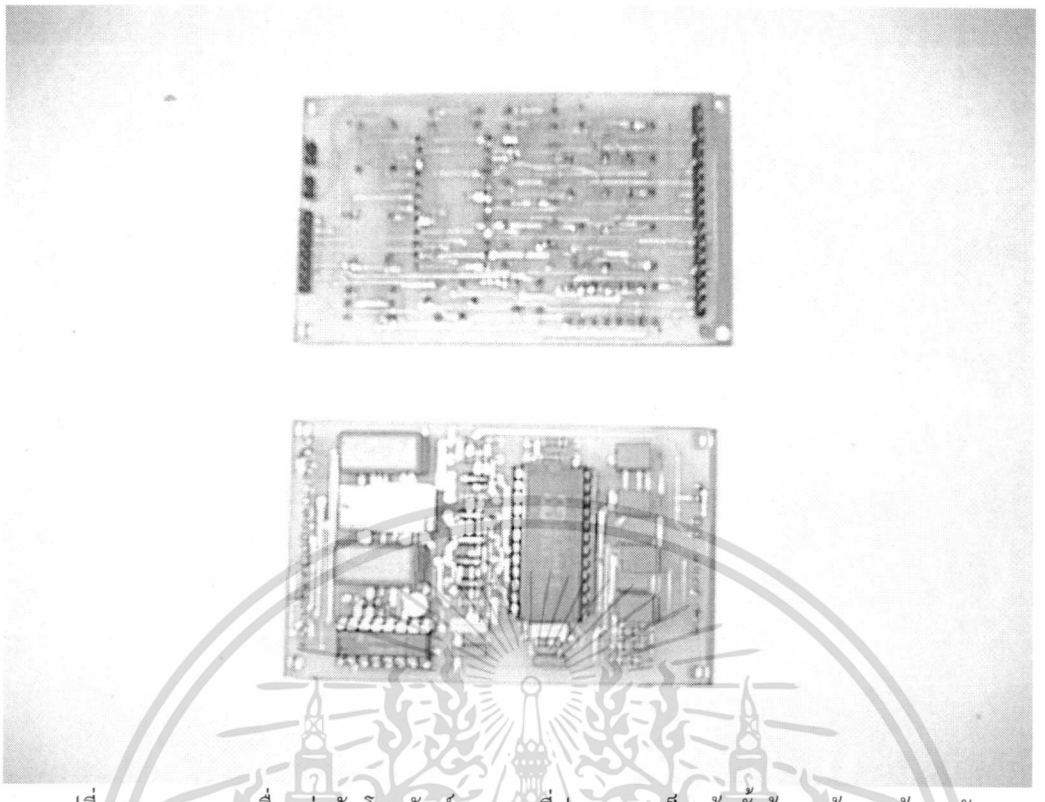
4.6. วงจรต้นแบบ

วงจรทั้งหมดเมื่อประกอบเป็นวงจรต้นแบบสามารถแสดงได้ดังในรูปที่ 4.6 ถึง 4.13

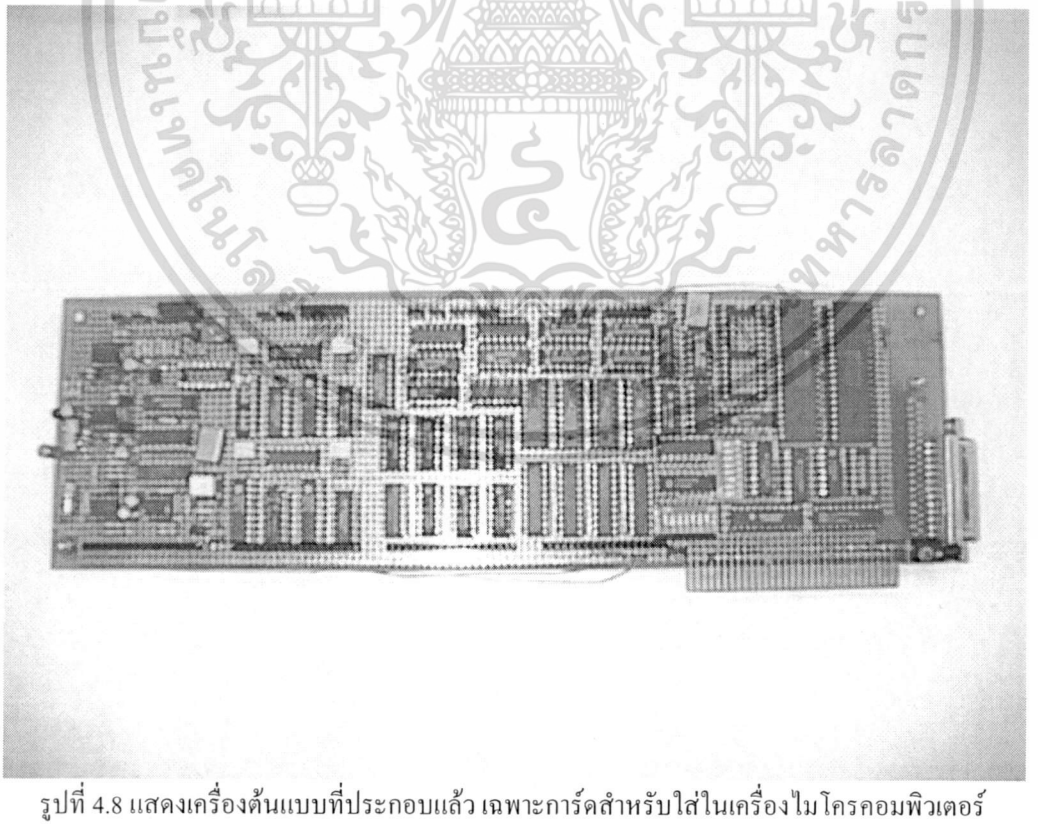


รูปที่ 4.6 แสดงวงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ (SLIC) ในลักษณะบอร์ดลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

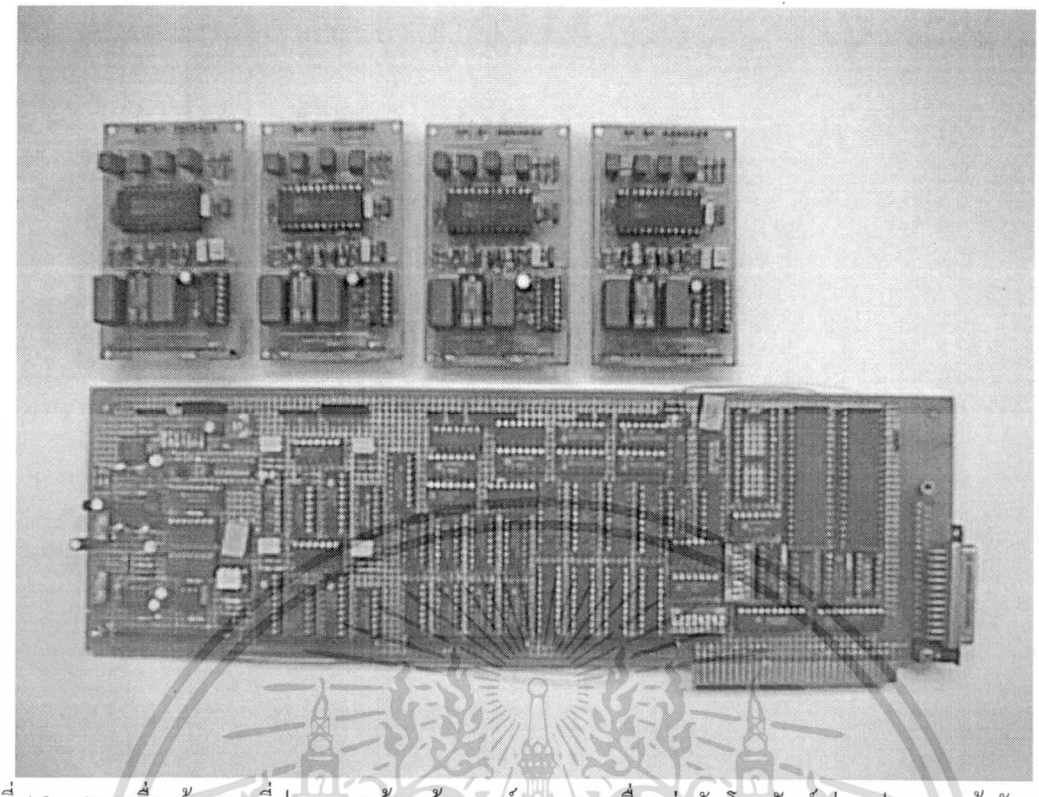


รูปที่ 4.7 แสดงวงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ (SLIC) ที่ประกอบเสร็จแล้วทั้งด้านหน้าและด้านหลัง

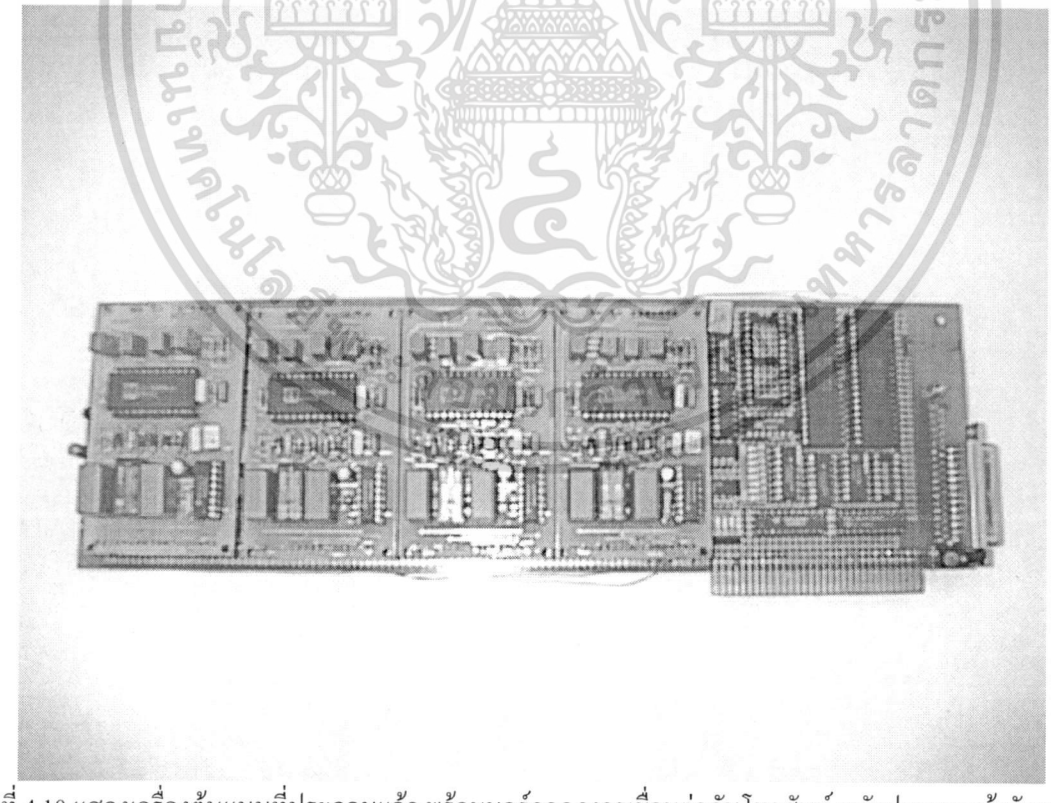


รูปที่ 4.8 แสดงเครื่องต้นแบบที่ประกอบแล้ว เฉพาะการ์ดสำหรับใส่ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

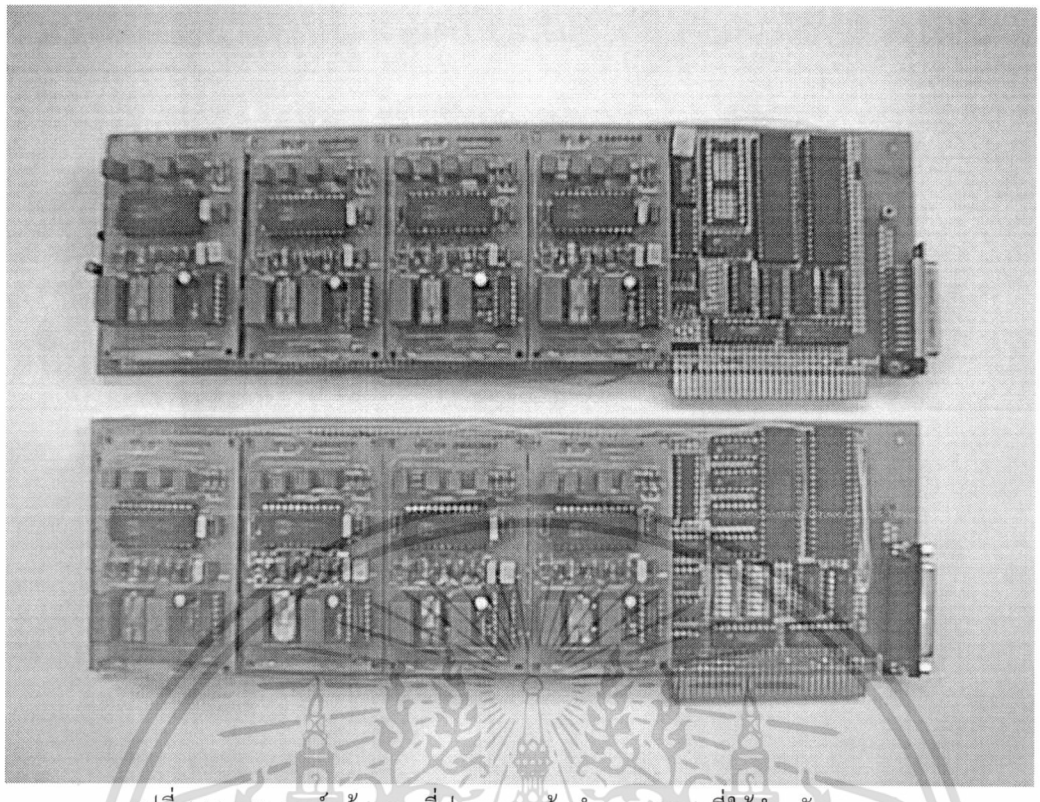


รูปที่ 4.9 แสดงเครื่องต้นแบบที่ประกอบแล้ว พร้อมบอร์ดลูกวงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ ก่อนประกอบเข้ากับการ์ด



รูปที่ 4.10 แสดงเครื่องต้นแบบที่ประกอบแล้ว พร้อมบอร์ดลูกวงจรเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ หลังประกอบเข้ากับการ์ด

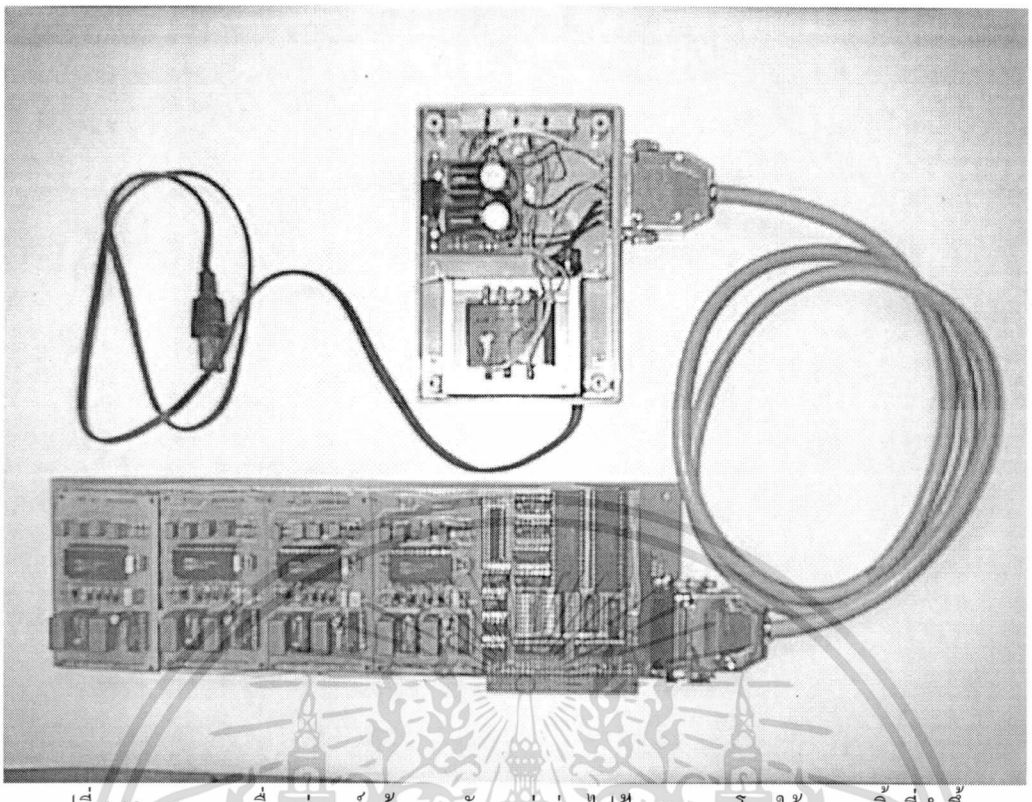
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงการ์ดต้นแบบที่ประกอบแล้ว จำนวน 2 ชุด ที่ใช้สำหรับทดสอบ

รูปที่ 4.12 แสดงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าภายนอกที่ใช้กับวงจรโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงการเชื่อมต่อการ์ดต้นแบบกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าภายนอก โดยใช้สายเคเบิ้ลที่ทำขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 โปรแกรม

(Part 2 Software)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5. หลักการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

5.1. เครือข่ายคอมพิวเตอร์ท้องถิ่น

ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์หลายตัวที่สามารถติดต่อเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ การติดต่อจะผ่านทางช่องทางการสื่อสารต่างๆ สามารถแบ่งประเภทของระบบเครือข่ายได้ดังนี้

- Wide Area Network (WAN) เป็นระบบเครือข่ายที่ติดตั้งใช้งานอยู่ในบริเวณกว้าง เช่น Internet มีโมเด็ม (Modem) เป็นอุปกรณ์ในการสื่อสาร
- Local Area Network (LAN) เป็นระบบเครือข่ายที่ใช้อยู่ในบริเวณไม่กว้างมากนัก เช่น ภายในมหาวิทยาลัย การส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง ผิดพลาดน้อย ระบบเครือข่ายท้องถิ่นออกแบบมาเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพ การใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ร่วมกัน
- Metropolitan Area Network (MAN) เป็นระบบเครือข่ายที่มีขนาดอยู่ระหว่าง LAN กับ WAN ใช้ในตัวเมืองหรือจังหวัดเท่านั้น

5.1.1 ระบบเครือข่ายท้องถิ่น

LAN มีข้อดีเหนือมินิคอมพิวเตอร์หรือเมนเฟรม (Mainframe) คือ มีการประมวลผลแบบกระจายงาน (Distributed Processing) ความรวดเร็วในการติดต่อสื่อสาร การติดต่อระหว่างสถานีผู้ใช้งาน (Interconnect station) ใช้โปรแกรมและข้อมูลร่วมกันได้ และใช้ฮาร์ดแวร์และทรัพยากรที่อยู่ร่วมกันได้

- การประมวลผลแบบกระจายงาน ในการประมวลผลแบบกระจายเมื่อสถานีของผู้ใช้บริการขอโปรแกรม และข้อมูลจาก File Server โปรแกรมคำสั่งจะสำเนาจากศูนย์บริการข้อมูลไปยังหน่วยความจำที่สถานีของผู้ใช้ เมื่อเสร็จสิ้นการใช้งานโปรแกรมและไฟล์ (File) ข้อมูลแล้วสถานีผู้ใช้จะส่งข้อมูลกลับไปเก็บยัง File Server เพื่อใช้งานต่อไป
- การประมวลผลแบบกระจายงานจะช่วยให้สถานีหลายๆ สถานี ใช้งานร่วมกันในระบบได้โดยไม่ลดความสามารถในการประมวลผลข้อมูลของแต่ละสถานี ในเครื่องคอมพิวเตอร์แบบเมนเฟรม ความสามารถในการประมวลผลจะถูกแบ่งออกไปตามจำนวนสถานี ถ้ายิ่งมีสถานีมากก็จะทำให้ประสิทธิภาพของการทำงานลดลง ในการกระจายการประมวลผลจะทำให้เพิ่มความเร็วและประสิทธิภาพของระบบได้
- ความรวดเร็วในการติดต่อสื่อสาร LAN มีสื่อใช้ในการส่งข้อมูลเป็นของตนเอง ทำให้การติดต่อสื่อสารมีความเร็วสูงมากกว่า 1 ล้านบิดต่อวินาที (Megabit/sec) ช่วยทำให้ข้อมูลทันต่อเหตุการณ์ ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล และเพิ่มความถูกต้องแม่นยำ
- การติดต่อระหว่างสถานีผู้ใช้งาน แต่ละสถานีถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน ทำให้ผู้ใช้ติดต่อหรือส่งข้อมูลระหว่างกันได้ เช่น จดหมายอิเล็กทรอนิกส์
- การใช้ประโยชน์ร่วมกัน ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ผู้ใช้สามารถจะใช้ข้อมูลและซอฟท์แวร์ร่วมกันได้เพื่อลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล สื่อบันทึกข้อมูล ค้นหาตรวจสอบข้อมูลได้รวดเร็วถูกต้อง
- การใช้ทรัพยากรร่วมกัน ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์อนุญาตให้ใช้อุปกรณ์ร่วมกันช่วยลดความซ้ำซ้อนของอุปกรณ์ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ท้องถิ่นได้พัฒนาขึ้นมาหลายแบบ แต่ที่นิยมให้กันมากกว้างขวางเป็นระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบ ISO-OSI (Open System Interconnection) ซึ่งมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

- มีความยืดหยุ่นสูง ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในการเพิ่มหรือลดอุปกรณ์ในเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เป็นโครงสร้างที่สามารถขยายสาขาพิเศษออกไปได้เมื่อต้องการ
- ตัวกลางในการส่งข้อมูลและระบบควบคุมสามารถขยายออกไปได้
- เป็นระบบที่ความเชื่อถือได้สูง ถ้าสายส่งข้อมูลหรือเครื่องใดเสียหาย จะไม่ทำให้การรับส่งข้อมูลของเครื่องอื่นเสียหายไปด้วย
- เป็นระบบที่กระจายการควบคุมเพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้ของข้อมูล

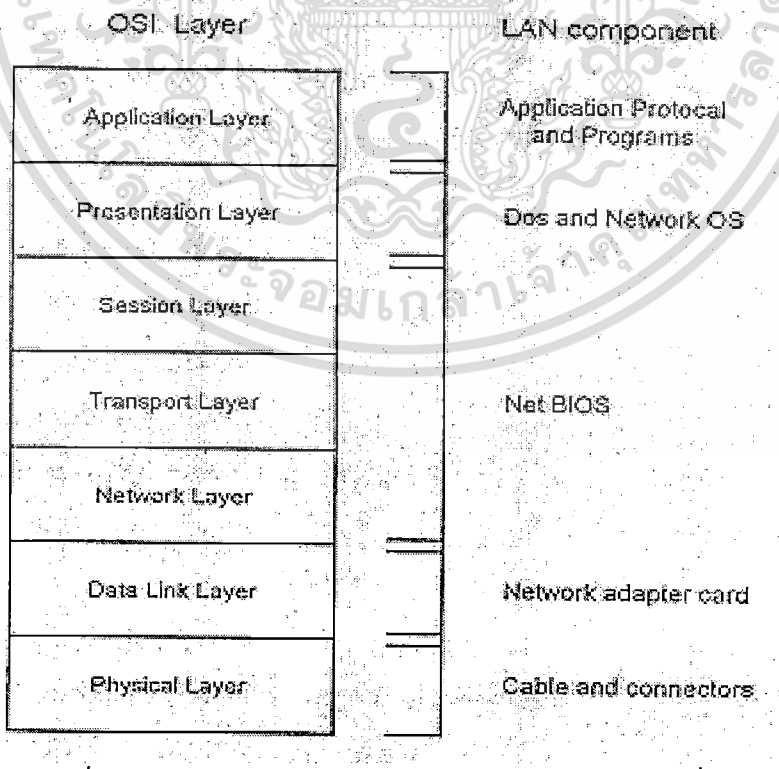
5.1.2 มาตรฐานของระบบเครือข่ายท้องถิ่น

ระบบเครือข่ายท้องถิ่นมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง ถึงมีการกำหนดมาตรฐานของระบบขึ้นเพื่อให้ระบบเครือข่ายของแต่ละบริษัทที่มีความแตกต่างกันในด้านโทโพโลยี (Topology) และชนิดของสายส่งข้อมูล สามารถเชื่อมต่อกันได้

สถาบันที่สำคัญในการกำหนดมาตราฐาน ได้แก่ IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) และ ANSI (American National Standards Institute) ทั้งสองสถาบันได้กำหนดมาตราฐานฮาร์ดแวร์ของระบบเครือข่ายท้องถิ่นขึ้นมา รวมทั้งคำจำกัดความอย่างเป็นทางการของระบบเครือข่าย เช่น Ethernet เป็นต้น

5.1.3 OSI Model

Open System Interconnection (OSI) เป็นโมเดล (Model) ที่พัฒนาขึ้นโดย International Standard Organization (ISO) เพื่อเป็นมาตรฐานในการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ และเป็นโครงสร้างที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับเปรียบเทียบระบบเครือข่ายทางทฤษฎี โมเดลของ OSI แบ่งออกเป็น 7 ชั้น ซึ่งแต่ละชั้นจะประกอบกันเป็นพื้นฐานเพื่อเป็นแนวความคิดในการออกแบบและการนำระบบเครือข่ายไปใช้งาน โมเดล OSI จะบรรยายกระบวนการติดต่อสื่อสารตามลำดับขั้นของชั้น แต่ละชั้นจะกำหนดการติดต่อกับชั้นที่ติดกัน ซึ่งการติดต่อเหล่านี้มีความยืดหยุ่นที่จะให้ผู้ออกแบบระบบใช้โปรโตคอล ได้หลายแบบโดยที่ระบบยังอยู่ในมาตรฐาน



รูปที่ 5.1 โมเดล OSI เทียบกับองค์ประกอบในระบบเครือข่ายท้องถิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3.1 ชั้นที่ 1 Physical Layer

ในชั้นนี้เป็นการกำหนดกลไก สัญญาณไฟฟ้า การติดต่อกับระบบย่อย (Subnet) และกำหนดโทโพโลยีของระบบเครือข่าย

5.1.3.2 ชั้นที่ 2 Data Link Layer

กำหนดโปรโตคอลที่เครื่องแม่จะต้องใช้ในการส่งและรับข้อมูลบนระบบเครือข่าย Data Link Layer จะประกอบข้อมูล เป็น Physical-layer-service-data-units หรือเฟรม (Frame) นอกจากนี้ชั้นนี้ยังใช้การแก้ไขข้อผิดพลาดทางกายภาพ (Physical Error) ของระบบเครือข่าย แต่ไม่มีหน้าที่แก้ไขข้อผิดพลาดของโปรโตคอล

5.1.3.3 ชั้นที่ 3 Network Layer

- Routing ภายใน Subnet
- Sequenced Delivery
- Congestion Control

มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของ Subnet และรับผิดชอบในการส่งกลุ่มข้อมูลสื่อสารให้ถูกต้องในระบบเครือข่าย

5.1.3.4 ชั้นที่ 4 Transport Layer

- การจัดการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องกับเครื่อง
- Message Segmentation และ Multiplexing
- Reliable End-to-end Delivery
- End-to-end Flow Control

รับผิดชอบในการติดต่อสื่อสาร ระหว่างกระบวนการของเครื่องแม่โดยไม่มีข้อผิดพลาดอาจทำโดยผ่าน Circuit หรือ Datagram Service ก็ได้ แบบ Circuit จะเหมือนกับการพูดโทรศัพท์ ส่วนแบบ Datagram จะเหมือนการส่งจดหมาย

5.1.3.5 ชั้นที่ 5 Session Layer

- การเริ่มเชื่อมต่อ การเลิกการติดต่อ
- Dialogue Discipline
- การ Synchronize ระหว่าง Task ของผู้ใช้ (End-user)

ทำงานเหมือนกับการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับระบบเครือข่าย ให้การบริการโดยตรงที่ให้อุปกรณ์ต่างๆ อ้างอิงด้วยชื่อแทนที่จะอ้างถึงโดยตำแหน่งของมัน และมีหน้าที่แก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดจากการส่งข้อมูลที่ขาดความเชื่อถือ

5.1.3.6 ชั้นที่ 6 Presentation Layer

- การกำหนดรูปแบบของข้อมูล (Syntax)
- การลดขนาดของข้อมูล (Data Compression)
- การเข้ารหัสข้อมูล (Data Encryption)

ชั้นนี้จะกำหนดว่าโปรแกรมประยุกต์จะเข้าสู่ระบบเครือข่ายได้อย่างไร และทำงานบางอย่าง เช่น การลดขนาดข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3.7 ชั้นที่ 7 Application

- การติดต่อสื่อสารระหว่างกระบวนการกับกระบวนการในโปรแกรม

5.1.4 โมเดล OSI กับระบบเครือข่ายท้องถิ่น

ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบเครือข่ายท้องถิ่นกับโมเดล OSI มีดังนี้

ชั้นที่ 1 รวมถึงสื่อที่ใช้ในการส่งข้อมูล เช่น สายโทรศัพท์ สายโคแอกเชียล (Coaxial) หรือเส้นใยแก้วนำแสง (Optical Fiber) รวมถึงตัวเชื่อมต่อ ตัวขยายสัญญาณและอุปกรณ์อื่นๆ ในการรับส่งบิตข้อมูล

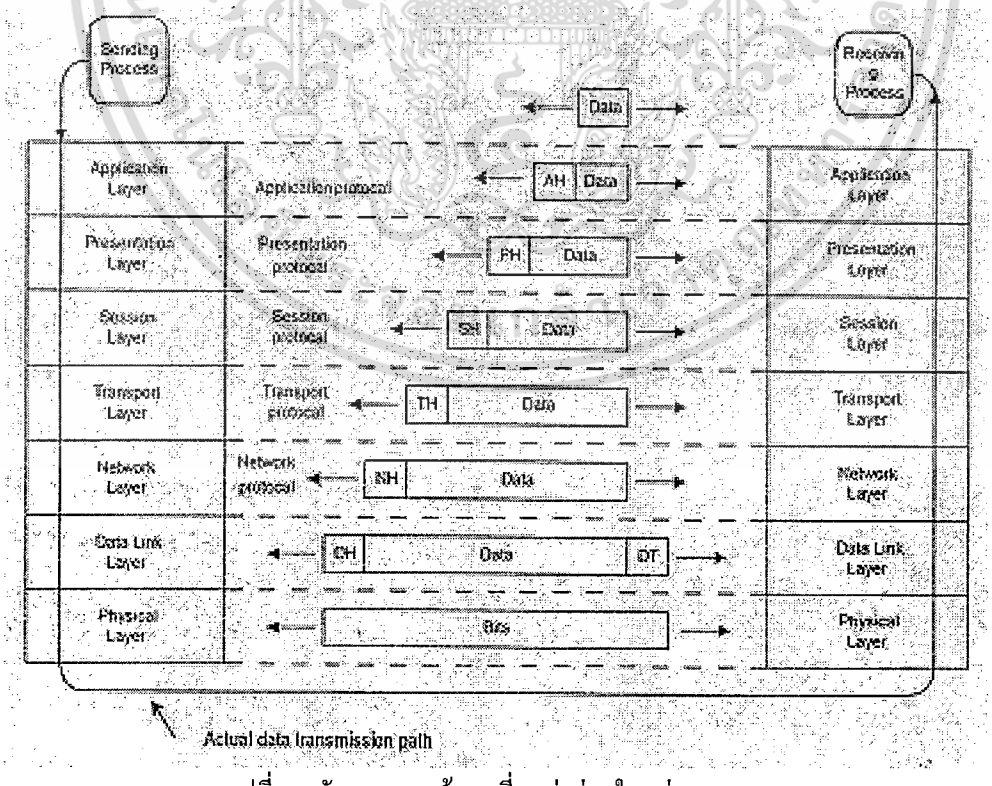
ชั้นที่ 2 นำไปใช้งานบน Network Interface Card (NIC) กำหนดข้อมูลจากชั้นที่สูงขึ้นไปให้อยู่ในลำดับที่กำหนด เช่น Ethernet, Token Ring, Star LAN, ARCNET และรูปแบบอื่น ๆ จะแตกต่างกันออกไป ซึ่งแต่ละเฟรมจะเป็นข้อมูลพื้นฐานของระบบเครือข่ายท้องถิ่น การทำงานอื่น ๆ ในชั้นนี้ก็คือ กำหนดตำแหน่งของต้นทางและปลายทางเพื่อระบุผู้ส่งและผู้รับของเฟรม รวมทั้งเช็คความผิดพลาดต่าง ๆ โดยวิธี CRC (Cyclic Redundancy Check)

ชั้นที่ 3 ถึง 5 นำไปใช้งาน NetBIOS (Network Basic Input/Output System) NetBIOS จะมีฟังก์ชันสำหรับ Session Layer เพื่อจัดการเชื่อมต่อทางตรรกะ ระหว่างสถานีผู้ใช้ในระบบเครือข่ายท้องถิ่น ส่วนฟังก์ชันใน Transport Layer และ Network Layer ไม่ต้องใช้ในระบบเครือข่ายท้องถิ่น แต่จะพบได้ใน WAN

NetBIOS อาจจะอยู่ใน ROM บนการ์ดเชื่อมโยงระบบเครือข่าย หรือจำลองอยู่ในซอฟท์แวร์ที่สถานีผู้ใช้และศูนย์บริการข้อมูล

ชั้นที่ 6 นำไปใช้งานระบบปฏิบัติการของระบบเครือข่าย (NOS) และการจำลองใน DOS ที่สัมพันธ์กัน

ชั้นที่ 7 โปรแกรม Protocol และโปรแกรมประยุกต์



รูปที่ 5.2 ลักษณะของข้อมูลที่ถูกส่งผ่านในแต่ละ Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5 องค์ประกอบของ LAN

ระบบ LAN มีองค์ประกอบหลัก ๆ 3 ส่วนดังนี้

- อุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์
- โปรแกรมควบคุมระบบ หรือ ซอฟท์แวร์
- ตัวกลางนำข้อมูล (Media)

ฮาร์ดแวร์ที่ใช้เชื่อมต่อระบบ LAN ส่วนใหญ่จะออกแบบมาเป็นการ์ด หรือแผงวงจรที่ใส่ลงในช่องสล็อต (Slot) ของไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งการ์ดเหล่านี้จะมีช่องอยู่ด้านหลังของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ต่อเข้ากับสายที่ใช้เชื่อมโยงเครือข่าย หรือที่เรียกว่า ตัวกลางนำข้อมูลซึ่งโดยทั่วไปจะใช้สายได้หลายประเภท เช่น สายโทรศัพท์ สายโคแอกเชียล สายนำสัญญาณด้วยแสง เป็นต้น ขึ้นอยู่กับ Network Card ที่ใช้

นอกจากอุปกรณ์สองส่วนที่กล่าวมาแล้ว โปรแกรมควบคุมระบบ Network หรือที่เรียกว่า Network Operating System (NOS) ก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญมาก เพราะนอกจากฮาร์ดแวร์แล้วการที่ระบบจะรู้ว่าข้อมูลที่ใช้งานอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ของตนเอง หรือ เครื่องอื่นในระบบนั้นโปรแกรมควบคุมระบบ Network จะเป็นผู้จัดการ ดังนั้นโปรแกรมควบคุมระบบที่ดีจะต้องทำให้ผู้ใช้ไม่เห็นความแตกต่างของการใช้งาน ไม่ว่าจะอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ของตนเองหรือทำงานโดยใช้ข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์อื่นในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งโปรแกรมควบคุมระบบ LAN ที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการอื่นเช่น OS/2 LAN Manager อีกประเภทหนึ่งคือ โปรแกรมควบคุมระบบ LAN ที่สร้างระบบปฏิบัติการของตนเองขึ้นมา เช่น NetWare เป็นต้น

5.2. NetWare and Netware Interface

NetWare เป็นโปรแกรมควบคุมระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ หรือ "Network Operating System" โปรแกรมหนึ่งที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Novell ระบบปฏิบัติการ NetWare จะถูกติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องใดเครื่องหนึ่งในระบบ Network หลังจากที่ติดตั้งเรียบร้อยแล้วคอมพิวเตอร์เครื่องนั้นจะถูกเรียกว่า "เซอร์เวอร์" (Server) โดยทำหน้าที่ให้บริการแก่เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย โดยให้บริการฮาร์ดดิสก์ และพรินเตอร์ เครื่องอื่น ๆ ที่มาใช้บริการจะเรียกว่า "สถานีใช้งาน" (Workstation) โดยทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการต่าง ๆ เช่น DOS OS/2 เป็นต้น และจะเข้าไป ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ของเซอร์เวอร์ได้ ต้องโหลด (Load) โปรแกรม "LAN Shell" ซึ่งเป็นโปรแกรมฝังตัวขึ้นมาก่อน

โปรแกรม NetWare ผู้ใช้สามารถกำหนดได้ว่า จะใช้งานร่วมกับการ์ดประเภทไหน ดังนั้น NetWare จึงใช้งานได้กับการ์ดหลายแบบและการเชื่อมต่อในแบบต่าง ๆ กันและสามารถใช้งานได้กับผลิตภัณฑ์ของผู้ผลิตต่าง ๆ กัน โดยผู้ใช้จะต้องทำการระบุขั้นตอนที่ทำการติดตั้งโปรแกรม NetWare ร่วมกับฮาร์ดแวร์ต่างชนิดกัน อาจมีผลทำให้ความเร็วในการทำงานต่างกันบ้าง ขึ้นอยู่กับความเร็วในการส่งข้อมูลประเภทนั้น และไดรเวอร์ (Driver) ของ NetWare ที่ใช้งานร่วมกับการ์ดนั้น ๆ ซึ่งความเร็วของการใช้งานจะยิ่งเห็นได้ชัดเจนเมื่อมีจำนวนสถานีใช้งานเพิ่มมากขึ้นในระบบ

5.2.1 ส่วนประกอบของระบบเครือข่าย NetWare

ระบบเครือข่าย NetWare จะประกอบด้วยศูนย์บริการข้อมูล สถานีผู้ใช้ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ต่อเชื่อมกับศูนย์บริการข้อมูล

ศูนย์บริการข้อมูล เป็นหัวใจของระบบเครือข่าย NetWare ทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับการใช้ไฟล์ร่วมกัน ระบบรักษาความปลอดภัยของข้อมูล การทำงานติดต่อกันระหว่างสถานีการใช้ดิสก์ร่วมกัน ผู้ใช้ระบบเครือข่ายอาจตรวจสอบและควบคุมการทำงานของศูนย์บริการข้อมูลได้จากจอภาพของศูนย์บริการข้อมูล ผู้ใช้สามารถเริ่มและหยุดศูนย์บริการข้อมูล กำหนดเวลาการใช้งาน ควบคุมการทำงานอื่น ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องพิมพ์ของระบบเครือข่าย ศูนย์บริการข้อมูลแต่ละตัวจะต่อเครื่องพิมพ์ได้ไม่เกิน 5 เครื่อง และจะเป็นเครื่องพิมพ์ของระบบ ผู้ใช้ใด ๆ สามารถใช้งานได้โดยเรียกผ่านศูนย์บริการข้อมูล

ดิสก์ของระบบเครือข่าย ศูนย์บริการแต่ละตัวอาจมีฮาร์ดดิสก์ ตั้งแต่ 1 ตัว หรือ มากกว่าก็ได้ เรียกฮาร์ดดิสก์ ชนิดนี้เรียกว่า Network Disks

ดิสก์ของระบบจะแบ่งเป็น Volume, Directory, File

- *Volume* : Server แต่ละตัวจะต้องมีที่เก็บข้อมูลอย่างน้อย 1 Volume คือ SYS: VOLUME ซึ่งถูกสร้างขึ้นเมื่อทำการติดตั้งเซอร์เวอร์
- *ไดเร็กทรอรี (Directory)* : แต่ละโวลุ่ม (Volume) จะแบ่งเป็นหน่วยทางลอจิก (Logic) ที่เรียกว่า "ไดเร็กทรอรี" ในไดเร็กทรอรีหนึ่ง ๆ อาจประกอบด้วยไดเร็กทรอรีย่อยอีกก็ได้ แต่ละระดับของ ไดเร็กทรอรีในโวลุ่มของระบบเครือข่ายจะประกอบด้วยไดเร็กทรอรีย่อยอีกก็ได้ แต่ละระดับของ ไดเร็กทรอรีในโวลุ่มของระบบเครือข่ายจะประกอบเป็นโครงสร้างตามลำดับขั้น หรือ "Hierarchical Directory Structure" ผู้ติดตั้งระบบจะเป็นผู้กำหนดจำนวนสูงสุดของไดเร็กทรอรีที่มีในแต่ละโวลุ่ม ในระหว่างการติดตั้งระบบและหลังจากการติดตั้งระบบแล้ว ผู้ควบคุมระบบจะเป็นคนกำหนดสิทธิในการใช้ไดเร็กทรอรีให้กับผู้ใช้แต่ละคน
- *ไฟล์* เป็นชุดข้อมูลที่ถูกเก็บไว้รวมกัน

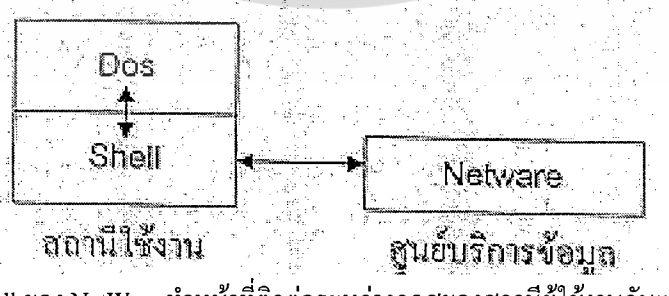
สถานีของผู้ใช้ ผู้ใช้แต่ละคนสามารถสร้าง เก็บ และเรียกใช้งานไฟล์ที่อยู่ในเซอร์เวอร์ได้จากสถานีของผู้ใช้ โดยสถานีของผู้ใช้จะประกอบด้วย จอภาพ แป้นพิมพ์ ดิสก์ที่สถานีผู้ใช้ และหน่วยประมวลผล (CPU) ติดต่อกับระบบปฏิบัติการของเซอร์เวอร์โดย Network Shell

ดิสก์ประจำสถานีผู้ใช้ ที่สถานีของผู้ใช้งานจะประกอบด้วย Local Disk ตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นในซึ่งดิสก์เหล่านี้ไม่ได้ใช้สำหรับการชี้ไปยังไดร์ฟของระบบเครือข่ายหรือไดเร็กทรอรี ของระบบเครือข่าย

ไดร์ฟของระบบเครือข่าย ในระบบเครือข่ายสามารถกำหนดหมายเลขไดร์ฟ ให้ชี้ไปยังไดเร็กทรอรี ของระบบเครือข่ายได้ ซึ่งไดร์ฟดังกล่าวจะเรียกว่า "Network Drive" ระบบเครือข่าย NetWare แต่ละสถานีสามารถกำหนดอักษรกำกับไดร์ฟได้ 26 ไดร์ฟ

5.2.2 การทำงานของ NetWare

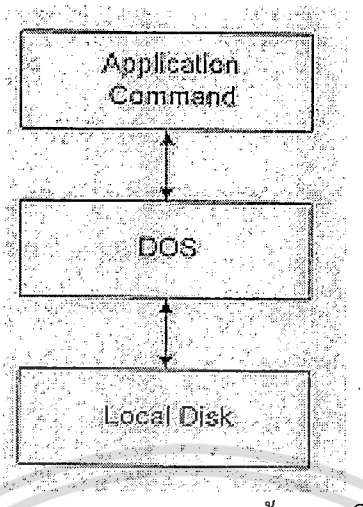
ระบบปฏิบัติการ NetWare จะสนับสนุนการใช้งานเครื่องไมโครคอมพิวเตอรีที่ต่างกันหรือมีระบบปฏิบัติการที่ต่างกัน โดยไม่ต้องมีการแบ่งเนื้อที่บนดิสก์ ไฟล์ทั้งหมดและสถานีผู้ใช้ เพื่อให้ DOS ติดต่อกับ NetWare ได้



รูปที่ 5.3 Shell ของ NetWare ทำหน้าที่ติดต่อระหว่างดอสของสถานีผู้ใช้งานกับเซอร์เวอร์

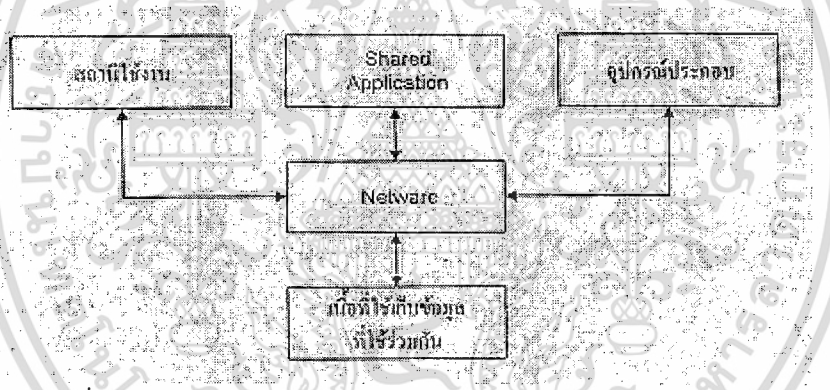
DOS, NetWare และ Shell จะทำงานร่วมกันเพื่อช่วยในการใช้งานข้อมูล และฮาร์ดแวร์ร่วมกัน ดอสออกแบบให้ประมวลผลโปรแกรมที่สถานีผู้ใช้ในสภาพแวดล้อมแบบผู้ใช้คนเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 การทำงานของดอส (สภาวะแวดล้อมแบบมีผู้ใช้คนเดียว)

NetWare ออกแบบมาให้ประมวลผลในสภาพแวดล้อมที่มีผู้ใช้หลายคน ซึ่งจะช่วยในการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ร่วมกัน ใช้งานโปรแกรมร่วมกัน ควบคุมไดเร็กทรอรีที่ซับซ้อน ที่เซอร์เวอร์



รูปที่ 5.5 การทำงานของ NetWare (สภาวะแวดล้อมแบบมีผู้ใช้หลายคน)

การรักษาความปลอดภัยและการจัดการไฟล์ ที่ดอสไม่ได้จัดการให้ แต่จะถูกจัดการโดย NetWare ที่เซอร์เวอร์โดย NetWare กำหนดบุคคลที่มีคุณสมบัติดังนี้

- ผู้ที่สามารถใช้งานเซอร์เวอร์ได้
- ผู้ที่สามารถใช้งานไฟล์ได้
- ผู้ที่สามารถใช้งานไฟล์ร่วมกันได้

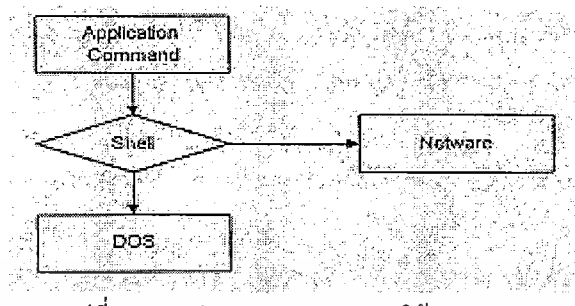
NetWare นั้นไม่ใช้ดอสในสภาพแวดล้อมของระบบเครือข่าย แต่ดอสจะถูกใช้ที่สถานีผู้ใช้เท่านั้น เพื่อทำงานบนไดร์ฟที่เป็นของตัวเอง

NetWare จะควบคุมการสร้างและจัดการบนเซอร์เวอร์ ในขณะที่ Network Shell จะช่วยให้ดอสและ NetWare ติดต่อกันได้

NetWare Shell ซึ่งมีขนาดประมาณ 40 Kbytes จะอยู่ที่สถานีของผู้ใช้ และดักการเรียกใช้อินเตอร์รัพท์ 21H (การขอข้อมูลหรือคำสั่งของ NetWare ที่อยู่บนเซอร์เวอร์)

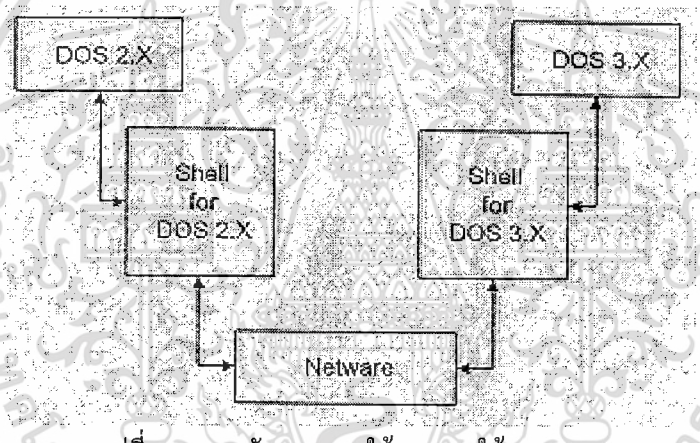
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดอสจะเปรียบเทียบได้กับผู้ที่พูดและเข้าใจเฉพาะภาษาอังกฤษ ส่วน NetWare เป็นผู้ที่พูดและเข้าใจเฉพาะภาษาไทย NetWare Shell จะเป็นล่ามระหว่าง ดอส และ NetWare



รูปที่ 5.6 การทำงานของ Shell ภายใต้ NetWare

Shell จะทำให้ NetWare ต่างไปจากระบบปฏิบัติการของระบบเครือข่ายอื่น ๆ เพราะไม่จำกัดว่าสถานีของผู้ใช้ดอส รุ่นไหน NetWare จะสนับสนุนดอส ตั้งแต่ 2.xx ขึ้นไป



รูปที่ 5.7 การสนับสนุนการใช้ดอสภายใต้ NetWare

5.2.2.1 การวิเคราะห์ NetWare เปรียบเทียบกับ OSI Model

Novell's NetWare คือ NetWare Operating System (NOS) มีพื้นฐานจาก Xerox Network System (XNS) Protocol ซึ่งพัฒนาโดย Xerox Corporation Palo Alto Research Center XNS มีลักษณะสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกำหรับการจัดฟังก์ชันในแต่ละ Layer XNS ใช้วิธีตรง ๆ ในการ Addressing ใน NetWork และ Internetwork XNS จึงเหมาะที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับ LAN โดยบริษัทอื่นที่ผลิตผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับ LAN เช่น 3com ใช้ XNS เป็นพื้นฐานด้วยเช่นกัน

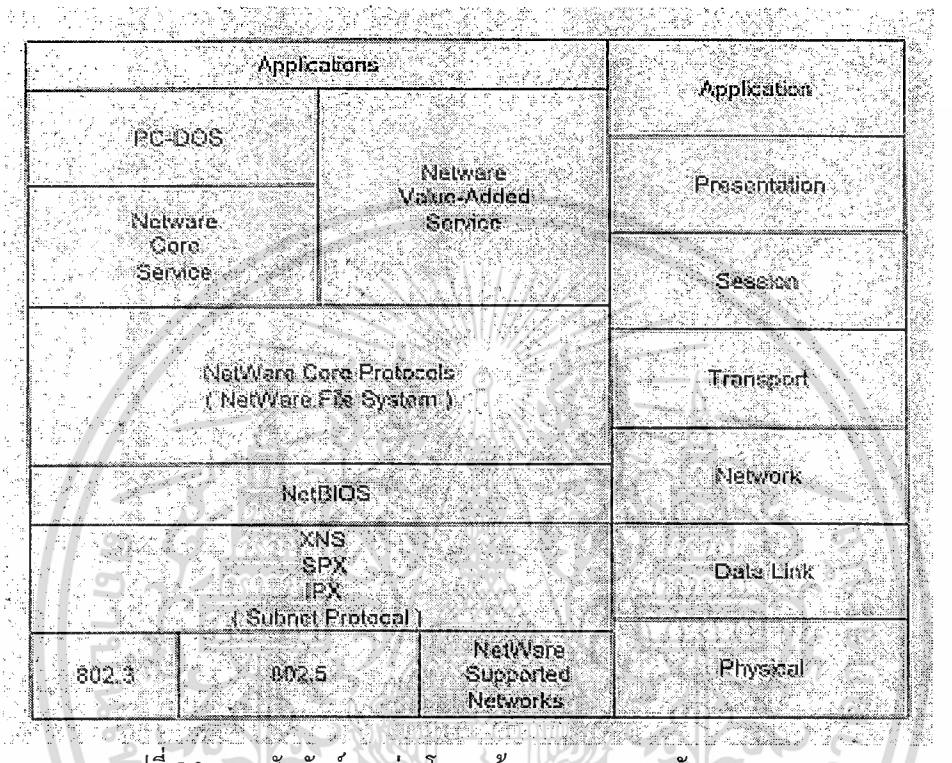
ข้อดีของ NetWare ที่เป็นที่ยอมรับนิยมกับผู้ใช้คือ มีหลายเวอร์ชัน ให้เลือกเช่น ELS (Entry Level System) Level 1,2 ได้ถูกออกแบบสำหรับผู้ใช้จำนวนน้อย ๆ ประมาณ 4 ถึง 8 workstations Network ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นอาจใช้ NetWare เวอร์ชั่น 2.15 ซึ่ง support ถึง 100 สถานีผู้ใช้ และสามารถติดต่อกับ NetWare ที่ใช้กับ Macintosh และ NetWare ที่ใช้กับ OS/2 Workstation NetWare 386 เวอร์ชั่น 3.0 ถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับ Microprocessor 80386 และสามารถใช้กับ 250 สถานี

โครงสร้างของ NetWare ได้ถูกออกแบบมาอิงกับมาตรฐาน OSI Model โดยสามารพเปรียบเทียบได้ดังนี้

- Physical and Data Link Layers NetWare จะอิงกับ Ethernet, IEEE 802.5 เช่นเดียวกับ NOS ของบริษัทอื่นเช่น ARCNET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Network and Transport Layers ซึ่งจะทำงานโดยใช้ Internetwork Packet Exchange (IPX) และ Sequenced Packet Exchange (SPX) Protocols ทั้งสองนี้เป็นส่วนหนึ่งของ XNS
- Session Layer จะใช้ Network Basic Input Output (NetBIOS) Interface
- Presentation and Application Layers จะประกอบด้วย NetWare Core Protocols (NCP), NetWare Core and Value-Added Services, Dos และ User Applications

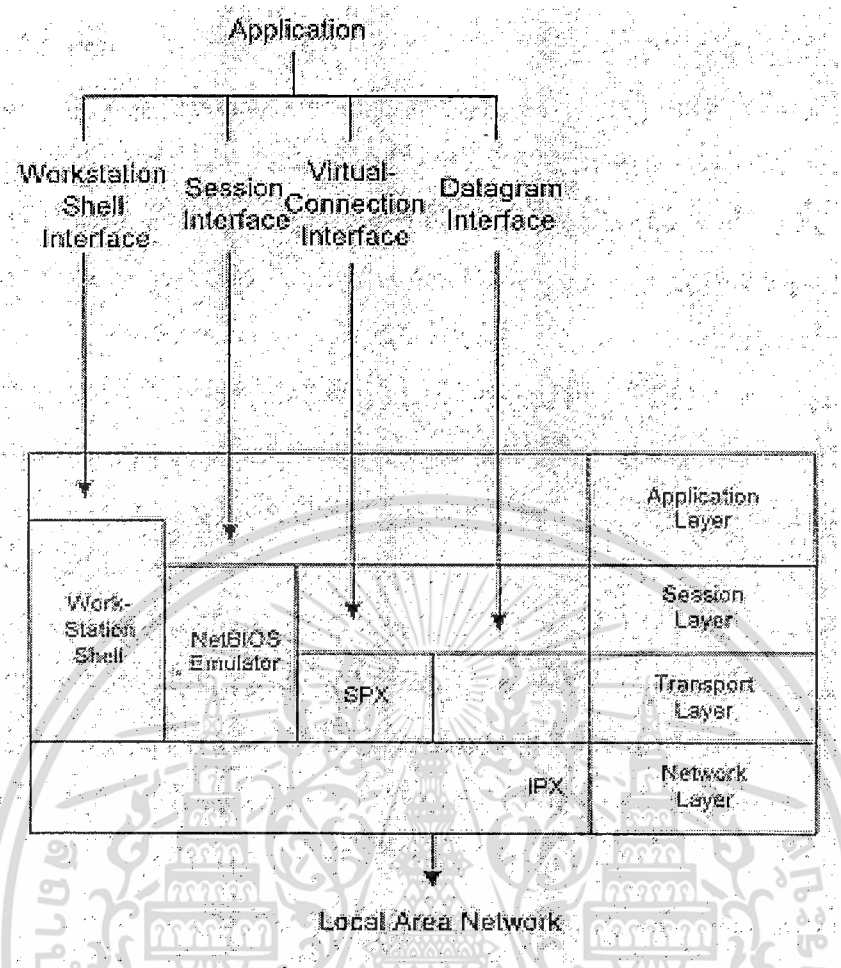


รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของ NetWare กับOSI Model

โปรแกรม Application ต่าง ๆ สามารถใช้ NetWare protocols ได้ 4 วิธี

- การติดต่อกับ Network Layer คือ IPX ซึ่งเป็นการติดต่อแบบ Connectionless (Datagram) ระหว่างสถานีผู้ใช้ซึ่ง Packet ที่ถูกส่งจะไม่รับประกันการได้รับของฝ่ายรับ
- การติดต่อกับ Transport Layer คือ SPX ซึ่งเป็นการติดต่อแบบ Connection-Oriented ระหว่างสถานีผู้ใช้ ซึ่งเส้นทางติดต่อต้องสร้างขึ้นก่อนการส่งข้อมูล โดย SPX จะรับการติดต่อกับ Session Layer คือใช้ NetBios emulator ดังนั้นโปรแกรมประยุกต์ ซึ่งใช้โปรโตคอล NetBios สามารถใช้งานบน NetWare ได้เช่นกัน
- การติดต่อกับ Application Layer ทำโดยผ่าน Workstation Shell โดยทำการติดต่อผ่านฟังก์ชันของ DOS โดย Shell จะทำหน้าที่ติดต่อระหว่าง DOS กับ IPX Protocol ซึ่งใช้ในการรับส่งข้อมูลในระบบเครือข่าย โปรแกรมประยุกต์จะใช้การติดต่อในชั้นนี้ เพื่อติดต่อระหว่างสถานีผู้ใช้กับ เซอร์เวอร์ เพื่อขอใช้ฟังก์ชันต่าง ๆ ในระบบเครือข่าย เช่น การขอใช้ไฟล์ข้อมูลในสถานีผู้ใช้กับ เซอร์เวอร์ เพื่อขอใช้ไฟล์ข้อมูลในสถานีผู้ใช้กับเซอร์เวอร์ เพื่อขอใช้ฟังก์ชันต่าง ๆ ใน Network เช่น การขอใช้ไฟล์ข้อมูลในเซอร์เวอร์ หรือ การพิมพ์ผ่าน พรินเตอร์ ของระบบ การติดต่อในชั้นนี้เรียกว่า “Workstation Shell Interface”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 วิธี Interface กับ NetWare

5.3. IPX and SPX Protocols

5.3.1 โครงสร้างกลุ่มข้อมูล (Packet)

NetWare IPX และ SPX เป็นรูปแบบโปรโตคอลพื้นฐาน ของการสื่อสารเครือข่าย IPX เป็นแบบ Connectionless และ SPX เป็นแบบ Connection-oriented ในบทนี้จะกล่าวถึงข้อดีข้อเสียและรูปแบบกลุ่มข้อมูล ของแต่ละแบบไว้ด้วย

5.3.2 โปรโตคอล IPX (IPX Protocol)

Netware IPX เป็นแบบ Connectionless หรือ Datagram โปรโคคอล ความหมายของคำว่า Connectionless คือ เมื่อการประยุกต์ใช้งานของ สถานีใช้งาน (Workstation) ใช้ IPX ในการสื่อสารกับสถานีใช้งานอื่น จะไม่มีการติดต่อหรือไม่มีเส้นทางระหว่างสองสถานีเกิดขึ้น ดังนั้นกลุ่มข้อมูล IPX จะประกอบด้วย ข้อมูล ซึ่งเป็นแอดเดรส (Address) และจะถูกส่งไปยังปลายทาง แต่จะไม่รับประกันว่า การส่งจะสำเร็จหรือไม่ ส่วน Datagran หมายถึง กลุ่มข้อมูลแต่ละอัน จะถูกแบ่งเป็นกลุ่มข้อมูลเฉพาะซึ่งไม่มีความสำคัญเป็นลำดับกับกลุ่มข้อมูลอื่นเลย IPX จะทำหน้าที่ในส่วนของชั้นเน็ตเวิร์ก (Network Layer) ของรูปแบบ OSI หน้าที่นี้รวมถึง การกำหนดแอดเดรสที่อยู่ การกำหนดเส้นทาง และการสับเปลี่ยนกลุ่มข้อมูล เพื่อที่จะส่งข้อมูลใด ๆ จากตำแหน่งหนึ่งไปสู่อีกตำแหน่งหนึ่งในเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2.1 ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบ

เมื่อ IPX ทำหน้าที่เพียงในส่วนของชั้นเน็ตเวิร์ก จะทำให้เกิดผลดีในเรื่องความเร็ว และการแสดงผล อย่างไรก็ตามการบริการ IPX ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอถ้าต้องการความมั่นใจในการส่งข้อมูลของชั้นการส่ง (Transport Layer) ผู้ที่จะนำไปใช้จะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในด้านข้อดีข้อเสียของ IPX เพื่อที่จะเลือกใช้ IPX หรือ SPX ได้อย่างถูกต้อง

- การใช้งาน ในเวลาเดียวกันของผู้ส่งและผู้รับไม่มีความจำเป็น เพราะจะไม่มีการติดต่อล่วงหน้าในการส่ง อย่างไรก็ตามผู้ส่งจะไม่มั่นใจว่าการรับส่งข้อมูลจะถูกต้อง
- การกำหนดเส้นทางของกลุ่มข้อมูลจะทำได้มาก หลายเส้นทาง เพราะไม่มีการกำหนดเส้นทางตายตัวเอาไว้ ผลเสียคือข้อมูลจะได้รับไม่เป็นลำดับ
- ข้อมูลอาจส่งไปถึงจุดหมายได้หลายที่โดยง่าย ด้วยการทำเลียนแบบข้อมูลและเปลี่ยนที่ แอดเดรสปลายทางเท่านั้น

5.3.2.2 การส่งกลุ่มข้อมูล IPX

ข้อมูลที่จะถูกส่งจะถูกรวบรวมและใส่ลงในส่วนของข้อมูล ในกลุ่มข้อมูล IPX เช่นเดียวกับการส่งจดหมายลงในซอง ส่วนหัวของกลุ่มข้อมูลจะรวม เครือข่ายปลายทาง, จุดต่อ (Node) และหมายเลขซอคเก็ต (Socket Number) กลุ่มข้อมูลจะถูกส่งไป IPX จะแยกส่งกลุ่มข้อมูลไปสู่เครือข่ายย่อย (ผ่านเส้นทางที่แตกต่างกัน เพื่อให้เครือข่ายไม่หนาแน่น) จนกระทั่งกลุ่มข้อมูลถึงจุดหมายดังนั้น เส้นทางต่าง ๆ ของลำดับการส่งกลุ่มข้อมูลอาจจะต้องแตกต่างกันไป

เมื่อได้รับกลุ่มข้อมูลแล้ว ฝ่ายผู้ส่งจะไม่ได้รับการยืนยันของการได้รับข้อมูล มีเพียงแต่ จุดหมายปลายทางจะส่งข้อมูลร้องขอกลับมา (Request)

5.3.2.3 โครงสร้างกลุ่มข้อมูล IPX

กลุ่มข้อมูล IPX จะคล้ายกับ กลุ่มข้อมูล Xerox IDP จะประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนหัวมีขนาด 30 ไบต์ และส่วนข้อมูลขนาด 0-546 ไบต์ ความยาวกลุ่มข้อมูลน้อยที่สุด 30 ไบต์ (ส่วนหัว) และความยาวสูงสุด 576 ไบต์

โครงสร้างกลุ่มข้อมูล IPX จะมีส่วนต่าง ๆ และคำอธิบายดังต่อไปนี้

Offset	Content	Type
0	Checksum	BYTE [2]
2	Length	BYTE [2]
4	Transport Control	BYTE [1]
5	Packet Type	BYTE [1]
6	Destination Network	BYTE [4]
10	Destination Node	BYTE [6]
16	Destination Socket	BYTE [2]
18	Source Network	BYTE [4]
22	Source Node	BYTE [6]
28	Source Socket	BYTE [2]
30	Data portion	BYTE [0 to 546]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุกส่วนย่อย เป็นสูง-ต่ำ ซึ่งหมายถึงไบต์ที่มีนัยสำคัญสูงสุดในส่วน จะถูกส่งเป็นไบต์แรก ซึ่งแตกต่างจากรูปแบบทั่วไป ของอินเทลโปรเซสเซอร์ (Intel Processor) ซึ่งไบต์ที่มีนัยสำคัญต่ำสุดจะถูกส่งก่อน (ต่ำ-สูง)

Checksum ในส่วนนี้จะถูกตั้งค่า 0xFFFF โดย IPX ซึ่งจะทำให้ การ์ด LAN ทำหน้าที่เป็นส่วนของฮาร์ดแวร์ Checksum เอง

ความยาว (Length) ส่วนนี้บอกความยาวของข้อมูลรวม ส่วนหัวและส่วนข้อมูล ซึ่งความยาวต่ำสุดเท่ากับ 30ไบต์ และสูงสุด เท่ากับ IPX จะกำหนดค่านี้เอง

Transport Control ส่วนนี้จะใช้ในการติดต่อข้างเครือข่าย IPX จะกำหนดให้มีค่าเป็น 0 เสมอ ก่อนส่งกลุ่มข้อมูล

ชนิดของกลุ่มข้อมูล (Packet Type) เป็นชนิดของการบริการชนิดใด ซึ่งถูกร้องขอโดยกลุ่มข้อมูล จะมีค่าต่าง ๆ ดังนี้ ผู้ใช้ IPX ควรจะกำหนด ให้มีค่า 0 หรือ 4 เสมอ ส่วน SPX จะกำหนดเป็น 5

0	ไม่กำหนดชนิดกลุ่มข้อมูล
1	กลุ่มข้อมูลของข้อมูลเส้นทาง
2	กลุ่มข้อมูล Echo
3	กลุ่มข้อมูลผิดพลาด
4	กลุ่มข้อมูลของการแลกเปลี่ยนกลุ่มข้อมูล
5	กลุ่มข้อมูลของโปรโตคอลกลุ่มข้อมูลเป็นลำดับ (Sequenced Packet)
16-31	โปรโตคอลทดลอง
17	โปรโตคอลแกนกลางเน็ตแวร์ (NetWare Core Protocols)

เครือข่ายปลายทาง (Destination Network) ส่วนนี้จะมีหมายเลขเครือข่าย ซึ่งเป็นของเครือข่ายต่อปลายทาง (Destination Node) อยู่ภายในนั้น ใน Netware ผู้จัดการเครือข่ายจะกำหนดค่า 4 ไบต์ นี้ขึ้นมา แต่เมื่อตั้งค่านี้เป็น 0 Netware จะสันนิษฐานว่า จุดต่อปลายทางอยู่ในเครือข่ายเดียวกันกับแหล่งต้นทาง ซึ่งไม่ถูกกำหนดโดย Netware

จุดต่อปลายทาง (Destination Node) จะเป็นส่วนของแอดเดรสของจุดต่อปลายทาง ซึ่งรูปแบบติดต่อของ LAN ไม่ได้ใช้รูปแบบขนาดที่อยู่เดียวกันหมด จุดต่อของเครือข่ายอีเทอร์เน็ต (Ethenet) ต้องการ 6 ไบต์ ของการกำหนดแอดเดรสในขณะ ที่เครือข่าย โอมนิเนท (Omninet) ต้องการเพียง 1 ไบต์ ถ้าเครือข่ายต้องการจำนวนแอดเดรสน้อยกว่า 6 ไบต์ ที่อยู่ควรจะอยู่ในส่วนของเลขนัยสำคัญน้อยสุด และเลขนัยสำคัญสูงสุดควรมีค่าเป็น 0 ที่อยู่ของจุดต่อปลายทางที่มีค่า 0xFF FF FF FF FF FF กลุ่มของข้อมูลจะถูกส่งไปยังจุดต่อปลายทางทุกจุดต่อภายในเครือข่ายปลายทางนั้น

Destination Socket ส่วนนี้จะบรรจุหมายเลขของซอคเก็ตปลายทางของกลุ่มข้อมูล ในการส่งข้อมูลไปซอคเก็ตจะกำหนด กลุ่มข้อมูลให้ถูกประมวลผลรูปแบบต่าง ๆ ภายใน จุดต่อ Xerox ได้กำหนดหมายเลขซอคเก็ต ดังต่อไปนี้

1	กลุ่มข้อมูลที่มีข้อมูลของเส้นทาง
2	กลุ่มข้อมูลของ Echo Protocol
3	กลุ่มข้อมูลของการจัดการความผิดพลาด
0x20-0x3F	ใช้ในการทดลอง
0x1-0xBB8	การจัดการของ Xerox
0xBB9-	สามารถกำหนดการทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Xerox ได้กำหนดค่าสำหรับใช้ใน Netware ดังนี้

451	กลุ่มข้อมูลของการบริการแฟ้ม (File Service)
452	กลุ่มข้อมูลของการประกาศบริการ (Service Advertising)
453	กลุ่มข้อมูลของข้อมูลเส้นทาง
455	กลุ่มข้อมูลของเนทไบออส (NetBIOS)
456	กลุ่มของข้อมูลของการตรวจสอบวินิจฉัย (Diagnostic Packet)

ตัวอย่าง เช่น เครื่องบริการแฟ้มของ Netware ได้รับคำร้องขอหมายเลขซอคเก็ต 0x0451 Novell จะจัดการกลุ่มของซอคเก็ตให้เป็นที่รู้กันในระบบ Netware หมายเลขซอคเก็ตแบบพลวัต (Dynamic) เริ่มที่ 0x4000 หมายเลขซอคเก็ตที่แสดงให้รู้กันโดย Novell หมายเลขที่มากกว่า 0x8000 จะไม่ถูกนำมาใช้ ถ้าไม่มีการจัดการสำหรับการประยุกต์นั้น ๆ โดย Novell

เครือข่ายต้นทาง (Source Network) ในส่วนนี้จะบรรจุหมายเลขของเครือข่าย ซึ่งจุดต่อต้นทางต่ออยู่ภายใน เครือข่ายของ Netware จะกำหนดให้ใช้ หมายเลขเครือข่าย 4 ไบต์ IPX จะกำหนดค่าในส่วนนี้ ให้เป็นหมายเลขเครือข่าย ซึ่งครอบครองอยู่ ถ้ามีค่าเป็น 0 หมายความว่า เครือข่าย ซึ่งต้นทางต่ออยู่ ไม่ทราบค่า

จุดต่อต้นทาง (Source Node) IPX จะกำหนดค่านี้ ตามที่อยู่ของ จุดต่อต้นทาง (source node)

ซอคเก็ตต้นทาง (Source Socket) IPX จะกำหนดหมายเลขซอคเก็ตของกระบวนการ ในการส่งกลุ่มข้อมูล กระบวนการสื่อสารจากจุด สถานีงานไปสู่สถานีงานในการรับส่งไม่อยู่บนหมายเลขซอคเก็ตเดียวกัน ในการติดต่อของลูกข่ายเครื่องบริการแฟ้มจะรออยู่ที่ซอคเก็ตเฉพาะ สำหรับการร้องขอในการบริการ เช่น ซอคเก็ตต้นทางไม่จำเป็นต้องมีหมายเลขเหมือนกัน ถ้าเซอร์เวอร์ยังสามารถ ต่อซอคเก็ตต้นทางได้ใน เครื่องบริการแฟ้มของ Netware จะใช้ที่อยู่ของซอคเก็ตเดียวกันแต่การร้องขออาจมาจากหมายเลขซอคเก็ตที่แตกต่างกันไปในกรณีของซอคเก็ตปลายทาง อาจจะเป็นแบบสถิต หรือแบบพลวัตก็ได้

5.3.3 โปรโตคอล SPX (SPX Protocol)

จะคล้ายกับ IPX ยกเว้นในส่วนหัวที่เพิ่มเติมขึ้นมาของชั้นการส่ง (Transport Layer) ใน OSI หน้าที่เพิ่มเติมขึ้นมาจะทำให้ SPX มีการติดต่อ แบบ Connection–Oriented หมายความว่าก่อนการส่ง กลุ่มข้อมูล SPX การติดต่อหรือเส้นทางระหว่างผู้ส่งหรือผู้รับจะถูกสร้างขึ้นมาและยังรับประกันในการส่ง กลุ่มข้อมูลจะถูกส่งตามลำดับ ตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาด การทำซ้ำย่อของข้อมูลกลุ่มข้อมูล (Suppressing Packet)

5.3.3.1 ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบ

ในการรับประกันการส่งข้อมูลทำให้ SPX มีความเร็วและการแสดงผลได้ไม่ดีเท่า IPX ดังนั้น ผู้พัฒนาข้อมูลควรตัดสินใจในการเลือกที่จะใช้ความเร็วและการแสดงผล IPX หรือการรับประกันการติดต่อด้วย SPX อย่างไรจะสำคัญ กว่ากันในแต่ละกรณี ซึ่ง SPX จะมีข้อดีอย่างย่อต่อไปนี้

- การรับประกันการส่ง จะมีการต่อเส้นทางเกิดขึ้นก่อนที่ข้อมูลจะถูกส่ง และมีสัญญาณในการรับข้อมูล แล้วส่งกลับมายังผู้ส่ง แต่จะมีข้อเสีย ถ้าหาก ผู้รับไม่ว่าง กลุ่มข้อมูลจะไม่สามารถส่งได้ การส่งกระจายข้อมูลไปยังสถานี หลายสถานีทำได้ยากเนื่องจากต้องสร้างเส้นทางการติดต่อ ก่อนส่งและ บางครั้งการประยุกต์ไม่จำเป็นต้องมีการรับประกันด้วยการส่งสำหรับกลุ่มข้อมูลทุกครั้งอีกด้วย
- รับประกันการเป็นลำดับของข้อมูล เชื่อได้ว่า ข้อมูลที่ได้รับจะเป็นลำดับกัน โดยไม่สนใจว่า ข้อความต้องการส่งกี่กลุ่มข้อมูล ก็จะถูกส่งอย่างเหมาะสมตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การบีบอัดข้อมูลซ้ำของกลุ่มข้อมูล ระหว่างกระบวนการการยืนยันการส่งข้อมูล เป็นไปได้ที่จะมีข้อมูล ซ้ำได้รับที่ฝ่ายผู้รับ SPX จะเป็นตัวกำจัดกลุ่มข้อมูล นี้ไป เพื่อที่ฝ่ายรับจะได้รับเพียงข้อมูลเดียวจากคู่สายการติดต่อ

5.3.3.2 โครงสร้างของกลุ่มข้อมูล SPX

กลุ่มข้อมูล SPX จะเหมือนกับกลุ่มข้อมูล IPX เว้นแต่ในส่วนหัวจะมี 12ไบต์ เพิ่มเข้ามา 1 กลุ่มข้อมูล จะประกอบด้วย 2 ส่วน ประกอบด้วยส่วนหัวจำนวน 42 ไบต์ และส่วนข้อมูลขนาด 0-534 ไบต์ ความยาวกลุ่มข้อมูล ต่ำสุด 42 ไบต์ และความยาวสูงสุด 576 ไบต์

ส่วนของกลุ่มข้อมูล SPX จาก Checksum จนถึง ซอคเก็ตต้นทาง จะมีความหมายเหมือนเดิมเช่นเดียวกับ กลุ่มข้อมูล IPX โดยมี ข้อแตกต่างดังต่อไปนี้

- ชนิดของกลุ่มข้อมูล จะถูกกำหนดค่าเป็น 5 โดย SPX
- จุดต่อปลายทางจะไม่บรรจุที่อยู่การส่งกระจายข้อมูล (Broadcast Address) การติดต่อจะเกิดจาก SPX โดยคู่ติดต่อสื่อสารอื่น การส่งกระจายข้อมูลหรือการส่งข้อมูลหลายสถานี ไม่อนุญาตในการส่งข้อมูลแบบ SPX โครงสร้าง กลุ่มข้อมูล แบบ SPX จะอธิบาย ได้ดังนี้

Offset	เนื้อหา	ชนิดของคำ
0	**Checksum**	BYTE [2]
2	Length	BYTE [2]
4	Transport Control	BYTE [1]
5	Packet Type	BYTE [1]
6	Destination Network	BYTE [4]
10	Destination Node	BYTE [6]
16	Destination Socket	BYTE [2]
18	Source Network	BYTE [4]
22	Source Node	BYTE [6]
28	Source Socket	BYTE [2]
30	Connect Control	BYTE [1]
31	Data Stream Type	BYTE [1]
32	Source Connect. ID	BYTE [2]
34	Destination Connect. ID	BYTE [2]
36	Sequence Number	BYTE [2]
38	Acknowledge Num	BYTE [2]
40	Allocation Num.	BYTE [2]
42	Data Portion	BYTE [0-534]

ทุกส่วนเป็นแบบสูง-ต่ำไบต์นัยสำคัญสูงสุด คือตัวแรก ซึ่งแตกต่างจาก รูปแบบทั่วไป ซึ่งเลขนัยสำคัญสูงสุดจะเป็นตัวสุดท้าย (ต่ำ-สูง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนนี้ตัวบ่งชี้เดี่ยวจำนวน 4 ตัวใช้โดย SPX ในการควบคุมการไหลของข้อมูลสองทิศทางระหว่างการติดต่อ

0x1-0x8 SPX ไม่ใช้

0x10 จบข้อมูล (End-of-Message) ลูกข่ายกำหนดค่าตัวบ่งชี้ในการส่งสัญญาณ End-of-message ไปยังคู่ติดต่อ SPX ไม่สนใจค่าแต่ผ่านค่าไปยังคู่ติดต่อ ตัวบ่งชี้นี้ใช้ในการประยุกต์เพื่อส่งสัญญาณ สิ้นสุดข้อมูลหลายกลุ่มข้อมูลไปยังจุดต่อที่ไกลออกไป

0x20 Attention ลูกข่ายกำหนดค่าของกลุ่มข้อมูลระวัง (Attention) SPX ไม่สนใจและผ่านค่าไปยังคู่ติดต่อ

0x40 ต้องการการตอบรับ SPX จะกำหนดค่านี้ถ้าต้องการกลุ่มข้อมูลตอบรับโดยที่ลูกข่ายไม่ต้องจัดการ

0x80 System Packet SPX กำหนดค่าและค่าบ่งชี้นี้จะถูกใช้ภายใน โดยไม่ได้ส่งให้คู่ติดต่อลูกข่าย ไม่ควรเปลี่ยนแปลงหรือใช้ตัวบ่งชี้ที่ไม่ได้ใช้, ตัวบ่งชี้การตอบรับหรือ system packet ตัวบ่งชี้เหล่านี้สงวนไว้

ชนิดของกระแสข้อมูล (Data-stream Type) ส่วนนี้จะเป็นข้อมูลตัวบ่งชี้ 1 ไบต์ ในการระบุชนิดของข้อมูลในกลุ่มข้อมูล จะมีค่าและความหมายดังต่อไปนี้

0x0-0xFD ลูกข่ายระบุ SPX ไม่ใช้

0xFE จบการติดต่อ (End-of-Connection) เมื่อลูกข่ายเรียกทำการยกเลิกการติดต่อ SPX จะทำการสร้างกลุ่มข้อมูล End-of-connection ส่งไปยังคู่ติดต่อเป็นกลุ่มข้อมูลสุดท้าย

0xFF รับรู้การจบการติดต่อ SPX จะสร้างกลุ่มข้อมูลนี้อัตโนมัติเป็นกลุ่มข้อมูลระบบและจะไม่ถูกส่งไปยังคู่ติดต่อ

Source Connection ID ในส่วนนี้จะมีหมายเลขประจำตัวในการติดต่อกำหนดโดย SPX ของจุดต้นทาง

Destination Connection ID เหมือน Source Connection ID เพียงแต่เป็นของปลายทาง อาจจำเป็นต้องใช้การ ดีมัลติเพล็กซ์ (Demultiplex) กลุ่มข้อมูลที่เข้ามาจากการติดต่อหลายทางในซอคเก็ตเดียวกันด้วย

เลขลำดับ (Sequence Number) ส่วนนี้จะเก็บจำนวนนับกลุ่มข้อมูลแลกเปลี่ยนทิศทางหนึ่งในการติดต่อ แต่ละด้านจะนับค่าเก็บไว้ ค่าจะกลับมาเริ่มที่ 0x0 หลังการนับ 0xFFFF โดย SPX จะจัดการในส่วนนี้เอง

เลขการตอบรับ (Acknowledge Number) บอกค่าจำนวนลำดับของกลุ่มข้อมูลต่อไปที่จะได้รับ ถ้ากลุ่มข้อมูลใดมีค่าเลขลำดับน้อยกว่าค่านี้แสดงว่าลำดับการส่งถูกต้องและไม่ต้องทำการส่งซ้ำ SPX จัดการส่วนนี้

จำนวนหน่วยพักข้อมูล (Allocation Number) ส่วนของจำนวนหน่วยพักข้อมูลฝ่ายรับในทิศทางหนึ่งๆ ของการติดต่อ โดยที่ SPX จะทำการส่งจนกระทั่งเลขลำดับมีค่าเท่ากับจำนวนหน่วยพักข้อมูล

5.4. Event Control Block (ECB)

ECB เป็นโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมการส่งหรือรับกลุ่มข้อมูลแบบ IPX หรือ SPX จะอ้างในรูปแบบ SendECB หรือ RecieveECB ซึ่งเป็นตัวเดียวกัน แตกต่างขึ้นอยู่กับการทำงาน ถ้าเป็น SendECB จะต้องการแอดเดรสของปลายทางในส่วนของ Immediate Address ซึ่ง RecieveECB ไม่ต้องใช้

5.4.1 โครงสร้าง ECB

ECB ประกอบด้วย 2 ส่วน ที่สำคัญ ได้แก่ ส่วนความยาวที่จำกัดไว้ 36 ไบต์ และส่วนข้อมูลที่มีจำนวนขึ้นกับจำนวนหน่วยพักข้อมูล IPX หรือ SPX (Fragment) ที่ใช้ ECB จะมีส่วนต่าง ๆ และคำอธิบายดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Offset	Content	Type	Order
0	Link Address	BYTE [4]	offset-segment
4	ESR Address	BYTE [4]	offset-segment
8	In Use Flag	BYTE [1]	
9	Completion Code	BYTE [1]	
10	Socket Number	WORD [2]	high-low
12	IPX Workspace	BYTE [4]	
16	Driver Workspace	BYTE [12]	
28	Immediate Address	BYTE [6]	
34	Fragment Count	WORD [2]	low-high
36	Fragment Address1	BYTE [4]	offset-segment
40	Fragment Size1	BYTE [2]	
42	Fragment Address2	BYTE [4]	
46	Fragment Size2	BYTE [2]	

แอดเดรสเชื่อมโยง (**Link Address**) ในขณะที่มีการใช้ ECB อยู่ IPX จะครบครองในส่วนนี้ แต่ถ้าไม่มีการใช้งาน ส่วน ECB นี้จะสามารถใช้ในการประยุกต์ได้ (ถ้าจำเป็น)

ESR Address ส่วนนี้จะมีเลขแอดเดรสของโปรแกรมประยุกต์ ESR ที่ IPX สามารถเรียกใช้เมื่อมีการรับหรือส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว เนื่องจาก IPX ยังคงมีค่า In Use Flag และ Completion Code อยู่โปรแกรมสามารถเรียกสถานะการร้องขอ IPX (ECB) ในช่วงเวลาที่เหมาะสม และไม่ใช้ ESR ได้ ถ้า ESR ไม่ถูกใช้ ESR Address ควรกำหนดให้มีค่า 0x0000 (Null Pointer)

In Use Flag เมื่อ IPX เรียกใช้ ECB ส่วนนี้จะถูกกำหนดให้มีค่า และเมื่อการร้องขอเสร็จ IPX จะตั้งค่า 0 ให้ ค่าที่ถูกกำหนดให้ ได้แก่

0xF8 การพยายามในการส่งขณะที่ IPX ไม่ว่าง กลุ่มข้อมูลที่ส่ง และ ECB จะถูกเก็บเข้าแถวในการประมวลผลต่อไป

0xFA ECB กำลังถูกประมวลผลโดย IPX

0xFB เหตุการณ์ของการส่งหรือรับเกิดขึ้นแต่ ECB ยังคงถูกพักไว้เพื่อรอการประมวลผล

0xFC เหตุการณ์ถูกกำหนดการจัดการ โดย AES และ AES กำลังรอให้หมดช่วงเวลา

0xFD เหตุการณ์ถูกกำหนดการจัดการขึ้นและ IPX กำลังรอให้หมดช่วงเวลา

0xFE IPX เฝ้ารอกลุ่มข้อมูลที่จะเข้ามาที่ซอคเก็ต

0xFF ECB ถูกใช้งานในการส่งกลุ่มข้อมูล

เมื่อการร้องขอเสร็จสมบูรณ์ IPX จะตั้งค่าในส่วนนี้เป็น 0 ใหม่

Completion Code IPX จะกำหนดค่านี้เพื่อบอกสถานะสุดท้ายของการส่งหรือรับ ECB ส่วนนี้จะไม่ถูกพิจารณาว่ามีค่าจนกว่า IPX จะตั้งค่า In Use Flag ใน ECB เป็น 0 เสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ ECB ถูก IPX เรียกใช้ในการส่งกลุ่มข้อมูล Completion Code จะแสดงค่าใด ๆ ได้ดังนี้

0x00 Successful ข้อมูลถูกส่งเสร็จสมบูรณ์

0xFC Canceled การร้องขอการส่งถูกยกเลิก

0xFD Malformed – กลุ่มข้อมูลผิดรูปแบบ ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นคือ

- ความยาวกลุ่มข้อมูลรวมมีค่าน้อยกว่า 30 ไบต์ (IPX) หรือน้อยกว่า 42 ไบต์ (SPX)
- ความยาวของกลุ่มข้อมูลรวมมีความยาวเกิน 576 ไบต์
- ส่วนย่อย (Fragment) แรกมีขนาดเล็กเกินไปสำหรับส่วนหัวของ IPX หรือ SPX
- จำนวนนับของส่วนย่อยมีค่า 0

0xFE Undelivered กลุ่มข้อมูลไม่สามารถส่งได้ ปลายทางอยู่ที่เครื่องเดียวกันแต่ไม่พร้อมรับกลุ่มข้อมูล

0xFF Hardware/Network Failure ไม่สามารถส่งกลุ่มข้อมูลได้ เกิดขัดข้องในส่วนฮาร์ดแวร์หรือระบบเครือข่าย

เมื่อ ECB ถูก IPX เรียกใช้ในการรับกลุ่มข้อมูล Completion Code จะแสดงค่าใด ๆ ได้ดังนี้

0x00 Successful กลุ่มข้อมูลได้รับเรียบร้อยแล้ว

0xFC Canceled การร้องขอการรับถูกยกเลิก

0xFD Overflow กลุ่มข้อมูลเกิดการล้น, ได้รับกลุ่มข้อมูลแต่ Fragment Count ยังเป็น 0 หรือที่ว่างที่กำหนดใน Fragment Descriptor List ไม่เพียงพอในการใส่กลุ่มข้อมูลได้หมด

0xFF Closed ซอคเก็ตที่ ECB กำหนดให้รับข้อมูลไม่ได้เปิด

หมายเลขซอคเก็ต (Socket Number) เป็นส่วนของหมายเลขซอคเก็ตที่ ECB เรียกใช้ เมื่อ ECB ส่งข้อมูลจะใช้หมายเลขซอคเก็ต จากที่ซึ่งกลุ่มข้อมูลจะถูกส่งไป และถ้าใช้รับข้อมูลส่วนนี้จะมีหมายเลขซอคเก็ตที่กลุ่มข้อมูลจะถูกรับเข้ามา

IPX Workspace IPX จะสงวน 4 ไบต์นี้ไว้ โดยไม่ต้องกำหนดค่าเริ่มต้นและต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าในขณะที่มีการใช้ ECB แต่ถ้า IPX ไม่เรียกใช้ ECB แล้ว โปรแกรมประยุกต์ก็สามารถใช้พื้นที่นี้ได้

Driver Workspace เนื้อที่ 12 ไบต์จะถูกสงวนไว้โดยไดรเวอร์ของเครือข่าย โดยไม่กำหนดค่าเริ่มต้นและต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าในขณะที่มีการใช้ ECB แต่ถ้า IPX ไม่เรียกใช้ ECB แล้ว โปรแกรมประยุกต์ก็สามารถใช้พื้นที่นี้ได้

Immediate Address เนื้อที่ 6 ไบต์นี้จะใส่ที่อยู่ของจุดต่อที่กลุ่มข้อมูลจะส่งไป หรือที่ซึ่งกลุ่มข้อมูลส่งมาถึง โดยที่โปรแกรมประยุกต์ต้องกำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับกลุ่มข้อมูลก่อนที่ IPX จะเรียกใช้ ECB ในการส่งข้อมูล แต่ SPX จะใส่ค่านี้ในระหว่างที่สร้างการติดต่อเพื่อที่ ECB จะถูกเรียกใช้ในโปรโตคอลนั้น ๆ

Fragment Count ส่วนที่ใส่จำนวนนับของหน่วยพักข้อมูล (มีค่ามากกว่า 0) จากที่ซึ่งกลุ่มข้อมูลถูกสร้างขึ้นเมื่อจะส่งหรือจะถูกแยกออกเมื่อได้รับข้อมูล ถ้ามีค่าเป็น 1 แสดงว่ากลุ่มข้อมูลที่ส่งมาหรือที่ได้รับมาจากหน่วยพักข้อมูลเพียงหน่วยเดียว

Fragment Descriptor ส่วนนี้แสดงรายละเอียดของต้นทางหรือปลายทางในกลุ่มข้อมูลที่จะถูกส่ง ECB ที่ใช้จะต้องมี Fragment Descriptor อย่างน้อย 1 ส่วน (ส่วนที่อยู่ของหัว IPX หรือ SPX) กับจำนวนของส่วนข้อมูลเพิ่มเติมรวมเรียก Fragment Descriptor List

เมื่อมีหน่วยพักข้อมูลทำให้ไม่จำเป็นต้องมีการสำเนาข้อมูลและเมื่อข้อมูลมีจำนวนน้อยพอที่จะใส่ลงหน่วยพักข้อมูลเดียวก็สามารถทำได้ง่ายโดยกำหนดส่วน Fragment Count มีค่า 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วน Fragment Descriptor ยังประกอบด้วย 2 ส่วน:

- แอดเดรสของหน่วยพักข้อมูลจากที่ซึ่ง กลุ่มข้อมูล IPX/SPX จะถูกส่งหรือรับข้อมูลเข้ามาแล้วนำไปเก็บ
- Fragment Count บอกขนาดของหน่วยพักข้อมูลที่ที่อยู่นั้นชี้อยู่

Offset	Content	Type	Order
0	Address	BYTE [4]	offset-segment
4	Fragment Count	BYTE [2]	low-high

หมายเหตุ: Fragment ของหน่วยพักข้อมูลในส่วนแรกของ Fragment Descriptor List จะต้องมีค่าอย่างน้อย 30 ไบต์ (IPX) หรือ 42 ไบต์ (SPX) จะต้องมีส่วนหัวของ IPX/SPX อย่างสมบูรณ์และความยาวรวมของกลุ่มข้อมูลต้องไม่เกิน 576 ไบต์

5.5. Asynchronous Event Scheduler (AES)

ASE เป็นกระบวนการของ IPX ในการจับเวลาและสร้างเหตุการณ์ขึ้นท้ายสุดของช่วงเวลานั้น ๆ เช่น Watch Dog ของ NetWare เป็นตัวอย่างที่ดีตัวอย่างหนึ่งของการทำงานของ AES ถ้าเครื่องบริการไม่ได้รับกลุ่มข้อมูลจากสถานีตามตารางการติดต่อเกิน 5 นาที ก็จะทำการส่งกลุ่มข้อมูล Watch Dog ไปยังสถานีงานนั้น และถ้ายังไม่มีการตอบกลับ เครื่องบริการก็จะทำการส่งกลุ่มข้อมูลไปเรื่อยทุก ๆ 1 นาทีเป็นเวลา 15 นาที

หลังจาก 15 นาทีไปแล้ว สถานีงานยังคงไม่ตอบ เครื่องบริการจะทำการลงบันทึกออกไป AES จะจับเวลาและกระตุ้นเหตุการณ์ที่เครื่องบริการจะกำจัดสถานีที่ไม่สามารถทำงานได้ออกจากตารางการติดต่อ

5.6. EVENT SERVICE ROUTING (ESR)

ESR เป็นโปรแกรมประยุกต์ที่มีกระบวนการกำหนดตายตัวจะถูก IPX หรือ AES เรียกใช้หลังจากเหตุการณ์ที่เฉพาะเจาะจงได้เกิดขึ้นมา ซึ่งเกิดได้เมื่อมีการร้องขอการส่งข้อมูลหรือการรับข้อมูลได้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ รวมทั้งเหตุการณ์ที่ IPX ดำเนินการจัดการตัวมันเองใหม่เสร็จหรือเหตุการณ์ที่ได้กำหนดขึ้นเพื่อเรียกใช้ ESR

ESR มักจะถูกเรียกท้ายสุดของเหตุการณ์นั้น ๆ ในขณะเดียวกับที่ In Use Flag ได้ถูกตั้งค่าศูนย์ใหม่ และ Completion Code จะถูกเซต ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่จะถูกบันทึกไว้ใน ECB ค่า ECB ก็จะถูกดึงออกจากข้อมูลภายใน IPX หรือ AES

ECB จะชี้ไปที่ ESR ที่จะถูกเรียกหลังจากเหตุการณ์ที่คาดหวังเกิดขึ้น และเข้าควบคุม ESR โดย ESR ก็จะได้รับค่าตัวชี้จาก ECB นั้น ๆ

ESR เป็นรูปแบบหนึ่งของโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์ และจะถูกเรียกเมื่อโปรเซสเซอร์ถูกดิสเอเบิ้ล (Disable) มีลักษณะเดียวกับโปรแกรมอินเตอร์รัพท์ทั่วไป เช่น ESR ควรจะใช้เวลาในการทำงานสั้นที่สุดภายในช่วงเวลาที่โปรเซสเซอร์ดิสเอเบิ้ล และ ESR ก็ไม่ควรหน้าที่เป็นโปรแกรมหลักหรือโปรแกรมแสดงผลในการทำงาน

โปรแกรมประยุกต์ที่ใช้ในการรับหรือส่งกลุ่มข้อมูลจำนวนมาก โดยเฉพาะการส่งข้ามจุดต่อภายในเครือข่ายซึ่งควรจะใช้ ECB หลาย ๆ ตัว ในโปรแกรม

ตัวอย่างเช่นในกระบวนการรับข้อมูล IPX ควรจะจัดการรับกลุ่มข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่องได้ในขณะที่ ESR จะเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลตามรายการที่จะประมวลผล หลักการสำคัญคือต้องประมวลผลให้ได้รวดเร็วตามพื้นฐาน FCFS (First-Come-First-Serve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6.1 การติดต่อ ESR โดยทั่วไป

เนื่องจาก ESR เป็นโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์ของ ECB และ AES จึงต้องมีเงื่อนไขดังนี้

- รีจีสเตอร์ AL ต้องระบุค่าดังนี้

  0x00 AES เรียก ESR

  0xFF IPX เรียก ESR

- ECB จะระบุค่าตัวชี้ ESR ใน ES:SI
- Flags และรีจีสเตอร์ต่าง ๆ ยกเว้น SS และ SP จะถูกเก็บค่าลงในสแต็ก ESR จะเก็บค่า SS และ SP ไว้เพื่อคืนกลับให้หลังการทำงาน
- อินเตอร์รัพท์ดิสเอเบิ้ล

เมื่อ ESR ถูกเรียก In Use Flag ใน ECB จะถูกตั้งค่าเป็นศูนย์ใหม่ และ Completion Code จะถูกเซต ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ก็จะถูกบันทึกไว้ใน ECB ค่า ECB ก็จะถูกดึงออกจากข้อมูลภายใน IPX หรือ AES

- รีจีสเตอร์ DS จะต้องตั้งค่าเริ่มต้นใหม่โดย ESR ก่อนที่จะมีการอ้างอิงใด ๆ ถูกกำหนดขึ้นในโปรแกรม
- ESR จะไม่คืนค่าหรือ Flag ใด
- ESR จะกลับมาโปรแกรมหลักด้วยการดิสเอเบิ้ลอินเตอร์รัพท์
- ESR จะต้องใช้คำสั่ง RETF ในการกลับสู่โปรแกรมหลัก ถ้าโปรแกรมที่เรียกใช้มีความยาวมาก ๆ หรือซับซ้อนก็ตาม
- ESR ก็ถูกเรียก อาจเอนาเบิ้ลอินเตอร์รัพท์ได้ ซึ่งต้องระมัดระวัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6. โปรแกรมควบคุมการติดต่อสื่อสาร

6.1. การเขียนโปรแกรมและขั้นตอนในการใช้โทรศัพท์

6.1.1 ส่วนโปรแกรมอินเตอร์รัพท์ (Interrupt)

6.1.1.1 หลักการทั่วไปของโปรแกรมอินเตอร์รัพท์

เราแยกประเภทของการอินเตอร์รัพท์ได้สองชนิด คือ ฮาร์ดแวร์อินเตอร์รัพท์ (Hardware Interrupt) เป็นอินเตอร์รัพท์ที่ถูกร้องขอโดยฮาร์ดแวร์ และ ซอฟต์แวร์อินเตอร์รัพท์ (Software Interrupt) จะถูกร้องขอจากโปรเซส ให้โปรเซสหนึ่งที่กำลังทำงานภายในระบบ

เมื่อมีการร้องขออินเตอร์รัพท์ ไม่ว่าจะมาจากแหล่งใดก็ตามจะมีการแจ้งหมายเลขอินเตอร์รัพท์มาด้วยเสมอ ค่าหมายเลขอินเตอร์รัพท์นี้จะถูกนำมาเปิดตารางอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ และนำค่าในตารางที่ได้มาเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำเริ่มต้นของอินเตอร์รัพท์ฟังก์ชัน เพื่อใช้เป็นจุดกระโดดไปทำงานของระบบ ซึ่งจะเรียกโปรแกรมที่จะกระโดดไปทำว่า โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์ (Interrupt Service Routine)

หลังจากที่ระบบทำงานตามอินเตอร์รัพท์ฟังก์ชันเสร็จสิ้นแล้ว ที่คำสั่งสุดท้ายของของอินเตอร์รัพท์ฟังก์ชันจะมีคำสั่งที่ใช้กระโดดกลับไปยังจุดที่เรียกมา คำสั่งนี้จะทำให้ระบบกระโดดกลับไปทำงานโปรเซสที่ค้างอยู่ต่อไป

ในตารางอินเตอร์รัพท์ จะมีอยู่ 256 หน่วย แต่ละหน่วยเป็นค่าการชี้ฟังก์ชันแบบไกล ด้วยเหตุนี้ เครื่องพีซีจึงมีหมายเลขหมายเลขอินเตอร์รัพท์ได้ตั้งแต่หมายเลข 0 ถึง 255 การส่งค่าไปยังอินเตอร์รัพท์ฟังก์ชัน หรือส่งค่ากลับ จะใช้การส่งผ่านค่าทางรีจีสเตอร์ ซึ่งรายละเอียดของอินเตอร์รัพท์ฟังก์ชันที่ใช้งานบนพีซี สามารถอ่านได้จากคู่มือระบบทั่วไป

นอกจากการเขียนโปรแกรมเพื่อขออินเตอร์รัพท์จากอินเตอร์รัพท์ฟังก์ชันที่มีอยู่ในระบบแล้ว เราอาจเขียนอินเตอร์รัพท์ฟังก์ชันเองก็ได้ โดยอาจถูกเรียกโดยฮาร์ดแวร์ หรือ ซอฟต์แวร์ก็ได้ ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมอินเตอร์รัพท์ทั่วไปดังนี้

1. กำหนดหมายเลขอินเตอร์รัพท์ที่ต้องการใช้สำหรับอินเตอร์รัพท์ฟังก์ชันเขียนขึ้น ซึ่งอาจใช้หมายเลขที่ยังไม่มีอินเตอร์รัพท์ฟังก์ชันใดใช้ หรืออาจใช้ร่วมกับหมายเลขที่มีอินเตอร์รัพท์ใช้งานอยู่ก่อนแล้ว โดยเมื่อมีการร้องขออินเตอร์รัพท์ที่ไปเรียกอินเตอร์รัพท์ฟังก์ชันเดิมก็จะเกิดการกระโดดไปทำงานในอินเตอร์รัพท์ฟังก์ชันใหม่แทน
2. เก็บค่าการชี้อินเตอร์รัพท์ฟังก์ชันเดิมาที่ใช้ (ในโปรแกรมใช้คำสั่ง getvect0)
3. กำหนดค่าการชี้อินเตอร์รัพท์ฟังก์ชันของตารางอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ในหมายเลขของการด้วยค่าการชี้อินเตอร์รัพท์ฟังก์ชันสร้างขึ้น (ในโปรแกรมใช้คำสั่ง setvect0)
4. ก่อนจะจบการทำงานของโปรแกรม จะต้องคืนค่าการชี้อินเตอร์รัพท์ฟังก์ชันเดิมแก่ตารางอินเตอร์รัพท์ มิฉะนั้น เมื่อโปรแกรมจบการทำงาน มีการนำหน่วยความจำที่โปรแกรมนั้นเคยใช้ไปให้โปรแกรมหรือโปรเซสอื่น และมีการเรียกใช้อินเตอร์รัพท์หมายเลขนี้อีกจะทำให้เกิดการกระโดดไปทำงานยังพื้นที่ที่ไม่ใช่อินเตอร์รัพท์ฟังก์ชัน (เพราะได้นำข้อมูลใหม่ไปใส่แทนแล้ว) จะทำให้ระบบเสียหายได้ แต่เราอาจไม่ต้องคืนค่าแก่ตารางอินเตอร์รัพท์ก็ได้ ถ้าโปรแกรมเป็นโปรแกรมแบบฝังตัว (resident program)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.1.2 การเขียนโปรแกรม

เราใช้ส่วนโปรแกรมอินเตอร์รัพท์นี้เพื่อให้ขณะที่ใช้งานโทรศัพท์สามารถใช้งานคอมพิวเตอร์อื่นได้อีก ซึ่งในที่นี้เราใช้ฮาร์ดแวร์อินเตอร์รัพท์โดยใช้การ์ดอินเตอร์รัพท์ผ่านสล็อตคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดแวร์อินเตอร์รัพท์จากการ์ดมี 2 อินเตอร์รัพท์ คือ อินเตอร์รัพท์จากการยกหูหรือวางหู และ อินเตอร์รัพท์จากการกดหมายเลขของโทรศัพท์ทั้ง 4 เครื่อง

การเลือกหมายเลขอินเตอร์รัพท์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ ทำโดยผู้ใช้สามารถเลือกได้ตามที่คอมพิวเตอร์นั้นมีหมายเลขใดที่ว่าง โดยปกติฮาร์ดแวร์อินเตอร์รัพท์ของคอมพิวเตอร์ที่ปรากฏที่สล็อตคอมพิวเตอร์มีหมายเลข 0 – 7 (IRQ0 – IRQ7) ถ้าไม่ว่างก็สามารถเลือกใช้ได้โดยต้องเก็บค่าการชี้ของอินเตอร์รัพท์ฟังก์ชันเดิมไว้ แล้วทำการกำหนดตารางเวคเตอร์อินเตอร์รัพท์ใหม่ให้ไปโปรแกรมกระโดดไปทำที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์ (Interrupt Service Routine) ที่เราได้เขียนไว้ สำหรับโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์ จึงมี 2 โปรแกรมคือ โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์การยกหูหรือวางหู และ โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์การกดหมายเลข ซึ่งกล่าวถึงตัวโปรแกรมนี้ต่อไป

6.1.1.3 ขั้นตอนการใช้โทรศัพท์ในการติดต่อสื่อสาร

ขั้นตอนและกรณีต่าง ๆ ในการโทรศัพท์

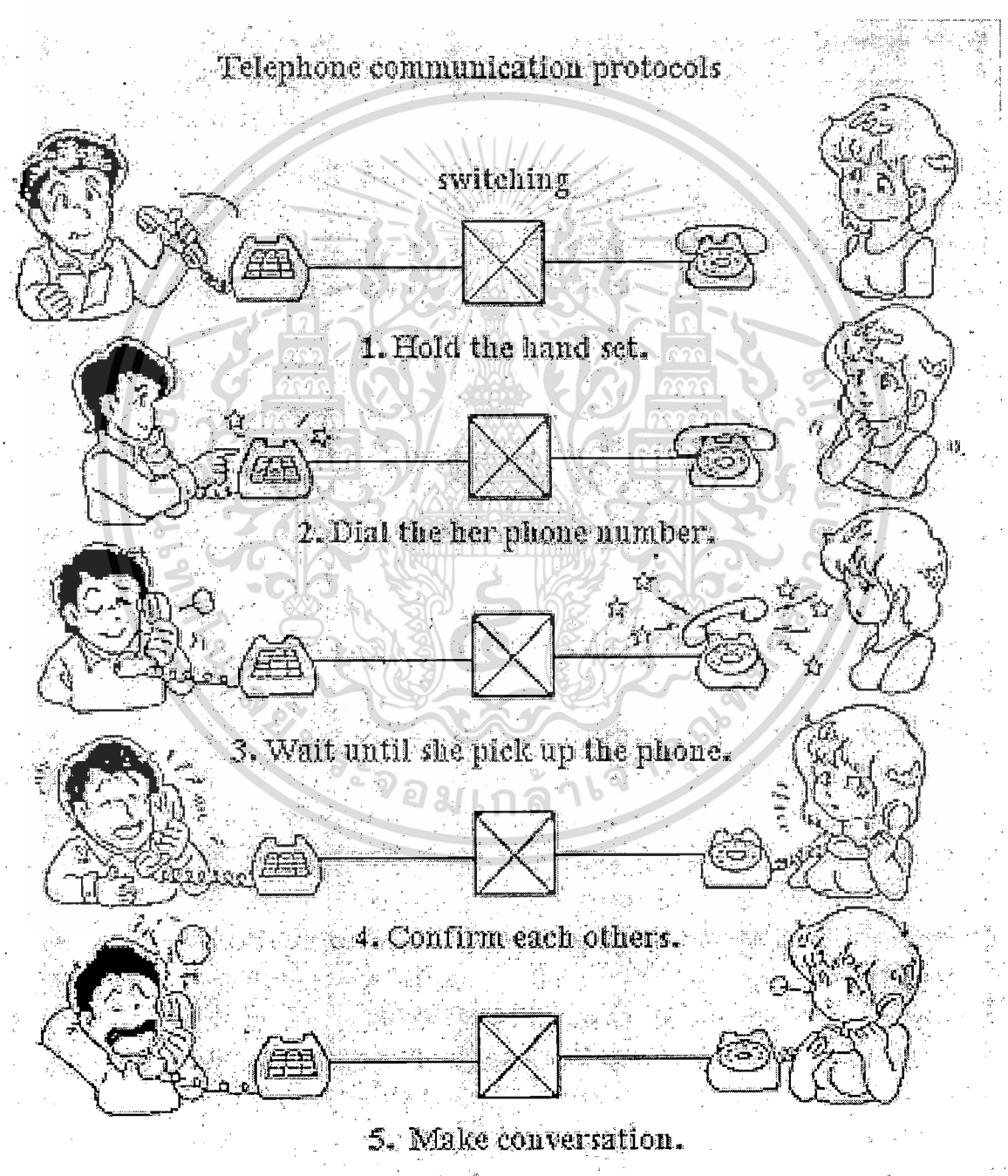
- ยกหู
- ได้รับ สัญญาณให้หมุน
- กดหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อ
- หยุดส่งสัญญาณให้หมุน
- รับหมายเลขจนครบ
- ตรวจสอบหมายเลขว่าที่ถูกต้องหรือไม่
    - หมายเลขผิด
        - ได้รับสัญญาณไม่ว่าง
        - วางหู
        - หยุดส่งสัญญาณไม่ว่าง
    - หมายเลขถูกต้อง
        - ตรวจสอบปลายทางว่าว่างหรือไม่
            - ไม่ว่าง
                - ได้รับสัญญาณไม่ว่าง
                - วางหู
                - หยุดส่งสัญญาณไม่ว่าง
            - ว่าง
                - ได้รับสัญญาณเรียกกลับ ฝ่ายตรงกันข้ามได้รับสัญญาณเรียก
                    - ฝ่ายถูกเรียกยกหู
                        - หยุดส่งสัญญาณเรียกและเรียกกลับ
                        - ทำการต่อสาย
                        - ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งวางหู (เมื่อโทรเสร็จ)
                        - ตัดการต่อสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ฝ่ายตรงกันข้ามได้รับสัญญาณไม่ว่าง
- วางหู
- หยุดส่งสัญญาณ ไม่ว่าง

▪ ฝ่ายถูกเรียกไม่ยกหู

- วางหู
- หยุดส่งสัญญาณเรียกและเรียกกลับ



รูปที่ 6.1 แสดงขั้นตอนต่าง ๆ ในการโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีต่าง ๆ เกี่ยวกับการยกหู, วางหูและการกดหมายเลขและกระบวนการที่ต้องทำ

- ยกหู
    - เพื่อจะโทร
        - ส่งสัญญาณให้หมุน
    - เพื่อจะรับสาย
        - หยุดส่งสัญญาณเรียกและเรียกกลับ
        - สร้างช่องทางในการติดต่อ
- วางหู
    - โทรไม่ติดและไม่ว่าง
        - หยุดส่งสัญญาณไม่ว่าง
    - โทรแล้วไม่มีคนรับสาย
        - หยุดส่งสัญญาณเรียกและเรียกกลับ
    - โทรเสร็จแล้ว (จบการสนทนา)
        - ตัดการช่องสัญญาณการติดต่อ
        - ส่งสัญญาณไม่วางให้ฝ่ายตรงกัน
    - หลังฝ่ายตรงกันข้ามวาง (โทรเสร็จ)
        - หยุดการส่งสัญญาณไม่ว่าง
    - กด key ไม่ครบ (กดผิด)
        - ลบหมายเลขที่เก็บไว้
- กด key
    - หยุดส่งสัญญาณให้หมุน
    - รับหมายเลข
    - ถ้ารับหมายเลขตรวจสอบความถูกต้องและปลายทางว่างหรือไม่
        - ผิดหรือไม่ว่าง ส่งสัญญาณไม่ว่าง
        - ถูกและว่าง ส่งสัญญาณเรียกและเรียกกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7. ผลการพัฒนาโปรแกรม

7.1. การทดลอง

7.1.1 ขั้นตอนการทดลอง

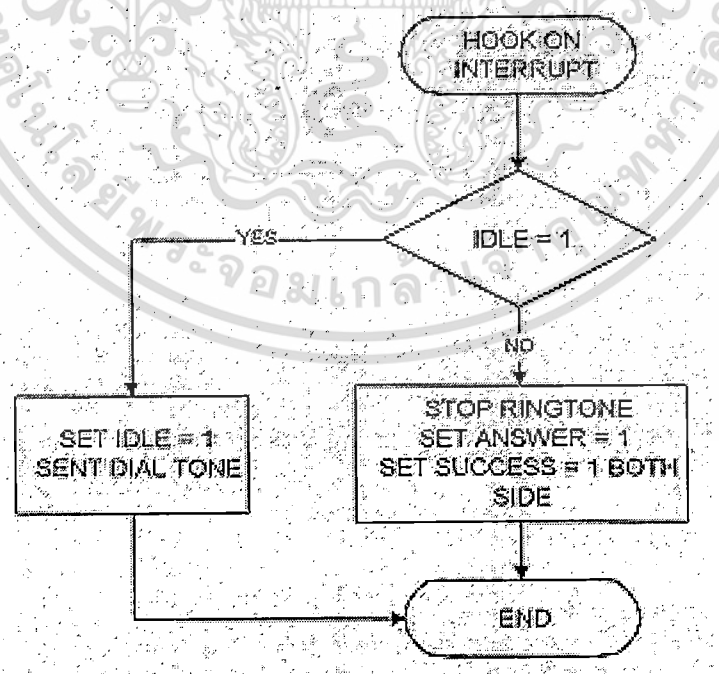
1. ศึกษาการทำงานของ IPX Protocol และ SPX Protocol และเขียนโปรแกรมรับส่งข้อมูล จากนั้นนำไปทดสอบการทำงานของโปรแกรมรับส่งข้อมูลตามต้องการ
2. ศึกษารายละเอียดการทำงานของการ์ดที่ทำให้ให้สามารถเข้ากันได้กับซอฟต์แวร์ และเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานแล้วไปทดสอบและแก้ไข
3. ศึกษารายละเอียดของคอมพิวเตอร์บางส่วน ได้แก่ ส่วนสล็อตที่เสียบการ์ด
4. ศึกษาการเขียนโปรแกรมอินเตอร์รัพท์ ซึ่งเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์
5. ทดสอบการทำงานการควบคุมทีละส่วน
6. นำโปรแกรมทั้งหมดในแต่ละส่วนมารวมกันเพื่อเป็นโปรแกรมหลักโปรแกรมเดียว

7.1.2 ลักษณะการทำงานของโครงการนี้

สามารถแบ่งการบริการอินเตอร์รัพท์เป็น 3 อย่างคือ

7.1.2.1 โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์การยกหู

สามารถออกแบบขั้นตอนการทำงานตามกรณีต่าง ๆ ในการยกหู ตามโฟลว์ชาร์ทดังนี้



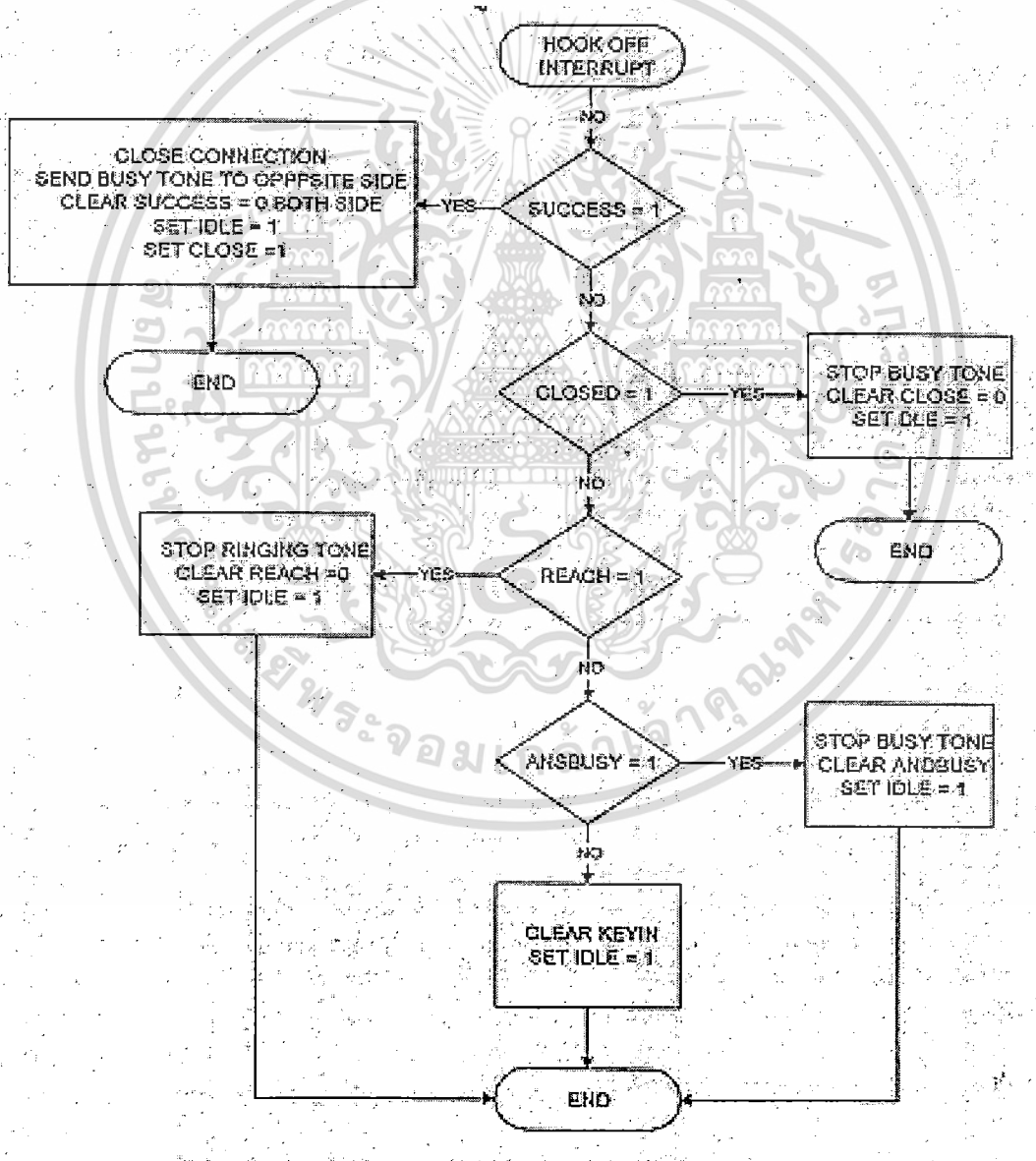
รูปที่ 7.1 โฟลว์ชาร์ทแสดงการบริการอินเตอร์รัพท์การยกหู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโฟลว์ชาร์ทแสดงการบริการการอินเตอร์รัพท์การยกหูจะใช้แฟลก (Flag) ในการบอกสถานะคือ

IDLE FLAG	เท่ากับ	1 หมายถึง โทรศัพท์ว่างไม่มีการใช้งาน
		0 หมายถึง อยู่ในสถานะที่ใช้งานอยู่หรือมีผู้อื่นเรียกเข้ามา
ANSWER FLAG	เท่ากับ	1 หมายถึง มีสถานะเป็นผู้ถูกเรียก
		0 หมายถึง เป็นผู้เรียก
SUCCESS FLAG	เท่ากับ	1 หมายถึง การสร้างช่องทางการติดต่อสำเร็จแล้ว
		0 หมายถึง ไม่มีการสร้างช่องทางการติดต่อ

7.1.2.2 โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์การยกวางหู



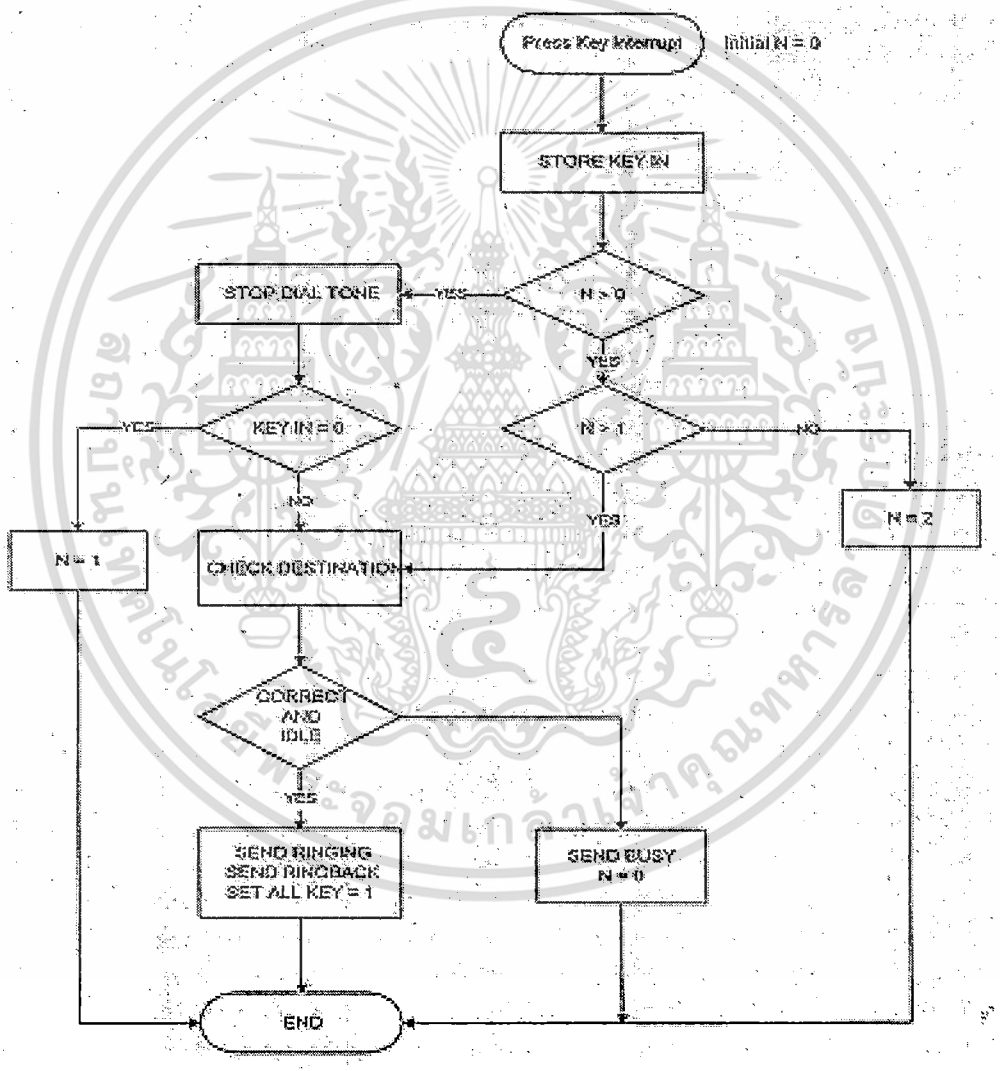
รูปที่ 7.2 โฟลว์ชาร์ทแสดงการบริการการอินเตอร์รัพท์การวางหู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโฟลว์ชาร์ทแสดงการบริการการอินเตอร์รัพท์การยกหูใช้แฟลก (Flag) ในการบอกสถานะคือ

CLOSE FLAG	เท่ากับ	1 หมายถึง สถานะการยกเลิกช่องทางการติดต่อ หลังจากที่ฝ่ายตรงกันข้ามวางหูก่อน
		0 หมายถึง ไม่ได้กำหนดใช้
REACH FLAG	เท่ากับ	1 หมายถึง สถานะที่รอฝ่ายตรงข้ามยกหู
		0 หมายถึงไม่ได้กำหนดใช้
ANSBUSY FLAG	เท่ากับ	1 หมายถึง สถานะที่ฝ่ายถูกเรียกไม่ว่างหรือหมายเลขไม่ถูกต้อง
		0 หมายถึงไม่ได้กำหนดใช้

7.1.2.3 โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์การกดหมายเลข



รูปที่ 7.3 โฟลว์ชาร์ทแสดงขั้นตอนการทำงานบริการอินเตอร์การกดหมายเลข

จากโฟลว์ชาร์ทแสดงขั้นตอนการทำงานการบริการการกดหมายเลขที่มีแฟลกที่ใช้คือ

ALLKEY FLAG	เท่ากับ	1 หมายถึง สถานะที่ผู้โทรศัพท์กดหมายเลขครบด้วย
		0 หมายถึง การกดหมายเลขยังไม่ครบหรือยังไม่ได้กด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8. สรุปผลการพัฒนาและข้อเสนอแนะ

8.1. สรุปผลการพัฒนา

จากโครงการที่ได้สร้างต้นแบบขึ้นในส่วนของวงจรฮาร์ดแวร์นี้ ถือได้ว่าประสบความสำเร็จพอสมควร คือสามารถใช้เป็นชุมสายอัตโนมัติ ในการติดต่อระหว่างโทรศัพท์ภายในได้ แต่ในระหว่างการสร้าง ได้ประสบปัญหามากมายแต่ก็ได้ทำการแก้ไขจนสำเร็จได้ แต่อย่างไรก็ตาม ชุมสายที่ได้สร้างขึ้นก็ยังปัญหาและข้อจำกัดอยู่พอสมควร เช่น

- สัญญาณเรียกมีกำลังน้อยเกินไปในการขับกระดิ่งเครื่องโทรศัพท์ ทำให้สัญญาณกระดิ่งไม่ค่อยดัง โดยเฉพาะขณะส่งสัญญาณนี้พร้อมกันทั้งสี่เครื่อง การแก้ไขก็โดยการออกแบบวงจรชุดการจ่ายกำลังให้ดีกว่านี้
- สัญญาณต่าง ๆ เช่น สัญญาณให้หมุน สัญญาณสายไม่ว่าง สัญญาณเรียกกลับ ยังไม่ดีมากนัก คือยังมีสัญญาณรบกวนอยู่ การแก้ไขคือต้องปรับแต่งวงจรให้ดีกว่านี้
- ในการอินเตอร์รัพท์หน่วยประมวลผล จำเป็นต้องใช้สัญญาณการอินเตอร์รัพท์ระหว่างหมายเลข 2-7 (IRQ_2 - IRQ_7) ซึ่งในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์บางเครื่องมีการใช้งานอยู่แล้ว แต่อย่างไรก็ดีบนเมนบอร์ดของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะมีการเพิ่มสัญญาณการอินเตอร์รัพท์ (IRQ_8 – IRQ_{15}) โดยจะอยู่ในสล็อตที่ขยายต่อจากสล็อตเดิม แต่การ์ดที่ใช้ทำไม่มีส่วนในการติดต่อสล็อตเพิ่มเติมนี้ ทำให้ไม่สามารถใช้สัญญาณอินเตอร์รัพท์ในช่วง IRQ_8 – IRQ_{15} ได้แนวทางการแก้ไข ก็โดยการใช้การ์ดที่มีส่วนในการติดต่อกับช่องสล็อตที่ขยายเพิ่ม และปรับแต่งวงจรเล็กน้อย
- จากขอบเขตของโครงการพัฒนาที่ได้กำหนดไว้ ที่จะให้คอมพิวเตอร์สามารถใช้งานอย่างอื่นได้ในขณะที่ยังทำหน้าที่เป็นชุมสายโทรศัพท์นั้น ยังไม่สามารถทำได้ เพราะแนวความคิดนี้ได้มาจากการสร้างชุมสายให้ปฏิบัติงานบนวินโดว์ซึ่งสามารถทำงานหลายอย่างพร้อมกันได้ แต่ต้องมีโปรแกรมไดรเวอร์สำหรับการติดต่อกับวินโดว์ ซึ่งมีความซับซ้อนและยุ่งยากขึ้น โดยเฉพาะการอินเตอร์รัพท์วินโดว์

จากการทดลองใช้โปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของโทรศัพท์แต่ละส่วนปรากฏว่าผลที่ได้มีข้อต้องปรับปรุงแก้ไขอยู่บ้างแต่ก็ไม่มากนัก ส่วนการทดลองส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ซึ่งได้ทำการทดลองโดยการส่งตัวอักษร (Characters) ก็สามารถทำงานได้ตามต้องการ ส่วนการควบคุมการทำงานทั้งระบบ ยังมีเสถียรภาพที่ยังไม่ดีพอ เนื่องจากในบางกรณียังเกิดข้อผิดพลาดขึ้นซึ่งต้องทำการทดลองและแก้ไขต่อไป

ปัญหาที่เกิดขึ้นมีดังนี้คือ เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนข้อมูลจากเสียงซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งใช้แบบ PCM (Pulse Close Modulation) ซึ่งใช้อัตราการสุ่มข้อมูลเท่ากับ 8 กิโลเฮิร์ต ขนาดข้อมูลเท่ากับ 8 บิต เพราะฉะนั้นข้อมูลที่ต้องส่งทั้งหมด 8 กิโลไบต์ต่อวินาที ซึ่งการใช้โทรศัพท์มีลักษณะเป็น Real Time ฉะนั้นอาจมีปัญหาในการส่งข้อมูลไม่ทันเนื่องจากในระบบเครือข่ายอาจจะมีการส่งข้อมูลที่หนาแน่น ซึ่งอาจจะแก้ปัญหานี้โดยการบีบอัดข้อมูล หรือการเพิ่มศักยภาพของเครือข่ายคอมพิวเตอร์

อีกปัญหาหนึ่งก็คือการใช้โทรศัพท์เป็นชุมสายระหว่างที่มีการใช้โทรศัพท์ต้องมีการย้ายข้อมูลตลอดเวลา ซึ่งอาจจะไม่สามารถทำงานอย่างอื่น ได้ตามที่เรากำหนดเป้าหมายเอาไว้ แนวทางการแก้ปัญหานี้อาจจะทำได้ 2 วิธี วิธีแรกเราจะตัดปัญหาโดยการให้คอมพิวเตอร์บางเครื่องทำงานเป็นชุมสายอย่างเดียว หรืออีกวิธีหนึ่งก็คือใช้คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง และซอฟต์แวร์ต้องพัฒนาได้ดีด้วย คือต้องสนับสนุนการทำงานหลายๆ งานพร้อมกันได้ (Multitask) และควรเป็นโปรแกรมลักษณะโปรแกรมฝังตัว (Resident) จะทำให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2. ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อไป

แนวทางการพัฒนาเนื่องจากการส่งข้อมูลมีลักษณะเป็นดิจิตอล ซึ่งได้เปรียบเนื่องจากปัจจุบันมีระบบอินเตอร์เน็ตซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้อย่างง่ายดายไปทุกแห่งทั่วโลก อาจพัฒนาโครงงานนี้ให้เข้ากับมาตรฐานการส่งข้อมูลบนอินเตอร์เน็ต ซึ่งจะทำให้เราสามารถโทรศัพท์ไปได้ทั่วโลกโดยระบบอินเตอร์เน็ต อีกแนวทางหนึ่งก็คือ อาจจะพัฒนาให้เป็นการประชุมทางไกลได้ โดยการส่งข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งไปด้วย กับข้อมูลเสียง นอกจากนี้อาจทำการพัฒนาต่อในเรื่องต่อไปนี้

8.2.1 การเพิ่มความสามารถของชุมสาย เช่น

- สามารถติดต่อพร้อมกันได้หลายเครื่อง ซึ่งเป็นลักษณะการประชุม (Conference) ซึ่งทำได้โดยการปรับปรุงเฉพาะซอฟท์แวร์ โดยใช้หลักการของสัญญาณ แต่สัญญาณเชิงเลขที่ใช้สื่อสารกันเป็นข้อมูลที่ได้จากการเข้ารหัส ดังนั้นในการรวมกันจะต้องถอดรหัสก่อน และเมื่อรวมกันแล้วจะต้องเข้ารหัสกลับรา ซึ่งต้องใช้งานหน่วยประมวลมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีอีกวิธีการหนึ่งคือ ใช้ฮาร์ดแวร์ช่วย ซึ่งในปัจจุบันมีไอซีที่ทำหน้าที่ในการจัดการเรื่องนี้ เรียกว่า PCM Conference
- การฝากข้อความในกรณีที่ผู้รับไม่อยู่ ซึ่งพัฒนาได้โดยการปรับปรุงแค่ซอต์ฟแวร์ก็เพียงพอ

8.2.2 การเพิ่มจำนวนลูกข่ายในแต่ละชุมสาย

อาจทำได้โดยการเพิ่มการ์ดและต้องมีการปรับปรุงซอต์ฟแวร์เพื่อให้สามารถติดต่อกับแต่ละการ์ดในเครื่องเดียวกันได้

8.2.3 พัฒนาโปรแกรมบนวินโดว์ส

ถ้าสามารถเขียนโปรแกรมไดรเวอร์เพื่อติดต่อกับวินโดว์ได้ จะสามารถเพิ่มขีดความสามารถต่าง ๆ ได้อย่างมาก เพราะบนวินโดว์มีโปรแกรมชุดพัฒนาเกี่ยวกับการทำงานของระบบโทรศัพท์ให้ใช้งาน คือ โปรแกรม Telephony Application Programming Interface (TAPI) ซึ่งสามารถพัฒนาการใช้งานโทรศัพท์ได้กว้างขึ้น

8.2.4 การพัฒนาเพื่อการเชื่อมต่อกับสายนอกขององค์การโทรศัพท์ เพื่อให้สามารถติดต่อกับสายนอกได้

8.2.5 การพัฒนาในการลดปริมาณข้อมูล หรือลดแบนวิดธ์ของข้อมูล

เพื่อลดเวลาในการส่งข้อมูลระหว่างชุมสาย อาจทำให้สองวิธี คือโดยการใช้ซอฟท์แวร์ในการบีบอัดข้อมูล ซึ่งไม่จำเป็นต้องแก้ไขฮาร์ดแวร์ แต่หน่วยประมวลผลต้องทำงานหนักขึ้น หรืออีกวิธีหนึ่ง โดยการใช้ฮาร์ดแวร์ ซึ่งเป็นการใช้วงจรการเข้ารหัสเสียงแบบอะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่น ซึ่งได้กล่าวไว้ใน บทที่ 3 ซึ่งในปัจจุบันมีไอซี ที่ทำหน้าที่นี้อยู่สอบแบบ คือการเข้ารหัสจากสัญญาณเสียงโดยตรง และอีกแบบคือการนำข้อมูลที่ได้จากการเข้ารหัสแบบพัลส์โคดมอดูเลชั่นแล้ว มาทำการบีบอัดเป็นข้อมูลแบบอะแดพทีฟพัลส์โคดมอดูเลชั่น ซึ่งจะช่วยลดแบนวิดธ์ของข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ลิลลี่ สรุจิกำจรวัฒนะ และ วีระชัย แซ่โคว้, ระบบชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (เล่มที่ 1 ส่วนฮาร์ดแวร์), ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2538.

[2] ชูเกียรติ เจียเจษฎากุล และ ธนวิชญ์ พันธุ์เจริญ, ระบบชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (เล่มที่ 2 ส่วนซอฟท์แวร์), ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2538.

[3] Barry Nance, Network Programming in C, QUE Corporation, 1990.

[4] Novell Inc., Netware C Interface for DOS, Novell Incorporation.

[5] Charles G. Rose, Programmer's Guide to Netware, McGraw-Hill Inc., 1990.

[6] อัครเสน สุนทรผ่อง และ จักร พิชัยสรทัต, ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ LAN, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.

[7] ต้น ตัณท์สิทธิวงศ์ และ สุพจน์ ปุณณชัยยะ, คู่มือการใช้ Netware.

[8] ธันวา ศรีประมง, การเขียนภาษาซี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้