การเพิ่มประสิทธิภาพการเรียกระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องลูกข่ายของระบบวิทยุเฉพาะกิจ

EFFICIENCY ENHANCEMENT FOR CALLS ORIGINATION FROM PUBLIC SWITCHING TELEPHONE NETWORK TO SUBSCRIBERS OF TRUNKED RADIO SYSTEM

กมล น้อยทองเล็ก

KAMOL NOITONGLEK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2543

ISBN 974-522-685-1

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเพิ่มประสิทธิภาพการเรียกระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องลูกข่ายของระบบวิทยุเฉพาะกิจ

EFFICIENCY ENHANCEMENT FOR CALLS ORIGINATION FROM PUBLIC SWITCHING TELEPHONE NETWORK TO SUBSCRIBERS OF TRUNKED RADIO SYSTEM

T 035438

กมล น้อยทองเล็ก

KAMOL NOITONGLEK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2543

ISBN 974-622-685-1

ลขหมู่.....
ลขทะเบียน 35438
วัน, เดือน, ปี 25 เม.ย. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFICIENCY ENHANCEMENT FOR CALLS ORIGINATION FROM PUBLIC SWITCHING TELEPHONE NETWORK TO SUBSCRIBERS OF TRUNKED RADIO SYSTEM

KAMOL NOITONGLEK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MATER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

ISBN 974-622-685-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2000

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเพิ่มประสิทธิภาพการเรียกระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องลูกข่ายของระบบวิทยุเฉพาะกิจ

EFFICIENCY ENHANCEMENT FOR CALLS ORIGINATION FROM PUBLIC SWITCHING TELEPHONE NETWORK TO SUBSCRIBERS OF TRUNKED RADIO SYSTEM

ชื่อนักศึกษา นายกมล น้อยทองเล็ก

รหัสประจำตัว 39061054

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ศ.มนูญ	สุขเกษม	
รศ.ดร.ถวิล	พึ่งมา	
ผศ.ดร.ไกรสิน	ส่งวัฒนา	
รศ.สมยศ	จุณณะปิยะ	
รศ.ดร.กอบชัย	เดชหาญ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 13 มีนาคม 2542 เวลา 11.00 -12.00 น.

สถานที่สอบ ณ. ห้องสอบวิทยานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ตึก 12 ชั้น ชั้น 4 ห้อง (E12-404)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 22 **เดือน** มีนาคม **พ.ศ.** 2542

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Efficiency Enhancement for Calls Origination from Public Switching Telephone Network to Subscribers of Trunked Radio System
Student	Mr.Kamol Noitonglek
Student ID.	39061054
Degree	Mater of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2000
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Kobchai Dejhan

ABSTRACT

The trunked radio system is widely used for group communication and personal communication. The personal communication uses as intercom and mobile telephone subscriber. It can exchange of information between end users with independent of time, location. The calling from telephone subscriber to subscriber of trunked radio is disadvantage. It cannot transfer and call forward to the subscriber of trunked radio according to the controlling system of connection between the telephone system and base station of trunked radio have not been designed for this purpose. This thesis describes the design and construction of one numbering (number of trunked radio same as fixed line phone), transferring and calling forward circuit, which increases efficiency of trunked system. This worked also emphasizes on using the components that is easily to find in the local market and also low price. This technique leads to develop the industrial electronic of Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญภาพ.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาของการทำวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....2

1.3 หลักการใหม่ที่นำเสนอเปรียบเทียบกับหลักการเดิม.....3

1.4 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....3

บทที่ 2 ระบบวิทยุเฉพาะกิจ.....4

2.1 บทนำ.....4

2.2 คุณสมบัติทั่วไปของระบบวิทยุเฉพาะกิจ.....4

2.3 องค์ประกอบของระบบวิทยุเฉพาะกิจ.....5

2.4 สถานีแม่ข่ายทบทวนสัญญาณหรือรีพีทเตอร์.....6

2.5 ช่องสัญญาณควบคุมหรือคอนโทรลแชลแนล.....6

2.6 ช่องสัญญาณเสียงหรือวอยซ์แชลแนล.....7

2.7 ระบบควบคุมกลางหรือชุดเซ็นทรัลคอนโทรลเลอร์.....8

2.8 ส่วนประกอบที่เป็นไมโครโปรเซอร์.....9

2.8.1 ชุดเซ็นทรัลไซท์คอนโทรลเลอร์.....9

2.8.2 ชุดรีซีพเวอร์ไซท์คอนโทรลเลอร์.....10

2.8.3 ชุดทรานสมิทเตอร์อินเตอร์เฟสบอร์ด.....10

2.9 ระบบสายอากาศ.....10

2.10 ระบบการจัดการหรือซิสเต็มมาเนเจอร์เทอร์มินอล.....10

2.11 การทำงานของระบบวิทยุเฉพาะกิจ.....11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5.3 วงจรตัดเสียง.....41

3.5.4 วงจรไฮบริด.....41

3.5.5 ส่วนวงจรปากพูดหรือหูฟัง.....41

3.6 ลักษณะการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกและผู้ถูกเรียกในชุมสายโทรศัพท์.....41

3.7 หลักการบันทึกข้อมูลสัญญาณเสียงสำหรับใช้ในการฝากข้อความเตือนภัย.....44

3.7.1 พัลซ์แอมปลิจูดมอดูเลชั่น.....44

3.7.2 พลซ์โค้ดมอดูเลชั่น.....44

3.7.3 เดลต้ามอดูเลชั่น.....50

3.7.4 อะแดปทีปเดลต้ามอดูเลชั่น.....51

บทที่ 4 การออกแบบ.....53

4.1 การออกแบบตัวเครื่องหรือฮาร์แวร์.....53

4.1.1 การออกแบบส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก.....56

4.1.2 การออกแบบส่วนสัญญาณเสียงตอบรับ.....58

4.1.3 การออกแบบส่วนรับและส่งสัญญาณความถี่คู่ผสม.....63

4.1.3.1 ภาครับ.....64

4.1.3.2 ภาคส่ง.....67

4.1.3.3 การเชื่อมต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์.....68

4.1.4 การออกแบบส่วนสัญญาณเสียงดนตรี.....70

4.1.5 การออกแบบส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุนสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง.....70

4.1.6 การออกแบบส่วนการคัปปลิ้งกับคู่สายโทรศัพท์.....74

4.1.7 การออกแบบส่วนของวงจรเสียงพูดผ่าน.....74

4.1.8 ส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง.....75

4.1.9 ส่วนแหล่งจ่ายไฟ.....75

4.1.10การออกแบบโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของระบบหรือซอฟท์แวร์..77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 การทดสอบการใช้งานและผลที่ได้จากการทดสอบ.....83
5.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก.....84
5.2 ส่วนสัญญาณเสียงตอบรับ.....85
5.3 ส่วนรับ-ส่งสัญญาณความถี่คู่ผสม.....86
5.4 ส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน.....87
5.5 ส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง.....88

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....92
6.1 บทนำ.....92
6.2 ปัญหาและการแก้ไข.....92
6.3 แนวทางการพัฒนา.....93

เอกสารอ้างอิง.....94

ภาคผนวก.....95
ภาคผนวก ก.....96
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์.....104
ประวัติผู้เขียน.....105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงรายละเอียดของสัญญาณคอนเน็คท์โทนทั้ง 8 สัญญาณ.....8

4.1 แสดงการกำหนดอัตราบิทเรตของ T6668.....58

4.2 แสดงการกำหนดชนิดและจำนวนของแรมที่ใช้.....61

4.3 แสดงรายระเอียดขา MT8880.....65

4.4 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ ของสัญญาณ DTMF.....66

4.5 แสดงการกำหนดหน้าที่ของรีจิสเตอร์.....68

4.6 แสดงตำแหน่งบิตควบคุมใน CRA.....68

4.7 แสดงตำแหน่งบิตควบคุมใน CRB.....68

4.8 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับรีจิสเตอร์ควบคุม A.....69

4.9 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับรีจิสเตอร์ควบคุม B.....69

4.10 แสดงรายละเอียดรีจิสเตอร์สถานะ.....70

5.1 ค่าเอาท์พุทของไอซีโมโนสเตเบิ้ลแบบทริกซ้ำ 74LS123 ทั้งสองชุด.....91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงส่วนประกอบของระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ	2
1.2 แสดงการเชื่อมต่อวงจรเพิ่มประสิทธิภาพการเรียกกับระบบทรังค์	3
2.1 ย่านความถี่ที่กรมไปรษณีย์โทรเลขอนุญาติให้ระบบวิทยุเฉพาะกิจใช้งาน	5
2.2 แสดงส่วนโครงสร้างของระบบวิทยุเฉพาะกิจ	5
2.3 แสดงส่วนประกอบของชุดเซ็นทรัลคอลโทรลเลอร์	8
2.4 แสดงขั้นตอนการทำงานและการส่งสัญญาณในระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์วัน	11
2.5 แสดงขั้นตอนการทำงานและการส่งสัญญาณในระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์ทู	13
2.6 แสดงการทำงานของระบบวิทยุเฉพาะกิจขณะที่ไม่มีการใช้ช่องสัญญาณ	14
2.7 แสดงการส่งสัญญาณของลูกข่ายเมื่อต้องการใช้ช่องสัญญาณของผู้ใช้ในกลุ่ม B ผ่านทางช่องสัญญาณควบคุมไปยังสถานีควบคุมกลาง	14
2.8 แสดงการขอใช้ช่องสัญญาณของวิทยุลูกข่าย ขณะที่มีช่องเชื่อมต่อสัญญาณว่าง	15
2.9 แสดงการทำงานเมื่อระบบไม่สามารถให้บริการได้เนื่องจากช่องเชื่อมต่อสัญญาณไม่ว่าง	16
2.10 แสดงการแบ่งกลุ่มผู้ใช้งานในระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์วัน	18
2.11 แสดงการแบ่งกลุ่มผู้ใช้งานในระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์ทู	19
2.12 แสดงรูปแบบของสัญญาณ ISW และ OSW ของระบบชนิด Type II	21
2.13 แสดงช่วงเวลาในการเข้าถึงระบบของระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์วัน	22
2.14 แสดงช่วงเวลาในการเข้าถึงระบบของระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์ทู	23
2.15 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุด CIT	24
3.1 แสดงการเชื่อมต่อของผู้ใช้กับชุมสายโทรศัพท์โดยผ่ายชุมสาย PABX	34
3.2 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์และเครื่องโทรศัพท์ผู้ใช้	35
3.3 แสดงลักษณะสัญญาณพื้นฐานของระบบโทรศัพท์	36
3.4 แสดงแถบความถี่ของสัญญาณเสียง	38
3.5 แสดงลักษณะของสัญญาณที่เกิดจากการหมุนหมายเลข 4	39
3.6 แสดงค่าความถี่ในแต่ละหมายเลขของระบบโทรศัพท์ DTMF	39
3.7 แสดงบล็อคไดอะแกรมของเครื่องรับโทรศัพท์	40
3.8 แสดงการติดต่อระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกในชุมสายโทรศัพท์	43
3.9 แสดงหลักการพื้นฐานของระบบ PCM	45
3.10 แสดงลักษณะการแซมปลิ้ง	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.11	แสดงการควอนไทซ์อินเทอร์วัลสัญญาณ	46
3.12	แสดงคุณลักษณะของการอัดและการขยาย	47
3.13	แสดงคุณลักษณะของ A-law	48
3.14	แสดงคุณลักษณะของ μ-law	49
3.15	แสดงหลักการของระบบเดลต้ามอดูเลชั่น (DM)	50
3.16	แสดงบล็อคไดอะแกรมของระบบ ADM	51
3.17	แสดงหลักการจัดระดับของระบบ ADM	52
4.1	บล็อคไดอะแกรมของเครื่อง	53
4.2	แสดงการทำงานของเครื่อง	55
4.3	แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก	57
4.4	แสดงบล็อคไดอะแกรมของ T6668	59
4.5	วงจรสัญญาณเสียงตอบรับ	62
4.6	แสดงวงจรของภาครับและภาคส่งสัญญาณความถี่ผสม	63
4.7	แสดงบล็อคไดอะแกรมโครงสร้างของ MT 8880	64
4.8	แสดงช่วงความถี่ที่ตัวกรองสัญญาณคอลโพรเกรสยอมให้ผ่าน	67
4.9	แสดงวงจรส่วนสัญญาณเสียงดนตรี	70
4.10	แสดงวงจรของส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง	71
4.11	แสดงกราฟความสัมพันธ์ของค่า K, R_{ext}, C_{ext}	73
4.12	วงจรควบคุมและประมวลผลกลาง	75
4.13	แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟ	75
4.14	แสดงวงจรสมบูรณ์ของเครื่อง	76
4.15	แสดงการทำงานของโปรแกรมบริการหลัก	78
4.16	แสดงการทำงานของส่วนโปรแกรมย่อยการประกาศเสียงตอบรับ	80
4.17	แสดงการทำงานของโปรแกรมย่อยเก็บเลขหมาย DTMF ลงในหน่วยความจำ	81
4.18	แสดงการทำงานของโปรแกรมย่อยสัญญาณ DTMF ไปยัง PABX	82
5.1	แสดงลักษณะของเครื่องต้นแบบที่ได้ทำการสร้างขึ้น	83
5.2	แสดงการต่อใช้งานของเครื่องที่สร้างขึ้น	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.3 (บน) แสดงลักษณะของสัญญาณกริ่งเรียก (ปรับ Prob ไปที่ Rang *10)
(ล่าง) แสดงลักษณะของสัญญาณที่เอาท์พุทขา 5 ของ 4N25.....84

5.4 แสดงลักษณะของสัญญาณเสียงขณะเครื่องประกาศข้อความ.....85

5.5 แสดงสัญญาณความถี่คู่ DTMF หมายเลข 6 ที่คู่สายโทรศัพท์องค์การ.....86

5.6 แสดงสัญญาณที่วัดได้จากขา D0 - D3 ของไอซี 8880 ในการับสัญญาณ DTMF หมายเลข 6
.....87

5.7 แสดงสัญญาณความถี่คู่ DTMF หมายเลข 6ที่คู่สายภายในของ PABX 87

5.8 (บน) แสดงสัญญาณให้หมุนที่ออกจากชุมสายโทรศัพท์
(ล่าง) แสดงสัญญาณให้หมุนที่ตรวจจับได้จากขา 8 ของไอซี NE567.....88

5.9 (บน) แสดงลักษณะของสัญญาณไม่ว่าง
(ล่าง) แสดงลักษณะสัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับด้วยวงจรเฟสล็อกลูป (NE567).....89

5.10 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของไอซี 74LS123 ทั้งสองชุดเมื่อมีสัญญาณไม่ว่างเข้ามา.....90

5.11 (บน) แสดงลักษณะของสัญญาณเรียกกลับ
(ล่าง) แสดงลักษณะสัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับด้วยวงจรเฟสล็อกลูป (NE567).....90

5.12 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของไอซี 74LS123 ทั้งสองชุด เมื่อมีสัญญาณเรียกกลับเข้ามา.....91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันระบบสื่อสารและโทรคมนาคมมีความสำคัญมากขึ้นทั้งในด้านธุรกิจและส่วนบุคคล ประกอบกับการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว กลุ่มผู้ประกอบกิจการธุรกิจ และส่วนราชการต่างๆ มีความต้องการใช้งานระบบวิทยุสื่อสารในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากสะดวกและมีความคล่องตัวสูง ระบบวิทยุสื่อสารที่นิยมใช้งานในปัจจุบัน เช่น เครื่องรับ-ส่งวิทยุแบบมือถือ แบบติดรถยนต์ และแบบติดตั้งประจำที่ โดยเริ่มแรกจะเรียกว่าแบบ Talk Around เป็นการติดต่อสื่อสารโดยตรงระหว่างเครื่องวิทยุสื่อสารด้วยกันโดยใช้ 1 ความถี่ ต่อ 1 ช่องสัญญาณ ปัญหาที่เกิดขึ้นคือจะติดต่อสื่อสารกันได้ภายในระยะทางที่จำกัด ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาให้เป็นระบบที่เรียกว่า Conventional Repeater ซึ่งใช้ 1 คู่ความถี่ ต่อ 1 ช่องสัญญาณหรือต่อ 1 กลุ่ม หรือต่อ 1 ข่ายสื่อสาร โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Repeater ที่มีกำลังส่งสูง ๆ ทำหน้าที่ทวนสัญญาณของเครื่องวิทยุลูกข่ายต่างๆ ทำให้การติดต่อสื่อสารด้วยระบบวิทยุสื่อสารมีประสิทธิภาพสูงขึ้น สามารถติดต่อสื่อสารกันในระยะทางที่เพิ่มสูงขึ้น ปริมาณของความถี่ใช้งานและจำนวน Repeater จะขึ้นกับจำนวนของข่ายสื่อสาร ถ้าหากข่ายสื่อสารมีจำนวนมาก จำนวนความถี่ที่ใช้และจำนวน Repeater จะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรง เช่น 1 ข่ายสื่อสาร ใช้ 1 คู่ความถี่ มี Repeater 1 เครื่อง หรือ 10 ข่ายสื่อสารใช้ 10 คู่ความถี่ มี Repeater 10 เครื่อง เป็นต้นทำให้ความถี่วิทยุซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน แม้จะมีการขยายย่านความถี่ใช้งานเป็นย่าน VHF (Very High Frequency) และ UHF (Ultra High Frequency) ก็ตามแต่ยังคงไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน นอกจากนั้นยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดหา Repeater ในการทวนสัญญาณที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งเป็นการใช้งาน Repeater ที่ไม่เต็มประสิทธิภาพ ต่อมาได้มีการพัฒนาให้เป็นระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ (Trunked Radio) โดยการนำเครื่อง Repeater มาต่อเรียงกัน แล้วใช้คอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบ โดยใช้หลักการแบ่ง (Share) กลุ่มผู้ใช้งานจำนวนมากกับช่องความถี่ที่มีอยู่จำกัด ให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.1 ที่มาของการทำวิจัย

ระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ เป็นระบบที่นำช่องสัญญาณสื่อสารมารวมกันไว้ที่ส่วนกลางและระบบจัดการจะเป็นผู้จัดสรรช่องสัญญาณให้ผู้ใช้บริการสับเปลี่ยนการใช้งาน เมื่อใช้บริการเสร็จสิ้นความถี่จะถูกคืนให้กับส่วนกลางเพื่อเตรียมจัดสรรให้ผู้ใช้บริการรายอื่นต่อไป มาตรฐานการใช้งานที่มีใช้กันอย่างกว้างขวางแบ่งเป็น 2 ระบบ คือระบบที่อิงตามมาตรฐานประเทศสหรัฐอเมริกา (FCC: Federal Communications Commission) และประเทศในยุโรป (MPT: Ministry of Posts and Telecommunications 1327, 1343, 1347, 1354) สำหรับประเทศไทยมีการใช้งานระบบวิทยุบริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

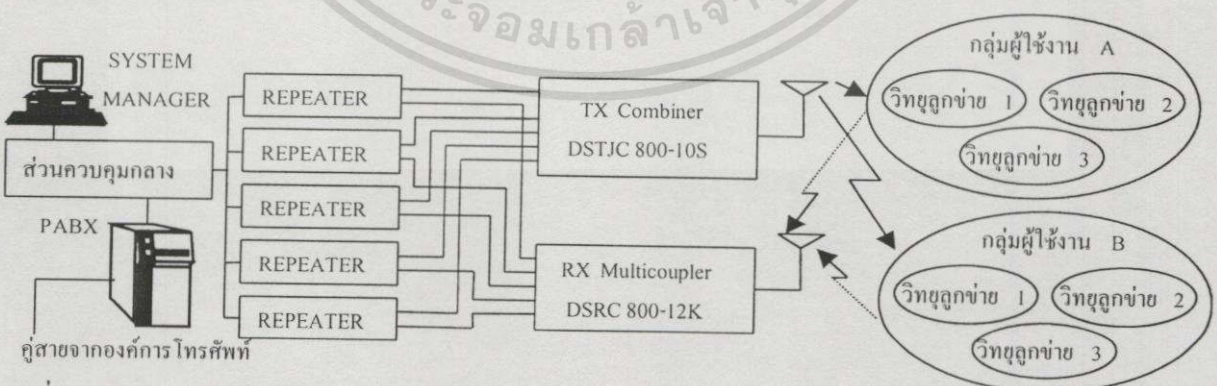
เฉพาะกิจของบริษัทโมโตโรล่า ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นระบบที่การท่าอากาศยานแห่งประเทศไทยนำมาใช้งานในสนามบินต่างๆทั่วประเทศ ซึ่งใช้ความถี่ในการติดต่อสื่อสารจะอยู่ในช่วง 806-825 MHz และช่วง 851-870 MHz ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่กรมไปรษณีย์โทรเลขอนุญาติให้ใช้งาน ซึ่งมีคุณลักษณะการให้บริการการเรียกระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับเครื่องลูกข่ายหรือเครื่องลูกข่ายกับเครื่องโทรศัพท์เท่านั้น ไม่สามารถตอบสนองบริการโอนสายและการฝากสาย (Call Forward) เนื่องจากส่วนควบคุมการเชื่อมต่อโทรศัพท์ของสถานีแม่ข่ายของระบบวิทยุเฉพาะกิจไม่มีฟังก์ชั่นบริการดังกล่าว จึงทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจถูกจำกัด

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และวงจรควบคุมการทำงานที่ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็ก เพื่อเพิ่มฟังก์ชั่นการเรียกโดยให้เลขหมายของเครื่องลูกข่ายของระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจเป็นเลขหมายเดียวกับเลขหมายโทรศัพท์ภายในที่ใช้สาย ซึ่งผู้เรียกสามารถเลือกติดต่อกับเครื่องลูกข่ายหรือเครื่องโทรศัพท์ภายในได้ ทำให้สามารถติดต่อได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว รวมทั้งออกแบบฟังก์ชั่นบริการการโอนสายและการฝากสายให้กับระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ โดยการออกแบบจะใช้อุปกรณ์ที่หาได้ภายในประเทศและมีราคาถูก ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมภายในประเทศได้

1.3. หลักการใหม่ที่นำเสนอเปรียบเทียบกับหลักการเดิม

จากที่ผ่านมาระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจที่ใช้งานของการท่าอากาศยานแห่งประเทศไทยระบบดังกล่าวไม่ฟังก์ชั่นการโอนสายการฝากสายของเครื่องลูกข่ายโดยส่วนประกอบของระบบวิทยุบริการมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 1.1

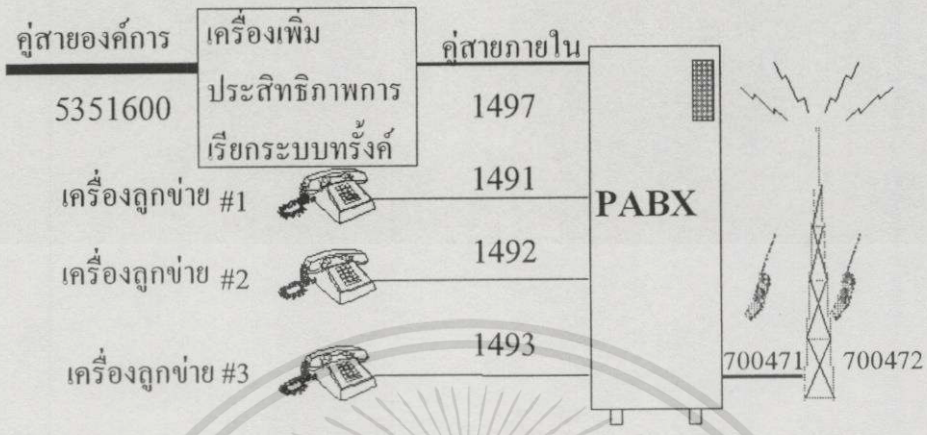


รูปที่ 1.1 แสดงส่วนประกอบของระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ

การพัฒนาวงจรเพิ่มประสิทธิภาพของระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งาน โดยเครื่องจะต่อกับระบบดังแสดงในรูปที่ 1.2 โดยไม่ต้องดัดแปลงแก้ไขวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือโปรแกรมของ PABX และอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบเลย ซึ่งทำให้สะดวกต่อการใช้งาน รวมทั้งออกแบบโปรแกรมให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดการใช้งานได้ตามความต้องการ



รูปที่ 1.2 แสดงการเชื่อมต่อวงจรเพิ่มประสิทธิภาพการเรียกกับระบบทรั้งค์

จากรูปที่ 1.2 เครื่องที่ทำการออกแบบจะต่ออยู่ระหว่างคู่สายองค์การโทรศัพท์กับคู่สายภายในของ PABX และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการทำงานของส่วนต่าง ๆ และใช้อุปกรณ์ที่มีการมอดูเลตเสียงแบบดิจิตอลที่เรียกว่า Adaptive Delta Modulation (ADM) ใช้บิตในการเข้ารหัสที่น้อยมากเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ ทำให้ประหยัดหน่วยความจำที่ใช้ สัญญาณเสียงจะถูกเก็บลงในหน่วยความจำเป็นข้อมูลดิจิตอลให้คุณภาพเสียงที่ดี เมื่อมีการถอดรหัสเป็นสัญญาณเสียงเดิม ภายใต้โปรแกรมควบคุมการทำงานแบบ Storage Program Control (SPC) ที่มีความแม่นยำเนื่องการควบคุมเป็นแบบดิจิตอล รวมทั้งออกแบบให้เลขหมายใน PABX และเลขหมายเครื่องลูกข่ายเป็นเลขหมายเดียวกันทำให้ง่ายต่อการจดจำและสะดวกต่อการใช้งาน

1.4 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ในส่วนแรกจะกล่าวถึงความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พร้อมทั้งเสนอหลักการใหม่กับหลักการเดิม ในบทที่ 2 จะเป็นการแนะนำระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ หลักการของระบบ รายละเอียดทางเทคนิค การทำงานของส่วนต่าง ๆ เพื่อทำความเข้าใจระบบ ในบทที่ 3 จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบวงจรต่าง ๆ ระบบโทรศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ วิธีการมอดูเลตสัญญาณเสียงแบบต่าง ๆ เป็นต้น ในบทที่ 4 จะกล่าวถึงขั้นตอนวิธีการในการออกแบบตัวเครื่องและโปรแกรมควบคุมการทำงาน รวมทั้งการทดสอบใช้งานดังผลการทดลองแสดงในบทที่ 5 ส่วนในบทที่ 6 เป็นบทสรุป และข้อเสนอแนะต่าง ๆ รวมทั้งปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการสร้างและการทดสอบ จะเห็นได้จากผลการทดลองว่าระบบที่ได้ทำการออกแบบพัฒนาขึ้นมานี้ จะเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้เหมาะสมกับการใช้งานกับระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจของการท่าอากาศยานแห่งประเทศไทยเป็นอย่างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ระบบวิทยุเฉพาะกิจ (Trunked Radio)

2.1 บทนำ

ระบบวิทยุเฉพาะกิจ หมายถึงระบบที่นำช่องสัญญาณสื่อสารมารวมไว้ที่ส่วนกลางและใช้ระบบจัดการเป็นผู้จัดสรรช่องความถี่หรือช่องเชื่อมต่อสัญญาณให้ผู้ใช้บริการสับเปลี่ยนกันเข้ามาใช้งาน เมื่อใช้บริการเสร็จแล้วช่องความถี่จะถูกคืนมาให้กับส่วนกลางเพื่อเตรียมจัดสรรให้กับผู้ใช้บริการรายอื่นต่อไป นับว่าเป็นการใช้ความถี่ช่องสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพ

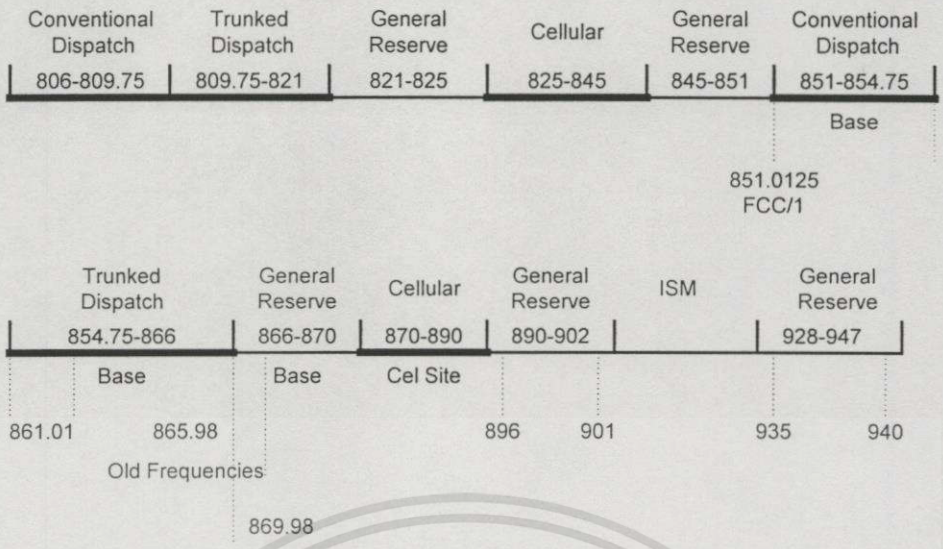
สาเหตุที่ระบบวิทยุเฉพาะกิจสามารถรองรับการใช้งานของวิทยุลูกข่ายที่มีจำนวนมากในขณะที่ช่องสัญญาณมีจำนวนจำกัดได้นั้นอาศัยหลักการ 2 ประการ คือ

1. โอกาสที่ผู้ใช้งานจะเรียกใช้ช่องสัญญาณในเวลาใดเวลาหนึ่งพร้อมกันหลาย ๆ คนนั้นมีไม่มากจึงสามารถสลับกันเข้ามาใช้งานได้
2. การสนทนาส่วนใหญ่จะใช้ช่วงเวลาสั้น ๆ เท่านั้น

2.2 คุณสมบัติทั่วไปของระบบวิทยุเฉพาะกิจ

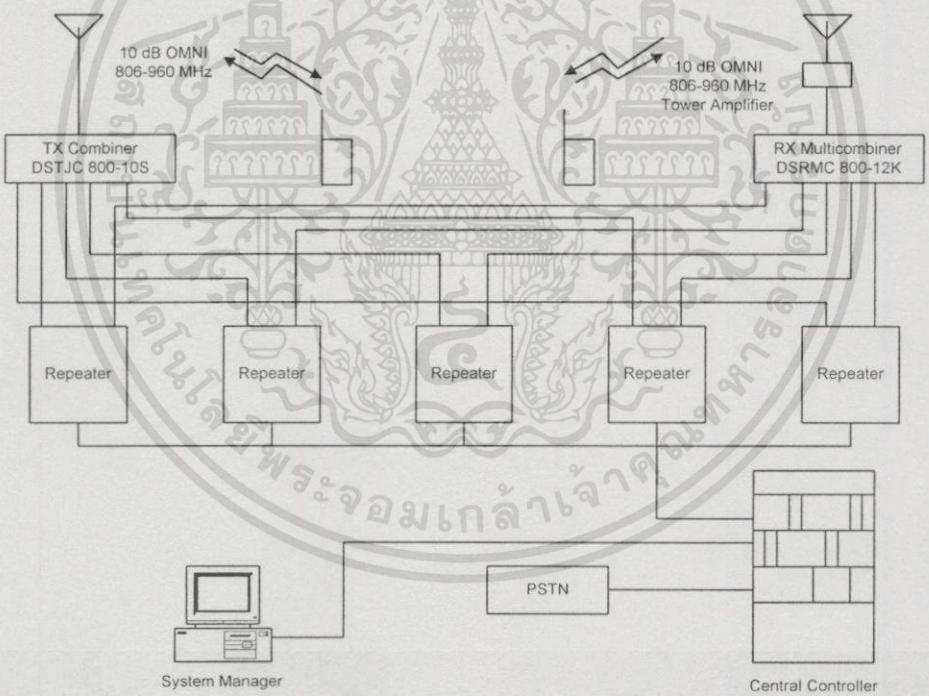
- ระบบวิทยุบริการมีการใช้งาน 2 ย่านความถี่ คือ 800 MHz และ 470 MHz โดยระบบ 800 MHz จะใช้ความถี่ในการรับสัญญาณของสถานีแม่ข่ายอยู่ในช่วง 806-825 MHz และความถี่ในการส่งสัญญาณอยู่ในช่วง 851-870 MHz ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นย่านความถี่ของกรมไปรษณีย์โทรเลขอนุญาตให้ระบบวิทยุเฉพาะกิจใช้งาน
- จำนวนช่องสัญญาณที่ใช้งานในระบบมีตั้งแต่ 5 ช่องสัญญาณ ถึง 28 ช่องสัญญาณ
- สามารถรองรับการใช้งานของวิทยุลูกข่ายได้จำนวน 2,122 เครื่อง สำหรับระบบแม่ข่ายชนิดไทพ์วัน
- สามารถรองรับการใช้งานของวิทยุลูกข่ายได้ 48,000 หมายเลข และจำนวนกลุ่มใช้งานได้ 4,000 กลุ่ม สำหรับระบบแม่ข่ายชนิดไทพ์วัน
- มีแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณเท่ากับ 25 MHz
- ในการส่งสัญญาณมีการโมดูเลทแบบเอฟเอ็ม
- มีค่าเบี่ยงเบนทางความถี่เท่ากับ 5 kHz
- ความถี่ภาคส่งและภาครับของตัวทวนสัญญาณในแต่ละช่องสัญญาณห่างกัน 45 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ย่านความถี่ที่กรมไปรษณีย์โทรเลขอนุญาติให้ระบบวิทยุเฉพาะกิจใช้งาน

2.3 องค์ประกอบของระบบวิทยุเฉพาะกิจ



รูปที่ 2.2 แสดงบล็อคไดอะแกรมโครงสร้างของระบบวิทยุเฉพาะกิจ

จากรูปที่ 2.2 จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ช่องสัญญาณหรือตัวทวนสัญญาณ (Repeater) ตั้งแต่ 5 ชุด หรือมากกว่าโดยจะเป็นช่องสัญญาณควบคุมจำนวน 1 ชุด และช่องสัญญาณเสียงจำนวน 4 ชุด
2. ระบบควบคุมกลางหรือชุดเซ็นทรัลคอนโทรลเลอร์ (Central Controller)
3. ระบบสายอากาศภาคส่งและภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิทยุลูกข่ายเป็นเครื่องวิทยุรับ-ส่งแบบมือถือ วิทยุรับ-ส่งแบบติดรถยนต์และวิทยุรับ-ส่งแบบติดตั้งประจำที่ นอกจากนั้นยังมีเครื่องวิทยุลูกข่ายอีกประเภทหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นผู้ประสานงานหรือเรียกว่า ดิสแพทเชอร์

2.4 สถานีแม่ข่ายทบทวนสัญญาณหรือรีพีทเตอร์

ระบบวิทยุเฉพาะกิจถูกออกแบบให้มีสถานีทวนสัญญาณตั้งแต่ 5 ชุดขึ้นไป ในเวลาหนึ่ง ๆ สถานีแม่ข่ายทบทวนสัญญาณนี้จะทำหน้าที่เป็นช่องสัญญาณควบคุม จำนวน 1 ชุด และทำหน้าที่เป็นช่องสัญญาณเสียงจำนวน 4 ชุด สำหรับสถานีแม่ข่ายทวนสัญญาณที่ทำหน้าที่เป็นช่องสัญญาณควบคุมสามารถมีได้ 4 ชุด โดยผลัดกันทำหน้าที่เป็นช่องสัญญาณควบคุมครั้งละ 1 ชุด ทุก ๆ 24 ชั่วโมง

2.5 ช่องสัญญาณควบคุมหรือคอนโทรลแชลแนล

การติดต่อระหว่างสถานีแม่ข่ายกับวิทยุลูกข่ายนั้นจะกระทำผ่านทางช่องสัญญาณควบคุม โดยสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อกันนั้นจะอยู่ในรูปแบบสัญญาณดิจิตอล สัญญาณที่ส่งผ่านไปทางช่องสัญญาณควบคุมจากสถานีแม่ข่ายเรียกว่า สัญญาณเอาท์บาวด์ซิกแนลเวิร์ด (OSW) ประกอบด้วย

1. แบ็คกราวด์ดาตาเวิร์ด (BDW) เป็นสัญญาณที่ใช้เพื่อการซิงโครไนซ์กับเครื่องวิทยุลูกข่าย มีความเร็วในการส่ง 3,600 บอร์ด บรรจุค่า 0B19DF00H ซึ่งเป็นเลขฐานสิบหก เพื่อบอกให้วิทยุลูกข่ายทราบว่าเป็นระบบของโมโตโรล่าและใช้เป็นบิทซิงค์เพื่อควบคุมการรับส่ง
2. เฟรมซิงค์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย
   2.1 สัญญาณซิสเต็มอินดิวิดัลเอาท์บาวด์ซิกแนลเวิร์ดประกอบด้วยหมายเลขระบบและข้อมูลข่าวสารของช่องสัญญาณควบคุมจะส่งด้วยอัตราความเร็ว 3,600 บอร์ด โดยส่งแทรกไปกับสัญญาณแบ็กกราวด์ดาตาเวิร์ดทุก ๆ 3 วินาที
   2.2 สัญญาณแกร็นท์เอาท์บาวด์ซิกแนลเวิร์ดและสัญญาณบิวซีย์ซิกแนบเวิร์ด สถานีแม่ข่ายจะส่งสัญญาณแกร็นเอาท์บาวด์ซิกแนบเวิร์ด เพื่อบอกให้วิทยุลูกข่ายทราบว่าช่องสัญญาณเสียงที่อนุญาติให้ใช้นั้นเป็นช่องสัญญาณใด ส่วนสัญญาณบิวซีย์เอาท์บาวด์ซิกแนลเวิร์ดนั้น สถานีแม่ข่ายส่งไปเพื่อบอกให้วิทยุลูกข่ายทราบว่าขณะนี้ช่องสัญญาณยังไม่ว่างให้ใช้งาน

รูปแบบของสัญญาณแกร็นท์เอาท์บาวด์ซิกแนลเวิร์ดและสัญญาณบิวซีย์เอาท์บาวด์ซิกแนลเวิร์ดจะมีจำนวน 84 บิท ถูกส่งด้วยความเร็ว 3,600 บอร์ดใช้เวลาในการส่ง 23.3 มิลลิวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วย บิทข้อมูลจำนวน 27 บิท บิทซิงค์จำนวน 8 บิท และบิทตรวจสอบความผิดพลาด จำนวน 49 บิท

จะเป็นว่าช่องสัญญาณควบคุมจะมีการส่งสัญญาณตลอดเวลา ดังนั้นระบบวิทยุเฉพาะกิจจำเป็นจะต้องมีตัวทวนสัญญาณที่ใช้ทำหน้าที่เป็นช่องสัญญาณควบคุม 4 เครื่อง เพื่อใช้สับเปลี่ยนในการทำหน้าที่เป็นช่องสัญญาณควบคุมครั้งละ 1 เครื่อง ในทุก ๆ 24 ชั่วโมง

2.6 ช่องสัญญาณเสียงหรือวอยซ์แชลแนล

สถานีแม่ข่ายจะส่งสัญญาณต่าง ๆ ผ่านทางช่องสัญญาณเสียง ดังนี้

1. สัญญาณไฮจ์สปีดแฮนด์เช็ค (HSHS) เป็นสัญญาณดิจิตอลถูกส่งด้วยความเร็ว 3,600 บอร์ด มีจำนวน 21 บิท ใช้เวลาส่ง 5.83 มิลลิวินาที มีใช้เฉพาะรุ่นไทพวันเท่านั้น ประกอบด้วย บิทซิงค์ จำนวน 8 บิท บิทแสดงหมายเลขประจำเครื่องจำนวน 11 บิท บิทพาริตี้ จำนวน 2 บิท
2. สัญญาณโลสปีดแฮนด์เช็ค (LSHS) เป็นสัญญาณดิจิตอลส่งด้วยความเร็ว 150 บอร์ด มีจำนวน 21 บิท ใช้เวลาในการส่ง 140 มิลลิวินาที ประกอบด้วย บิทซิงค์ จำนวน 8 บิท บิทแสดงหมายเลขประจำเครื่องจำนวน 11 บิท บิทพาริตี้ จำนวน 2 บิท
3. ดิสคอนเน็คส์เวิร์ด เป็นสัญญาณดิจิตอบถูกส่งด้วยความเร็ว 300 บอร์ดโดยสถานีแม่ข่ายจะส่งสัญญาณซิงโครไนเซชันเอาท์บาวด์ซิกแนลเวิร์ด (10101100) เป็นเวลา 125 มิลลิวินาที
4. เฟลซอร์ฟท์คาตาเวิร์ด เป็นสัญญาณดิจิตอลถูกส่งด้วยความเร็ว 150 บอร์ด เพื่อบอกให้วิทยุลูกข่ายเข้าสู่โหมดเฟลซอร์ฟ
5. สัญญาณเสียงที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร
6. สัญญาณแอ็คโนเล็ดจ์โทนถูกส่งที่ความถี่ 1,800Hz ตลอดระยะเวลาที่ใช้ช่องสัญญาณเสียงสามารถเลือกใช้ได้ทั้งหมด 8 โทน แสดงในตารางที่ 2.1
7. สัญญาณดิสคอนเน็กท์โทน ส่งที่ความถี่ 163.64 Hz เป็นเวลา 200 มิลลิวินาที
8. สัญญาณเสียงที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร

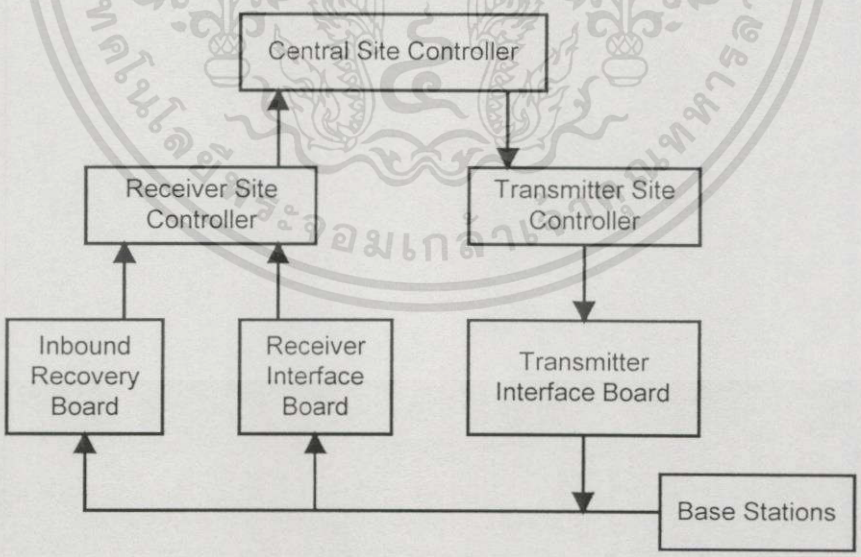
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของสัญญาณคอนเน็คท์โทนทั้ง 8 สัญญาณ

เลขหมาย	ความถี่ (Hz)
0	105.88
1	76.60
2	83.72
3	90.30
4	97.30
5	116.13
6	128.57
7	138.46

2.7 ระบบควบคุมกลางหรือชุดเซ็นทรัลคอนโทรลเลอร์

เป็นที่ทราบแล้วว่าวิทยุสื่อสารเฉพาะกิจนั้นใช้ไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมและจัดการระบบเพื่อการทำงานของระบบที่มีความเร็วถูกต้องและสร้างความน่าเชื่อถือในระบบแก่ผู้ใช้งาน ส่วนที่เป็นหัวใจของระบบคือชุดเซ็นทรัลคอนโทรลเลอร์มีส่วนประกอบดังแสดงรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบของชุดเซ็นทรัลคอลโทรลเลอร์

ส่วนประกอบของชุดเซ็นทรัลคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนไมโครโปรเซสเซอร์ ได้แก่ ชุดเซ็นทรัลไซท์คอนโทรลเลอร์ (CSC) ชุดรีซีฟเวอร์ไซท์คอนโทรลเลอร์ (RSC) และชุดทรานสมิทเตอร์ไซท์คอนโทรลเลอร์ (TSC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนเชื่อมต่อหรืออินเตอร์เฟส ได้แก่ ชุดอินบาวด์รีโคเวอรีย์บอร์ด (IRB) ชุดรีซีพเวอร์อินเตอร์เฟสบอร์ด (RIB) และชุดทรานสมิทเตอร์อินเตอร์เฟสบอร์ด (TIB)

2.8 ส่วนประกอบที่เป็นไมโครโปรเซอร์

2.8.1 ชุดเซ็นทรัลไซท์คอนโทรลเลอร์ (CSC)

ประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์โดยที่คำสั่งในการจัดการระบบถูกบรรจุไว้ในหน่วยความจำที่เป็นอีพรอม (EPROM) ชุด CSC นี้เชื่อมต่ออยู่กับชุด RSC, TSC และชุดซิสเต็มเมเนเจอร์เทอร์มินอล (SMT) เป็นตัวจัดการระบบโดยผ่านชุดอินเตอร์เฟส RS-232 หน้าที่ของชุด CSC ก็คือควบคุมการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในระบบซึ่งจะรับข้อมูลจากชุด RSC และ TSC แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อเลือกการทำงานในลำดับต่อไป

หน้าที่ของชุด CSC มีดังนี้

1. ทำกระบวนการเรียกหรือคอลโพรเซสซิ่งเมื่อชุด CSC ได้รับสัญญาณบาวด์ซิกแนลเวิร์ด (ISW) จากวิทยุลูกข่ายแล้วจะทราบว่าผู้ใช้หมายเลขใดต้องการที่จะใช้ช่องสัญญาณและลักษณะของการเรียกใช้ ต่อจากนั้นจะตรวจสอบว่ามีช่องสัญญาณว่างหรือไม่ ถ้ามีช่องสัญญาณว่างจะดำเนินการตามขั้นตอนเพื่อสั่งให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานเพื่อบริการแก่ผู้ใช้งานรายนั้น
2. จัดลำดับการเรียกหรือคอลคิวอิงจากขั้นตอน (1) ในกรณีที่ชุด CSC ตรวจสอบพบว่าช่องสัญญาณไม่ว่างแล้วขั้นตอนต่อไปจะนำรายชื่อผู้ใช้รายใหม่ไปเก็บไว้ตามลำดับ เมื่อช่องสัญญาณว่างและถึงคิวของผู้ใช้รายนั้น ชุด CSC จะสั่งให้ชุด TSC สั่งสัญญาณเอาท์บาวด์ซิกแนลเวิร์ด (OSW) ไปบอกผู้ใช้งานว่าขณะนี้สามารถใช้ช่องสัญญาณเพื่อการติดต่อสื่อสารได้แล้ว
3. การเตรียมการเพื่อบริการผู้ใช้งานรายต่อไป เมื่อวิทยุลูกข่ายใช้ช่องสัญญาณในการติดต่อสื่อสารเสร็จเรียบร้อยแล้วจะคือช่องสัญญาณนั้นมาให้ตัวควบคุมกลางเพื่อเตรียมการบริการให้ผู้ใช้รายอื่นต่อไป
4. ทำการวินิจฉัยระบบ
5. เก็บข้อมูลของวิทยุลูกข่ายทุกเครื่องในระบบว่าเป็นรุ่นใด หมายเลขใด อยู่ในกลุ่มใด และสามารถเรียกใช้บริการของระบบได้กี่ประเภท
6. บันทึกการใช้งานของวิทยุลูกข่ายแต่ละเครื่อง
7. ติดต่อกับระบบในโซนอื่น ๆ ในกรณีที่ระบบมีหลายโซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 ชุดรีซีพเวอร์ไซท์คอนโทรลเลอร์ (RSC)

ประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งมีคำสั่งในการจัดการระบบบรรจุอยู่ในหน่วยบันทึกความจำที่เป็นอีพรอม ชุด RSC นี้เชื่อมต่อกับชุด IRB, RIB และ CSC นั้นใช้ผ่านทางชุดอินเตอร์เฟส RS-232 หน้าที่ของชุด RSC มีดังนี้

1. ตรวจจับสัญญาณคอนเน็คท์โทนที่ส่งมาจากวิทยุลูกข่าย เพื่อบอกให้สถานีแม่ข่ายทราบว่ากำลังใช้ช่องสัญญาณอยู่
2. ตรวจจับสัญญาณดิสคอนเน็คท์โทนที่ส่งมาจากวิทยุลูกข่ายเพื่อบอกให้สถานีแม่ข่ายทราบว่าขณะนี้ได้ใช้ช่องสัญญาณเสร็จเรียบร้อยแล้ว
3. ตรวจจับสัญญาณแอคโนว์เล็ดจ์โทนที่ส่งมาจากวิทยุลูกข่ายเพื่อบอกให้สถานีแม่ข่ายทราบว่าวิทยุลูกข่ายได้เปลี่ยนความถี่ไปยังช่องสัญญาณที่ชุด CSC อนุญาติให้ใช้เรียบร้อยแล้ว

2.8.3 ชุดทรานสมิทเตอร์อินเตอร์เฟสบอร์ด (TIB)

ส่วนนี้เชื่อมต่ออยู่ระหว่างชุด TSC กับตัวทวนสัญญาณที่ทำหน้าที่เป็นช่องสัญญาณเสียงและช่องสัญญาณควบคุมหน้าที่ของชุด TIB คือนำสัญญาณที่ชุด TSC สร้างขึ้นมาแล้วจัดให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถส่งผ่านตัวทวนสัญญาณได้

2.9 ระบบสายอากาศ

สายอากาศทางด้านภาคส่งเป็นสายอากาศชนิดโอมนิไดเร็กชั่น ใช้ในย่านความถี่ 851-870 MHz มีอัตราขยายเท่ากับ 10 dB เนื่องจากว่าในระบบวิทยุเฉพาะกิจนั้นมีสถานีทวนสัญญาณหรือช่องเชื่อมต่อสัญญาณจำนวนหลายเครื่อง เพื่อเป็นการประหยัดจำนวนของสายอากาศจึงได้รวมสัญญาณด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่าชุดคอมไบเนอร์ (Combiner) ซึ่งคอมไบเนอร์ 1 ชุด จะรองรับสถานีทวนสัญญาณได้ 5 เครื่อง

สายอากาศทางด้านภาครับจะรับสัญญาณในย่าน 806-825 MHz เป็นสายอากาศ โอมนิไดเร็กชั่นมีอัตราการขยายเท่ากับ 10 dB เช่นเดียวกับทางด้านภาคส่ง เมื่อสัญญาณผ่านสายอากาศมาแล้วจะผ่านเข้ามาที่ชุดมัลติคัปเปอร์ ซึ่งมัลติคัปเปอร์ 1 ชุดสามารถต่อกับตัวทวนสัญญาณที่เป็นช่องสัญญาณเสียงได้ 12 เครื่องโดยมีอัตราการขยายแต่ละช่องเท่ากับ 19 dB

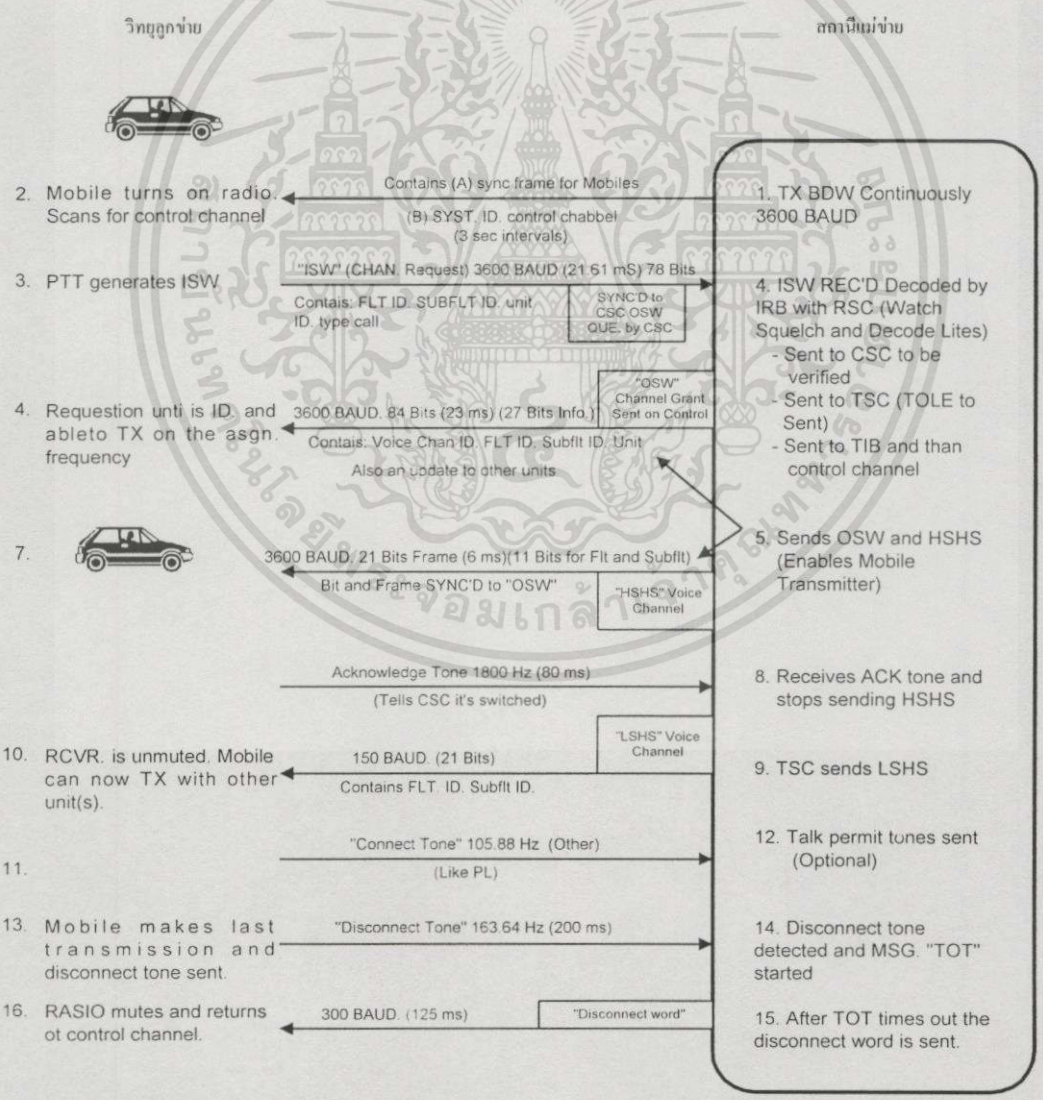
2.10 ระบบการจัดการหรือซิสเต็มมาเนเจอร์เทอร์มินอล (SMT)

ระบบวิทยุเฉพาะกิจจะมีระบบการจัดการ ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ชุดหนึ่งมีโปรแกรมที่สามารถสั่งเพื่อเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขการทำงานบางส่วนของระบบ รวมทั้งอาจมีส่วนที่ต้องการเพิ่มเติมขึ้นมาก็สามารถทำได้โดยผ่านชุดการจัดการระบบนี้เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ต้องการให้อุปกรณ์ทวนสัญญาณเครื่องใดทำงาน
2. ต้องการให้อุปกรณ์ทวนสัญญาณเครื่องใดเชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์
3. สามารถกำหนดให้ลูกข่ายแต่ละเครื่องใช้กับระบบได้และสั่งให้ไม่สามารถใช้กับระบบ
4. สามารถกำหนดการสร้างกลุ่มชั่วคราวขึ้นมาสำหรับผู้ที่ต้องการติดต่อให้สามารถรับฟังกันได้เป็นบางเครื่องหรือกลุ่มเล็ก ๆ
5. กำหนดให้มีการบันทึกจำนวนการใช้งานของวิทยุลูกข่ายแต่ละเครื่องเพื่อประโยชน์กรณีที่มีการให้บริการหรือเช่าใช้คือสามารถนำไปเป็นหลักฐานในการเก็บค่าบริการจากผู้ใช้ได้ (เมื่อมีการติดต่อกับระบบโทรศัพท์)

2.11 การทำงานของระบบวิทยุเฉพาะกิจ



รูปที่ 2.4 แสดงขั้นตอนการทำงานและการส่งสัญญาณในระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบวิทยุเฉพาะกิจนั้น ถ้าแบ่งตามลักษณะการทำงานและการจัดกลุ่มสำหรับผู้ใช้งานแล้ว สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือไทพ์วันและไทพ์ทู สำหรับขั้นตอนการทำงานของทั้งสองชนิดนี้จะคล้ายกันมากมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ดังรูปที่ 2.4 และ 2.5

เมื่อพิจารณาขั้นตอนการทำงานของระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์วันและไทพ์ทู จากรูปที่ 2.4 และ 2.5 แล้วจะเห็นได้ว่าขั้นตอนการทำงานของชนิดไทพ์วันนี้จะมีขั้นตอนมากกว่าชนิดไทพ์ทูอยู่ 1 ขั้นตอน ซึ่งก็คือการส่งสัญญาณไฮจ์สปีดแฮนด์เช็ค (HSHS) ไปที่เครื่องวิทยุลูกข่ายเพื่อตรวจสอบว่าเมื่อชุดควบคุมกลางสั่งให้เครื่องวิทยุลูกข่ายปรับความถี่ไปยังความถี่ของช่องเชื่อมต่อสัญญาณที่ว่างอยู่เพื่อใช้งานนั้นว่าได้เปลี่ยนไปเรียบร้อยแล้วหรือยัง เมื่อเปลี่ยนความถี่ไปเรียบร้อยแล้วให้ส่งสัญญาณแอคโนเลดจ์ไปบอกให้ทราบด้วย

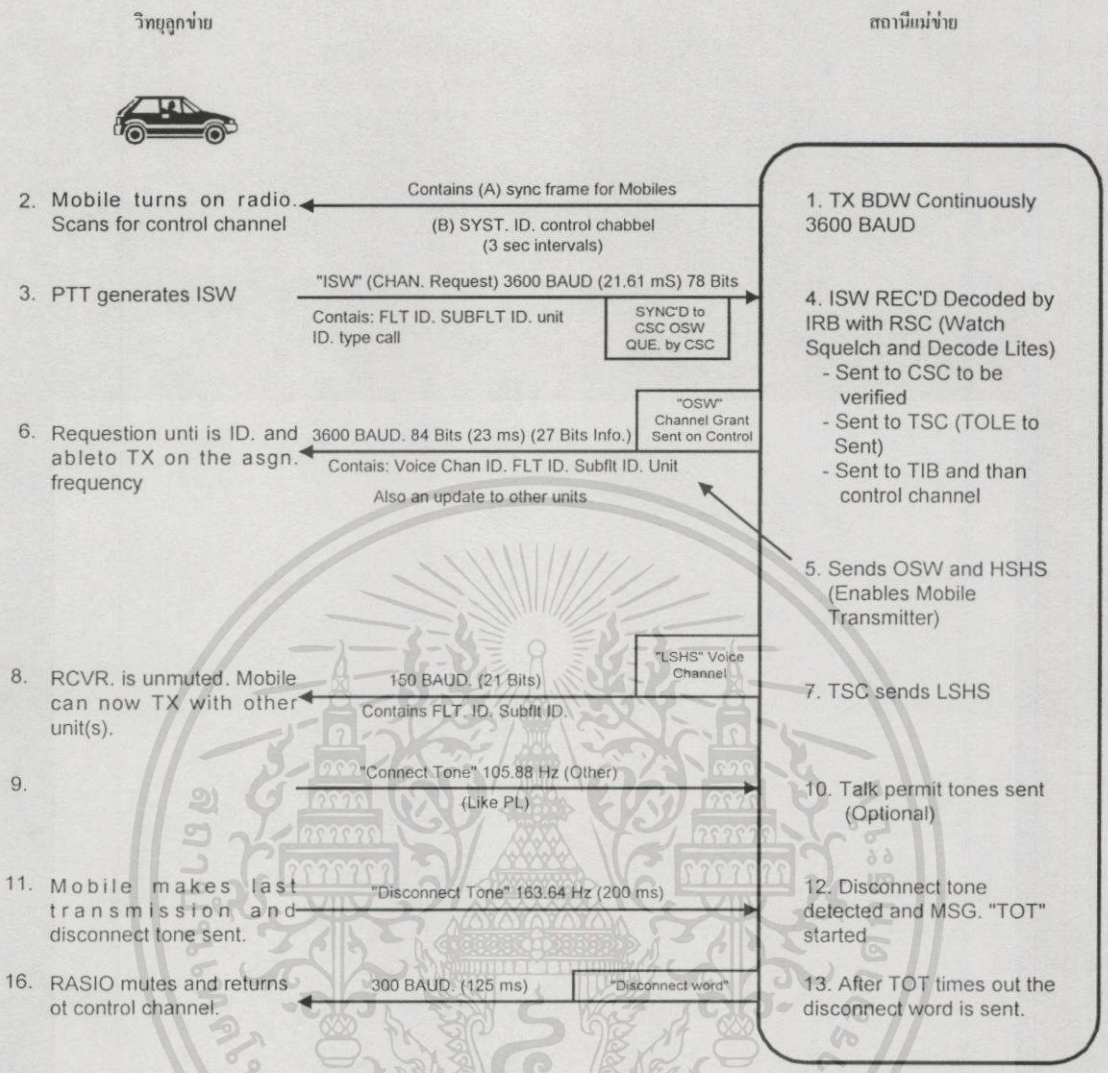
จากการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่าขั้นตอนดังที่กล่าวมานั้นไม่มีความจำเป็นต่อการทำงานของระบบวิทยุเฉพาะกิจ อีกทั้งยังมีผลให้การทำงานของระบบเกิดความผิดพลาดได้บ่อยครั้งมากขึ้น นอกจากนั้นในระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์ทูที่ได้มีการตัดการส่งสัญญาณในขั้นตอนนี้ออกไป มีผลให้ช่วงเวลาในการเข้าถึงระบบหรือแอคเซสไทม์มีค่าต่ำลงหมายความว่าระบบจะทำงานเพื่อตอบสนองผู้ใช้งานได้รวดเร็วกว่าระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์วัน

ลำดับการทำงานจากรูปที่ 2.4 มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ที่สถานีแม่ข่ายชุดเซ็นทรัลไซท์คอนโทรลเลอร์ (CSC) จะสั่งให้ชุดทรานสมิทเตอร์ไซท์คอนโทรลเลอร์ (TSC) สร้างสัญญาณแบ็คกราวด์ดาตาเวิร์ด (BDW) ส่งไปที่วิทยุลูกข่ายเพื่อใช้เป็นสัญญาณซิงโครไนซ์ระหว่างวิทยุลูกข่ายกับสถานีแม่ข่ายและบอกให้วิทยุลูกข่ายทราบว่าอยู่ในระบบใดโดยส่งสัญญาณ BDW ไปอย่างต่อเนื่องที่อัตราความเร็ว 3,600 บอร์ด พร้อมทั้งส่งสัญญาณเพื่อบอกหมายเลขของระบบแทรกเข้าไปด้วย

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อวิทยุลูกข่ายเปิดเครื่องแล้ว เครื่องจะจัดการค้นหาช่องสัญญาณควบคุมโดยที่วิทยุลูกข่ายจะถูกโปรแกรมความถี่ของช่องสัญญาณที่ทำหน้าที่เป็นช่องสัญญาณควบคุมไว้เรียบร้อยแล้ว สาเหตุที่เครื่องวิทยุลูกข่ายจะต้องค้นหาช่องสัญญาณควบคุมนั้นเพราะว่าสถานีเชื่อมต่อสัญญาณควบคุมทั้ง 4 ช่องนั้นจะสับเปลี่ยนกันทำงานเครื่องละ 24 ชั่วโมงหมุนเวียนกันไป

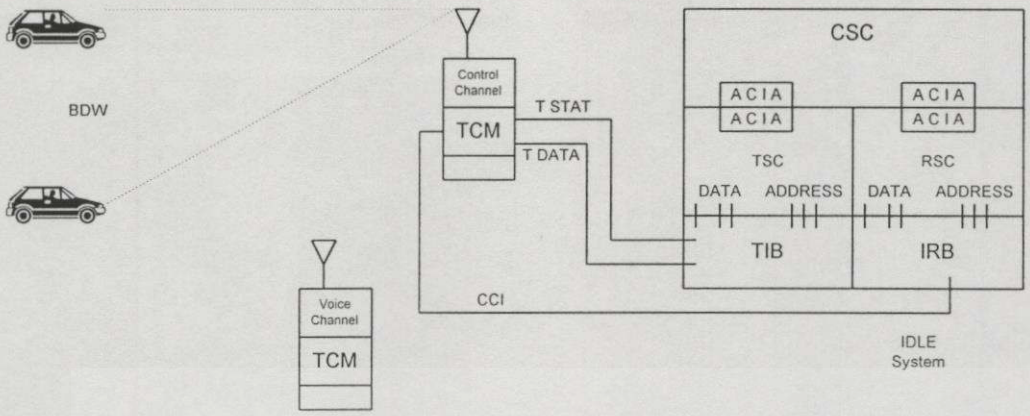
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงขั้นตอนการทำงานและการส่งสัญญาณในระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์ทู

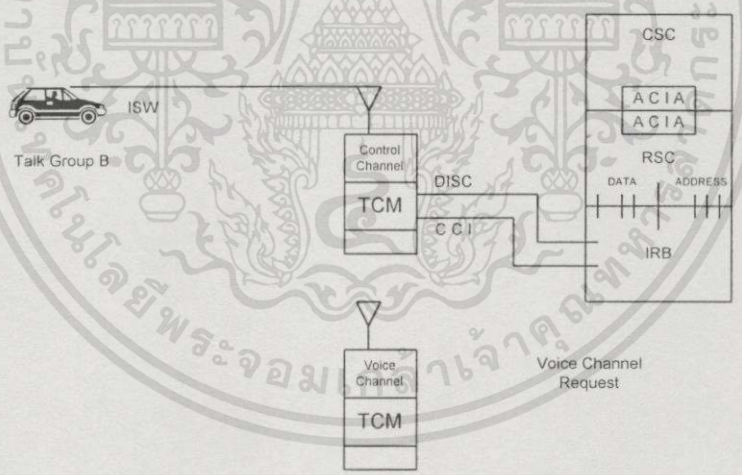
การค้นหาช่องสัญญาณควบคุมนั้น เริ่มด้วยวิทยุลูกข่ายจะปรับความถี่ไปที่ช่องสัญญาณที่คาดว่าน่าจะเป็นช่องสัญญาณควบคุม (1 ใน 4 ช่องสัญญาณที่โปรแกรมไว้) เสร็จแล้วจะตรวจสอบว่าได้รับสัญญาณ BDW ที่สถานีแม่ข่ายส่งมาหรือไม่ ถ้าได้รับก็แสดงว่าได้ค้นหาช่องสัญญาณควบคุมพบแล้วก็จะดำเนินการขั้นต่อไป แต่ถ้าไม่ได้รับสัญญาณ BDW ภายในเวลาที่กำหนดแล้วจะเปลี่ยนความถี่ไปยังช่องสัญญาณที่คาดว่าน่าจะเป็นช่องสัญญาณควบคุมอื่นต่อไป เพื่อค้นหาช่องสัญญาณควบคุมใหม่ แต่ถ้าหากว่าเปลี่ยนช่องสัญญาณไปครบทั้ง 4 ช่องที่โปรแกรมไว้แล้วยังไม่พบช่องสัญญาณควบคุมหรือไม่สามารถรับสัญญาณ BDW ได้แล้ววิทยุลูกข่ายจะรับสัญญาณเฟลซอฟท์ดาตาเวิร์ดต่อไป ถ้าหากวิทยุลูกข่ายรับสัญญาณ BDW ได้ในช่องสัญญาณใดแสดงว่าช่องสัญญาณนั้นเป็นช่องสัญญาณควบคุม ต่อจากนั้นวิทยุลูกข่ายจะล็อกความถี่อยู่ที่ช่องสัญญาณนั้นเพื่อรอรับข่าวสารจากสถานีแม่ข่ายต่อไปดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงการทำงานของระบบวิทยุเฉพาะกิจขณะที่ไม่มีการใช้ช่องสัญญาณ

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อผู้ใช้วิทยุลูกข่ายต้องการเรียกใช้ช่องสัญญาณสามารถทำได้โดยกดปุ่มพุชทูทอล็ค (PTT) เพื่อส่งสัญญาณอินบาวด์ซิกแนลเวิร์ด (ISW) ผ่านทางช่องสัญญาณควบคุมไปยังสถานีควบคุมกลางหรือชุดเซ็นทรัลคอนโทรลเลอร์เพื่อบอกให้สถานีแม่ข่ายทราบว่ามีความต้องการที่จะใช้ช่องสัญญาณและสัญญาณ ISW ที่ส่งไปนั้นจะบอกชนิดของการเรียกใช้บริการหมายเลขวิทยุบูกข่ายที่ต้องการใช้บริการ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงการส่งสัญญาณของลูกข่ายเมื่อต้องการใช้ช่องสัญญาณของผู้ใช้ในกลุ่ม B ผ่านทางช่องสัญญาณควบคุมไปยังสถานีควบคุมกลาง

ขั้นตอนที่ 4 เมื่อชุดอินบาวด์รีโคเวอรีย์บอร์ด (IRB) รับสัญญาณ ISW ได้แล้ว จะดีเทคสัญญาณ ISW แล้วส่งไปให้ชุดรีซีฟเวอร์ไซท์คอนโทรลเลอร์ (RSC) ต่อจากนั้นชุด RSC จะส่งสัญญาณต่อไปที่

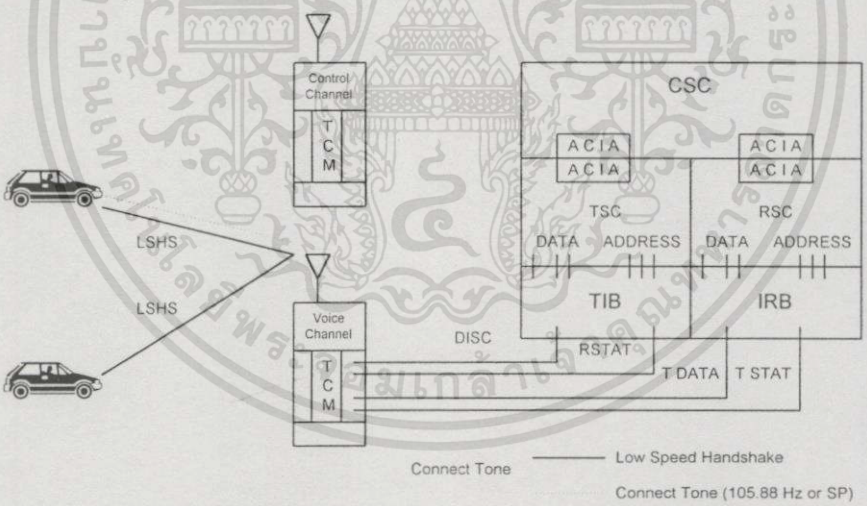
1. ชุดเซ็นทรัลไซท์คอนโทรลเลอร์ (CSC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชุดทรานสมิทเตอร์ไซท์คอนโทรลเลอร์ (TSC) เพื่อบอกให้พร้อมที่จะทำหน้าที่ของตนเองคือส่งสัญญาณ
3. ชุดทรานสมิทเตอร์อินเตอร์เฟสบอร์ด (TIB) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมช่องสัญญาณควบคุม

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อชุด CSC ทราบว่ามีผู้ต้องการจะใช้ช่องสัญญาณแล้วจะจัดการตรวจสอบดูว่ามีช่องสัญญาณว่างหรือไม่ ถ้าพบว่า

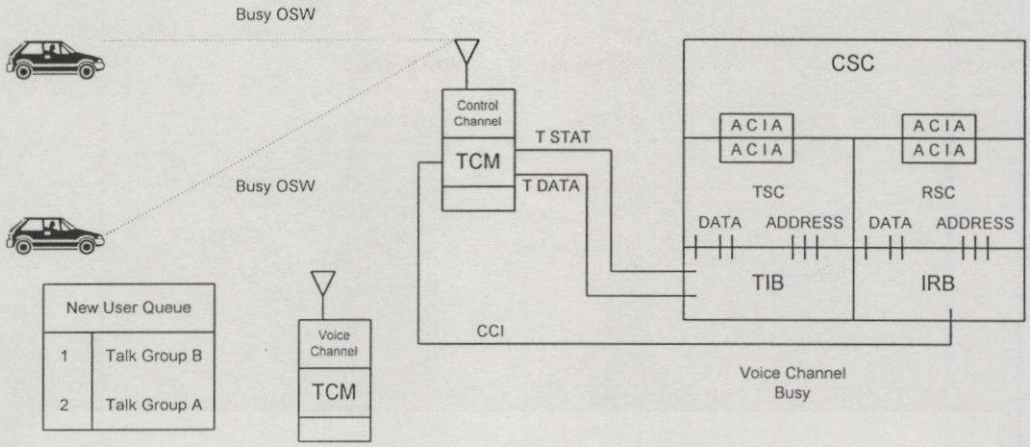
1. ช่องสัญญาณว่างชุด CSC จะสั่งให้ชุด TSC สร้างสัญญาณแกร็นท์เอาท์บาวด์ซิกแนลเวิร์ด (GRANT OSW) ส่งไปยังวิทยุลูกข่ายโดยผ่านทางช่องสัญญาณควบคุมเพื่อบอกให้วิทยุลูกข่ายทราบว่า สามารถติดต่อกันได้โดยผ่านช่องเชื่อมต่อสัญญาณช่องใด ในขณะที่ชุด TIB เริ่มส่งสัญญาณ GRANT OSW ผ่านทางช่องสัญญาณควบคุมนั้น ชุด CSC จะสั่งให้ชุด TSC สร้างสัญญาณไฮจ์สปีดแฮนด์เช็ค (HSHS) เพื่อส่งไปยังวิทยุลูกข่ายผ่านทางช่องสัญญาณเสียงหรือช่องเชื่อมต่อสัญญาณที่ถูกกำหนดให้ใช้เพื่อตรวจสอบว่าวิทยุลูกข่ายที่จะติดต่อสื่อสารนั้นได้เปลี่ยนความถี่ไปยังช่องเชื่อมต่อสัญญาณที่กำหนดให้ใช้เรียบร้อยแล้วหรือยัง (สัญญาณ HSHS นี้จะมีใช้เฉพาะในชนิดไทพ์วันเท่านั้น) ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงการขอใช้ช่องสัญญาณของวิทยุลูกข่าย ขณะที่มีช่องเชื่อมต่อสัญญาณว่าง

2. เมื่อพบว่าช่องเชื่อมต่อสัญญาณไม่ว่างชุด CSC จะสั่งให้ชุด TSC สร้างสัญญาณบิวซีย์เอาท์บาวด์ซิกแนลเวิร์ด (BUSY OSW) ส่งไปยังวิทยุลูกข่ายโดยผ่านทางช่องสัญญาณควบคุม เพื่อบอกให้วิทยุลูกข่ายทราบว่าขณะนี้ระบบไม่สามารถให้บริการได้เพราะช่องเชื่อมต่อสัญญาณไม่ว่าง ขณะเดียวกันจะนำรายชื่อของผู้ใช้งานนั้นใส่ไว้ในลำดับของผู้ใช้รายใหม่ เพื่อจัดลำดับของผู้ใช้งาน เมื่อระบบสามารถให้บริการได้แสดงดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานเมื่อระบบไม่สามารถให้บริการได้เนื่องจากช่องเชื่อมต่อสัญญาณไม่ว่าง

ขั้นตอนที่ 6 เมื่อวิทยุลูกข่ายที่ต้องการขอใช้ช่องสัญญาณได้รับสัญญาณ OSW ที่ถูกส่งผ่านมาจากช่องสัญญาณควบคุมแล้วจะจัดการต่อไปนี้

1. ในกรณีที่รับสัญญาณ GRANT OSW วิทยุลูกข่ายจะเปลี่ยนความถี่ไปยังช่องสัญญาณเสียงที่ถูกกำหนดให้ใช้ ขณะเดียวกันวิทยุลูกข่ายในกลุ่มเดียวกันกับวิทยุลูกข่ายที่ขอใช้ช่องสัญญาณนี้จะเปลี่ยนความถี่ไปยังช่องสัญญาณเสียงที่กำหนดไว้พร้อม ๆ กันด้วย ในกรณีที่เป็นการเรียกแบบเป็นกลุ่ม
2. ในกรณีที่รับสัญญาณ BUSY OSW วิทยุลูกข่ายที่ขอใช้ช่องสัญญาณนั้นจะผลิตสัญญาณเสียงขึ้นเพื่อบอกให้ผู้ใช้ทราบว่าขณะนี้ระบบยังไม่พร้อมที่จะให้บริการและให้ผู้ใช้รอเวลาที่ระบบสามารถให้บริการได้โดยที่ระบบจะส่งสัญญาณ GRANT OSW มาบอกให้วิทยุลูกข่ายทราบว่าระบบพร้อมที่จะให้บริการ

ขั้นตอนที่ 7 หลังจากที่วิทยุลูกข่ายได้รับสัญญาณไฮจ์สปีดแฮนด์เช็คจากช่องสัญญาณเสียงที่ชุด CSC กำหนดให้ใช้แล้ว จะส่งสัญญาณแอคโนว์เลดจ์โทนความถี่ 1,800 Hz กลับไปที่สถานีแม่ข่ายเพื่อบอกให้ทราบว่าวิทยุลูกข่ายได้เปบี่ยนความถี่ไปยังช่องสัญญาณเสียงที่กำหนดให้ใช้เรียบร้อยแล้ว

ขั้นตอนที่ 8 เมื่อชุด RIB ได้รับสัญญาณแอคโนว์เลดจ์โทนจากวิทยุลูกข่ายแล้ว จะส่งสัญญาณไปบอกให้ชุด CSC ทราบต่อจากนั้นชุด CSC จะสั่งให้ชุด TIB หยุดส่งสัญญาณไฮจ์สปีดแฮนด์เช็ค

ขั้นตอนที่ 9 จากนั้นชุด CSC จะสั่งให้ชุด TSC สร้างสัญญาณโลว์สปีดแฮนด์เช็ค (LSHS) เพื่อส่งผ่านไปทางช่องสัญญาณเสียงที่อนุญาติให้ใช้เพื่ออันมิวท์ (UNMUTE) วิทยุลูกข่ายที่ใช้ต้องการจะติดต่อด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ขั้นตอนที่ 10 เมื่อวิทยุลูกข่ายที่ผู้ใช้ต้องการติดต่อด้วยได้รับสัญญาณโลว์สปีดแฮนด์แช็คแล้วจะจัดการอันมิวท์เพื่อให้สามารถรับสัญญาณได้

ขั้นตอนที่ 11 ในระหว่างที่มีการสนทนากันอยู่นั้น ผู้พูดจะต้องกดปุ่ม PTT ตลอดเวลาเพื่อส่งสัญญาณเสียงและสัญญาณคอนเน็คท์โทนความถี่ 105.88 Hz ไปบอกให้ชุด CSC ทราบว่ายังใช้ช่องสัญญาณอยู่

ขั้นตอนที่ 12 เมื่อชุด CSC ได้รับสัญญาณคอนเน็คท์โทนจากชุด RIB โดยผ่านชุด RSC จะอนุญาติให้วิทยุลูกข่ายใช้ช่องสัญญาณเสียงที่กำหนดให้นั้นต่อไป

ขั้นตอนที่ 13 หลังจากที่ผู้พูดปล่อยมือจากปุ่ม PTT วิทยุลูกข่ายจะสร้างสัญญาณดิสคอนเน็คท์โทนความถี่ 163.64 Hz ผ่านทางช่องสัญญาณเสียงไปให้สถานีแม่ข่ายเพื่อบอกยกเลิกการใช้ช่องสัญญาณเป็นเวลา 200 มิลลิวินาที

ขั้นตอนที่ 14 หลังจากที่ชุด CSC ได้รับสัญญาณดิสคอนเน็คท์โทนจากชุด RIB โดยผ่านทางชุด RSC แล้วจะสั่งให้ชุด TSC เริ่มนับเวลาตามไทม์เอาท์ไทม์เมอร์ (TOT) ที่ได้ตั้งไว้ (สามารถตั้งได้ 0-6 วินาที)

ขั้นตอนที่ 15 ในระหว่างที่ชุด TSC ยังนับเวลา TOT ไม่ครบถ้ามีวิทยุลูกข่ายในกลุ่มรายอื่นกดปุ่ม PTT วิทยุลูกข่ายเครื่องนั้นจะส่งสัญญาณคอนเน็คท์โทนไปให้สถานีแม่ข่ายเมื่อ CSC ได้รับสัญญาณดังกล่าวแล้วจะทำการรีเซ็ตเวลา TOT ที่กำลังนับอยู่นั้นและอนุญาติให้ผู้ใช้รายนั้นใช้งานช่องสัญญาณเสียงที่กำหนดให้ใช้เพื่อบอกให้วิทยุลูกข่ายกลุ่มนั้นเปลี่ยนความถี่กลับไปยังช่องสัญญาณควบคุมดังเดิม

ขั้นตอนที่ 16 เมื่อวิทยุลูกข่ายได้รับสัญญาณดิสคอนเน็คท์เวิร์ดแล้วจะเปลี่ยนความถี่กลับไปยังช่องสัญญาณควบคุม

2.12 ความแตกต่างของระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์วัน (TYPE I) และไทพ์ทู (TYPE II)

สำหรับลักษณะของการทำงานของระบบวิทยุเฉพาะกิจทั้ง 2 ชนิดนั้นได้กล่าวมาแล้วว่ามีความแตกต่างกันแล้วในส่วนหนึ่ง นอกจากนั้นยังมีส่วนอื่นอีกที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่

1. การจัดกลุ่ม

การที่ระบบวิทยุเฉพาะกิจเป็นระบบที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างกลุ่มผู้ใช้ จึ่งได้มีการจัดกลุ่มผู้ใช้งานเป็น 2 แบบตามชนิดของระบบที่สร้างขึ้น ได้แก่ชนิดไทพ์วันและ ไทพ์ทู ดังนี้

1.1 การจัดกลุ่มในระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์วัน

ระบบ (System) คือระบบของวิทยุเฉพาะกิจระบบหนึ่งซึ่งแต่ละระบบจะมีหมายเลขประจำระบบ 1 หมายเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟลีท (Fleet) คือกลุ่มผู้ใช้งานภายในระบบวิทยุเฉพาะกิจ

ซับฟลีท (Subfleet) คือกลุ่มผู้ใช้งานย่อยภายในฟลีก

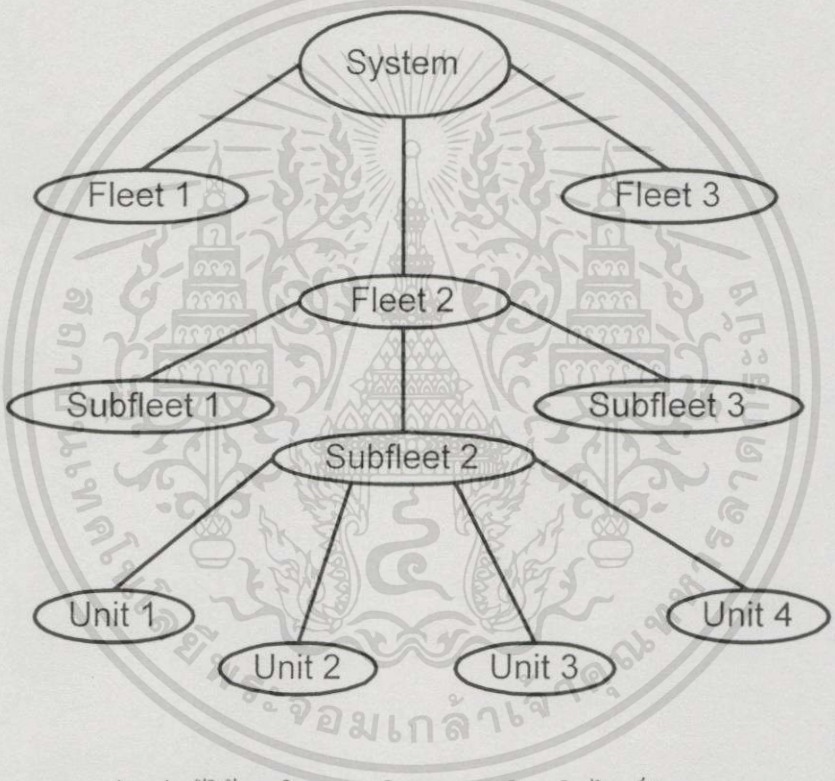
ยูนิท (Unit) คือวิทยุลูกข่ายที่ใช้ในระบบดังรูปที่ 2.10

1.2 การจัดกลุ่มในระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์ทู

ระบบ (System) คือ ระบบของวิทยุเฉพาะกิจซึ่งแต่ละระบบจะมีหมายเลขประจำระบบ 1 เลขหมายเช่นเดียวกับระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์วัน

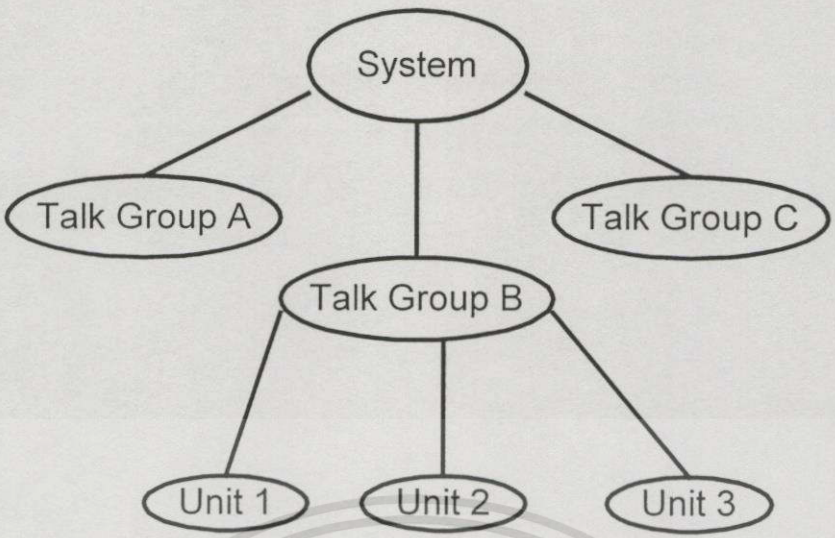
ทอล์คกรุ๊ป (Talkgroup) คือกลุ่มผู้ใช้งานภายในระบบวิทยุเฉพาะกิจ

Unit คือวิทยุลูกข่ายที่ใช้ในระบบ ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.10 แสดงการแบ่งกลุ่มผู้ใช้งานในระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงการแบ่งกลุ่มผู้ใช้งานในระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์ทู

2. วิธีการสร้างกลุ่ม

กลุ่มของวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์วันเรียกว่า ฟลีท และแต่ละฟลีทยังแบ่งเป็นกลุ่มย่อย ๆ อีก เรียกว่า ซับฟลีท สำหรับจำนวนสูงสุดของซับฟลีทในแต่ละฟลีทจะถูกกำหนดเป็นค่าที่แน่นอนและมีการกำหนดหมายเลขประจำแต่ละฟลีทด้วย

สำหรับแบบไทพ์วันการเรียกชนิดแรกของกรุ๊ปคอลที่เรียกว่า ซับฟลีทคอลนั้นวิทยุลูกข่ายที่อยู่ในซับฟลีทเดียวกันเท่านั้นจึงจะสามารถรับสัญญาณการติดต่อสื่อสารได้ ส่วนการเรียกชนิดที่สองที่เรียกว่าฟลีทไวด์คอลนั้นผู้ที่อยู่ในฟลีทเดียวกันจะสามารถรับสัญญาณได้ทั้งหมดไม่ใช่เฉพาะในซับฟลีทแต่ละซับฟลีทเท่านั้น

สำหรับแบบไทพ์ทู การเรียกชนิดแรกของกรุ๊ปคอลที่เรียกว่าทอร์คกรุ๊ปคอลนี้นวิทยุลูกข่ายที่อยู่ในกลุ่มใช้งานเดียวกันเท่านั้นที่สามารถรับฟังสัญญาณติดต่อหรือข่าวสารต่าง ๆ ได้ ส่วนการเรียกชนิดที่สองที่เรียกว่ามัลติกรุ๊ปคอลนั้นวิทยุลูกข่ายที่อยู่ในระบบทั้งหมดสามารถรับสัญญาณการติดต่อสื่อสารได้

3. รูปแบบสัญญาณของระบบ

รูปแบบสัญญาณของระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์วัน จะใช้จำนวนแอดเดรสบิทจำนวน 16 บิท เพื่อบอกค่าต่าง ๆ ได้แก่

3.1 พรีฟิกก์

3.2 หมายเลขของฟลีท

3.3 หมายเลขของซับฟลีท

3.4 หมายเลขประจำเครื่องวิทยุลูกข่าย ซึ่งมีการจัดเรียงดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรีฟิกก์ ฟลีท ซับฟบีท หมายเลขประจำเครื่อง

เมื่อจัดเรียงตามแบบดังที่กล่าวทำให้เกิดรูปแบบสัญญาณได้ 14 รูปแบบดังนั้น

A	PP FFFFFF SS IIII
B	PPP FFFF SSS IIIII
C	PPP FFF SSS IIIIII
D	PPP SSSS IIIIIII
E	PPP FFFFFF SS IIII
F	PPP FFFFF SSS IIII
G	PPP FFFFF SS IIIII
H	PPP FFFF SS IIIIII
I	PPP FFF SS IIIIIII
J	PPP FF SSS IIIIIII
K	PPP F SSSS IIIIIII
M	PP SSSS IIIIIIII
O	P SSS IIIIIIIII
Q	SSSS IIIIIIIII

เมื่อ P หมายถึง พรีฟิกก์ (Prefix)

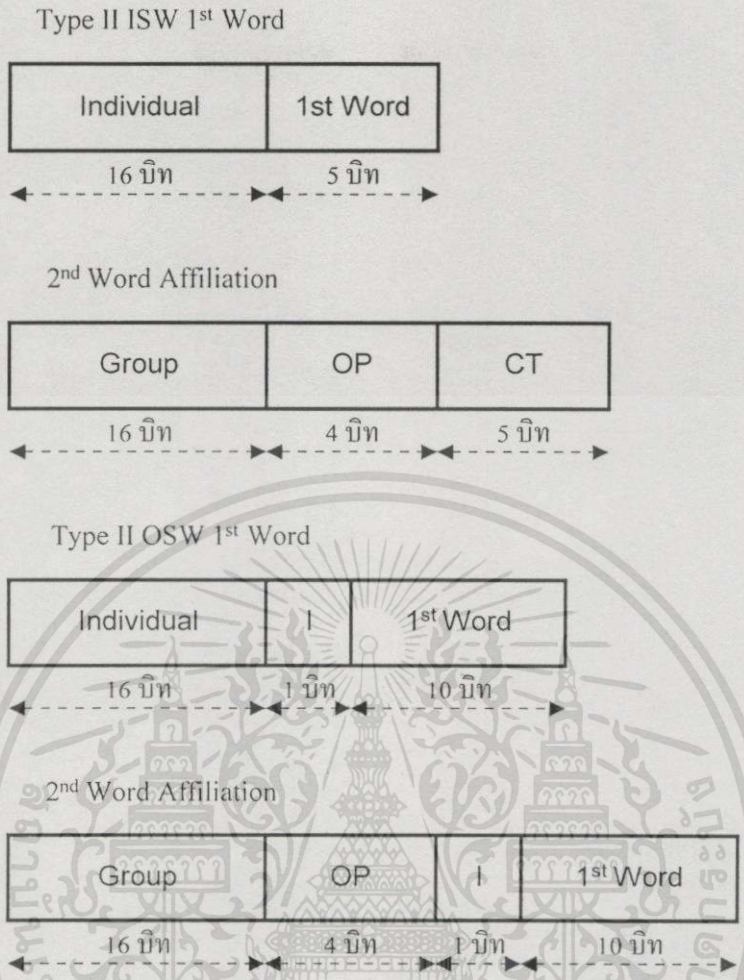
F หมายถึง หมายเลขของฟลีท

S หมายถึง หมายเลขของซับฟลีท

I หมายถึง หมายเลขประจำเครื่องวิทยุลูกข่าย

การจัดเรียงรูปแบบสัญญาณแบบนี้ทำให้เกิดข้อจำกัดในการใช้งาน เนื่องจากในระบบใดที่ผู้ใช้งานแต่ละกลุ่มมีจำนวนมากจะมีผลให้จำนวนกลุ่มที่ใช้ในระบบจะน้อยลง ในทางตรงกันข้าม ถ้าระบบมีจำนวนกลุ่มใช้งานมากจำนวนผู้ใช้งานในแต่ละกลุ่มจะถูกจำกัดให้มีจำนวนน้อยลง อีกทั้งเวลาในการเข้าถึงระบบหรือแอคเซสส์ไทม์ใช้เวลาถึง 450 มิลลิวินาที จากปัญหาเหล่านี้ทำให้เกิดการปรับปรุงระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์ทูขึ้นมา โดยเปลี่ยนแปลงรูปแบบของสัญญาณในการติดต่อออกเป็น 2 เวิร์ด ทั้งสัญญาณ ISW และ OSW โดยสัญญาณทั้ง 2 เวิร์ด มีรูปแบบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงรูปแบบของสัญญาณ ISW และ OSW ของระบบชนิด Type II

4. ช่วงเวลาในการเข้าถึงระบบหรือแอคเซสส์ไทม์

จากรูปที่ 2.13 และ 2.14 แสดงช่วงเวลาการเข้าถึงระบบของชนิดไทพ์วันและชนิดไทพ์ทู ตามลำดับ จากรูปที่ 2.13 พบว่าระบบของชนิดไทพ์วันใช้เวลาตั้งแต่ผู้ใช้วิทยุลูกข่ายเริ่มกดปุ่ม PTT จนกระทั้งวิทยุลูกข่ายสามารถใช้ช่องสัญญาณได้เป็นเวลา 450 มิลลิวินาที จะเห็นว่าใช้เวลานานมาก ดังนั้นในระบบชนิดไทพ์ทู จึงได้ปรับปรุงระบบให้ใช้เวลาในการเข้าถึงระบบน้อยลง ดังแสดงในรูปที่ 2.14 จะพบว่าในระบบของชนิดไทพ์ทูนั้นได้ตัดสัญญาณ HSHS ออกไปทำให้เวลาในการเข้าถึงระบบเหลือเพียง 252 มิลลิวินาที

จากการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดระหว่างการใช้และไม่ใช้สัญญาณ HSHS ในกรณีที่เปิดวิยุลูกข่ายตลอด 24 ชั่วโมงในระยะเวลา 1 วันมีการเรียก 5 ครั้งต่อ 1 ชั่วโมง และการจางหายเนื่องจากสิ่งแวดล้อมภายนอก 20 dB จะพบว่าความน่าจะเป็นที่วิทยุลูกข่ายที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องส่งจะส่งในช่องสัญญาณผิดพลาดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้สัญญาณ HSHS มีโอกาศผิดพลาด 1 ครั้งในเวลา 1.4×10 ปี

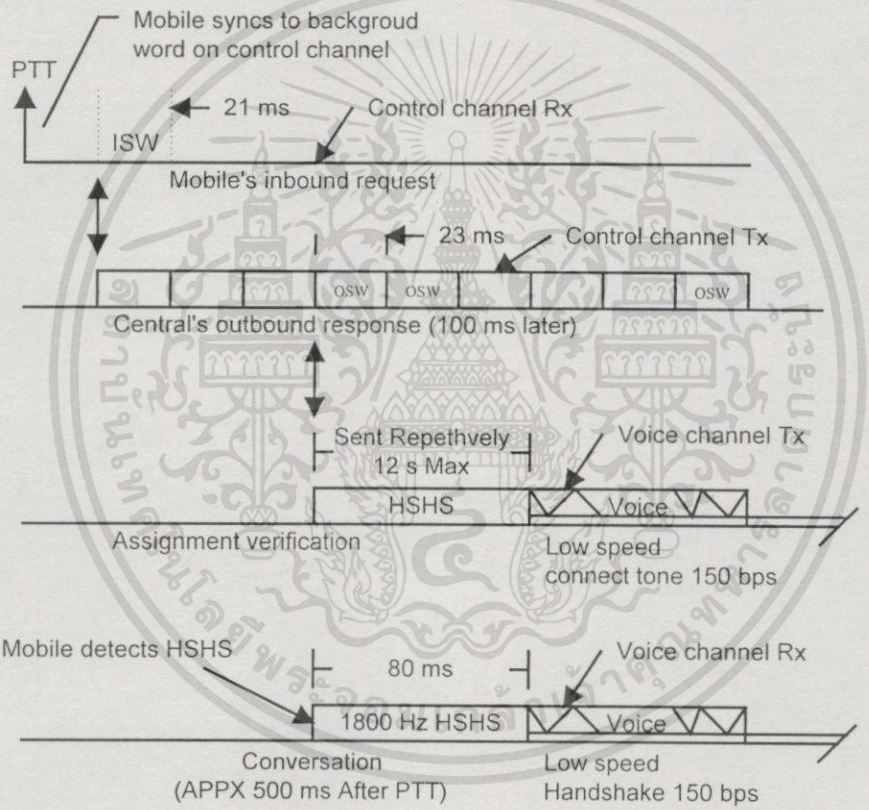
เมื่อไม่ใช้สัญญาณ HSHS มีโอกาศผิดพลาด 1 ครั้งในเวลา 14×10 ปี

ความน่าจะเป็นที่วิทยุลูกข่ายที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องรับจะอันมิวท์ในช่องสัญญาณผิดพลาด

เมื่อใช้สัญญาณ HSHS มีโอกาศผิดพลาด 2.4 ครั้งในเวลา 1 ปี

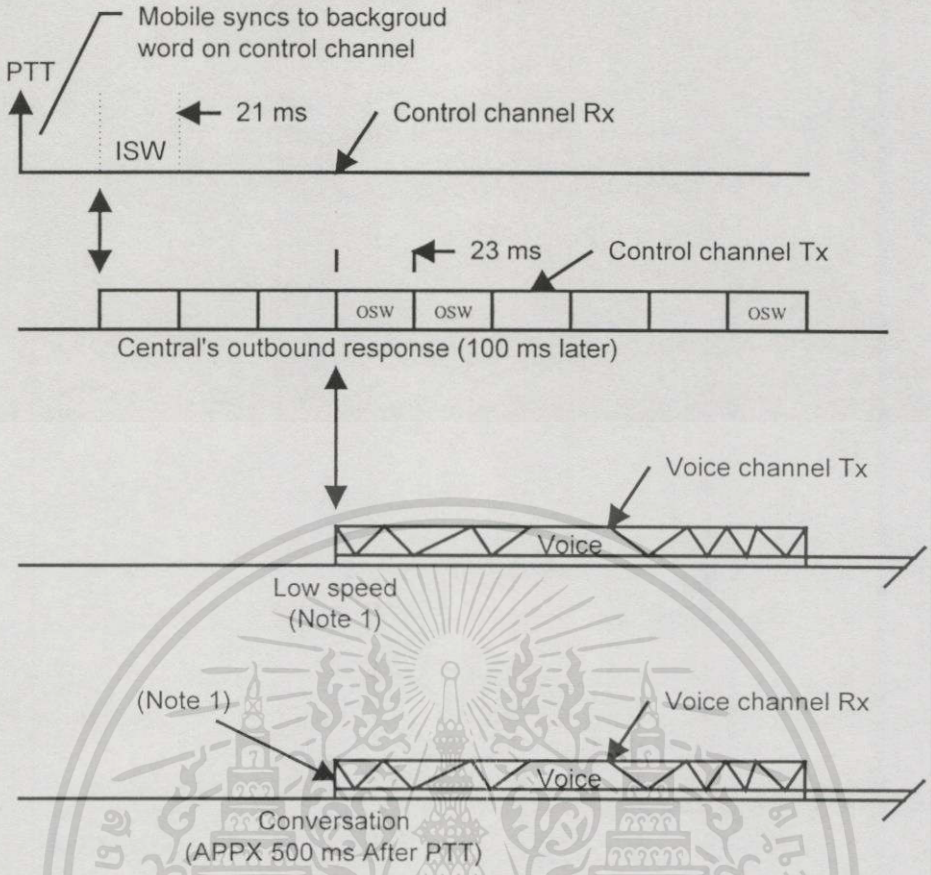
เมื่อไม่ใช้สัญญาณ HSHS มีโอกาศผิดพลาด 2.2 ครั้งในเวลา 22×10 ปี

จะเห็นว่าการที่ระบบไม่ใช้สัญญาณ HSHS สามารถทำงานได้ดีขึ้น เนื่องจากที่ภาครับของวิทยุลูกข่ายจะอันมิวท์ในช่องสัญญาณผิดพลาดมีน้อยลง ส่วนโอกาศที่เครื่องส่งจะทำการส่งผิดพลาดในกรณีที่ไม่ใช้สัญญาณ HSHS ก็มีน้อยลงและมีโอกาศที่จะเกิดได้ต่ำมาก



รูปที่ 2.13 แสดงช่วงเวลาในการเข้าถึงระบบของระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แสดงช่วงเวลาในการเข้าถึงระบบของระบบวิทยุเฉพาะกิจชนิดไทพ์ทู

2.13 การดัดแปลงเพื่อใช้งานร่วมกับระบบโทรศัพท์

จากการที่ระบบวิทยุเฉพาะกิจสามารถให้บริการในการเรียกร่วมกับระบบโทรศัพท์ได้ ดังนั้นที่สถานีแม่ข่ายจึงต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์หรือที่เรียกว่าชุดเซ็นทรัลอินเตอร์คอนเน็คเทอร์มินอล (CIT) ดังแสดงในรูปที่ 2.15

ชุด CIT เป็นส่วนที่มาเพิ่มความสามารถในการให้บริการของระบบกับวิทยุมือถือและวิทยุติดรถยนต์รุ่นที่มีคีย์แพด (Keypad) ให้ใช้เรียกโทรศัพท์ได้ ทำให้วิทยุลูกข่ายสามารถโทรศัพท์ติดต่อกับผู้ใช้ในระบบโทรศัพท์ภายนอกได้ด้วยและทำนองเดียวกันผู้ใช้ในระบบโทรศัพท์ภายนอกสามารถโทรศัพท์ติดต่อกับผู้ใช้ในระบบวิทยุเฉพาะกิจได้เช่นเดียวกันโดยในการติดต่อกันเป็นไปแบบอัตโนมัติโดยไม่ต้องผ่านผู้ประสานงานหรือดิสแพทเชอร์

ชุด CIT สามารถใช้ติดต่อกับโทรศัพท์ได้ทั้งแบบกดปุ่มและแบบหมุน ซึ่งโทรศัพท์แบบกดปุ่มสามารถต่อเข้าชุด CIT ได้ตรง ส่วนโทรศัพท์แบบหมุนนั้นจะต้องต่อกับอุปกรณ์ที่เรียกว่าชุดเอ็กเทอร์นอลดีทีเอ็มเอฟไดอัลลิงก์ (External DTMF Dialing) ก่อนจึงจะสามารถต่อเข้ากับชุด CIT ได้ ในระหว่างการสนทนาตัวทวนสัญญาณจะทำงานแบบฟูลดูเพล็กก์ ส่วนวิทยุลูกข่ายจะทำงานงานแบบฮาร์ฟดูเพล็กก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

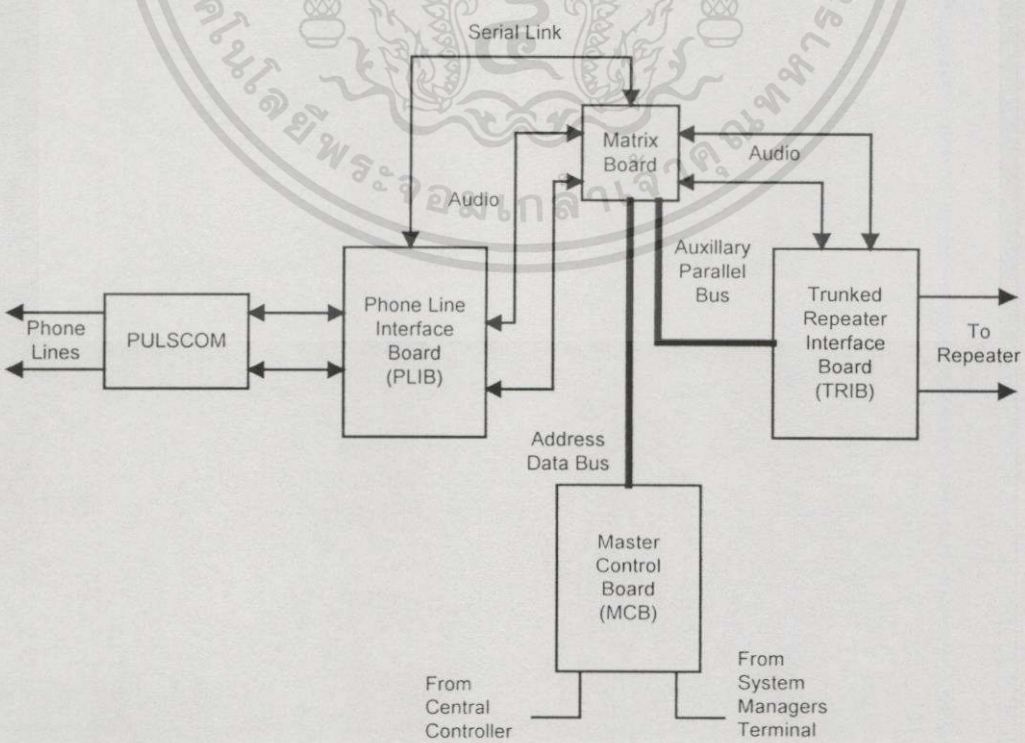
ส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุด CIT มีดังนี้

1. ชุดมาสเตอร์คอนโทรลบอร์ด (MCB)
2. ชุดแมททริกก์บิร์ด (MB)
3. ชุดโฟนไลน์อินเตอร์เฟสบอร์ด (PLIB)
4. ชุดเทเลโฟนรีพีทเตอร์อินเตอร์เฟสบอร์ด (TRIB)

ชุดมาสเตอร์คอนโทรลบอร์ด (MCB)

ชุด MCB เป็นส่วนควบคุมการทำงานภายในของชุด CIT โดยซอฟแวร์ของ MCB ทำหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้

1. ดำเนินการตามขั้นตอนในการเรียกโทรศัพท์ โดยการส่งคำสั่งที่เหมาะสมไปยังส่วนต่าง ๆ ต่อไปนี้
   1.1 ชุด PLIB โดยผ่านทางสายซีเรียลลิงค์ (Serial Link) จากส่วนของแมททริกก์บอร์ด
   1.2 ควบคุมเส้นทางของสัญญาณเสียงผ่านทางแมททริกก์บอร์ด
   1.3 ติดต่อกับชุด TRIB
   1.4 ติดต่อกับชุดเซ็นทรัลคอนโทรลเลอณ์โดยผ่านทางอุปกรณ์อินเตอร์เฟส RS-232
   1.5 ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อแสดงผลการทำงานออกทางจอภาพ
2. ติดต่อสื่อสารสำหรับการเรียกแบบโมบาย
3. วินิจฉัยตัว CIT เอง
4. คำนวณเวลาที่ใช้ในการสนทนาเพื่อเก็บค่าบริการ



รูปที่ 2.15 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุด CIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดแมททริกก์บอร์ด (MB)

ในการทำงานของชุด MB นั้นถูกควบคุมโดยชุด MCB เพื่อเชื่อมเส้นทางของสัญญาณเสียงระหว่างสายโทรศัพท์กับตัวทวนสัญญาณ

ชุดโฟนไลน์อินเตอร์เฟสบอร์ด (PLIB)

ชุด PLIB เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างชุด CIT กับระบบโทรศัพท์ ดังนั้นส่วนนี้จะเชื่อมต่อกับสายขององค์การโทรศัพท์ 3 สายในแต่ละบอร์ด สายที่ต่อมาจากองค์การโทรศัพท์เรียกว่า เทลโก (TELCO)

ส่วนประกอบของส่วนที่เชื่อมต่อกับสายเทลโกมีดังนี้

1. ทรานส์ฟอร์เมอร์ 1 ชุดใช้สำหรับการเปลี่ยนจากสายบาลานซ์ไปเป็นอันบาลานซ์
2. ไมโครโปรเซสเซอร์ 2 ตัว ใช้ควบคุมการติดต่อต่าง ๆ เช่น การยกเลิกการติดต่อและการผลิดสัญญาณกระดิ่งเป็นต้น

เทเลโฟนรีพีทเตอร์อินเตอร์เฟสบอร์ด (TRIB)

ชุด TRIB เป็นส่วนที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างตัวทวนสัญญาณกับชุด CIT ซึ่งชุด TRIB จำนวน 1 บอร์ด สามารถใช้เชื่อมต่อกับตัวทวนสัญญาณได้ 3 เครื่อง ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนในการเชื่อมต่อสัญญาณเสียง 3 ส่วนและดิจิตอลลอจิก 1 ส่วน สำหรับส่วนดิจิตอลลอจิกนี้จะถูกควบคุมโดยชุด MCB เพื่อส่งคำสั่งไปยังตัวทวนสัญญาณให้มิวท์ (MUTE) สัญญาณ หรือให้รับ-ส่งแบบดูเพล็กซ์ (DUPLIEX)

ในแต่ละส่วนที่เป็นการเชื่อมต่อกับสัญญาณเสียงจะมีการแปลงสัญญาณเสียงจากทูไวร์อันบาลานซ์ (Two Wire Unbalance) ของชุด MB ให้เป็นโฟไวร์บาลานซ์ (Four Wire Balance) เพื่อส่งไปยังตัวทวนสัญญาณ

2.14 ขั้นตอนการทำงานของระบบวิทยุเฉพาะกิจในการเรียกโทรศัพท์

1. วิทยุลูกข่ายเรียกโทรศัพท์ติดต่อกับผู้ใช้โทรศัพท์ภายนอกระบบวิทยุเฉพาะกิจมีลำดับขั้นตอนการทำงานดังนี้
   1.1 เมื่อวิทยุลูกข่ายกดปุ่มสวิทช์ต่อภายนอกหรืออินเตอร์คอนเน็คท์สวิทช์ เครื่องวิทยุลูกข่ายจะส่งสัญญาณ ISW ไปยังสถานีแม่ข่าย เพื่อขอใช้บริการแบบเรียกโทรศัพท์
   1.2 หลังจากสถานีแม่ข่ายได้รับสัญญาณ ISW จากวิทยุลูกข่ายแล้ว จะทราบว่าวิทยุลูกข่ายเครื่องใดต้องการติดต่อกับผู้ใช้โทรศัพท์ภายนอกระบบ

ชุด CSC จะตรวจสอบว่าวิทยุเครื่องนี้สามารถติดต่อกับผู้ใช้โทรศัพท์ภายนอกระบบได้หรือไม่ (ตามที่ผู้ควบคุมระบบได้โปรแกรมไว้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 1 ถ้าไม่สามารถติดต่อกับผู้ใช้โทรศัพท์ภายนอกระบบได้ ชุด CSC จะผลิตสัญญาณทูบิวซีย์เอาท์บาวด์ซิกแนลเวิร์ด เพื่อส่งกลับไปให้วิทยุลูกข่ายทราบว่าผู้ใช้ไม่สามารถติดต่อกับผู้ใช้โทรศัพท์ภายนอกระบบได้

กรณีที่ 2 สามารถติดต่อกับผู้ใช้โทรศัพท์ภายนอกระบบได้ชุด CSC จะตรวจสอบช่องสัญญาณว่าว่างหรือไม่

1.2.1 ถ้าช่องสัญญาณไม่ว่างชุด CSC จะใส่รายชื่อวิทยุลูกข่ายลงไปในลำดับของผู้ใช้รายใหม่แล้วผลิตสัญญาณ BUSY OSW กลับไปบอกให้ผู้ใช้ทราบ

1.2.2 ช่องสัญญาณว่าง CSC จะส่งสัญญาณไปบอกให้ชุด MCB ทราบว่าต้องใช้ช่องสัญญาณในการให้บริการผู้ใช้ เมื่อชุด MCB ได้รับสัญญาณแล้วจะตรวจสอบรายชื่อผู้ใช้ที่จัดทำเอาไว้ ถ้าตรวจสอบแล้วพบว่าไม่อยู่ชุด MCB จะส่งสัญญาณดิสคอนเน็คท์เวิร์ดไปกับช่องสัญญาณเสียงที่ชุด CSC กำหนดให้ใช้เพื่อบอกยกเลิกการติดต่อกับวิทยุลูกข่าย ในกรณีนี้วิทยุลูกข่ายจะไม่ได้รับสัญญาณการเรียก แต่ถ้ากรณีที่ชุด MCB ตรวจสอบแล้วพบว่าวิทยุลูกข่ายอยู่ในรายชื่อผู้ใช้จะต่อสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์เข้ากับชุด PLIB ที่ว่างแล้วทำการออฟฮุกสวิทช์

1.2.3 เมื่อชุด PLIB ได้รับสัญญาณไดอัลโทนจากชุมสายโทรศัพท์แล้วจะส่งสัญญาณให้ชุด MCB รับทราบว่าสามารถใช้โทรศัพท์ได้

1.2.4 จากนั้นชุด MCB จะเชื่อมสาย PLIB และ TRIB ที่ชุด MB แล้วจัดการส่งสัญญาณไดอัลโทนไปยังวิทยุลูกข่ายที่ต้องการเรียกโทรศัพท์

1.2.5 เมื่อวิทยุลูกข่ายได้รับ DIAL TONE จะเริ่มทำการกดหมายเลขของผู้ใช้โทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อด้วยแล้วส่งหมายเลขนั้นไปให้สถานีแม่ข่าย หลังจากที่ชุด TRIB ได้รับหมายเลขโทรศัพท์แล้วจะส่งหมายเลขไปให้ชุด PLIB เพื่อถอดรหัสสัญญาณแล้วจึงส่งไปให้ชุด MCB

1.2.6 ชุด MCB จะตรวจสอบว่าหมายเลขที่ส่งมาถูกต้องหรือไม่ ถ้าถูกต้องจะส่งหมายเลขโทรศัพท์นั้นกลับไปให้ไมโครโปรเซสเซอร์ที่ชุด PLIB เพื่อสร้างสัญญาณ DTMF ส่งไปให้ชุมสายโทรศัพท์จต่อไป

1.2.7 เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ปลายทางรับสายโทรศัพท์แล้วผู้ใช้วิทยุลูกข่ายกับผู้ใช้โทรศัพท์สามารถสนทนากันได้เหมือนการใช้งานโทรศัพท์ทั่วไปในกรณีที่โทรศัพท์ปลายทางไม่ว่างชุมสายจะส่งสัญญาณบิวซีย์โทนกลับมา เมื่อชุด PLIB ได้รับจะส่งต่อไปให้ชุด TRIB เพื่อส่งต่อไปยังเครื่องวิทยุลูกข่ายทราบต่อไป

1.2.8 จากการที่ระบบวิทยุเฉพาะกิจเป็นระบบที่ต้องใช้งานร่วมกันระหว่างผู้ใช้จำนวนมากจึงต้องมีการกำหนดเวลาในการใช้งาน เมื่อหมดเวลาที่ชุด CSC อนุญาตแล้วชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCB จะสร้างสัญญาณเตือนให้ผู้ใช้ทราบเป็นเวลา 5 วินาที หลังจากที่ส่งสัญญาณเตือนแล้ว 15 วินาที ชุด CSC จะตัดการติดต่อนั้นทันทีเป็นอันสิ้นสุดการเรียก

ผู้ใช้วิทยุลูกข่ายจะยกเลิกการเรียกโทรศัพท์ได้โดยการกดปุ่มสวิทช์ติดต่อภายนอกอีกครั้ง เป็นการส่งสัญญาณ ISW ไปให้สถานีแม่ข่ายเพื่อบอกให้ชุด CSC ทราบว่าวิทยุลูกข่ายได้ยกเลิกการเรียกโทรศัพท์และกลับเข้ามาใช้งานในโหมดปกติเรียบร้อยแล้ว ถ้าผู้ใช้วิทยุลูกข่ายไม่กดปุ่มสวิตช์ติดต่อภายนอกหลังการเรียกโทรศัพท์จะมีผลทำให้วิทยุลูกข่ายขาดการติดต่อกับกลุ่ม

2. ผู้ใช้โทรศัพท์ภายนอกระบบโทรศัพท์ติดต่อกับผู้ใช้โทรศัพท์ในระบบวิทยุเฉพาะกิจ มีลำดับขั้นตอนการทำงานดังนี้

2.1 ผู้ใช้โทรศัพท์กดหมายเลข CIT

2.2 ชุมสายจะส่งสัญญาณริงกิงมาที่สถานีแม่ข่าย เมื่อชุดดีเทคเตอร์สัญญาณริงกิงตรวจจับสัญญาณได้จะส่งสัญญาณไปให้ชุด PLIB เพื่อบอกให้ทราบว่ามีการเรียกเข้ามา

2.3 ชุด MCB จะสั่งให้ชุด PLIB เชื่อมต่อสายภายในให้ครบวงจร

2.4 จากนั้นจะส่งสัญญาณพร็อมท์โทน (POMT TONE) กลับไปให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบ

2.5 เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ได้รับสัญญาณพร็อมท์โทนแล้วจะเริ่มกดหมายเลขวิทยุลูกข่าย

2.6 เมื่อชุด PLIB ได้รับหมายเลขวิทยุลูกข่ายจากผู้ใช้โทรศัพท์แล้ว จะเปลี่ยนสัญญาณนั้นให้เป็นสัญญาณดิจิตอลส่งไปยังชุด MCB เพื่อตรวจสอบหมายเลขวิทยุลูกข่ายที่รับเข้ามากับหมายเลขวิทยุลูกข่ายที่จัดทำรายชื่อเอาไว้ดังนี้

2.6.1 วิทยุลูกข่ายเครื่องนี้ได้รับอนุญาติให้ใช้งานแบบการเรียกโทรศัพท์หรือไม่

2.6.2 การส่งเป็นแบบซิมเพล็กซ์ หรือดูเพล็กซ์

2.6.3 เวลาที่อนุญาติให้ใช้งาน

เมื่อชุด MCB ตรวจสอบแล้วพบว่าหมายเลขวิทยุลูกข่ายที่ได้รับเข้ามาไม่ได้รับอนุญาติให้ใช้งานการเรียกโทรศัพท์ชุด MCB จะสั่งให้ชุด PLIB ผลิตสัญญาณไม่ว่างกลับไปให้ผู้ใช้โทรศัพท์ ต่อจากนั้นชุด CIT จะยกเลิกการติดต่อนี้โดยการออนฮุกสวิทช์

ถ้าวิทยุลูกข่ายได้รับอนุญาติให้ใช้การเรียกโทรศัพท์ชุด MCB จะสั่งให้ชุด PLIB สร้างสัญญาณฟาสท์ริงกิงไปให้ผู้ใช้โทรศัพท์ แล้วส่งสัญญาณไปที่ชุด CSC เพื่อให้ทราบว่ามีผู้ต้องการติดต่อโทรศัพท์กับผู้ใช้วิทยุลูกข่าย

2.7 ชุด CSC ตรวจสอบช่องสัญญาณว่าว่างหรือไม่

2.7.1 ถ้าช่องสัญญาณไม่ว่างจะใส่รายชื่อผู้เรียกโทรศัพท์ในลำดับผู้ใช้รายใหม่ แล้วส่งสัญญาณฟาสท์ริงกิงให้ผู้ใช้โทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 ถ้าช่องสัญญาณว่างจะส่งสัญญาณ OSW ไปให้วิทยุลูกข่ายที่ต้องการติดต่อภายในเวลา 30 วินาที ถ้ายังไม่ได้รับสัญญาณแอคโนเลดจ์ ISW จากวิทยุลูกข่ายชุด CSC จะบอกให้ ชุด MCB ยกเลิกการติดต่อกับผู้ใช้โทรศัพท์ (ออฟฮุค)

2.8 เมื่อชุด CSC ได้รับสัญญาณแอคโนเลดจ์ ISW จากวิทยุลูกข่ายแล้วจะสั่งให้ชุด MCB เปลี่ยนการส่งสัญญาณจากฟาสท์ริงกิงไปเป็นสโลว์ริงกิง

2.9 เมื่อผู้ใช้วิทยุลูกข่ายตอบรับการเรียกโดยกดปุ่มติดต่อออกไปภายนอก วิทยุลูกข่ายจะส่งสัญญาณอินเตอร์คอนเน็คท์ ISW ไปให้ชุด CSC เมื่อชุด CSC ได้รับแล้วจะทำสิ่งต่อไปนี้

2.9.1 ส่งสัญญาณ OSW ไปที่วิทยุลูกข่ายเพื่อบอกช่องสัญญาณที่อนุญาติให้ใช้

2.9.2 ส่งสัญญาณไปบอกให้ชุด MCB ทราบว่าช่องสัญญาณเสียงที่กำหนดให้ใช้ในการติดต่อว่าเป็นช่องใด

2.10 ชุด MCB จะเชื่อมต่อชุด PLIB และชุด TRIB เข้าด้วยกัน จากนั้นผู้ใช้โทรศัพท์ภายนอกและผู้ใช้งานช่องสัญญาณแล้ว โดยชุด MCB จะส่งสัญญาณเตือนให้ผู้ใช้ทราบเป็นเวลา 5 วินาที หลังจากนั้น 15 วินาที ชุด CSC จะยกเลิกการติดต่อเป็นอันสิ้นสุดการเรียก

2.11 วิทยุลูกข่ายจะต้องกดปุ่มสวิทช์ติดต่อภายนอก เพื่อกลับมาใช้งานในโหมดปรกติ

2.15 ความสามารถพิเศษของระบบวิทยุเฉพาะกิจ

1. ทอล์คโปรฮิบิทโทน (Talk Prohibit Tones)

เมื่อผู้ใช้ต้องการใช้ช่องสัญญาณโดยกดปุ่ม PTT ในขณะที่ไม่มีช่องสัญญาณในระบบ ผู้ใช้จะได้รับสัญญาณทอล์คโปรฮิบิทโทนเพื่อบอกให้ผู้ใช้ทราบว่าระบบไม่พร้อมที่จะให้บริการในขณะนี้ นอกจากนั้นยังใช้เป็นสัญญาณเพื่อบอกให้ผู้ใช้ทราบว่าขณะนี้วิทยุลูกข่ายไม่สามารถติดต่อกับสถานีแม่ข่ายได้เนื่องจาก

1.1 วิทยุลูกข่ายอยู่นอกพื้นที่การให้บริการของสถานีแม่ข่าย

1.2 ระบบวิทยุเฉพาะกิจหยุดให้บริการ

2. บิวซีย์คิวอิงและคอลแบ็ค (Busy Queuing/Call Back)

ขณะผู้ใช้อยู่ในพื้นที่ให้บริการของระบบ เมื่อเริ่มการเรียกแล้วแต่ได้รับสัญญาณทอล์คโปรฮิบิท เนื่องจากไม่มีช่องสัญญาณว่างในการให้บริการชุดเซ็นทรัลคอนโทรลเลอร์จะใส่ชื่อผู้ใช้ไว้ในลำดับของผู้ใช้รายใหม่เพื่อรอการให้บริการแบบเฟิร์สอินเฟิร์มเอาท์ (FIFO) เมื่อช่องสัญญาณว่างจะส่งสัญญาณคอลแบ็คกลับไปหาวิทยุลูกข่ายเพื่อบอกให้ผู้ใช้ทราบว่าระบบพร้อมที่จะให้บริการแล้ว ผู้ใช้ทราบว่าระบบพร้อมที่ยะให้บริการแล้ว ผู้ใช้จะได้ยินเสียงบี๊บติดต่อกันสั้น ๆ จากนั้นผู้ใช้ก็สามารถใช้ช่องสัญญาณภายในระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ออโตเมติกรีไทร์ (Automatic Retry)

เมื่อผู้ใช้เริ่มการเรียกวิทยุลูกข่ายจะส่งสัญญาณ ISW ผ่านทางช่องสัญญาณควบคุมไปยังชุดเซ็นทรัลตคอนโทรเลอร์ ซึ่งอาจจะไม่ได้รับสัญญาณ ISW ที่วิทยุลูกข่ายส่งไปครั้งแรกเนื่องจากเกิดการจางหายของสัญญาณ ISW หรือเกิดจากการที่วิทยุลูกข่าย 2 เครื่องเริ่มต้นการเรียกพร้อมกัน ทำให้สัญญาณเกิดการรบกวนซึ่งกันและกันจึงรับสัญญาณไม่ได้

ดังนั้นเมื่อวิทยุลูกข่ายที่เริ่มการเรียกไม่ได้รับสัญญาณ GRANT OSW หรือ BUSY OSW จากสถานีแม่ข่าย วิทยุลูกข่ายจะทำการส่งสัญญาณ ISW ซ้ำจนกว่าจะได้รับสัญญาณ GRANT OSW หรือ BUSY OSW จากสถานีแม่ข่ายจึงจะหยุดส่ง หรือเมื่อเวลาผ่านไป 4 วินาทีหลังจากผู้ใช้ปล่อยมือจากปุ่ม PTT (วิทยุลูกข่ายจะส่งสัญญาณ ISW ไปยังสถานีแม่ข่ายเป็นจำนวน 16 ครั้ง)

4. ลำดับความสำคัญของผู้ใช้ (USER PRIORITY) ในระบบวิทยุเฉพาะกิจจะมีการแยกระดับความสำคัญในการใช้งานภายในระบบ ผู้ใช้ที่มีระดับความสำคัญสูงกว่าจะได้รับการบริการก่อนผู้ใช้ที่มีระดับความสำคัญต่ำกว่า ซึ่งระดับความสำคัญของผู้ใช้นี้จะมีผลในการใช้เฉพาะในกรณีที่ช่องสัญญาณเสียงของระบบไม่ว่างเท่านั้น

ชนิดของระดับความสำคัญ มีดังนี้

4.1 อีเมอร์เจนซีย์คอลไฟรออริตีย์ (Emergency Call Priority) ส่วนมากระดับความสำคัญชนิดนี้จะถูกโปรแกรมให้มีระดับสูงสุดเสมอเนื่องจากเป็นการเรียกที่มีความสำคัญ เมื่อชุดควบคุมกลางได้รับสัญญาณการเรียกใช้บริการแบบ Emergency call จะเลือกปฏิบัติวิธีหนึ่งวิธีใดดังนี้ ในกรณีที่ช่องสัญญาณไม่ว่าง

4.1.1 ใส่ชื่อผู้ใช้ที่เรียกแบบ Emergency Call ไว้ที่ลำดับสูงสุดของผู้ใช้รายใหม่เพื่อให้สามารถใช้ช่องสัญญาณได้ก่อนผู้ใช้รายอื่น

4.1.2 ตัดการใช้งานช่องสัญญาณเสียงของผู้ใช้ที่มีระดับความสำคัญต่ำสุด แล้วใช้งานช่องสัญญาณเสียงนั้นแทน การส่งสัญญาณ Emergency Call นั้นจะส่งผ่านทางช่องสัญญาณควบคุม

4.2 ยูสเซอร์ดีไฟน์ไพรออริตีย์ลีเวล (User Defined Priority Level) ผู้ควบคุมระบบสามารถสร้างระดับความสำคัญในการใช้งานของผู้ใช้ภายในระบบได้ แล้วเก็บข้อมูลของผู้ใช้แต่ละคนไว้ในชุด Subscriber Access Control (SAC)

4.3 แชร์ยูสเซอร์พาร์ชั่นนิ่ง (Shared User Partioning) ในระบบวิทยุเฉพาะกิจอนุญาตให้กำหนดช่องสัญญาณเสียงเพื่อสำรองไว้ใช้งานกับผู้ใช้ที่กำหนดไว้ได้ โดยผู้ใช้รายอื่น ๆ จะมีสิทธิในการใช้ช่องสัญญาณเสียงนั้นน้อยกว่าผู้ใช้กลุ่มที่กำหนดไว้เฉพาะนั้น

4.4 รีเซนท์ยูสเซอร์ไพรออริตีย์ (Recent User Priority) เป็นระดับความสำคัญที่เข้ามาช่วยให้การสนทนาของผู้ใช้งานเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ในกรณีที่ผู้ใช้ในกลุ่มโต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอบการสนทนาช้าหลังจากที่ชุด TSC นับเวลา Time-Out-Timer เสร็จเรียบร้อย แล้ววิทยุลูกข่ายจะกลับมาที่ช่องสัญญาณควบคุม ต่อจากนั้นชุดควบคุมกลางจะใส่ชื่อผู้ใช้ไว้ในลำดับแรกของลำดับผู้ใช้รายใหม่ เมื่อผู้ใช้ในกลุ่มนี้กดปุ่ม PTT เพื่อทำการสนทนาต่อวิทยุลูกข่ายกลุ่มนี้จะได้ใช้ช่องสัญญาณก่อนผู้ใช้รายอื่นจึงทำให้การสนทนาเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

4.5 มิสไดเร็คท์เรดิโอโพรเทคชั่น (Misdirected Radio Protection) เป็นเครื่องมือของระบบในการป้องกันไม่ให้วิทยุลูกข่ายได้รับฟังการสนทนาจากผู้ใช้วิทยุลูกข่ายกลุ่มอื่นทำให้การใช้ช่องสัญญาณเป็นส่วนตัว เมื่อผู้ใช้เปิดเครื่องวิทยุลูกข่ายแล้ว ต่อจากนั้นวิทยุลูกข่ายจะค้นหาช่องสัญญาณควบคุมในขณะที่ทำการเปลี่ยนช่องสัญญาณเพื่อค้นหาช่องสัญญาณควบคุมนั้นวิทยุลูกข่ายจะไม่สามารถส่งหรือรับฟังสัญญาณจากช่องสัญญาณนั้น ๆ ได้จนกว่าจะได้รับสัญญาณตอบรับจากสถานีแม่ข่ายที่ระบุว่าวิทยุลูกข่ายเครื่องใดสามารถรับ-ส่งสัญญาณได้ จึงจะสามารถรับฟังหรือส่งสัญญาณในช่องสัญญาณเสียงนั้นได้

4.6 คอนทินิวอัสแอสไซน์เม็นท์อับเดทติง (Continuos Assignment Updating) เป็นส่วนที่ช่วยให้วิทยุลูกข่ายที่เริ่มเปิดเครื่องเข้ามาใช้งานในระบบ หรือเริ่มเข้ามาในเขตการให้บริการของระบบสามารถรับฟังข่าวสารที่ติดต่อกันภายในกลุ่มตนเองได้โดยชุดควบคุมกลางจะทำหน้าที่ส่งข้อมูลการใช้งานช่องสัญญาณเสียงทั้งหมดผ่านทางช่องสัญญาณควบคุมอย่างต่อเนื่อง

4.7 พาร์ติชั่นนิ่ง (Partitioning) แบ่งการเรียกออกเป็น 3 ชนิดดังนี้

4.7.1 การเรียกแบบเป็นกลุ่ม (Fleet Call)

4.7.2 การเรียกระหว่างกลุ่มผู้ใช้กับกลุ่มผู้ใช้ (Talk Group to Talk Group)

4.7.3 การเรียกระหว่างวิทยุลูกข่ายกับวิทยุลูกข่าย (Individual to Individual)

4.8 ไดนามครีกรุ๊ป (Dynamic Regroup) เป็นส่วนที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้งานกรณีที่ต้องการสร้างกลุ่มผู้ใช้งานใหม่เป็นการชั่วคราวเพื่อการใช้งานเฉพาะอย่าง โดยไม่จำเป็นต้องนำวิทยุลูกข่ายมาโปรแกรมใหม่ สามารถสั่งโปรแกรมที่สถานีแม่ข่ายได้เลย

2.16 ความน่าเชื่อถือของระบบวิทยุเฉพาะกิจ (Reliability)

ระบบวิทยุเฉพาะกิจสามารถให้บริการผู้ใช้ได้ แม้ว่าอุปกรณ์ภายในระบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้เกิดเหตุขัดข้องหรือเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ช่องสัญญาณควบคุมเสีย (Control Channel Failure)

เมื่อชุดควบคุมกลางตรวจสอบพบว่าตัวทวนสัญญาณที่ทำหน้าที่เป็นช่องสัญญาณควบคุมเสียจะกำหนดให้ตัวทวนสัญญาณที่กำหนดให้ทำหน้าที่เป็นช่องสัญญาณควบคุมแทนโดยอัตโนมัติ (1 ใน 4 เครื่องที่กำหนดไว้)

2. ช่องสัญญาณเสียงเสีย (Voice Channel Failure)

เมื่อชุดควบคุมกลางตรวจพบว่าตัวทวนสัญญาณที่ทำหน้าที่เป็นช่องสัญญาณเสียงเสีย จะไม่ใช้งานช่องสัญญาณนั้นจนกว่าตัวทวนสัญญาณนั้นจะถูกซ่อมให้ใช้งานได้เสียก่อน

3. เมื่อชุดควบคุมกลางเสีย (Central Controller Failure)

ในขณะที่ระบบทำงานปกติชุดควบคุมกลางจะส่งสัญญาณไปกระตุ้นให้ตัวทวนสัญญาณทุกตัวทำงานในโหมดวิทยุเฉพาะกิจ แต่ถ้าตัวทวนสัญญาณไม่ได้รับสัญญาณทั้งหมดจะเปลี่ยนไปทำงานในโหม FAILSOFT ทันที

การทำงานในโหมด FAILSOFT วิทยุลูกข่ายจะเปลี่ยนช่องสัญญาณเพื่อใช้งานตามที่โปรแกรมไว้ในเครื่องโดยอัตโนมัติ การทำงานในโหมด FAILSOFT นี้วิทยุลูกข่ายจะทำงานเหมือนระบบการส่งสัญญาณผ่านตัวทวนสัญญาณแบบธรรมดาจนกว่าชุดควบคุมกลางจะได้รับการแก้ไขให้ใช้งานได้แล้ววิทยุลูกข่ายจึงกลับเข้ามาทำงานในโหมดระบบวิทยุเฉพาะกิจตามเดิม

2.17 สรุป

จะเห็นได้ว่าการทำงานของระบบวิทยุเฉพาะกิจนี้มีความสลับซับซ้อนมากพอสมควร แต่การทำงานทุกขั้นตอนจะเป็นไปโดยอัตโนมัติและใช้เวลารวดเร็วมาก นอกจากนั้นยังมีความถูกต้องและแม่นยำเนื่องจากการทำงานถูกควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ถึงแม้ว่าการทำงานของระบบจะมีความยุ่งยากสลับซับซ้อนแต่ก็ไม่ทำให้การใช้งานมีความยุ่งยากคือใช้งานง่ายและสะดวกรวดเร็ว

สำหรับความสามารถและความน่าเชื่อถือของระบบที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นจะช่วยให้เกิดความมั่นใจแก่ผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียกระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องลูกข่ายของระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ

3.1 บทนำ

ระบบเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียกระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องลูกข่ายของระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ เป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มประสิทธิภาพของระบบเดิมที่มีอยู่ โดยเครื่องจะต่ออยู่ระหว่างชุมสายองค์การโทรศัพท์และ PABX ของระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ การทำงานของระบบที่ทำการออกแบบจะต้องเหมาะสมกับชุมสายท้องถิ่นขององค์การและ PABX ของระบบรวมทั้งระบบสัญญาณต่าง ๆ ของระบบ รวมทั้งความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการมอดูเลตแบบดิจิตอล และพื้นฐานวงจรต่าง ๆ

3.2 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ปัจจุบันนี้กลายเป็นสิ่งที่จำเป็นมากในชีวิตประจำวัน ในการติดต่อสื่อสารกับบุคคลหรือหน่วยงานต่างๆที่เราต้องการในเวลาอันรวดเร็ว โดยโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน (PSTN) นั้นจะมีกระจายอยู่ทั่วประเทศ เป็นโครงข่ายที่มีความครอบคลุมมากที่สุดทั่วทุกมุมโลก ระบบโทรศัพท์จะสามารถแบ่งออกได้เป็นสองระบบใหญ่ๆ ได้แก่ ระบบโทรศัพท์แบบอนาล็อกคือระบบโทรศัพท์ที่ใช้กันอยู่มากมายในปัจจุบัน และระบบโทรศัพท์แบบดิจิตอลซึ่งจะเป็นโทรศัพท์ดิจิตอล 64 kb/s และระบบโทรศัพท์แบบ ISDN (Integrated Service Digital Network) ซึ่งเป็นรูปแบบการให้บริการใหม่ แต่ในระบบโทรศัพท์แบบ ISDN นี้ยังไม่มีการใช้บริการกันมากนักเนื่องจากมีราคาที่แพง

ส่วนประกอบหลักๆ ของระบบโทรศัพท์พื้นฐานในปัจจุบันนี้ซึ่งเป็นระบบอนาล็อกจะประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆด้วยกันคือ ชุมสายโทรศัพท์ เครื่องโทรศัพท์ และระบบสัญญาณที่ใช้ควบคุมการติดต่อให้ผู้เรียกและผู้ถูกเรียกสามารถทำการติดต่อสื่อสารกันได้ตามต้องการ ดังจะมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ชุมสายโทรศัพท์ (Telephone exchange)

ชุมสายโทรศัพท์นั้นจะมีหน้าที่เชื่อมต่อและทำการสลับสายคู่สายโทรศัพท์ ตามสัญญาณที่ส่งออกมาจากเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียก ไปยังผู้ถูกเรียกให้สามารถติดต่อกันได้ โดยชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันนี้ จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่ ประเภทแรกเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อโดยตรง จะแบ่งออกได้เป็น ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น (Local exchange) และชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติ (PABX; Private Automatic Branch Exchange) ส่วนประเภทที่สองเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อโดยตรงหรือชุมสายต่อผ่าน จะแบ่งออกได้เป็น ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น (Tandem exchange) และชุมสายต่อผ่านทางไกล (Transit exchange) ซึ่งรายละเอียดของชุมสายแต่ละชนิดจะทำการอธิบายต่อไป

3.3.1 ชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อโดยตรง

จะสามารถแบ่งออกได้เป็น ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นและชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

3.3.1.1 ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น (Local exchange)

เป็นชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้ามาโดยตรง ชุมสายแบบนี้จะมีขนาดตั้งแต่ร้อยเลขหมายจนถึงหมื่นเลขหมายหรือมากกว่านั้น ตามสภาพของพื้นที่และปริมาณการใช้งานโทรศัพท์ดังแสดงในรูปที่ 3.1

3.3.1.2 ชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติ (PABX)

ชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติ (PABX) จะมีลักษณะการทำงานเหมือนกับชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น เพียงแต่มีขนาดเล็กกว่า ทำการติดตั้งใน อาคาร สำนักงาน บริษัทฯลฯ เพื่อที่จะให้บริการการเรียกสำหรับผู้ใช้ภายในสำนักงานโดยไม่ต้องผ่านชุมสายท้องถิ่น และใช้ติดต่อกับภายนอกของสำนักงานนั้นๆ โดยผ่านชุมสายท้องถิ่น จะทำให้จำนวนคู่สายโทรศัพท์ที่ต่อมายังสำนักงานและปริมาณการใช้บริการโทรศัพท์ของชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นจะลดลง ชุมสายโทรศัพท์แบบนี้จะสามารถให้บริการพิเศษแก่สมาชิกภายในชุมสายได้หลายอย่างด้วยกันเช่น การย่อหมายเลข การประชุมทางโทรศัพท์ การโอนสายกันระหว่างผู้ใช้ภายในชุมสาย การรับสายแทนกัน การพักสายด้วยเสียงดนตรี โดยบริการพิเศษนี้จะขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละชุมสายนั้นๆ การเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับชุมสาย PABX และชุมสายท้องถิ่นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 แสดงการเชื่อมต่อของผู้ใช้กับชุมสายโทรศัพท์โดยผ่ายชุมสาย PABX

3.3.2 ชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อโดยตรง

จะเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารและให้บริการกันเองระหว่างชุมสาย เพื่อให้การติดต่อระหว่างชุมสายท้องถิ่นในพื้นที่ต่าง ๆ ให้สามารถติดต่อกันได้จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.2.1 ชุมสายโทรศัพท์เชื่อมต่อภายในท้องถิ่น (Tandem exchange)

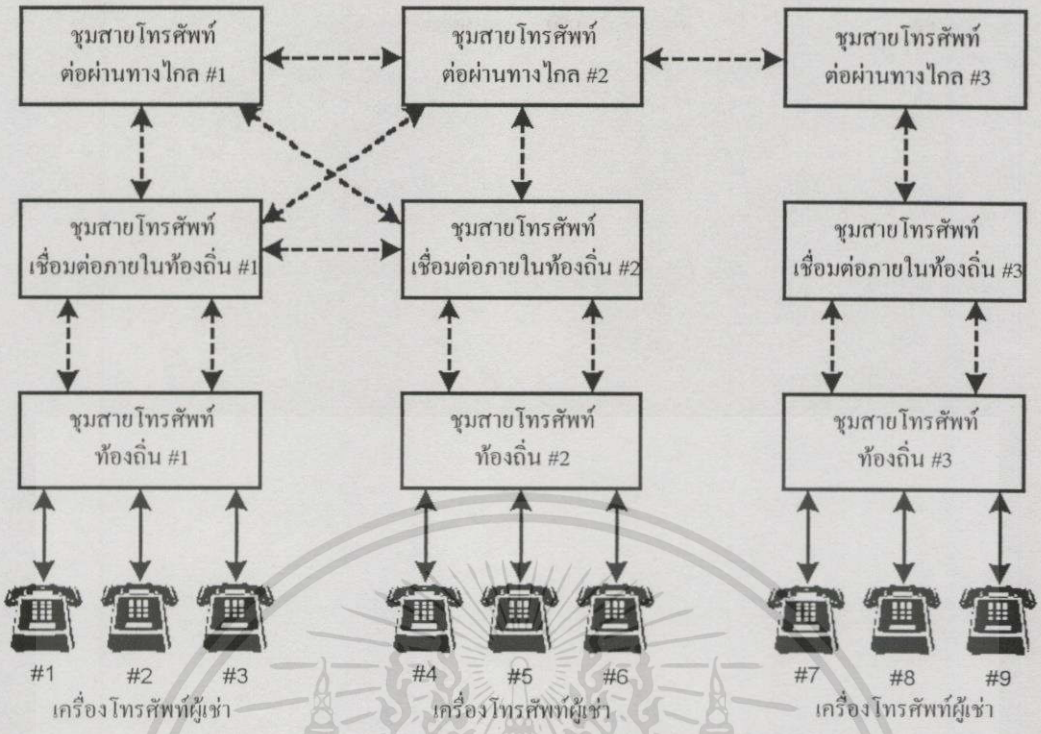
เป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อภายในชุมสายท้องถิ่นเดียวกัน เพื่อให้บริการการเรียกภายในชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นนั้น จากรูปที่ 3.2 เครื่องผู้ใช้หมายเลข #1 ต้องการติดต่อกับเครื่องผู้ใช้หมายเลข 5 ซึ่งอยู่ต่างชุมสายท้องถิ่น การติดต่อจะกระทำผ่านชุมสายเชื่อมต่อภายในท้องถิ่น #1 และ #2 และชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น #1 และ #2

3.3.2.2 ชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่านทางไกล (Transit exchange)

เป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์เชื่อมต่อภายในท้องถิ่นกับชุมสายโทรศัพท์เชื่อมต่อภายในท้องถิ่นอื่นๆ เช่นการเรียกจากจังหวัดหนึ่งไปยังอีกจังหวัดหนึ่งต้องผ่านชุมสายต่อผ่านทางไกล ดังแสดงในรูปที่ 3.2

ในการเรียกโทรศัพท์ระหว่างผู้เช่าจะมีการเรียกผ่านไปยังชุมสายโทรศัพท์หลายชุมสาย จะขึ้นอยู่กับลักษณะการวางโครงข่ายของชุมสายโทรศัพท์ของแต่ละพื้นที่ และพื้นที่การใช้บริการของผู้เช่า โดยชุมสายโทรศัพท์จะทำการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากผู้ที่ทำการเรียกไปยังผู้ถูกเรียกเช่น จากผู้ใช้ #1 และ #9 จะต้องเรียกผ่านชุมสายท้องถิ่น #1 และ #3 ชุมสายเชื่อมต่อภายในท้องถิ่น #1 และ #3 ชุมสายต่อผ่านทางไกล #1, #2 และ #3 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์และเครื่องโทรศัพท์ผู้ใช้

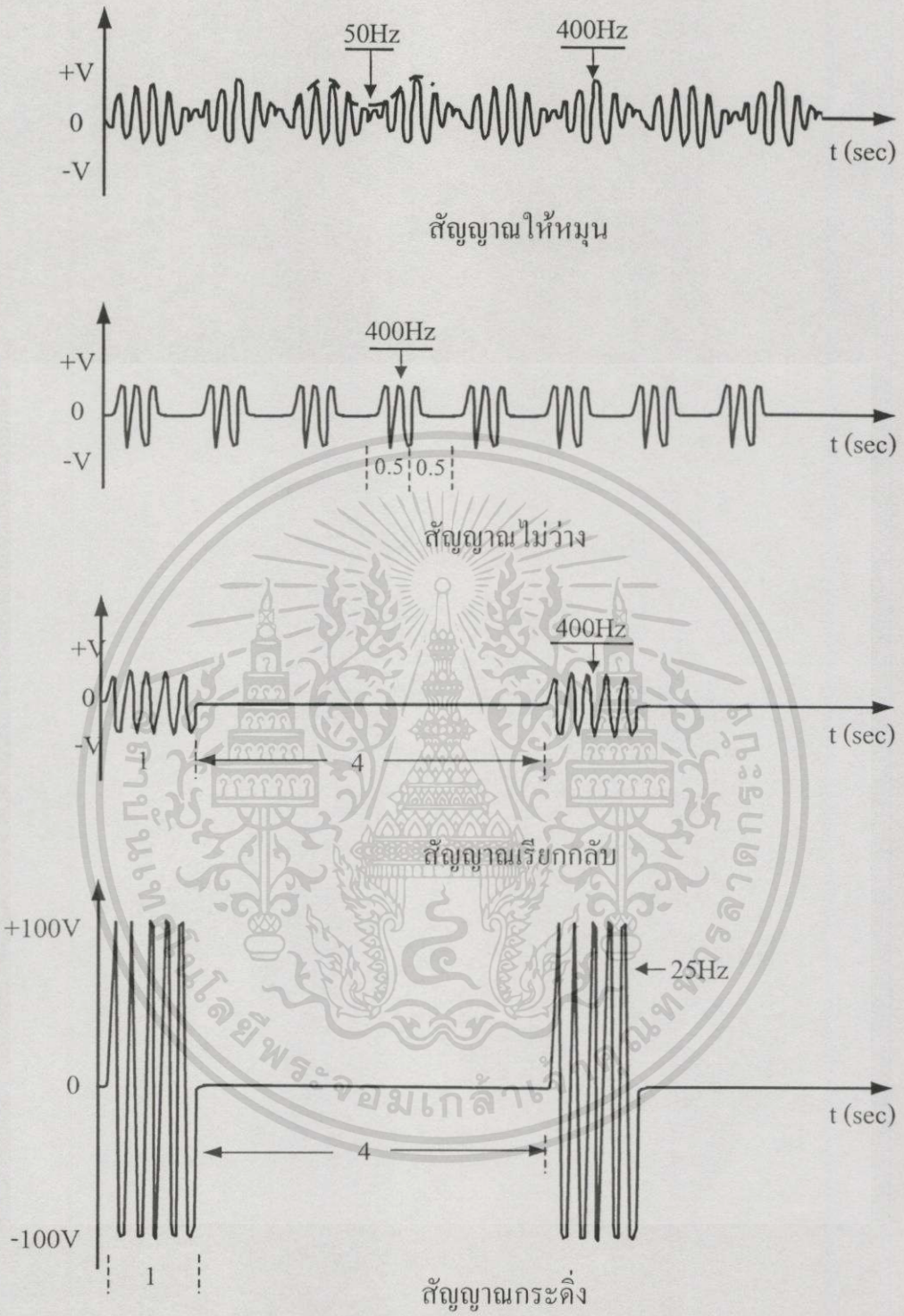
3.4 สัญญาณต่าง ๆ ที่ใช้ในการติดต่อระหว่างเครื่องผู้ใช้กับชุมสายโทรศัพท์

คู่สายภายนอกที่ต่อออกมาจากชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ฯ ไปยังเครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้ จะมีสายสัญญาณอยู่ 2 เส้น คือเส้นทิบ (Tip) และเส้นริง (Ring) โดยจะมีไฟเลี้ยงกระแสตรงขนาด 48 โวลต์ ส่งมากับคู่สายทั้งสองเส้นนี้ด้วย ในการติดต่อก็จะทำการติดต่อผ่านสายสัญญาณสองเส้นนี้ โดยสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อจะสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ ได้แก่ สัญญาณเสียงพูด จะเป็นเสียงที่พูดคุยในระหว่างการติดต่อโทรศัพท์ระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียก และสัญญาณควบคุมต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ส่งออกมาเพื่อทำการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ผู้เช่า หรือติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์ด้วยกันเอง เพื่อแสดงสภาวะการทำงานในขณะนั้น ดังจะมีรายละเอียดตามมาตรฐานของ CCITT ดังต่อไปนี้

3.4.1 สัญญาณให้หมุน (Dial tone)

เป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ฯส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ เพื่อบอกให้ผู้ใช้บริการทราบว่าชุมสายโทรศัพท์พร้อมที่รับสัญญาณในการติดต่อจากโทรศัพท์ของผู้ใช้แล้ว หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า สัญญาณแมวกรน ลักษณะของสัญญาณจะมีความถี่ประมาณ 400-450 Hz ดังต่อเนื่องกันดังแสดงในรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะสัญญาณพื้นฐานของระบบโทรศัพท์

3.4.2 สัญญาณเรียกกลับ (Ringback tone)

เป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ส่งออกไปยังเครื่องโทรศัพท์ หลังจากที่ผู้ใช้บริการทำการกดหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อ เพื่อแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบว่าสามารถทำการติดต่อกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลขนั้นได้แล้ว สัญญาณเรียกกลับจะเป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่อง มีลักษณะความถี่เดียว มีความถี่อยู่ระหว่าง 400-450 Hz มีจังหวะการดังและหยุดของสัญญาณ ทางองค์การโทรศัพท์ใช้สัญญาณมีลักษณะแบบดัง 1 วินาที และเงียบ 3 วินาที โดยจะอยู่ในมาตราฐานของ CCITT ที่กำหนดไว้ดังนี้

- จังหวะดัง ควรอยู่ในช่วง 0.67 ถึง 1.5 วินาที แต่ไม่เกิน 2.5 วินาที
- จังหวะหยุด ควรอยู่ในช่วง 3 ถึง 3.5 วินาที แต่ไม่เกิน 6 วินาทีดังแสดงในรูปที่ 3.3

3.4.3 สัญญาณไม่ว่าง (Busy tone)

เป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ หลังจากที่ผู้ใช้บริการทำการกดหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อแล้ว เพื่อแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบว่าไม่สามารถทำการติดต่อกับหมายเลขนั้นได้หรือหมายเลขที่ทำการเรียกไปนั้นไม่ว่าง ผู้เรียกควรวางหูสักครู่แล้วค่อยทำการเรียกใหม่ สัญญาณไม่ว่างจะเป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่องมีลักษณะดังแล้วหยุดเหมือนกับสัญญาณเรียกกลับ แต่มีคาบเวลาที่แตกต่างกัน โดยจะมีความถี่ประมาณ 400-450 Hz เสียงดังเป็นเวลาประมาณ 0.5วินาที เงียบ 0.5 วินาทีดังแสดงในรูปที่ 3.3

3.4.4 สัญญาณกริ่งเรียกหรือสัญญาณกระดิ่ง (Ringing tone)

เป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียก จะทำให้กระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์ดังขึ้น เพื่อที่จะแจ้งให้ผู้ถูกเรียกทราบว่ามีคนกำลังต้องการที่จะติดต่อด้วย สัญญาณกริ่งหรือสัญญาณกระดิ่งนี้ จะมีจังหวะการดังและเงียบเหมือนกับสัญญาณเรียกกลับคือจะดัง 1 วินาที และเงียบ 3 วินาที ลักษณะของสัญญาณจะเป็นสัญญาณกระแสสลับที่มีความถี่ประมาณ 25 Hz และมีแรงดันประมาณ 100 V_{p-p} ดังแสดงในรูปที่ 3.3

3.4.5 สัญญาณหมายเลข (Register signal)

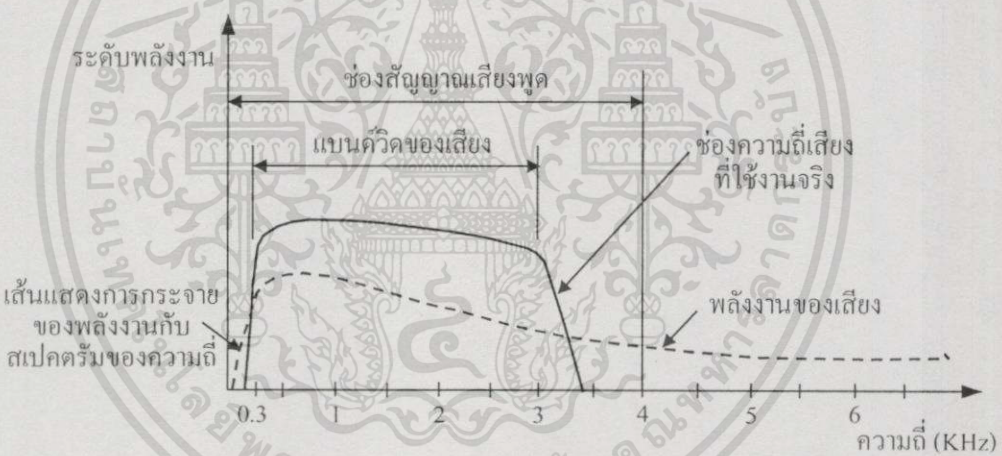
สัญญาณหมายเลขเป็นสัญญาณที่ส่งจากเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกไปยังชุมสายโทรศัพท์เพื่อบอกให้ชุมสายทราบถึงหมายเลขที่ต้องการที่จะติดต่อด้วย สัญญาณหมายเลขจะมีอยู่ 2 แบบด้วยกัน คือ สัญญาณแบบพัลส์ จะส่งออกมาจากเครื่องโทรศัพท์แบบหมุน ซึ่งจะส่งสัญญาณพัลซ์ออกมาเป็นช่วงๆ ตามหมายเลขที่ทำการหมุนดังแสดงในรูปที่ 3.5 และสัญญาณความถี่คู่ผสมหรือสัญญาณความถี่ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) โดยการส่งหมายเลขหนึ่งหมายเลขใด จะประกอบด้วยสัญญาณความถี่ 2 ความถี่ที่ถูกมอดูเลทกันส่งออกไป ตัวอย่างเช่นในการกดหมายเลข 5 ก็จะมีความถี่ 770 Hz กับความถี่ 1336 Hz ที่ถูกมอดูเลทกันส่งออกมาจากเครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่มไปยังชุมสายโทรศัพท์ ดังแสดงในรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 สัญญาณเสียงพูด (Voice signal)

ทาง CCITT ได้มีการกำหนดให้ย่านความถี่เสียงพูด (Voice Channel หรือ VF Channel) มีช่วงความถี่อยู่ที่ 0 - 4,000 Hz แต่สัญญาณเสียงพูดที่ฟังแล้วสามารถจับใจความได้จะมีความถี่อยู่ในช่วง 200 Hz – 4,000 Hz อย่างไรก็ตาม ช่วงความถี่ของเสียงพูดในการใช้งานจริงจะอยู่ในช่วง 300 Hz – 3,000 Hz เท่านั้นไม่ได้ใช้งานเต็มช่องสัญญาณ จะเห็นว่าสัญญาณควบคุมต่างๆที่ใช้ในชุมสายโทรศัพท์ก็จะมีช่วงความถี่อยู่ในย่านนี้ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.4

นอกจากนี้ในสายสัญญาณก็จะมีสัญญาณรบกวนปรากฏอยู่ภายในสายด้วย ซึ่งอาจจะเกิดได้จากหลายๆสาเหตุ เช่น จากสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิ สายส่งไฟฟ้ากำลังสูงๆ ที่อยู่ใกล้กับสายสัญญาณ หรือแม้แต่ข้อต่อของสายสัญญาณที่ทำการเชื่อมต่อไม่ดีก็มีผลด้วย สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้มีการผิดเพี้ยนของสัญญาณเสียงในสายสัญญาณขึ้น นอกจากนี้ยังมีสัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญมากในระบบโทรศัพท์ก็คือ สัญญาณเสียงสะท้อน (Echo) ซึ่งมีสาเหตุมาจากเกิดความไม่สมดุลย์กันระหว่างอิมพีแดนซ์ของสายส่งสัญญาณกับอุปกรณ์ทางด้านเอาท์พุท



รูปที่ 3.4 แสดงแถบความถี่ของสัญญาณเสียง

3.5 เครื่องโทรศัพท์

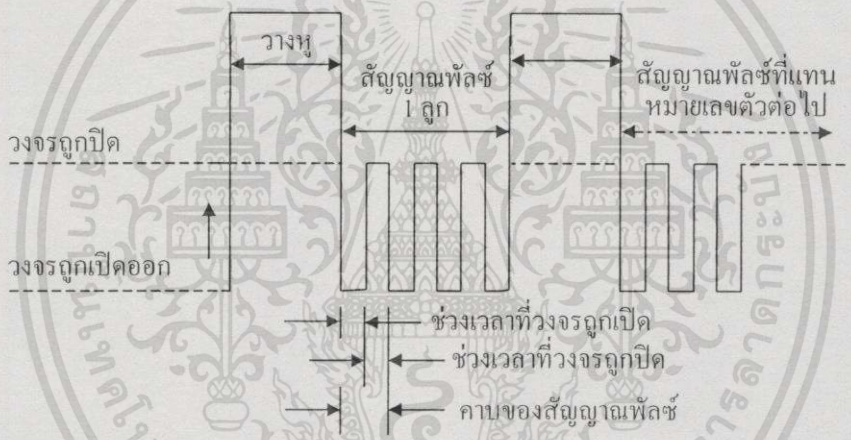
เครื่องโทรศัพท์เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากสำหรับชุมสาย จะติดตั้งอยู่ที่สำนักงานหรือที่พักอาศัยของผู้เช่า มีหน้าที่ส่งสัญญาณเรียกหรือสัญญาณหมายเลขไปยังชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นและใช้สำหรับผู้เรียกและผู้ถูกเรียกในการสนทนาผ่านชุมสายโทรศัพท์ เมื่อต้องการที่จะทำการเรียกหรือติดต่อก็ทำการหมุน หรือกดหมายเลขของผู้รับที่หน้าปัดของเครื่องโทรศัพท์ เพื่อแจ้งให้ชุมสายทำการติดต่อให้

เครื่องโทรศัพท์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบันนี้จะมีอยู่สองระบบได้แก่ ระบบโทรศัพท์แบบพัลซ์ หน้าปัดแบบหมุน เป็นระบบเดิมที่ใช้กันอยู่ในยุคแรกๆ โดยเครื่องโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณพัลซ์เมื่อทำการหมุนโทรศัพท์ หน้าปัดที่หมุนของโทรศัพท์นั้นจะเชื่อมต่ออยู่กับสวิตช์ ซึ่งจะทำให้

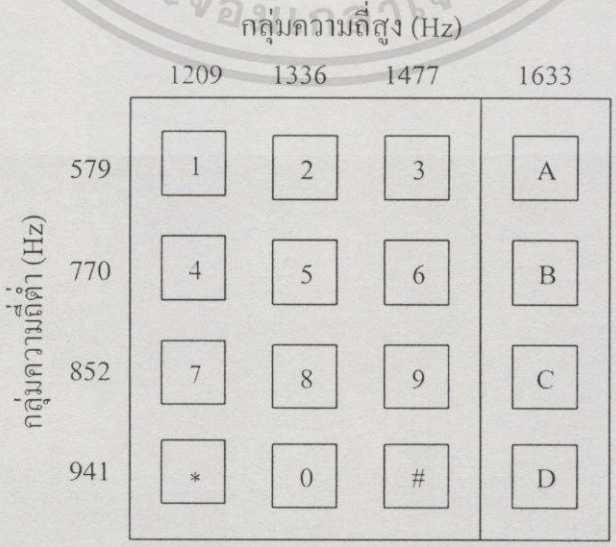
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตช์นี้เปิดปิดเป็นจังหวะเท่ากับค่าตัวเลขที่หมุนเช่น หมุนหมายเลข 4 ก็จะทำให้สวิตช์มีการปิดเปิด 4 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ยกเว้นตัวเลข 0 จะทำให้เกิดการขัดจังหวะเป็นจำนวน 10 ครั้ง ขบวนของพัลซ์นี่เองที่จะเป็นสัญญาณบอกให้ชุมสายสามารถเลือกต่อคู่สายได้อย่างถูกต้อง

ต่อมาได้มีการพัฒนาระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่หรือระบบโทรศัพท์แบบ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) ขึ้นมาใช้แทนระบบแบบเก่า เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้มากขึ้น เครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่มนี้จะใช้การส่งความถี่ออกไปแทน โดยในระบบนี้จะช่วยประหยัดเวลาในการส่งหมายเลข และลดความผิดพลาดในการส่งหมายเลขลง สามารถเพิ่มปุ่มฟังก์ชั่นอื่น ๆ เพื่อใช้งานอย่างอื่น โดยการกดปุ่มแต่ละครั้งก็จะมีการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มความถี่ต่ำ และกลุ่มความถี่สูง ที่ถูกมอดูเลทกันออกไปแทนหมายเลขที่ต้องการส่งออกไป โดยความถี่นี้จะอยู่ในย่านความถี่เสียงพูด ดังมีค่าแสดงดังในรูปที่ 3.6 ยกตัวอย่างเช่น เมื่อมีการกดหมายเลข 1 ก็จะมีการผลิตความถี่ 697 Hz และ 1209 Hz ที่มีการมอดูเลทกันส่งออกไป



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของสัญญาณที่เกิดจากการหมุนหมายเลข 4

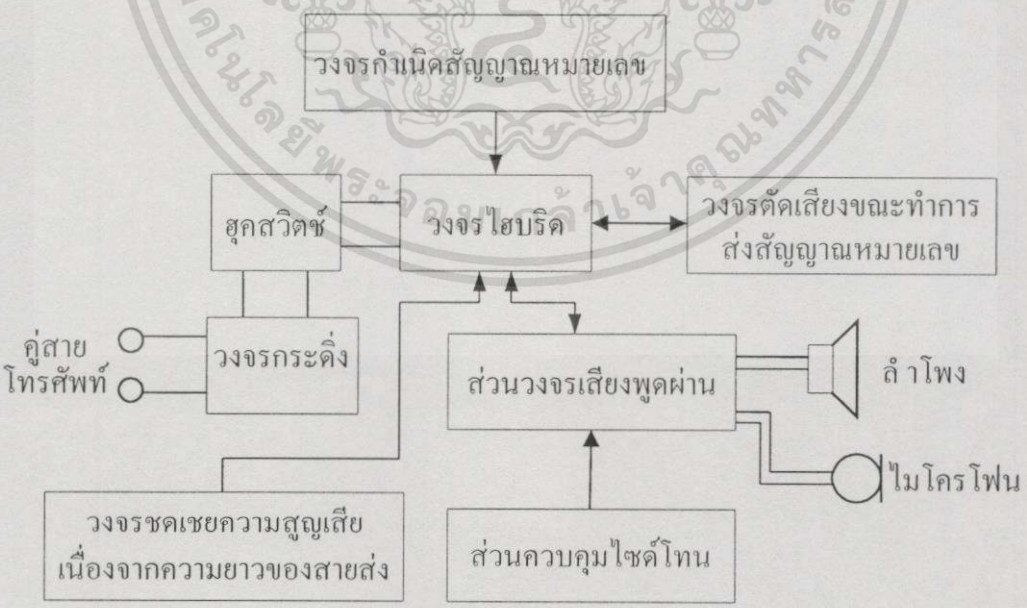


รูปที่ 3.6 แสดงค่าความถี่ในแต่ละหมายเลขของระบบโทรศัพท์ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องโทรศัพท์จะติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์ด้วยสายสัญญาณสองสายคือสาย ทิบ (Tip) และสายริง (Ring) ปรกติเมื่อไม่มีการใช้โทรศัพท์ วงจรของเครื่องโทรศัพท์จะถูกตัดออกจากคู่สายของโทรศัพท์คงเหลือแต่วงจรกำเนิดเสียงเรียก (Ringing) หรือวงจรกระดิ่งต่ออยู่กับชุมสายโทรศัพท์เท่านั้น เพื่อส่งสัญญาณเรียกเมื่อมีการติดต่อจากผู้อื่นเข้ามา ทำให้ในขณะที่โทรศัพท์ไม่ถูกใช้งานจะไม่มีกระแสไหลผ่านเครื่องรับโทรศัพท์ แต่เมื่อเรายกหูโทรศัพท์ก็จะมีการเชื่อมต่อเครื่องโทรศัพท์เข้ากับชุมสายขององค์การโทรศัพท์ เกิดการไหลของกระแสในวงจร โดยกระแสนี้จะมาจากแบตเตอรี่ในชุมสายโทรศัพท์ที่อยู่ใกล้ผู้เช่าโทรศัพท์มากที่สุด และเมื่อชุมสายโทรศัพท์เลือกคู่สายที่ต้องการจะต่อด้วยได้แล้ว ก็จะทำการส่งสัญญาณกระดิ่ง ซึ่งเป็นสัญญาณ AC ไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียก เพื่อทำการสั่นกระดิ่งให้ดังขึ้น เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์รับสายก็จะเกิดกระแส DC ไหล เมื่อชุมสายตรวจพบก็จะหยุดส่งสัญญาณกระดิ่ง ก็จะสามารถทำการสนทนาได้ โดยในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างปากพูดและหูฟังกับสายโทรศัพท์ จะต้องมีหม้อแปลงอัตโนมัติทำหน้าที่ในการปรับอิมพิแดนซ์ของหูฟังและสายโทรศัพท์ให้สมดุลย์กัน เพื่อให้มีการรับและส่งสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด รวมทั้งทำให้ผู้พูดสามารถได้ยินเสียงของตนเองที่พูดออกไปด้วย เพื่อที่จะได้ปรับระดับการพูดของตนเองไม่ให้ดังหรือค่อยจนเกินไป

เครื่องโทรศัพท์ทั้งสองแบบจะมีลักษณะโครงสร้างและการทำงานคล้ายๆกันดังแสดงในรูปที่ 3.7 จะมีความแตกต่างกันตรงที่ลักษณะของสัญญาณหมายเลขที่ทำการส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์เท่านั้น



รูปที่ 3.7 แสดงบล็อคไดอะแกรมของเครื่องรับโทรศัพท์

จากรูปที่ 3.7 จะสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 วงจรกำเนิดสัญญาณหมายเลข จะทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณของหมายเลขโทรศัพท์ซึ่งอาจจะเป็นสัญญาณพัลซ์หรือสัญญาณความถี่คู่ผสมก็ได้แล้วแต่ชนิดของโทรศัพท์ที่ใช้งาน

3.5.2 วงจรกระดิ่ง ชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณเรียกเข้ามาเป็นกระแสไฟสลับประมาณ 100-120 โวลต์ ส่งเข้ามายังวงจรกระดิ่งทำให้กระดิ่งดังขึ้น เพื่อแจ้งให้เจ้าของเครื่องทราบว่ามีการเรียกเข้ามา

3.5.3 วงจรตัดเสียง จะทำการตัดเสียงต่างๆมิให้เข้าไปในชุมสาย เพื่อป้องกันความผิดพลาด ถ้าหากบังเอิญมีสัญญาณเสียงที่มีความถี่ใกล้เคียงกับสัญญาณความถี่ของหมายเลขก็จะทำให้การส่งสัญญาณหมายเลขเกิดความผิดพลาดได้

3.5.4 วงจรไฮบริด เนื่องจากวงจรในเครื่องโทรศัพท์จะใช้ระบบ 4 สายนั่นก็คือใช้สองสายสำหรับส่งสัญญาณเสียงพูด และอีกสองสายสำหรับนำเสียงพูดจากอีกด้านหนึ่งมายังหูฟัง แต่ในการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์จะเป็นระบบ 2 สาย จะติดต่อกันโดยใช้สายสัญญาณเพียงสองเส้นเพียงเท่านั้นเอง จึงต้องใช้วงจรไฮบริดทำการเชื่อมต่อระบบ 2 สาย และระบบ 4 สาย ให้สามารถติดต่อกันได้

3.5.5 ส่วนวงจรปากพูดและหูฟัง ส่วนนี้จะทำหน้าที่เสมือนวงจรเครื่องรับ และเครื่องส่งที่ใช้ในการติดต่อกันระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกและผู้ถูกเรียก เพื่อให้สามารถพูดคุยสนทนากันได้

การใช้งานโทรศัพท์ในการติดต่อกันระหว่างเครื่องโทรศัพท์ผู้ใช้ จะกระทำผ่านชุมสายโทรศัพท์ต่างๆที่องค์การโทรศัพท์ให้บริการดังมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 2.2

3.6 ลักษณะการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกและผู้ถูกเรียกในชุมสายโทรศัพท์

ในการติดต่อกันระหว่างเครื่องโทรศัพท์ผู้เรียกและเครื่องโทรศัพท์ผู้ถูกเรียกผ่านชุมสายโทรศัพท์จะมีวิธีการติดต่อกันดังนี้

การเรียกทางโทรศัพท์ (Telephone Call) การเรียกผ่านโครงข่ายโทรศัพท์ระหว่างผู้เรียกและผู้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้เรียก (Calling Subscriber) ผู้ที่ทำการติดต่อไปยังชุมสายโทรศัพท์เพื่อแจ้งหมายเลขที่ต้องการติดต่อ

ผู้รับ (Called Subscriber) ผู้ที่ได้รับการติดต่อจากชุมสายโทรศัพท์ว่ามีการคนต้องการจะติดต่อด้วย

คู่สายโทรศัพท์ (Telephone Line) คือสายนำสัญญาณที่นำสัญญาณไฟฟ้าที่เปลี่ยนมาจากเสียงพูดไปยังจากผู้ที่ทำการเรียกและผู้ที่ถูกเรียก

การติดต่อทางด้านผู้เรียก

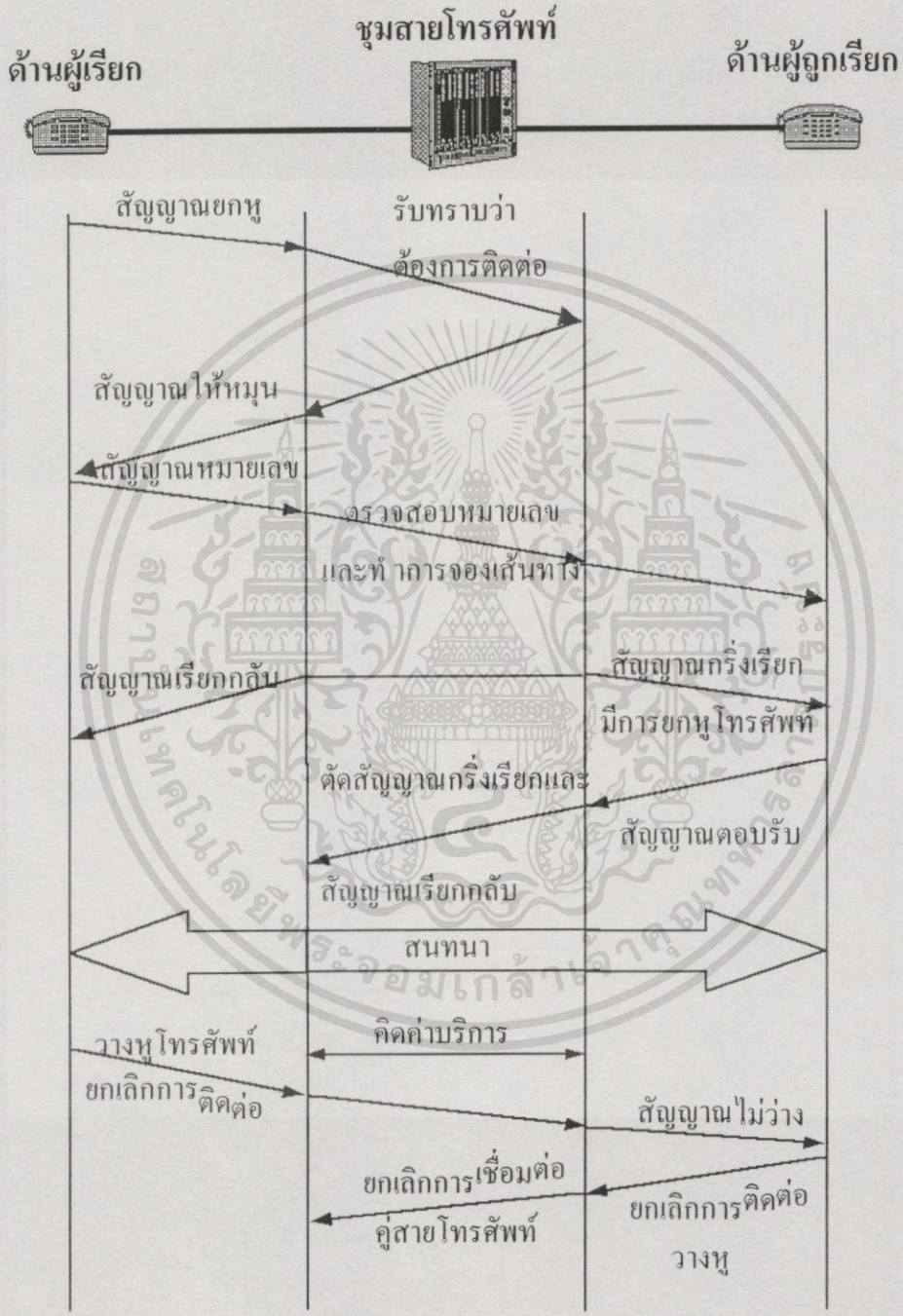
ในด้านผู้เรียกเมื่อยังไม่ยกหูจะมีแรงดันไฟตรงที่คู่สายประมาณ 48 โวลต์ เมื่อผู้เรียกยกหูขึ้นทำการกดหมายเลขเพื่อโทรเรียกไปยังผู้รับ จะทำให้ระดับแรงดันไฟตรงที่คู่สายโทรศัพท์เปลี่ยนแปลงจากระดับ 48 โวลต์ เป็นประมาณ 6 โวลต์ ถึง 10 โวลต์ ชุมสายโทรศัพท์จะรับรู้ว่ามีการเริ่มต้นการเรียก ชุมสายโทรศัพท์ก็จะทำการจะส่งสัญญาณให้หมุนไปยังผู้เรียก เมื่อผู้เรียกได้ยินสัญญาณให้หมุนก็จะกดหมายเลขผู้รับ ในขณะที่กดหมายเลขวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์ก็จะสร้างสัญญาณรหัสหมายเลขส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์ตามหมายเลขที่กด ชุมสายจะตัดสัญญาณให้หมุนออกทันทีที่ได้รับหมายเลขโทรศัพท์ตัวแรก เมื่อชุมสายโทรศัพท์รับทราบหมายเลขผู้รับแล้วก็จะทำการกำหนดเส้นทางระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกเพื่อใช้ในการสนทนา แต่ถ้าหากคู่สายด้านผู้รับไม่ว่างชุมสายจะส่งสัญญาณไม่ว่างไปให้ผู้เรียกทราบ เพื่อให้ผู้เรียกทำการวางหู แล้วค่อยทำการเรียกใหม่ หากคู่สายด้านผู้รับว่างชุมสายจะส่งสัญญาณกริ่งเรียกไปยังเครื่องผู้ถูกเรียกพร้อมทั้งส่งสัญญาณเรียกกลับไปยังด้านผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าสามารถติดต่อได้แล้ว เมื่อผู้ถูกเรียกได้ยินเสียงกริ่งเรียกแล้วทำการยกหูรับสาย ชุมสายโทรศัพท์ก็จะทำการยกเลิกสัญญาณเรียกกลับด้านผู้เรียก การสนทนาจึงจะสามารถเริ่มต้นได้

การติดต่อทางด้านผู้รับ

ด้านผู้รับเมื่อมีการเรียกจากภายนอกเข้ามา ชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณกริ่งเรียกที่มีความถี่ 25 Hz และขนาดแรงดัน 100 Vp-p ไปยังผู้รับเพื่อทำการเรียกผู้รับ ทำให้กระดิ่งที่เครื่องโทรศัพท์ดังขึ้น ในกรณีที่ไม่มีผู้รับสายสัญญาณกริ่งเรียกก็ดังอยู่ประมาณ 15 ครั้ง หลังจากนั้นชุมสายจะทำการตัดสัญญาณเอง แล้วส่งสัญญาณไม่ว่างไปยังผู้เรียก เพื่อให้ผู้เรียกทำการวางหูโทรศัพท์ เพื่อทำการวางสายหรือทำการเรียกใหม่ ถ้าผู้รับสายยกหูโทรศัพท์ระดับแรงดันไฟตรงที่คู่สายโทรศัพท์ของผู้รับจะเปลี่ยนจาก 48 โวลต์ เป็น 10 โวลต์ เกิดสัญญาณตอบรับไปยังชุมสายโทรศัพท์ ชุมสายโทรศัพท์ก็จะทำการตัดสัญญาณกริ่งเรียกออกจากผู้รับ เพื่อให้คู่สนทนาพูดคุยกันได้ ในตอนนี้หน้าที่การทำงานของชุมสายในส่วนของการควบคุมก็จะหยุดลง มิเตอร์สำหรับเก็บค่าบริการของชุมสายก็จะเริ่มทำงาน เพื่อเก็บค่าบริการการใช้งานโทรศัพท์ในภายหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อการสนทนาสิ้นสุดลง คู่สายสนทนาก็จะทำการวางหูระดับแรงดันของคู่สายโทรศัพท์ก็จะเปลี่ยนเป็น 48 โวลต์เหมือนเดิม เกิดสัญญาณตอบรับไปยังชุมสายโทรศัพท์ให้รับรู้ว่าการสนทนาได้ยุติลงแล้ว



รูปที่ 3.8 แสดงการติดต่อระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกในชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 หลักการบันทึกข้อมูลสัญญาณเสียงสำหรับใช้ในการฝากข้อความเตือนภัย

ในส่วนของการแจ้งเตือนภัย จะมีการบันทึกเสียงพูดที่ใช้ในการเตือนภัยเก็บไว้ในหน่วยความจำ เพื่อทำการฝากให้กับพนักงานตอบรับที่ศูนย์วิทยุติดตามตัวทำการส่งไปยังเครื่องรับวิทยุติดตามตัวของเจ้าของบ้าน โดยเสียงพูดจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นจะทำการเปลี่ยนจากสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณแบบอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ เพื่อเก็บสัญญาณเสียงดังกล่าวไว้ใช้งานต่อไป เมื่อจะนำสัญญาณดังกล่าวมาใช้งานก็จะทำการแปลงจากสัญญาณดิจิตอลกลับมาเป็นสัญญาณอนาล็อกหรือสัญญาณเสียงเหมือนเดิม

สัญญาณดิจิตอลนั้นจะมีการกระจายแบบดีสครีตทั้งเวลาและแอมปลิจูด ส่วนสัญญาณอนาล็อกนั้นแอมปลิจูดจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องไปกับเวลา วิธีการเปลี่ยนแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D) และเปลี่ยนจากสัญญาณดิจิตอลไปเป็นสัญญาณอนาล็อก (D/A) นั้นจะใช้หลักการพัลซ์มอดูเลชั่น (Pulse Modulation) ซึ่งจะมีอยู่หลายวิธีด้วยกันได้แก่

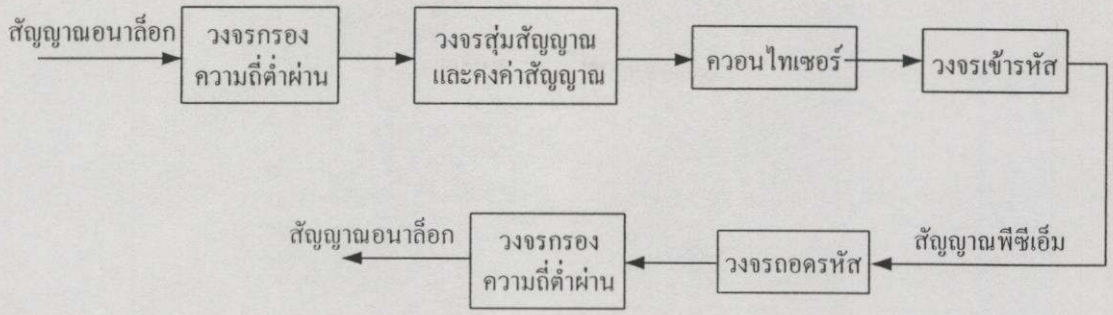
3.7.1 พัลซ์แอมปลิจูดมอดูเลชั่น (PAM : Pulse Amplitude Modulation)

กระบวนการเบื้องต้นในการแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลนั้นจะอาศัยทฤษฎีการสุ่มตัวอย่างที่กล่าวไว้ว่า "ถ้าข่าวสารในสัญญาณถูกจำกัดให้มีความถี่สูงสุดเป็น f_o แล้ว หากใช้ขบวนพัลซ์ที่มีความถี่เท่ากับหรือมากกว่า $2f_o$ ทำการแซมปลิ้ง ก็จะสามารถเก็บข่าวสารได้อย่างสมบูรณ์" โดยในระบบ PAM นี้จะทำการเปลี่ยนจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยการสุ่มตัวอย่างจากสัญญาณอนาล็อกเดิมให้เป็นสัญญาณพัลซ์ แต่ยังคงมีระดับแอมปลิจูดของสัญญาณอนาล็อกเดิมอยู่

3.7.2 พัลซ์โค็ดมอดูเลชั่น (Pulse Code Modulation : PCM)

Pulse Code Modulation (PCM) เป็นวิธีการที่เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งแต่ละสัญญาณจะถูกกำหนดให้เป็นกระบวนของพัลซ์ในรูปของรหัสไบนารี่ การเปลี่ยนแปลงสัญญาณจะประกอบด้วยหลักการที่สำคัญ 3 ประการดังนี้คือการแซมปลิ้ง (Sampling) การควอนไทซ์สัญญาณ (Quantizing) และการเข้ารหัส (Coding) โดยหลักการพื้นฐานของระบบ PCM สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงหลักการพื้นฐานของระบบ PCM

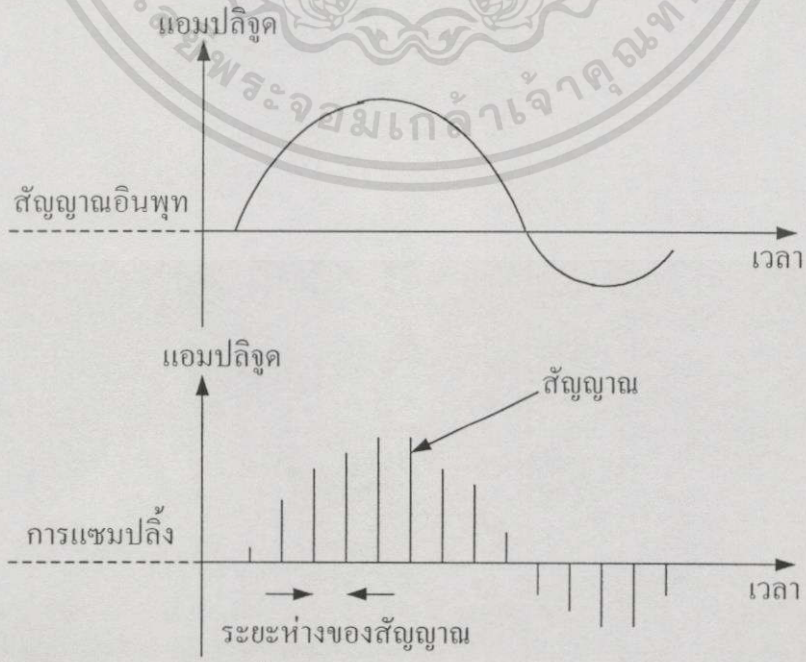
การแซมปลิ้ง (Sampling)

การแซมปลิ้งก็คือการทำสัญญาณอนาล็อกซึ่งมีสัญญาณที่ต่อเนื่องกันให้เป็นสัญญาณแบบดีสครีตในช่วงเวลาที่เท่า ๆ กัน และจากทฤษฎีการสุ่มตัวอย่างถ้าเก็บแซมเปิ้ลด้วยอัตรา 2 เท่าหรือมากกว่าความถี่สูงสุดของสัญญาณแล้ว จะสามารถทำให้สัญญาณเดิมกลับมาได้ สัญญาณเสียงที่ใช้ในระบบโทรศัพท์นั้นได้ถูกจำกัดให้มีความถี่ระหว่าง 0.3 - 3.4 kHz ดังนั้นอัตราการแซมปลิ้งต่ำสุดจะต้องเท่ากับ 6.8 kHz สำหรับในทางปฏิบัติจะใช้เท่ากับ 8 kHz คือจะมีการแซมปลิ้งทุกๆ 125 μsec ($1/8 \times 10^3$) และในการแซมปลิ้งนั้นในทางทฤษฎีจะมีข้อกำหนดดังนี้

1 สัญญาณอินพุทต้องไม่มีองค์ประกอบเกินความถี่สูงสุด f_0

2. สัญญาณพัลซ์ที่ทำการแซมปลิ้งจะต้องเป็นสัญญาณอิมพัลซ์ที่มีความกว้างเท่ากับ 0 และมีแอมปลิจูดเป็นอนันต์

3. ทางด้านรับต้องใช้วงจรกรองความถี่ต่ำที่ยอมให้ความถี่ f_0 ผ่านได้ทั้งหมด



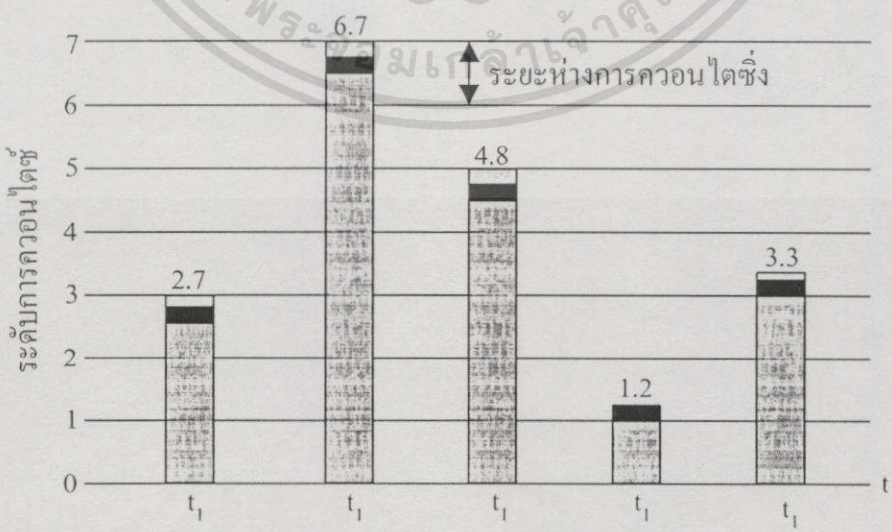
รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะการแซมปลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควอนไทซ์ (Quantizing)

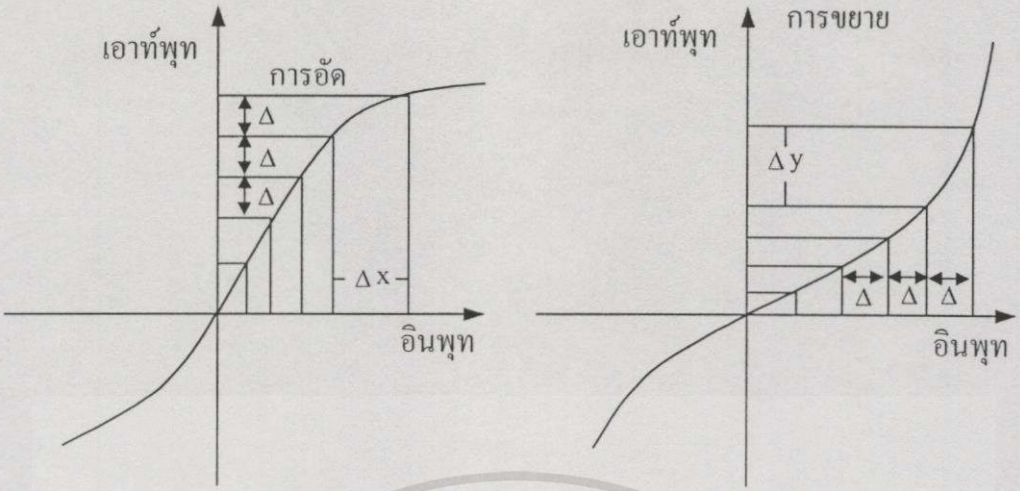
พัลซ์ที่ผ่านการแซมปลิ้งแล้ว จะยังถือว่าเป็นสัญญาณอนาล็อกอยู่ คือจะยังมีแอมปลิจูดที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตามเวลาที่เป็นช่วงๆ อยู่ เราจะต้องใช้การควอนไทซ์มาช่วยในการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดของสัญญาณเหล่านั้นให้เป็นค่าตัวเลข ดังแสดงในรูปที่ 2.11

จากรูปที่ 3.11 แอมปลิจูดของสัญญาณจะถูกจัดให้เป็นระดับ ที่เราเรียกว่าระดับการควอนไทซ์ (Quantizing level) โดยมีระยะห่างระหว่างระดับข้างเคียง เรียกว่า ควอนไทซิ่งอินเทอร์วัล (Quantizing interval) หรือควอนไทซิ่งสเต็พเท่ากัน และขนาดของแซมเปิ้ลทุกตัวจะแสดงด้วยค่าระดับควอนไทซ์ที่ใกล้เคียงที่สุด ตัวอย่างเช่น ขนาดของตัวอย่างที่ $t = t_1$ คือ 2.7 ก็จะถูกจัดให้เป็น 3 เป็นต้น เพื่อให้สามารถนำไปแปลงเป็นรหัสฐานสองที่สอดคล้องกับแต่ละระดับ จะเห็นได้ว่าสัญญาณ PAM ที่ถูกจัดระดับแล้วนี้จะเป็นเพียงค่าโดยประมาณของสัญญาณเท่านั้น จึงทำให้เกิดมีค่าความผิดพลาดระหว่าสัญญาณทั้งสอง โดยเราเรียกค่าผิดพลาดเหล่านี้ว่า โดยควอนไทซิ่งน้อยส์ (Quantizing noise) โดยควอนไทซิ่งน้อยส์นี้จะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในทุกอินเทอร์วัล โดยไม่เกี่ยวข้องกับแอมปลิจูดของสัญญาณเดิม การลดควอนไทซิ่งน้อยส์ลงวิธีการหนึ่งก็คือ การคอมแพนดิ้ง (Companding) จะมีหลักการดังนี้ ในบริเวณที่สัญญาณมีแอมปลิจูดต่ำจะใช้หรือควอนไทซิ่งสเต็พแคบๆ ส่วนบริเวณที่สัญญาณมีแอมปลิจูดสูงจะใช้หรือควอนไทซิ่งสเต็พกว้างๆ ในการคอมแพนดิ้งจะประกอบไปด้วย ขบวนการอัดสัญญาณ (Companding) คือการลดระยะห่างระหว่างระดับข้างเคียงให้แคบลงในภาคส่ง แล้วขยายสัญญาณ (Expanding) หรือยืดสัญญาณออกมาในภาครับ ดังแสดงในรูปที่ 3.12 แต่จำนวนบิทที่ใช้จะเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องใช้ความเร็วในการส่งสัญญาณดิจิตอลสูงขึ้น



รูปที่ 3.11 แสดงการควอนไทซ์อินเทอร์วัลสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

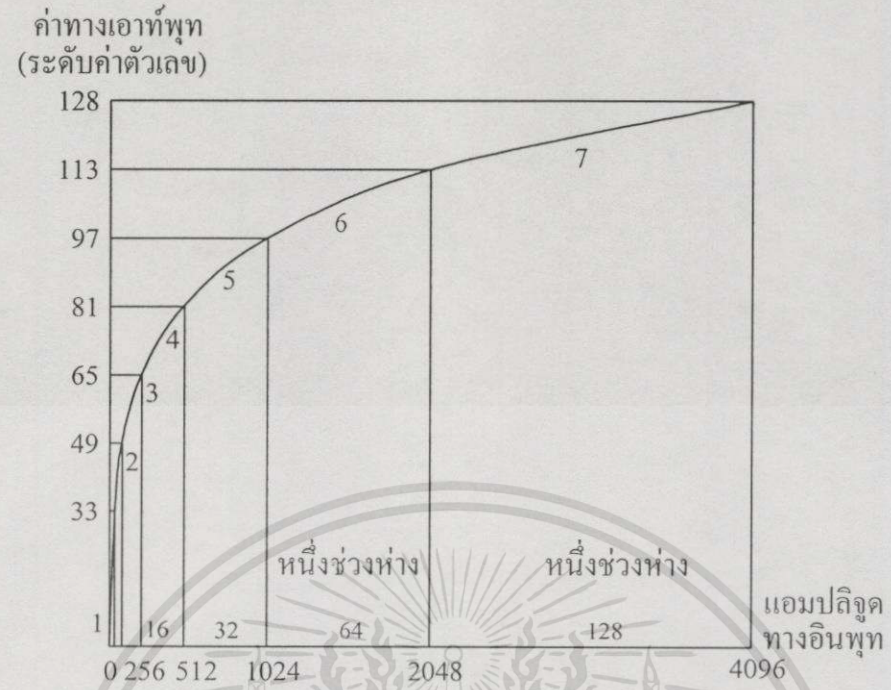


รูปที่ 3.12 แสดงคุณลักษณะของการอัดและการขยาย

การควอนไทซ์สัญญาณจะมีอยู่ 2 แบบคือ การควอนไทซ์แบบเชิงเส้น (Linear quantization) จะไม่ลดเฉลี่ยกำลังสองของค่าความผิดพลาดการควอนไทซ์สัญญาณให้เกิดน้อยที่สุด จะใช้ได้ผลดีกับสัญญาณที่มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอเท่านั้น และการควอนไทซ์แบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear quantization)จะทำการแบ่งช่วงระหว่างระดับการควอนไทซ์ให้มีค่าแตกต่างกัน โดยที่ระดับความแรงของสัญญาณต่ำๆ จะแบ่งช่วงให้แคบ และจะแบ่งช่วงระหว่างการควอนไทซ์ให้กว้างขึ้นเมื่อระดับความแรงของสัญญาณมีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนที่เอาท์พุทของควอนไทเซอร์มีค่าคงที่

การทำคอมแพนดิ้งในการควอนไทซ์แบบไม่เชิงเส้นนั้น จะใช้การอัดและขยายสัญญาณ 2 แบบดังนี้ แบบแรกเรียกกันว่า A-law นิยมใช้กันในยุโรป ส่วนอีกแบบ เรียกว่า μ-law นิยมใช้กันในแถบอเมริกาเหนือและญี่ปุ่น ซึ่งจะมีผลทำให้สัญญาณรบกวนจากการควอนไทซ์ที่ระดับแอมปลิจูดสัญญาณต่ำ ๆ ลดลงได้อย่างน่าพอใจ รูปที่ 3.13 และรูปที่ 3.14 แสดงให้เห็นคุณสมบัติของ A-law และ μ-law ตามลำดับ เส้นโค้งทั้งสองแสดงให้เห็นลักษณะการอัดแอมปลิจูดของสัญญาณโดยการแบ่งโค้งออกเป็นช่วง ๆ แต่ละช่วงประมาณด้วยกราฟเส้นตรง โค้งของ A-law และ μ-law นั้นถูกประมาณด้วยกราฟเส้นตรง 13 ช่วง และ 15 ช่วง ตามลำดับ ซึ่งทั้ง A-law และ μ-law ใช้ระดับค่าตัวเลข 256 ระดับ และเข้ารหัสแต่ละสัญญาณสุ่ม 1 ค่าด้วย 8 บิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดงคุณลักษณะของ A-law

เส้นโค้ง A-law จากรูปได้จากการประมาณค่าด้วยเส้นตรงเป็นช่วงตามสมการ

$$Y = \frac{AX}{1 + \ln(A)} \quad ; (0 \le X \le 1/A) \tag{3.1}$$

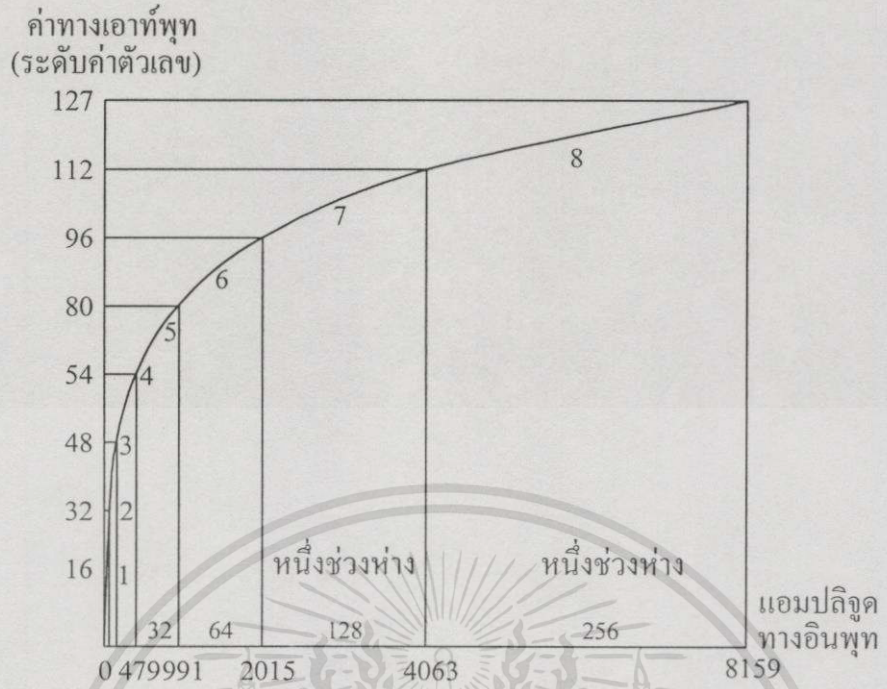
หรือ

$$Y = \frac{1 + \ln(AX)}{1 + \ln(A)} \quad ; (1/4 \le X \le 1) \tag{3.2}$$

โดยที่ $A = 87.6$

มีการประมาณเส้นโค้งด้วยเส้นตรง 7 ส่วน สำหรับสัญญาณซีกบวกและอีก 7 ส่วน สำหรับซีกลบโดยเส้นตรงเส้นแรกผ่านจุดกำเนิดและอยู่ทั้งซีกบวกและลบ ดังนั้นแบบ A-law จึงมีการประมาณด้วยเส้นตรงทั้งสิ้น 13 ช่วง แต่ละส่วนของเส้นตรงถูกแบ่งอย่างเท่ากันออกเป็น 16 หรือ 32 ส่วนย่อย และค่าอินพุทแอมปลิจูดภายในส่วนย่อยเดียวกัน จะถูกแทนด้วยค่าเอาท์พุทค่าเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แสดงคุณลักษณะของ μ-law

เส้นโค้ง μ-law จากรูปได้จากการประมาณค่าด้วยเส้นตรงเป็นช่วง ๆ ตามสมการข้างล่าง

$$Y = \frac{\ln(1+\mu X)}{\ln(1+\mu)} : (0 \leq X \leq 1) \qquad (3.3)$$

โดยที่ $\mu = 255$

มีการประมาณเส้นโค้งด้วยเส้นตรง 8 ส่วน สำหรับสัญญาณซีกบวกและอีก 8 ส่วน สำหรับสัญญาณซีกลบ โดยเส้นตรงเส้นแรกผ่านจุดกำเนิดและอยู่ทั้งซีกบวกและลบ ดังนั้น แบบ μ-law จึงมีการประมาณด้วยเส้นตรง 15 ช่วงแต่ละส่วนของเส้นตรงถูกแบ่งอย่างเท่ากันออกเป็น 16 ส่วนย่อย และค่าอินพุทแอมปลิจูดภายในส่วนย่อยเดียวกันจะถูกแทนด้วยค่าเอาท์พุทเดียวกัน

การเข้ารหัส (Coding)

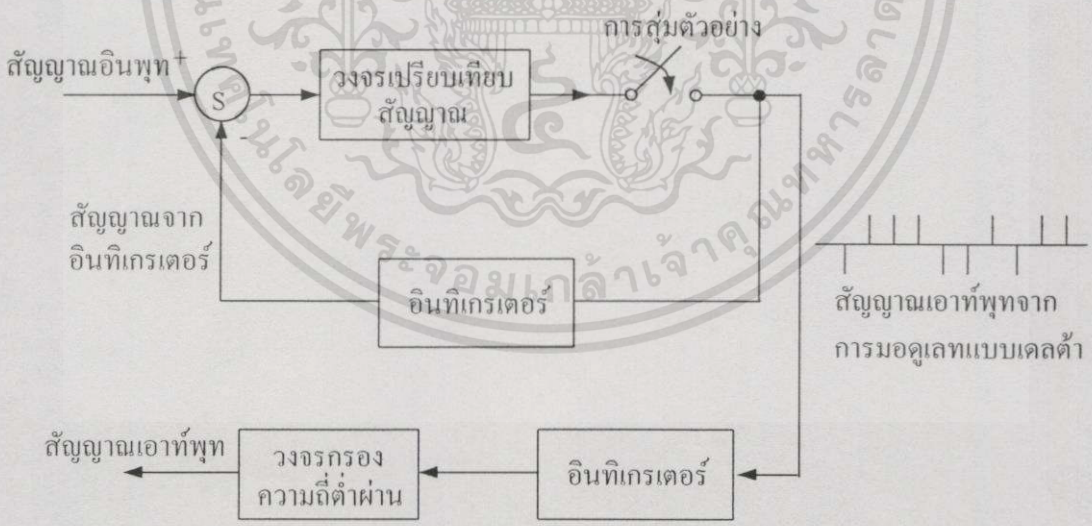
หลังจากผ่านการแปลงเป็นตัวเลขแล้ว ก็จะนำสัญญาณที่ได้ไปทำการเข้ารหัสโดยเปลี่ยนไปเป็นเลขฐานสอง ค่าของระดับตัวเลขจะถูกกำหนดโดยจำนวนบิทของเลขฐาน ทำให้มีระดับค่าของตัวเลขเท่ากับ $2^8 = 256$ ระดับ จึงทำให้แต่ละตัวอย่างที่สุ่มมาได้ถูกเข้ารหัสเป็น Code Group หรือ PCM Word จำนวน 8 บิท และอัตราการแซมปลิ้งที่ใช้จะเป็น 8,000 ตัวอย่าง/วินาที ดังนั้น 1 Pulse Code Modulated Speech Signal จะผลิตสัญญาณจำนวน $8 \times 8{,}000 = 64$ กิโลบิทต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 เดลต้ามอดูเลชั่น (Delta Modulation : DM)

ระบบเดลต้ามอดูเลชั่น (DM) เป็นวิธีการหนึ่งของดิจิตอลมอดูเลชั่นมีข้อดีคือ สามารถลดความซ้ำซ้อนของข่าวสารลงได้ โดยใช้อัตราการสุ่มตัวอย่างที่สูงขึ้น การเข้ารหัสจะใช้จำนวนบิตที่น้อยกว่าหลักการ PCM ดังนั้นจึงสามารถลดอัตราการส่งสัญญาณดิจิตอลลงได้ แต่จะมีข้อเสียคือจะมีความผิดพลาดอย่างมากเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงความชันเกินขนาด (Slop overload) ของวงจรอินทิเกรเตอร์ (Integrator) มีความยุ่งยากน้อยกว่าระบบ PCM ในระบบเดลต้ามอดูเลชั่น (DM) จะใช้การสุ่มสัญญาณมาหนึ่งจุดแล้วทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของสัญญาณอินพุทนั้น ข้อมูลที่ได้ก็คือทิศทางการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลซึ่งจะมีเพียงขึ้นหรือลงเท่านั้น ดังนั้นในการเข้ารหัสจะใช้สัญญาณไบนารี่เพียง 1 บิต หลักการของระบบ DM จะมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3.15

ระบบ DM จะส่งข้อมูลแบบไบนารี่ออกมาโดยระดับลิจิกของสัญญาณจะขึ้นอยู่กับสัญญาณอินพุทปัจจุบัน และสัญญาณอินพุทที่ผ่านวงจรฟิตแบคอินทิเกรเตอร์ ซึ่งจะเป็นสัญญาณลาด (Ramp) ที่มีค่าความชันคงที่ สัญญาณที่ถูกส่งออกไปจะประกอบด้วยพัลซ์บวกและพัลซ์ลบต่อเนื่องกันไป โดยถ้าสัญญาณอินพุทมีค่าสูงกว่าสัญญาณอินพุทที่ผ่านวงจรฟิตแบคอินทิเกรเตอร์ก็จะให้สัญญาณที่มีค่าลอจิกสูงออกไป หลังจากนั้นสัญญาณที่ได้จากการเปรียบเทียบนี้ก็จะส่งผ่านไปยังวงจรการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) ที่ควบคุมด้วยสัญญาณนาฬิกา ก็จะได้สัญญาณเอาท์พุทที่เกิดจากการมอดูเลทแบบเดลต้าออกมา



รูปที่ 3.15 แสดงหลักการของระบบเดลต้ามอดูเลชั่น (DM)

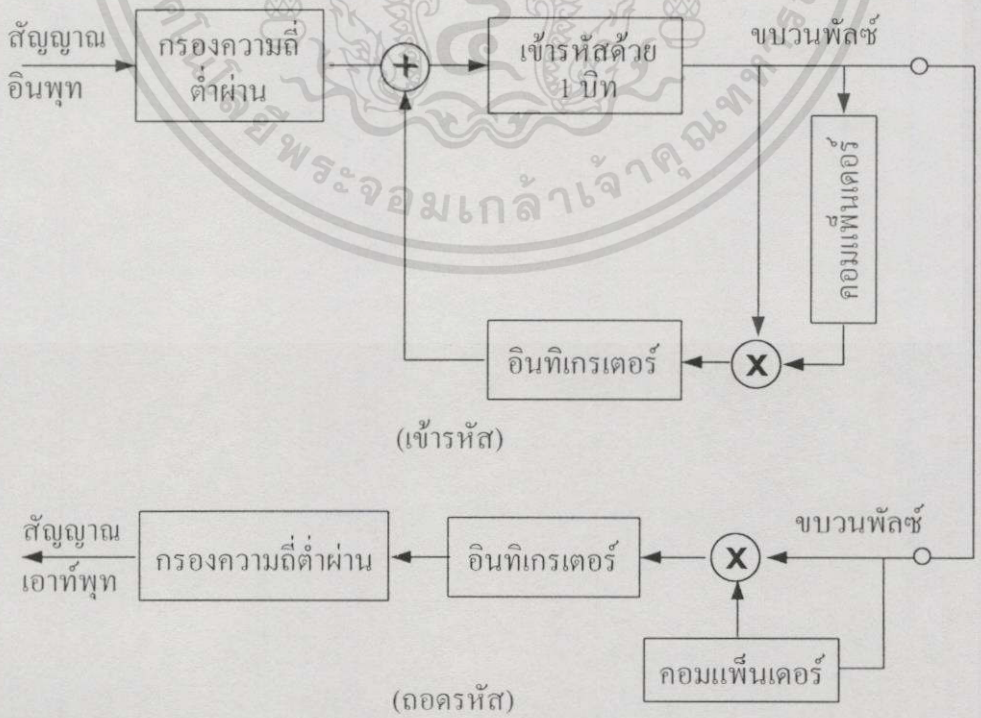
ในการจัดระดับสัญญาณถ้าสัญญาณอินพุทมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณใหญ่มากหรือมีความถี่ที่สูงมากก็จะเกิดความแตกต่างอย่างมากระหว่างสัญญาณอินพุทเดิม และสัญญาณสัญญาณอินพุทที่ผ่านวงจรฟิตแบคอินทิเกรเตอร์ ก็จะเกิดความผิดพลาดขึ้นที่เรียกว่า เกิดเปลี่ยนแปลงความชันเกินขนาด (Slop overload) ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการลดขนาดของระดับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือเพิ่มความถี่ของการสุ่มให้มากขึ้น และถ้าต้องการคุณภาพของสัญญาณที่ดี ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาก็จะต้องมีค่าสูงกว่าความถี่สูงสุดของสัญญาณอินพุทสองเท่าขึ้นไป ซึ่งเป็นข้อจำกัดของระบบเดลต้ามอดูเลชั่น นอกจากนี้ยังมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นในระบบซึ่งจะมีค่าไม่คงที่

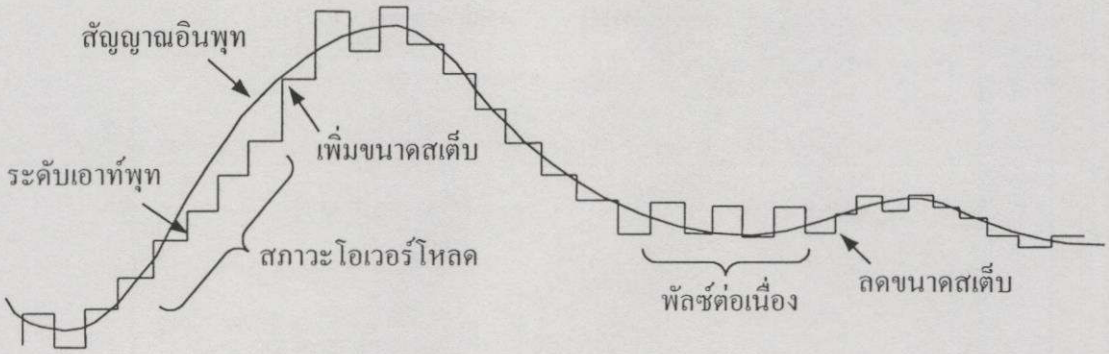
3.7.4 อะแดปทีปเดลต้ามอดูเลชั่น (Adaptive Delta Modulation : ADM)

เป็นหลักการที่พัฒนาจากหลักการ DM เพื่อแก้ปัญหาสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางความชันเกินขนาด (Slope overload) โดยที่อะแดปทีปเดลต้ามอดูเลชั่น (ADM) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าระบบเดลต้ามอดูเลชั่นแบบเปลี่ยนแปลงความชันต่อเนื่อง (CVSDM : Continuous Variable Slope Delta Modulation) จะสามารถปรับขนาดขั้นของการควอนไทซ์ให้สอดคล้องกับสัญญาณอินพุท เมื่อระดับสัญญาณอินพุทมีขนาดใหญ่วงจรจะปรับขนาดของการควอนไตซ์ลงตามสัญญาณอินพุทที่เข้ามา ถ้าสัญญาณอินพุทมีขนาดเล็กๆก็จะเพิ่มขนาดของการควอนไตท์ให้สูงขึ้น สามารถลดการเปลี่ยนแปลงทางความชันเกินขนาดลงได้ จะทำให้อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนมีค่าค่อนข้างคงที่ เนื่องจากการปรับตัวให้เหมาะสมกับขนาดของสัญญาณอินพุท ข้อดีอีกประการหนึ่งของระบบนี้ก็คือในระบบ ADM นี้จะใช้อัตราเร็วของข้อมูลเพียงครึ่งหนึ่งของระบบ PCM สำหรับคุณภาพของเสียงที่ใกล้เคียงกัน การทำงานของระบบ ADM สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.16 จะเห็นว่าการทำงานของระบบจะขึ้นอยู่กับอัตราขยายของวงจรในส่วนของการป้อนกลับ โดยจะมีอัตราขยายเพิ่มขึ้นถ้าสัญญาณอินพุทใหญ่ขึ้น และจะลดอัตราขยายถ้าขนาดของสัญญาณอินพุทลดลง



รูปที่ 3.16 แสดงบล็อคไดอะแกรมของระบบ ADM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แสดงหลักการจัดระดับของระบบ ADM

ระบบ ADM จะมีการเพิ่มส่วนควบคุมอัตราการขยาย การควบคุมจะมีอยู่ 2 แบบด้วยกัน แบบแรกคือการควบคุมแบบไม่มีการป้อนกลับ (Forward control) จะควบคุมแรงดันโดยการปรับขนาดขั้นของการควอนไตซ์จากสัญญาณอินพุท ในทางด้านรับจะทราบขนาดขั้นการควอนไทซ์จากระดับสัญญาณที่ส่งไปบนแชนแนล ข้อเสียของวิธีการนี้คือจะต้องใช้สัญญาณ 2 บิตส่งออกไป และปัญหาในเรื่องการแบ่งสัญญาณทั้งสองที่ด้านรับ

ส่วนแบบที่สองเรียกว่า การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) จะไม่มีข้อเสียเหมือนแบบแรก จะมีลักษณะคล้ายกับระบบ DM เพียงแต่มีการเพิ่มวงจรปรับอัตราขยาย (Variable Gain Circuit) และส่วนควบคุมขนาดขั้นของการควอนไทซ์ (Step-size Controller) โดยทั่วไปส่วนควบคุมจะควบคุมขนาดความชันของการส่งข่าวสารในด้านส่ง ถ้าสัญญาณพัลส์อินพุทมีความชันมาก ส่วนควบคุมจะควบคุมวงจรปรับอัตราขยายให้มากขึ้น ทำให้ขั้นของการควอนไทซ์มีขนาดความสูงมากขึ้น ถ้ามีความชันน้อยลง จะควบคุมวงจรปรับอัตราขยายให้ขยายน้อยลงหรือไม่ปรับเลย ทางด้านรับจะมีขบวนการสร้างสัญญาณกลับคืนมาใหม่ให้เหมือนกลับสัญญาณเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

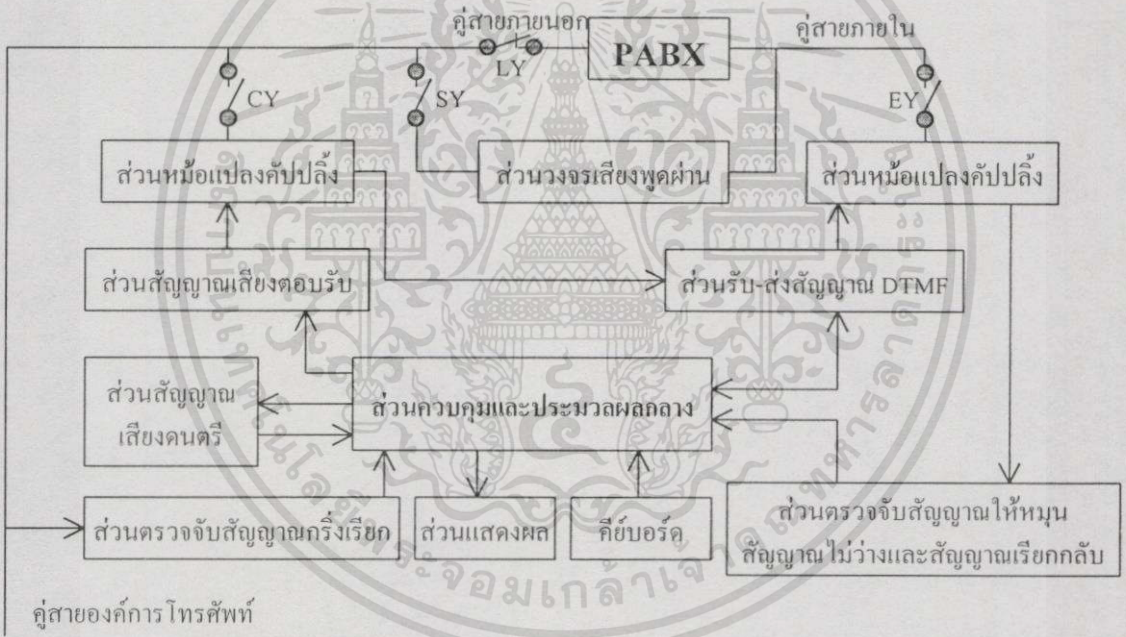
บทที่ 4

การออกแบบ

การออกแบบระบบเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียกระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องลูกข่ายของระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือส่วนที่เป็นตัวเครื่องหรือส่วนฮาร์แวร์และส่วนโปรแกรมควบคุมการทำงานหรือซอฟแวร์

4.1 การออกแบบตัวเครื่องหรือฮาร์แวร์

ส่วนนี้จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังบล็อคไดอะแกรมในรูปที่ 4.1 จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 4.1 บล็อคไดอะแกรมของเครื่อง

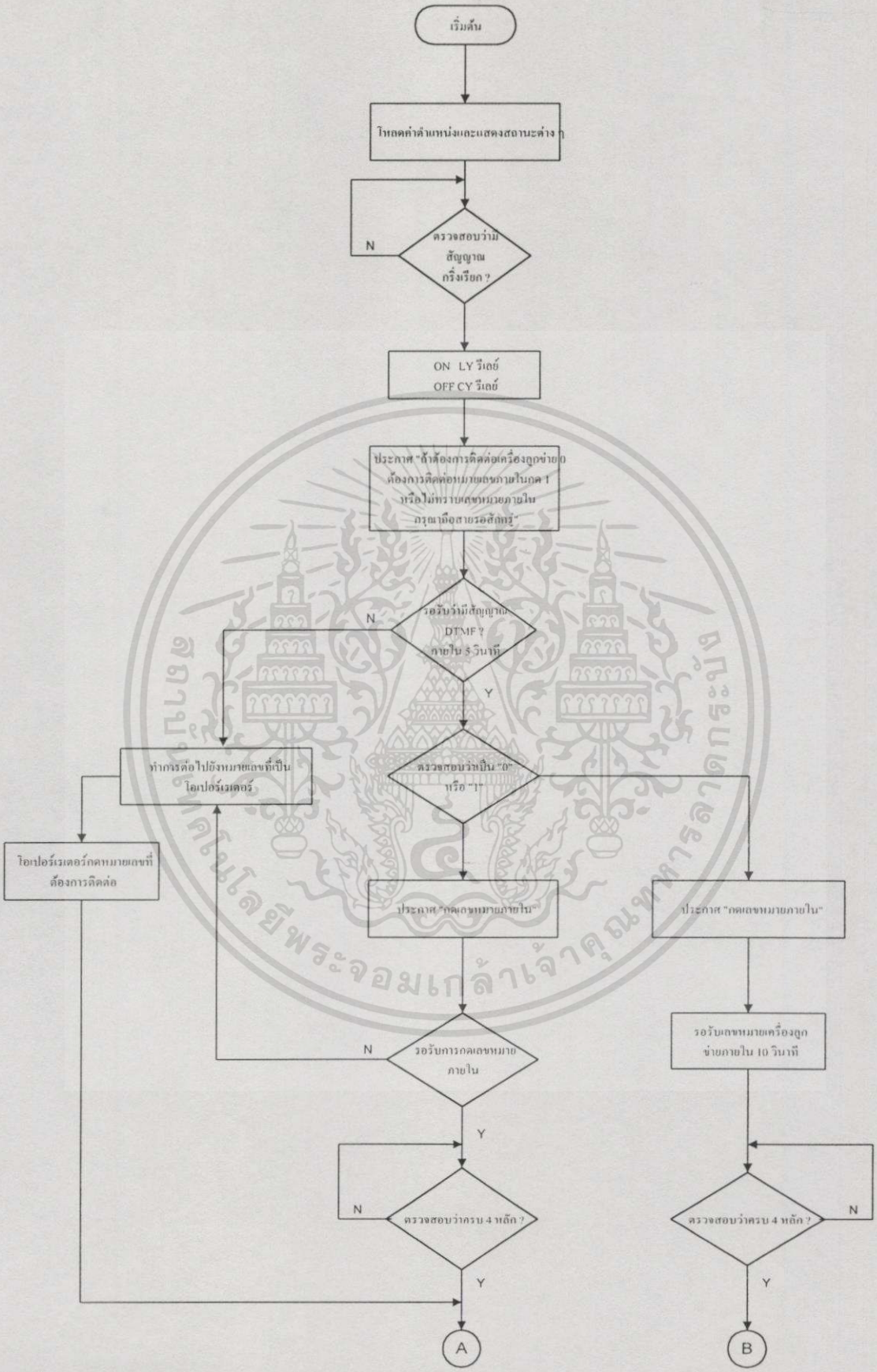
- รีเลย์ CY ทำหน้าที่รับสายเมื่อมีการโทรเข้ามา รีเลย์ CY จะปิด-เปิดเป็นการยก-วางหู ต่ออยู่กับคู่สายองค์การโทรศัพท์
- รีเลย์ EY จะทำหน้าที่คล้ายกับรีเลย์ CY แต่จะต่ออยู่กับคู่สายภายในของ PABX
- รีเลย์ LY ทำหน้าที่ตัดต่อคู่สายภายนอกให้กับ PABX
- รีเลย์ SY ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรเสียงพูดผ่านระหว่างคู่สายองค์การโทรศัพท์กับคู่สายภายใน PABX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก ส่วนนี้จะรับสัญญาณกริ่งเรียกเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับแรงดังสูงมาทำการแปลงให้เป็นสัญญาณพัลซ์เพื่อส่งให้กลับส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง
- ส่วนสัญญาณเสียงตอบรับ ส่วนนี้ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงให้กับผู้เรียก เพื่อผู้เรียกจะได้ทราบบริการ เพื่ออำนวยความสะดวก โดยส่วนควบคุมประมวลผลกลาง สัญญาณเสียงจะถูกเก็บในหน่วยความจำในรูปแบบสัญญาณดิจิตอล โดยสัญญาณเสียงสามารถปรับระดับให้เหมาะสมกับการใช้งาน ด้วยส่วนขยายสัญญาณเสียง ก่อนส่งไปยังคู่สายโทรศัพท์
- ส่วนรับ-ส่ง สัญญาณ DTMF ส่วนนี้จะรับสัญญาณ DTMF จากผู้เรียก แล้วทำการแปลงเป็นรหัสไบนารี่ เก็บไว้ที่ส่วนควบคุมกลาง หลังจากส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุนตรวจจับสัญญาณจากคู่สายภายใน PABX ได้ ส่วนควบคุมกลางจะสั่งให้ส่งสัญญาณ DTMF ไปให้กับ PABX
- ส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน เป็นส่วนที่ตรวจเช็คสัญญาณให้หมุนของ PABX ก่อนที่จะส่งเลขหมาย เพื่อให้ PABX ทำการโอนไปยังเครื่องลูกข่ายหรือเครื่องโทรศัพท์ภายใน
- ส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง เมื่อส่วนควบคุมทำงานส่งเลขหมายไปยัง PABX หลังจาก PABX ต่อคู่สายภายใน หรือต่อไปยังเครื่องลูกข่าย ถ้าเลขหมายดังกล่าวว่าง PABX จะส่งเรียกกลับ มายังส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ เพื่อส่วนควบคุมจะได้ต่อวงจร Speech Path เพื่อให้ผู้เรียกจากภายนอกติดต่อกับคู่สายภายในและเครื่องลูกข่าย ถ้าเลขหมายดังกล่าว ไม่ว่างส่วนตรวจจับสัญญาณไม่ว่างจะส่งข้อมูลไปบอกส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง เพื่อดำเนินการตามโปรแกรมที่กำหนด
- ส่วนสร้างสัญญาณเสียงดนตรี เป็นส่วนที่ส่งสัญญาณเสียงดนตรีให้ผู้เรียกในระหว่างรอการเรียกไปยังเครื่องลูกข่าย หรือคู่สายภายในหรือระหว่างการโอนสาย
- ส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง ส่วนนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของส่วนต่าง ๆ ทั้งหมดตามโปรแกรมที่ได้ทำการโปรแกรมไว้ล่วงหน้าแบบ SPC (Store Program Control)
- ส่วนคีบบอร์ดแสดงผล เป็นส่วนที่แสดงผลการทำงาน เมื่อส่วนคีบบอร์ดทำการโปรแกรมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อแสดงสถานะการทำงาน
- ส่วนหม้อแปลงคัปปลิ้ง ส่วนนี้จะทำหน้าที่แมทชชิ่ง เมื่อทำการต่อกับคู่สายภายนอก

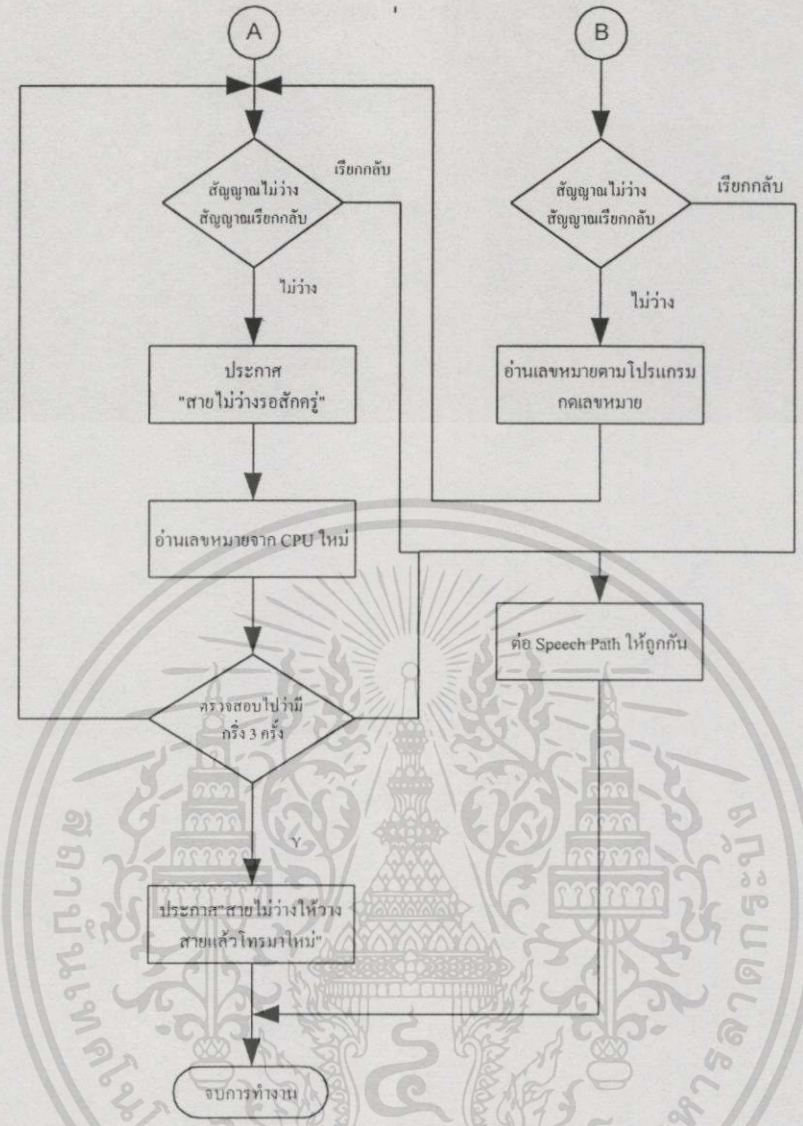
การทำงานของส่วนต่าง ๆ จะมีลำดับขั้นตอนตาม Flow chart ดังแสดงในรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงการทำงานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



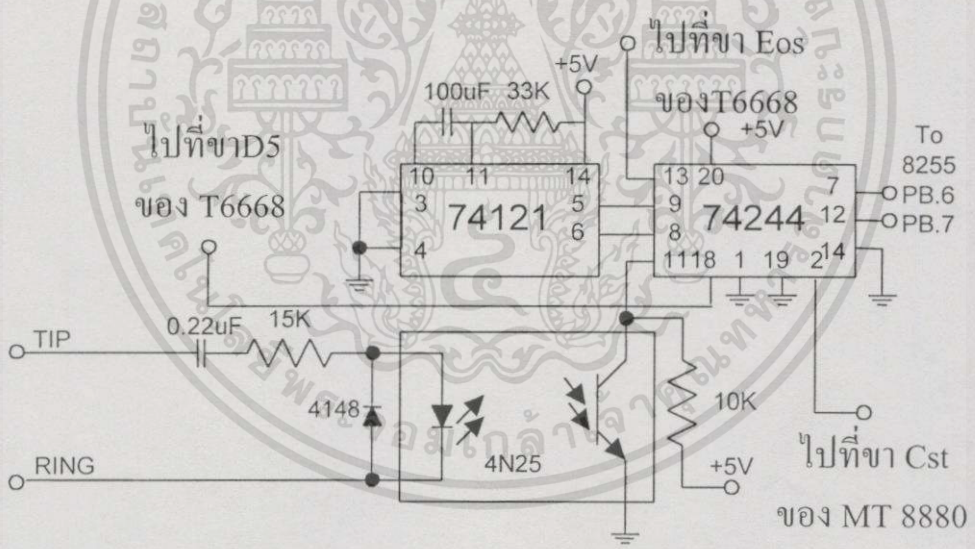
รูปที่ 4.2 (ต่อ)

4.1.1 การออกแบบส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Detector)

เนื่องจากสัญญาณกริ่งเรียกหรือสัญญาณกระดิ่ง เป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นส่งมายังเครื่องรับโทรศัพท์ผู้เช่า สัญญาณกริ่งเรียกอาจจะมีลักษณะแตกต่างกันไปบ้างในแต่ละชุมสายโทรศัพท์ แต่โดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ ความถี่ประมาณ 20 เฮิรตซ์ มีขนาดประมาณ 100 โวลท์ เมื่อวัดจากยอดคลื่นด้านบนถึงยอดคลื่นด้านล่าง (peak to peak) ขี่อยู่บนไฟกระแสตรง -48 โวลท์ สัญญาณกริ่งเรียกจะดังและดับเป็นช่วงๆพร้อมๆกับสัญญาณเรียก เนื่องจากสัญญาณนี้เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับที่มีขนาดค่อนข้างสูง ดังนั้นเราไม่สามารถนำสัญญาณนี้ไปใช้โดยตรงไม่ได้ เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ในส่วนควบคุมและประมวลผลจะรับสัญญาณไฟตรงที่แรงดันต่ำ จึงต้องทำการเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดประมาณ 5 โวลท์ เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายกับวงจรส่วนอื่นๆทั้งยังสะดวกในการตรวจจับและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง่ายต่อการควบคุม โดยอาศัยวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียกดังรูปที่ 4.3 วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก จะทำการเปลี่ยนสัญญาณกริ่งเรียก จากสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 20 เฮิรตซ์ มีขนาด 100 Vp-p ออกมาเป็นสัญญาณพัลส์เอาท์พุทขนาด 5 โวลท์ ที่มีขั้วสลับกัน (invert) สัญญาณกริ่งเรียกดังกล่าวจะถูกลดทอนลงเมื่อผ่านตัวเก็บประจุไฟฟ้า ขนาด 0.22 ไมโครฟารัด และตัวต้านทาน ขนาด 15 กิโลโอมห์ หลังจากนั้นจะถูกไดโอด 4148 เปลี่ยนให้เป็นไฟกระแสตรงโดยไซเคิลที่เป็นลบจะไหลผ่านไดโอดได้ จะเหลือแต่เฉพาะไซเคิลที่เป็นบวกของสัญญาณที่ไปยังอินพุทของไอซี 4N25 ซึ่งเป็นไอซีเชื่อมโยงทางแสง (Opto-coupler)โครงสร้างภายในประกอบด้วยไดโอดเปล่งแสง และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ กระแสในไซเคิลบวกจะไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง ทำให้ไดโอดเปล่งแสงไปยังโฟโต้ทรานซิสเตอร์ เมื่อโฟโต้ทรานซิสเตอร์ได้รับแสงจากโฟโต้ไดโอด จะทำให้กระแสสามารถไหลจากขั่วคอลเลคเตอร์ (Collector) ไปลงกราวด์ที่ขั่วอิมิตเตอร์ (Emitter) ทำให้ได้ลอจิก 0 ออกมา แต่เมื่อไม่มีกระแสไซเคิลบวกเข้ามา โฟโต้ไดโอดไม่เปล่งแสงทำให้กระแสจากขั่วคอลเลคเตอร์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ไม่สามารถไหลลงกราวด์ที่ขาอิมิตเตอร์ได้ ความต้านทาน 10 กิโลโอมห์ จะดึงเอาท์พุทให้เป็นลอจิก 1 ตลอดเวลาที่ไม่มีกระแสไซเคิลบวกเข้ามายังโฟโต้ไดโอด



รูปที่ 4.3 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก

ข้อดีของไอซีเชื่อมโยงทางแสง ในการแยกระบบไฟฟ้าของอินพุทและเอาท์พุทออกจากกันโดยใช้การเชื่อมโยงทางแสงแทน ทำให้มีความปลอดภัยจากแรงดันไฟแรงสูง รวมทั้งยังช่วยป้องกันสัญญาณรบกวนที่เกิดทางด้านอินพุท เอาท์พุทที่ได้จากไอซี 4N25 จะส่งไปยังไอซีเบอร์ 74244 (ขา 11) ซึ่งทำหน้าที่บัฟเฟอร์เพื่อให้ระดับโวลท์เตจให้มีความเที่ยงตรงสม่ำเสมอ จากนั้นนำเอาท์พุทไปป้อนให้กับไอซี 74121 ซึ่งเป็น Monostable Multivibrator เพื่อทำการปรับรูปสัญญาณ ทำให้ส่วนที่มีความถี่ 20 เฮิรต์ ของพัลส์นั้นหายไป จะได้เอาท์พุทออกมาเป็นลอจิก 0 และ 1 ที่มีช่วงเวลาตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนลูกคลื่นของสัญญาณกริ่งเรียก คือสัญญาณกระดิ่งดังจะได้ลอจิก 0 ต่อเนื่องและขณะที่สัญญาณกระดิ่งไม่ดังจะเป็นลอจิก 1 ต่อเนื่องกันหลังจากนั้นนำเอาท์พุทที่ได้ผ่านบัฟเฟอร์อีกครั้งเพื่อให้ค่าแรงดันสม่ำเสมอมากขึ้น ก่อนส่งไปเข้ายังอินพุทพอร์ของไอซี 8255 เพื่อส่งการนับจำนวนสัญญาณกระดิ่งให้ส่วนควบคุมและประมวลผลการรับทราบ

4.1.2 การออกแบบส่วนสัญญาณเสียงตอบรับ (Announcer)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงความถี่โปรแกรมกำหนดไปยังผู้เรียกจะใช้ไอซีเบอร์ T6668 ซึ่งชิพประเภท CMOS LSI ขนาด 60 ขา มีฟังก์ชั่นการทำงานแบบ ADM (Adaptive Delta Modulation) ต่อกับไดนามิคแรมได้สูงสุด 1 เมกกะไบท์ โดยใช้คริสตรอลควบคุมความถี่สัญญาณนาฬิกา เพื่อกำหนดบิทเรตของการอ่านและบันทึกข้อมูล ทางด้านอินพุทสามารถต่อกับไมโครโฟนเข้ากับไอซีได้เลย ทางด้านเอาท์พุทจะเพิ่มวงจรขยายสัญญาณเพื่อขยายสัญญาณเอาท์พุทให้มีขยายเหมาะสม จะเห็นได้ว่า T6668 จะรับสัญญาณอินพุทเสียงพูดเข้ามาจากนั้นจะทำการขยาย แล้วเปลี่ยนสัญญาณเสียงที่เป็นสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้หลักการเข้ารหัสแบบ ADM ตามรายละเอียดในบทที่ 3 แล้วนำข้อมูลไปเก็บไว้ที่หน่วยความจำชนิดไดนามิคแรม (DRAM) โดย T6668 จะเลื่อนแอดเดรสที่นำไปเก็บเองโดยอัตโนมัติ เมื่อจะนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้งาน ก็จะทำการแปลงกับจากสัญญาณดิจิตอลมาเป็นสัญญาณเสียงอนาล็อกเช่นเดิม โดยใช้หลักการถอดรหัสแบบ ADM ใช้อัตรา 10 บิต การบักทึกเสียงลงยังหน่วยความจำสามารถเลือกอัตราบิตเรทได้ถึง 4 ค่า โดยเลือกจากขาสัญญาณ D6 และ D7 จากขา 34 และ 35 ของ T6668 ซึ่งรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.1

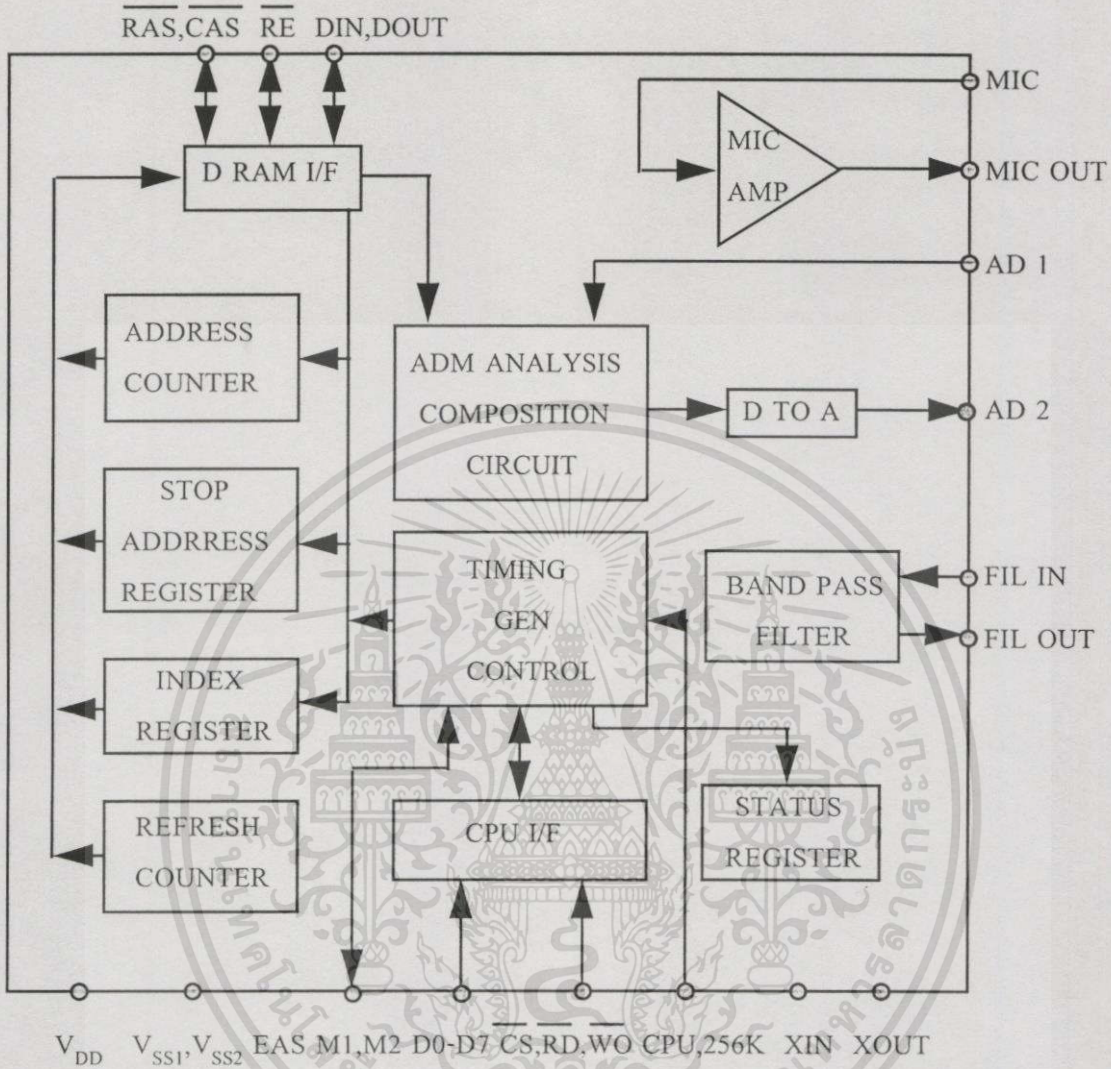
การออกแบบจะใช้คริสตอล 650 KHz เป็นฐานความถี่ ต่อกับ RAM 256K จำนวน 4 ตัว ทำให้ความจุของหน่วยความจำเพิ่มขึ้นเป็น 1 MB เมื่อเราบันทึกด้วยอัตราเร็วหนึ่งแล้วนำกลับมาเล่นในอัตราเร็วอื่นๆได้ ทำให้สามารถเร่งหรือลดสปีดของเสียงได้ตามความเหมาะสม ถ้าต้องการอัดเสียงสูงๆให้ได้ผลดี ควรใช้อัตราเร็วสูงๆในการบันทึก จะทำให้เสียงที่บันทึกมีคุณภาพเสียงที่ดี

ตารางที่ 4.1 แสดงการกำหนดอัตราบิทเรตของ T6668

บิตเรต	D7 (ขา 35)	D6 (ขา 34)
8 กิโลบิทต่อวินาที	0	0
11 กิโลบิทต่อวินาที	0	1
16 กิโลบิทต่อวินาที	1	0
32 กิโลบิทต่อวินาที	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างภายใน T6668 มีลักษณะบล็อคไดอะแกรมดังรูปที่ 4.4 ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.4 แสดงบล็อคไดอะแกรมของ T6668

- Address Counter เป็นเคาน์เตอร์ขนาด 20 บิต เพื่อแสดงตำแหน่งในหน่วยความจำแบบไดนามิคแรม สามารถทำการเขียนค่าหรืออ่านค่าจากแอสเดรสเคาน์เตอร์ได้ภายใต้การควบคุมของ CPU Control

- Stop Address Register เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 20 บิต แสดงตำแหน่งที่ต้องการหยุดบันทึกหรืออ่าน (Recording or Reproducting) สามารถตั้งค่าได้โดยการควบคุมแบบ CPU Control แต่ไม่สามารถอ่านค่าออกมาได้

- Index Register เป็นรีจิสเตอร์แสดงตำแหน่งแอดเดรสของ Index Area .ใน D-RAMS ในการใช้งานแบบ Label Index Mode

- Refresh Counter เป็น 8 บิท เคาน์เตอร์สำหรับรีเฟรชหน่วยความจำภายนอกแบบไดนามิคแรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Status Register เป็น 8 บิท รีจิสเตอร์แสดงสถานะของ T6668 สามารถอ่านออกมาได้โดยให้ RD เป็น low level

- CPU I/F เป็นวงจรอินเตอร์เฟสกับ ไมโครโปรเซสเซอร์ภายนอก

- Microphone Amplifier เป็นวงจรขยายเสียงสำหรับการอัดเอาท์พุทของ MICOUT ปกติจะต่อกับขา AD

- Band-pass Filter สำหรับอ่านเสียง (Sound Reproducing) โดยส่วนแรกจะเป็น High Pass Filter และ Stage 2 เป็น Low pass Filter

T 6668 เป็นไอซี 60 ขา ซึ่งมีรายละเอียดของขาใช้งานดังต่อไปนี้

A0-A8	ขาแอดเดรสต่อกับหน่วยความจำ DRAM
Din,Dout	ขาดาต้าต่อกับหน่วยความจำ DRAM
RAS,WE	สัญญาณควบคุม DRAM
CAS1,CAS2	ขาเลือกใช้งาน DRAM แต่ละตัวรวม 4 ตัว
M1,M2	ใช้กำหนดจำนวนแรมที่ใช้งาน (ดูตารางที่ 2)
256 K	เลือกความจุของหน่วยความจำว่าใช้ 64 K หรือ 256 K
EOS	เอาท์พุทเป็นไฮเมื่อจบข้อความที่บันทึก
MICin,MICout	อินพุทและเอาท์พุทของภาคขยายส่วนหน้า
AD1,AD0	อินพุทสัญญาณอนาล็อกที่จะนำไปแปลงเพื่อบันทึก และเอาท์พุทอนาล็อกที่ได้จากการอ่าน
FILin Flout	วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน
C1,C2	ต่อตัวเก็บประจุภายนอก
ACL	ขารีเซทแอคทีฟโลว์
X_{in},X_{out}	คริสตอลออซิลเลเตอร์ความถี่ 650 KHz
CPU,CE	ขาสัญญาณควบคุมสำหรับอินเตอร์เฟสกับ CPU
WR	ขาอินพุทสำหรับควบคุมการบันทึกเสียง
D4,D5	ขาอินพุทควบคุมการเริ่มต้น (D4) และหยุด (D5) ขณะบันทึกและเล่นกลับ
D6,D7	กำหนดบิทเรท (ดูตารางที่ 5.1)
D0-D3	เลือกหน้าของหน่วยความจำสำหรับบันทึก แบ่งได้สูงสุด 16 หน้า ตามรหัสเลขฐานสอง แต่ละหน้าไม่กำหนดความยาว แล้วแต่ละหน้าไม่กำหนดความยาว แล้วแต่ว่าจะกด STOP เมื่อใด ก็จะมีการบันทึกไว้โดยอัตโนมัติ
V_{ss},V_{dd}	ขาไฟเลี้ยงและกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำ (Memory)

ตารางที่ 4.2 แสดงการกำหนดชนิดและจำนวนของแรมที่ใช้

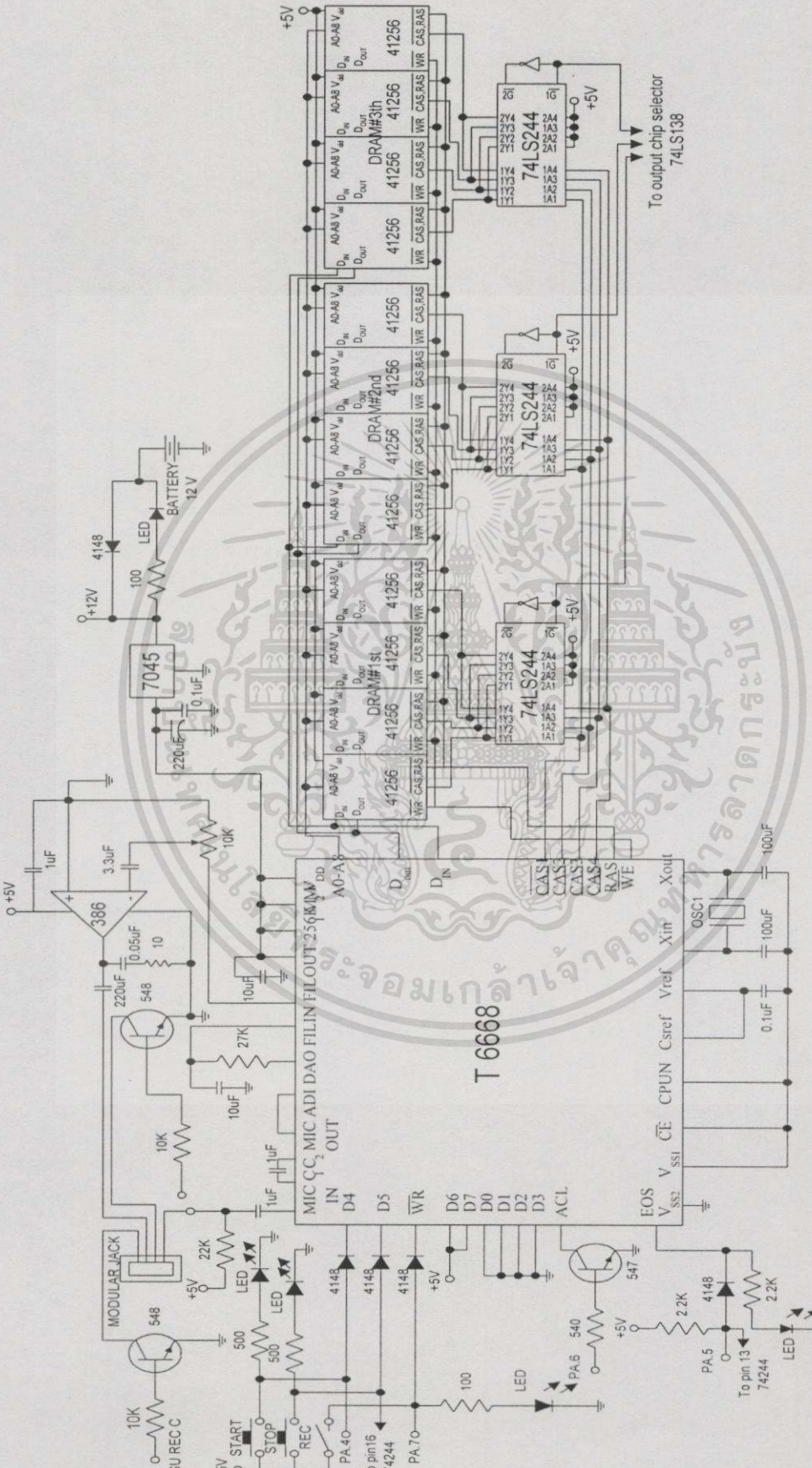
ชนิดและจำนวน	256 (ขา 45)	M2	M1	แอดเดรสที่หยุด
64K*1	0	0	0	0FFFFH
64K*2	0	0	1	1FFFFH
64K*3	0	1	0	2FFFFH
64K*4	0	1	1	3FFFFH
256K*1	1	0	0	3FFFFH
256K*2	1	0	1	7FFFFH
256K*3	1	1	0	BFFFFH
256K*4	1	1	1	FFFFFH

T6668 สามารถเลือกหน่วยความจำได้ 2 ขนาด คือ 64K DRAM กับ 256K DRAM โดยการเลือกขาที่ขา 45 ของไอซี (ที่เขียนไว้ว่า 256K) เมื่อเราต่อ DRAM 256K เราต้องเลือกให้ขา 45 กับไฟบวก และเมื่อเราต้องการต่อ DRAM 64K ต้องเลือกขา 45 ลงกราวด์

การเพิ่มหน่วยความจำให้กับไอซี T6668 สามารถกำหนดขา M1 (ขา 6), M2 (ขา 7) ตาม ตารางที่ 2 ถ้าเราต่อ M1,M2 ลงกราวด์ T6668 จะทำการเขียนหรืออ่านข้อมูลจาก 00000H ไปจนถึง 0FFFFH แล้วตัวมันเองก็จะเลิกอ่านหรือเขียนมารอการเริ่มต้นใหม่ สามารถกำหนดขนาดหน่วยความจำได้ตามต้องการ เพื่อประหยัดในการในไปใช้งานที่ต้องการขนาดหน่วยความจำต่างกันได้

เมื่อต้องการใช้หน่วยความจำที่มากกว่า 1 เมกกะไบรท์ ในโครงงานนี้ได้ทำการออกแบบการขยายหน่วยความจำของ T6668 เพื่อให้รองรับการทำงานได้ตามต้องการ โดยเลือกใช้ขา $\overline{\text{CAS}}$, $\overline{\text{CAS2}}$, $\overline{\text{CAS3}}$ และ $\overline{\text{CAS4}}$ ถ้า T6668 ทำงานกับไดนามิกแรมตัวใดก็จะส่งเอาท์พุทออกทางขาไปยังไดนามิคแรมตัวนั้น เพราะแรมตัวอื่นๆที่ยังไม่ทำงานสถานะของขา $\overline{\text{CAS}}$ ไปยังไดนามิกแรมตัวนั้น เพราะฉะนั้นแรมตัวอื่นๆที่ยังไม่ได้ทำงานสถานะของขา $\overline{\text{CAS}}$ จะต้องเป็น 5 โวลท์ เสมอ ไม่เช่นนั้นเมื่อทำการบันทึกเสียงเข้าไปในไดนามิคแรม ข้อมูลนั้นจะหายไป ดังนั้นต้องใช้ไอซี 74LS244 เป็นไอซีบัฟเฟอร์ต่อกั้นระหว่าง T6668 กับไดนามิกแรมโดยสถานะปกติที่ยังไม่ทำการบันทึกเสียงให้ตัว 74LS244 จ่ายไฟให้กับขา $\overline{\text{CAS}}$ ของไดนามิคแรม แต่เมื่อจะบันทึกหรือฟังเสียงให้จ่ายเอาท์พุทโดยตรงจาก T6668 ไปยังไดนามิกแรม โดยวงจรสัญญาณเสียงดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

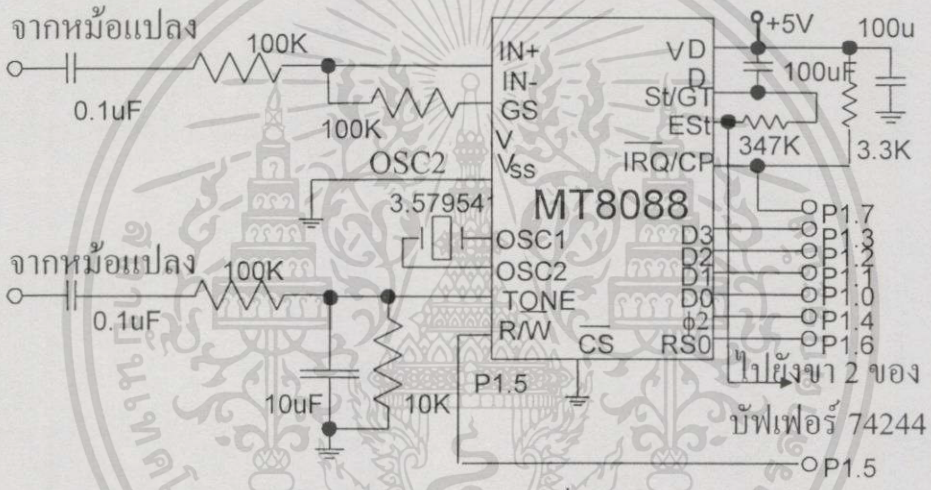


รูปที่ 4.5 วงจรสัญญาณเสียงคอนรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การออกแบบส่วนรับและส่งสัญญาณความถี่คู่ผสม (DTMF transceiver)

ส่วนนี้จะสามารถทำหน้าที่ได้ทั้งรับและส่งสัญญาณ DTMF การออกแบบจะใช้ไอซีเบอร์ MT 8880 เป็นไอซีแบบโมโนลิธิคพร้อมด้วย คอลโพเกรสฟิลเตอร์ ที่สร้างขึ้นโดใช้เทคโนโลยี ISO^2-CMOS ของอินเทลซึ่งมีการสูญเสียพลังงานต่ำ ทางภาครับจะทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณ DTMF ที่เข้ามา แสดงค่าตัวเลขเป็นรหัส BCD พร้อมทั้งตรวจสอบคาบเวลาที่ถูกต้องของสัญญาณที่เกิดจากการกด ถ้าการกดมีคาบเวลาที่ไม่ถูกต้อง วงจรถอดรหัสภายในจะไม่ทำงาน ซึ่งจะไม่สามารถตรวจจับการกับหมายเลขได้ ส่วนทางภาคส่งไอซีจะทำหน้าที่เป็นตัวให้กำเนิดสัญญาณความถี่คู่ผสม (DTMF Generator) ส่งไปยัง PABX ตามรหัสที่ส่งมาจากส่วนควบคุมและประมวลผลกลางดังมีรายละเอียดวงจรดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงวงจรของภาครับและภาคส่งสัญญาณความถี่ผสม

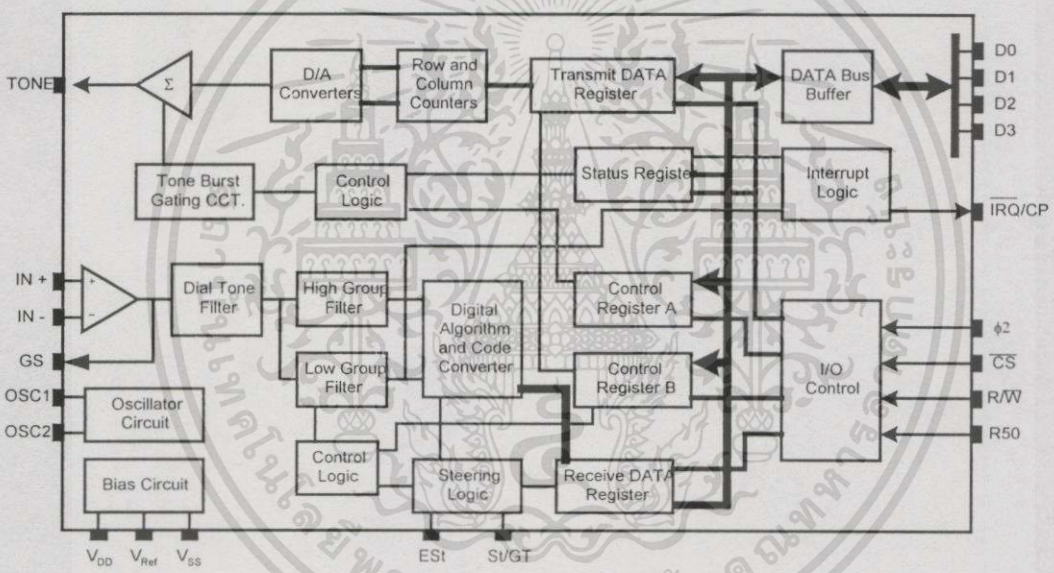
จากรูปที่ 4.2 จะมีการประกาศเสียงก็ต่อเมื่อ

1. ประกาศเสียงตอบรับเมื่อมีการโทรจากภายนอกประกอบด้วยรายละเอียดการให้บริการ
2. ประกาศข้อความให้กดหมายเลขภายใน เมื่อผู้เรียกกดเลขว่าต้องการติดต่อกับเครื่องลูกข่ายหรือเครื่องภายใน
3. ประกาศข้อความเมื่อเครื่องลูกข่ายที่ต้องการติดต่อไม่ว่าง จะโอนการบริการไปยังคู่สายภายใน เมื่อไม่สามารถ เรียกเครื่องลูกข่ายได้
4. ประกาศข้อความ "คู่สายโอเปอร์เรเตอร์ไม่ว่างโปรดรอสักครู่" เมื่อหมายเลขโอเปอร์เรเตอร์ที่ต้องการติดต่อยังไม่ว่าง
5. ประกาศข้อความ "คู่สายภายในที่ต้องการติดต่อไม่ว่าง กรุณารอสักครู่" ในกรณีที่ต่อไปยังเลขหมายภายในแล้วเลขหมายนั้นไม่ว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ประกาศข้อความ "คู่สายดังกล่าวไม่ว่างให้โทรกลับใหม่" ในกรณีที่ทำพยายามทำการติดต่อ 3 ครั้งแล้วคู่สายดังกล่าวยังไม่ว่าง

โครงสร้างภายในของ MT8880 จะประกอบด้วยภาครับ DTMF รวมทั้งตัวขยายที่ถูกกำหนดอัตราขยายภายใน และส่วนสร้างสัญญาณ DTMF ที่ทำงานโดยใช้เบิสต์เคาน์เตอร์ (BURST COUNTER) ทำให้ ช่วงสัญญาณเบิสต์ (TONE BURST) และช่วงหยุดสัญญาณ (PAUSE) มีช่วงระยะเวลาที่แน่นอนสำหรับโหมดคอลโพรเกรส (CALL PROGRESS MODE) ใช้สำหรับตรวจจับสัญญาณที่มีความถี่อยู่ในช่วงที่กำหนด จะมีบล็อคไดอะแกรมดังแสดงในรูปที่ 4.7 นอกจากนี้เมื่อต่อ MT 8880 เข้ากับไมโครโปรเซสเซอร์ ทำให้สามารถเข้าถึงรีจิสเตอร์ภายในไอซี ซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 5 รีจิสเตอร์ ได้แก่



รูปที่ 4.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมโครงสร้างของ MT 8880

- รีจิเตอร์ภายในแสดงสถานะ

- รีจิสเตอร์ควบคุม 2 รีจิเตอร์ คือ A และ B

- รีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูล 2 รีจิสเตอร์ คือ สำหรับส่งและรับ

รายละเอียดขาต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.3

4.1.3.1 ภาครับ

การแยกกลุ่มความถี่ต่ำและสูงของสัญญาณ DTMF ทำได้โดยการป้อน DTMF เข้าไปยังวงจรกรองแถบความถี่อันดับที่ 6 ชนิดสวิทช์คาปาซิเตอร์ (Sixth-Order Switch Capacitor BPF) ซึ่งฟิลเตอร์จะแยกความถี่ออกเป็นสองความถี่รวมทั้งยังสามารถกำจัดความไดอัลโทนได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงรายละเอียดขา MT 8880

ขา	ชื่อ	รายละเอียด
1	IN+	Non-inverting OP-AMP input
2	IN-	Inverting OP-AMP input
3	GS	Gian Select ต่ออยู่กับด้านเอาท์พุทของดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ เพื่อต่อกับ feedback resistor
4	Vref	โวลท์เตจเอาท์พุทอ้างอิง
5	Vss	กราวด์อินพุท (0โวลท์)
6	OSC1	DTMF Clock/Osillator input
7	OSC2	Clock output
8	Tone	Tone output
9	R/W	Read/Wirte input ควบคุมทิศทางของการส่งและรับข้อมูล
10	CS	Chip Select Z=(CS = 0 เพื่อเลือกชิพ)
11	RS0	Register Select input ดูจากตารางดีโคดรีจิสเตอร์
12	CLK2	System Clock input
13	IRQ/CP	Interrupt request to MPU ขณะที่อยู่ในคอลโพรเกรสโหมด และอินเตอร์รัพท์ถูกอีนาเบิล จะมีเอาท์พุทเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม เพื่อแสดงว่ามีสัญญาณเข้ามา
14-17	D0-D3	เป็นบัสข้อมูล จะเป็นไฮอิมพีแดนซ์ เมื่อ CS =1 หรือเมื่อ CLK เป็น 0
18	EST	Early Steering output จะเป็นลอจิก 1 เมื่อตรวจจับ DTMF ได้ จะมีช่วงเวลาใกล้เคียงกับช่วงเวลาที่กด DTMF เข้ามา
19	St/Gt	
20	Vdd	แหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆของสัญญาณ DTMF

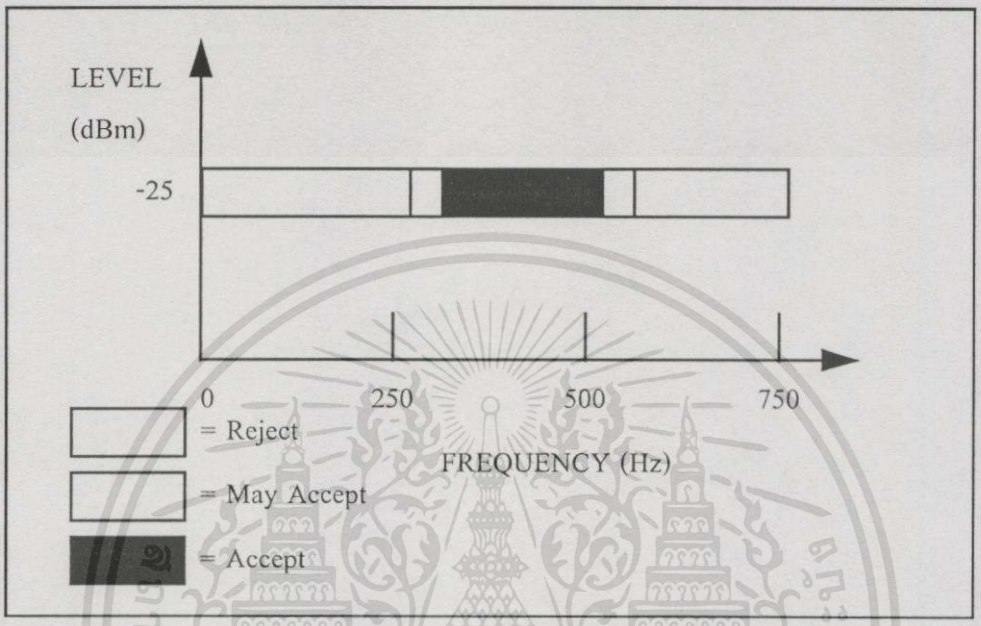
F_{LOW}	F_{HIGHT}	DIGIT	D3	D2	D1	D0
697	1219	1	0	0	0	1
697	1336	2	0	0	1	0
697	1477	3	0	0	1	1
770	1209	4	0	1	0	0
770	1336	5	0	1	0	1
770	1477	6	0	1	1	0
852	1209	7	0	1	1	1
852	1336	8	1	0	0	0
852	1477	9	1	0	0	1
941	1336	0	1	0	1	0
941	1209	*	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	0	0
697	1633	A	1	1	0	1
770	1633	B	1	1	1	0
852	1633	C	1	1	1	1
941	1633	D	0	0	0	0

หลังจากที่ผ่านฟิลเตอร์แต่ละตัวแล้ว สัญญาณจะถูกทำให้เรียบขึ้นก่อนนำไปกำจัดสัญญาณระดับต่ำที่ไม่ต้องการ จากนั้นทำการดีโคดโดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล เพื่อเปรียบเทียบความถี่ที่รับเข้ามาว่าตรงกับความถี่ DTMF ใด เมื่อตรวจจับได้แล้ว ขา EST จะเป็น 1 เมื่อสัญญาณหมดไปขา ETS จะเป็น 0 เช่นเดิม

การตรวจสอบช่วงเวลาของสัญญาณ ในช่วงก่อนที่จะบันทึกรหัสสัญญาณความถี่คู่ผสมที่ดีโคดจะได้ผลตามตารางที่ 4.4 ลงในภาครับ จะตรวจสอบระยะเวลาของสัญญาณ โดยใช้ค่าคงที่เวลา RC ภายนอกที่ต่ออยู่ที่ขา EST ขา Gt จะเป็น 1 เมื่อ EST เป็น 1 เมื่อเก็บค่าเสร็จแล้ว Delay Steering Output Flag จะเป็น HIGH แสดงว่าเก็บค่าเรียบร้อบแล้ว ค่าแฟกซ์ (FLAG) ดังกล่าวสามารถดูได้จากบิทในรีจิสเตอร์แสดงสถานะ ในโหมดอินเตอร์รัพท์ขา IRQ/CP จะเป็น LOW เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะของ DELAY STREEING ข้อมูลนี้จะถูกส่งไปยังบัสข้อมูล 4 บิท เมื่อรีจิสเตอร์รับข้อมูลอ่านถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดคอลโพรเกรส (Call Progress Mode) ใช้ตรวจจับสัญญาณคอลโพรเกรส (Call Progress Tone) ซึ่งเป็นสัญญาณในระบบโทรศัพท์ (ไม่ใช้ DTMF) สัญญาณนี้จะสามารถตรวจจับได้เมื่อเลือกโหมด CP เท่านั้น (ดูตารางที่ 4.4) ช่วงความถี่ตัวกรองสัญญาณคอลโพรเกรสยอมให้ผ่านแสดงดังรูปที่ 4.8 โดยมีขา IRQ/CP เป็นขาเอาท์พุทแสดงการตรวจจับได้



รูปที่ 4.8 แสดงช่วงความถี่ที่ตัวกรองสัญญาณคอลโพรเกรสยอมให้ผ่าน

4.1.3.2 ภาคส่ง

ภาคกำเนิดสัญญาณ DTMF จะกำเนิดสัญญาณ DTMF ตามมาตรฐานที่มีความผิดเพี้ยนต่ำและมีความถูกต้องในทุกความถี่ที่ได้มาจากคริสตอลภายนอกขนาด 3.57954 MHz รูปคลื่นไซน์ทั้งแถวและหลักจะรวมกันแล้วผ่าส่วนกรองออกมาเป็นสัญญาณ DTMF โดยมีฮาร์โมนิกน้อยมาก รหัสของสัญญาณ DTMF (จะเหมือนกับทางด้านรับ ดังตารางที่ 5.4) จะถูกเขียนลงในรีจิสเตอร์ส่งข้อมูล คาบเวลาของแต่ละโทนประกอบด้วยส่วนเวลาย่อย 32 ส่วนเท่าๆกัน คาบเวลาของโทนซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการเปลี่ยนความยาวของส่วนเวลาย่อย

โหมดเบิสต์ (BURST MODE) ใช้ในการประยุกต์ใช้งาน เมื่อสัญญาณ DTMF ที่ต้องการถูกกำเนิดขึ้นเป็นช่วงเวลาที่แน่นอน DTMF มาตรฐานที่ถูกกำเนิดขึ้นโดยเลือกโหมดเบิสต์ ภาคส่งจะส่งสัญญาณ (BURST) และหยุดสัญญาณ (PAUSE) เป็นช่วงเวลาที่เท่ากัน ซึ่งถูกกำหนดเวลาไว้แล้วซึ่งเท่ากับ 51 ms $\pm$ 1 ms ตามมาตรฐาน เมื่อ BURST และ PAUSE ถูกส่งออกไปแล้วจะมีบิตในรีจิสเตอร์สถานะถูกเซ็ทเพื่อแสดงว่าภาคส่งพร้อมที่จะรับข้อมูลตัวต่อไป ถ้าเราเลือกโหมด DTMF จะได้ช่วงเวลาดังกล่าว ถ้าเลือกโหมด CP ช่วงเวลาดังกล่าวของทั้ง BURST และ PAUSE จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า เท่ากับ 102 ms $\pm$ 2 ms เมื่อเลือกโหมด CP พร้อมกับโหมด BURST ไอซีจะทำหน้าที่ส่งสัญญาณ DTMF แต่ไม่สามารถรับ DTMF ได้ ในการใช้งานถ้าไม่ต้องการ BURST&PAUSE ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน โหมด BRUST จะถูกดิสเอเบิ้ล แล้วเกท (GATE) ของภาคส่งจะถูกปิด/เปิด โดยใช้ไทม์เมอร์ฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ภายนอก

4.1.3.3 การเชื่อมต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์

MT 8880 สามารถเชื่อมต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อให้มีการควบคุมการส่งและรับได้อย่างถูกต้อง ภายในไอซีมีรีจิสเตอร์ 5 ตัว แบ่งออกเป็น 3 หน้าที่ คือ เคลื่อนย้ายข้อมูล ควบคุมการรับส่ง และแสดงสถานะการรับส่ง

- รีจสเตอร์รับข้อมูลจะบรรจุรหัส DTMF ตัวล่าสุด
- รีจิสเตอร์ส่งข้อมูล ถูกเขียนได้อย่างเดียว ไม่สามารถอ่านได้
- รีจิสเตอร์ควบคุมการรับส่ง ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ควบคุม 2 ตัวคือ CRA&CRB ซึ่งอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน การเขียนคำสั่งลงใน CBR ทำได้โดยการเซทบิทที่เหมาะสมใน CRA แล้วในไซเคิลต่อไปจะเป็นการเขียนคำสั่งลงใน CRB

ขา IRQ/CP ถูกโปรแกรมให้มีสัญญาณรีเควสเพื่อขออินเตอร์รัพท์ เมื่อ DTMF ถูกตรวจจับได้ หรือเมื่อภาคส่งพร้อมที่จะรับรหัสตัวต่อไป (เฉพาะโหมด BURST) ขานี้เป็นขาเอาท์พุทแบบโอเพนเดรน ซึ่งต้องมีพูลอัพรีซิสเตอร์

ตารางที่ 4. 5 แสดงการกำหนดหน้าที่ของรีจิสเตอร์

RS0	R/W	หน้าที่
0	0	เขียนรหัสลงในรีจิสเตอร์ส่งข้อมูล
0	1	อ่านรหัสจากรีจิสเตอร์รับข้อมูล
1	0	เขียนคำสั่งในรีจิสเตอร์ควบคุม
1	1	อ่านสถานะจากรีจีเตอร์สถานะ

ตารางที่ 4.6 แสดงตำแหน่งบิตควบคุมใน CRA

b3	b2	b1	b0
RSEL	IRQ	CP/DTMF	TOUT

ตารางที่ 4.7 แสดงตำแหน่งบิตควบคุมใน CRB

b3	b2	b1	b0
C/R	S/D	TEST	BRUST

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับรีจิสเตอร์ควบคุม A

บิต	ชื่อ	หน้าที่	คำอธิบาย
b0	TOUT	TONE O/P	ลอจิก 1 แสดงว่าให้ส่งสัญญาณออกได้
b1	CP/DTMF	โหมดควบคุม	ในโหมด DTMF (โลจิก 0) จะสามารถกำเนิดและตรวจจับ DTMF ได้ทั้งคู่ แต่ในโหมดOP (ลอจิก 1) จะยอมให้จับเฉพาะคอลโพรเกรสเท่านั้น
b2	IRQ	อินเทอร์รัพท์อีนาเบิล	ลอจิก 1 เป็นการอีนาเบิ้ลการอินเทอร์รัพท์ ถ้าเลือกโหมด DTMF (b=0) ด้วยแล้ว ขา IRQ/CP จะเป็น 0 ในกรณี - DTMF มีความถี่และช่วงเวลาที่ถูกต้อง - ภาคส่งพร้อมที่จะรับรหัสต่อไป (เฉพาะ BURST MODE)
b3	RSEL	เลือกรีจิสเตอร์	ลอจิก 1 เป็นการเลือกที่จะเขียนคำสั่งควบคุม CRB ในไซเคิลการเขียนต่อไป และไซเคิลถัดไปจะกลับมาที่ CPA อีกครั้ง

ตารางที่ 4.9 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับรีจิสเตอร์ควบคุม B

บิต	ชื่อ	หน้าที่	คำอธิบาย
b0	BURST	โหมด BURST	ลอจิก 0 เป็นการอีนาเบิ้ลโหมด BURSTรหัสของความถี่ DTMF จะถูกเขียนลง ในรีจิสเตอร์ส่งข้อมูล เพื่อให้กำเนิดสัญญาณDTMF ออกมาและหยุดสัญญาณ (PAUSE) เป็นช่วงเวลาที่แน่นอน ทันทีที่มี PAUSE รีจิสเตอร์สถานะจะแสดงบอกว่าพร้อมที่จะทำคำสั่งต่อไป และอินเทอร์รัพท์จะเกิดขึ้นถ้ามีอีนาเบิ้ลอินเทอร์รัพท์ไว้
b1	TEST	โหมด TEST	เมื่ออีนาเบิ้ลโหมด TEST (ลอจิก 1) IRQ/CP จะแสดงสัญญาณ DELAY STREEING จากภาครับ
b2	S/D	สัญญาณเดี่ยว/คู่	ลอจิก 1 เป็นการส่งสัญญาณเดี่ยว เฉพาะแถวหรือหลัก ส่วนลอจิก 0 เป็นการส่งสัญญาณคู่
b3	C/R	สัญญาณความถี่แถว/หลัก	ใช้งานร่วมกับ b2 เพื่อสร้างสัญญาณเดี่ยว ลอจิก 1 เป็นการเลือกความถี่หลัก ลอจิก 0 เป็นการเลือกความถี่แถว

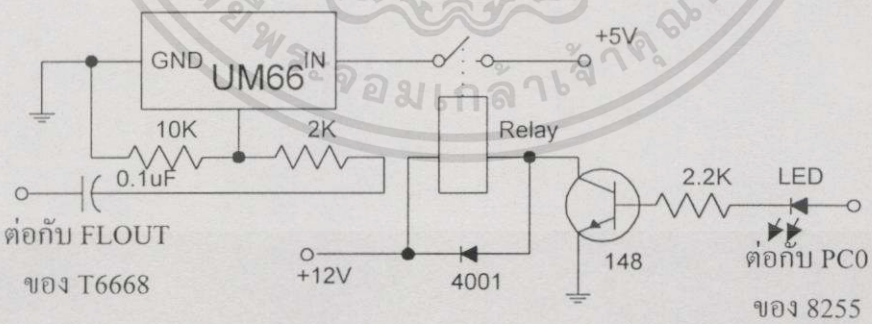
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงรายละเอียดรีจิสเตอร์สถานะ

บิต	ชื่อ	เซทแฟลกสถานะ	เคลียร์แฟลกสถานะ
B0	IRQ	มีอินเทอร์รัพท์เกิดขึ้น (b1หรือ b2 ถูกเซท)	ไม่มีการอินเทอร์รัพท์ แฟลกจะเคลียร์เมื่อรีจิสเตอร์สถานะถูกอ่าน
B1	รีจิสเตอร์ส่งข้อมูลว่าง(เฉพาะโหมด BURST)	สิ้นสุดช่วงเวลา PAUSE ตัวส่งพร้อมที่จะรับรหัสตัวต่อไป	เคลียร์หลังจากรีจิสเตอร์สถานะถูกอ่านหรืออยู่ในโหมด NON-BURST
B2	S/D	รหัสข้อมูลที่ถูกต้องอยู่ในรีจิสเตอร์รับข้อมูล	เคลียร์หลังจากรีจิสเตอร์สถานะถูกอ่าน
B3	C/R	ช่วงเวลา DTMF ไม่ถูกต้อง	ช่วงเวลา DTMF ถูกต้อง

4.1.4 การออกแบบส่วนสัญญาณเสียงดนตรี

เมื่อเครื่องได้รับสัญญาณ DTMF จากเครื่องผู้เรียกแล้วจึงทำการต่อไปยังเครื่องเลขหมายภายใน ในระหว่างที่เครื่องทำการต่อไปยังเครื่องเลขหมายภายในนั้นก็จะส่งสัญญาณเสียงดนตรีไปยังผู้เรียกที่อยู่ในระหว่างที่รอสาย เพื่อให้เกิดความเพลิดเพลิน โดยส่วนจะใช้ไอซีสร้างสัญญาณเสียงดนตรี UM-66 ที่มีการปรับอัตราขยายโดยใช้ความต้านทาน ซึ่งมีรายละเอียดของวงจรดังแสดงในรูปที่ 4.9



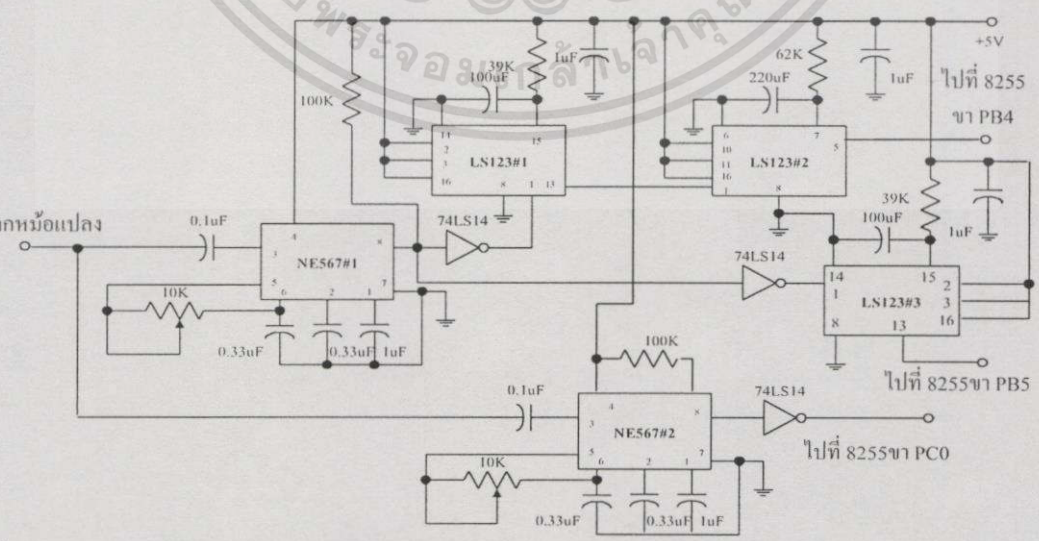
รูปที่ 4.9 แสดงวงจรส่วนสัญญาณเสียงดนตรี

4.1.5. การออกแบบส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุนสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง (Dial # Ringback # Busy tone detector)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อส่วนควบคุมได้รับสัญญาณ DTMF จากผู้เรียกจะทำการ OFF รีเลย์ EY จากนั้นจะทำการตรวจสอบสัญญาณให้หมุน เมื่อมีสัญญาณให้หมุน ส่วนควบคุมและประมวลผลกลางสั่งให้ส่วนสร้างสัญญาณ DTMF ส่งไปยัง PABX เพื่อให้ PABX ทำการเรียกไปยังเลขหมายภายในที่ต้องการติดต่อ ถ้าเครื่องภายในว่าง PABX จะส่งสัญญาณเรียกกลับมายังเครื่อง ถ้าเครื่องลูกข่ายหรือเครื่องภายในไม่ว่างจะส่งสัญญาณไม่ว่างมายังเครื่อง เพื่อให้เครื่อง ส่งสัญญาณ DTMF .ใหม่จนครบ 3 ครั้ง รวมทั้งเมื่อผู้สนทนาทั้ง 2 ฝ่ายเสร็จสิ้นการสนทนาไม่เลือกว่าฝ่ายหนึ่งฝ่ายใดหรือทั้งสองฝ่ายทำการวางแฮนด์เซ็ทลงก็จะทำให้เกิดสัญญาณไม่ว่างขึ้น ส่วนตรวจจับสัญญาณไม่ว่างจะอาศัยสัญญาณไม่ว่างที่เกิดขึ้น บอกให้ส่วนควบคุมและประมวลผลทราบว่าคู่สนทนาเลิกการสนทนาแล้วเครื่องจะได้เลิกการทำงาน แล้วทำการรีเซ็ทเพื่อให้เครื่องพร้อมสำหรับการเรียกเข้ามาในครั้งต่อไป

วงจรของส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุนเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง ของเครื่องจะอาศัยการทำงานของไอซี Tone decoder เบอร์ NE 567 ซึ่งสามารถปรับจูนความถี่ให้อยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 400 เฮริตซ์ ของสัญญาณให้หมุนสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ โดยการปรับค่าความต้านทานระหว่างขาที่ 5 กับขาที่ 6 ให้มีค่าประมาณ 2.24 กิโลโอมห์ และสำหรับสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับใช้ไอซีโมโนสเตเบิ้ล (Monostable) แบบ RETRIG เบอร์ LS123 จำนวน 2 ชุด เป็นตัวตรวจเช็กระยะเวลา โดยหลักการทำงานเมื่อเกิดการทริก (TRIG) ที่อินพุทแล้วจะทำให้เอาท์พุทมีสภาวะแรงดัน +5 โวลท์ ในช่วงเวลา TIME CONSTANT และเมื่อเกิดการทริกซ้ำสัญญาณ เอาท์พุทยังอยู่ในช่วงเวลา TIME CONSTANT จะมีผลให้ระดับเอาท์พุทมีค่าเป็นบวกจากจุดที่มี การทริกต่อไปอีกช่วงเวลา TIME CONSTANT ทำหน้าที่เป็นตัวถอดรหัสของสัญญาณที่เข้ามาว่าเป็นสัญญาณเรียกกลับ หรือสัญญาณไม่ว่าง เพื่อบอกให้ส่วนประมวลผลทราบ ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงวงจรของส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสัญญาณให้หมุนเข้ามาความถี่ 400 Hz ตลอดเวลา ที่เอาท์พุท ขา 8 ของ NE567#2 จะเป็น 0 เมื่อผ่าน 74LS14 จะกลายเป็น 1 ตลอดเวลาส่งไปยังไอซี 8255

เมื่อมีสัญญาณไม่ว่างความถี่ 400 Hz เข้ามาที่ขา 3 ของไอซี NE 567#1 จะทำให้เอาท์พุทที่ขา 8 มีสถานะเป็น 0 โวลท์ แต่ถ้าเป็นสัญญาณความถี่อื่น ๆ นอกเหนือจากความถี่ที่ปรับจูนไว้หรือไม่มีสัญญาณใด ๆ สถานะลอจิกที่ขา 8 จะเป็นลอจิก 1 หรือ +5 โวลท์ เมื่อมีสัญญาณไม่ว่างเข้ามาสถานะเอาท์พุทที่ขา 8 ของ NE 567#1 จะเป็นสัญญาณ 0 โวลท์ 0.5 วินาที และ +5 โวลท์ ประมาณ 0.5 วินาที หลังจากนั้นนำเอาเอาท์พุทของ NE 567 ไปต่อเข้ากับไอซี LS123 ที่ต่อขนานกันอยู่ 2 ชุด โดยชุดแรกจะประกอบด้วยไอซีโมโนสเตเบิ้ล 2 ตัว ต่ออนุกรมกันอยู่โดยที่ไอซีตัวแรกจะถูกกำหนดค่า TIME CONSTANT ด้วย R และ C ให้มีค่ามากกว่า 1 วินาที เล็กน้อยเพื่อทำให้ เอาท์พุทเป็นบวกตลอดเมื่อสัญญาณอินพุทเป็นสัญญาณไม่ว่าง เข้ามาเป็นผลให้ไอซีตัวที่สองไม่เกิดการทริกทำให้เอาท์พุทเป็นศูนย์ตลอด แต่ถ้าเป็นสัญญาณเรียกกลับที่มีคาบเวลา 2 วินาทีเข้ามาจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสภาวะที่เอาท์พุท 74LS123#1 ตัวแรกเป็นผลให้มีสัญญาณไปทริกที่ขา 1 ของไอซี 74LS123#2 ที่มีค่า TIME CONSTANT มากกว่า 2 วินาทีเป็นผลให้เอาท์พุทเป็น 1 ตลอด ส่วนชุดที่ 2 ประกอบด้วยไอซีโมโนสเตเบิ้ลตัวเดียวที่มี TIME CONSTANT มากกว่า 2 วินาที ไม่ว่าสัญญาณอะไรเข้ามาก็จะให้เอาท์พุทเป็นบวกตลอด ซึ่งสัญญาณที่ออกจากเอาท์พุทของไอซีโมโนสเตเบิลแบบ RETRIG จะส่งไปยังไอซี 8255 ซึ่งเรากำหนดโหมดการทำงานให้อยู่ในโหมดศูนย์ทำให้เราสามารถกำหนดเงื่อนไขการตรวจสอบสัญญาณที่จะนำไปใช้การถอดรหัสให้กับส่วนควบคุมและประมวลผลกลางได้ทราบว่าเมื่อใดสัญญาณเรียกกลับเข้ามา หรือสัญญาณไม่ว่างเข้ามา

การคำนวณหาค่าอุปกรณ์ต่างๆในวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่างดังรูปที่ 4.11 โดยใช้ไอซีเฟสล็อกลูป (Phase lock loop) เบอร์ NE567 เป็นตัวตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง วงจรเฟสล็อกลูปสามารถตรวจจับสัญญาณได้จำเป็นต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้กับวงจรซึ่งประกอบด้วย R_1,C_1,C_2 และ C_3 ในการกำหนดค่า R_1 และ C_1 จะต้องมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$f_o = \frac{1}{1.1R_1C_1} \qquad (4.1)$$

โดยที่ค่า f_o คือค่าความถี่ของสัญญาณอินพุทซึ่งเป็นสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ

จากคุณสมบัติของไอซี NE567 ทำหน้าที่ล็อค (LOCK) สัญญาณเป็นไปตามสมการ f_o= (n+1) โดยที่ค่า n=0,1,2,3,... และค่า ที่ทำให้วงจรทำงานมีเสถียรภาพควรมีค่าอยู่ในช่วง 2-20 กิโลโอมห์ ดังนั้นเมื่อเราทราบค่าความถี่ของสัญญาณอินพุทก็สามารถที่จะคำนวณหาค่า R_1 ของ C_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในช่วง 2-20 กิโลโอมห์ เมื่อเราทราบค่าสัญญาณความถี่อินพุท = 400 Hz และกำหนดค่า C_1 = 0.33 ไมโครฟารัดจากสมการ (3-1) เราสามาหาค่า R_1 ได้ดังนี้

$$R_1 = \frac{1}{1.1 * 400 * 0.33 * 10^{-6}} = 6.88 \text{ กิโลโอมห์}$$

ซึ่งค่า R_1 ที่ได้จะเลือกเป็นความต้านทานแบบปรับค่าได้ 10 กิโลโอมห์ ต่ออนุกรมระหว่างขา 5 และ 6 ของไอซี NE567 ส่วนค่า C_1 ก็ต่อเข้ากับขา 6 ลงกราวด์ส่วนค่า C_2 และ C_3 ในวงจรทำหน้าที่เป็นตัวกรองความถี่ต่ำซึ่งสามารถกำหนดได้จากสูตร

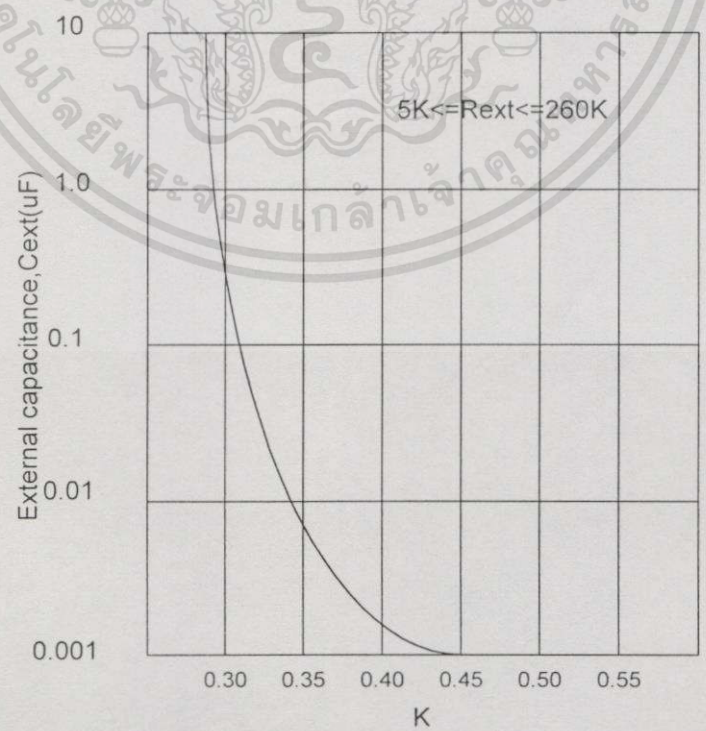
$$C_2 = \frac{130}{f_o} \qquad (4.2)$$

$$C_3 = \frac{260}{f_o} \qquad (4.3)$$

$$C_2 = \frac{130}{f_o} = \frac{130}{400} = 0.325 \text{ ไมโครฟารัด}$$

$$C_3 = \frac{260}{f_o} = \frac{260}{400} = 0.650 \text{ ไมโครฟารัด}$$

เนื่องจาก C ค่าดังกล่าวไม่มีขายในท้องตลาดจึงเลือกค่า C_2 = 0.33 ไมโครฟารัด C_3 = 1 ไมโครฟารัด ซึ่งมีขายอยู่ตามท้องตลาด โดยนำ C_2 ต่อเข้ากับขา 2 และ C_3 ต่อเข้ากับขา 1 ของ NE567



รูปที่ 4.11 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของค่า K, R_{ext}, C_{ext}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรส่วนนี้ทำหน้าที่เป็นตัวส่งรหัสสัญญาณอินพุทไปเข้า PORT B ของ 8255 เพื่อให้ส่วนควบคุมและประมวลผลกลางทำหน้าที่ตรวจสอบและสามารถสร้างสัญญาณควบคุมไปควบคุมการทำงานของส่วนอื่นให้มีลำดับการทำงานที่ถูกต้อง โดยอาศัยคุณสมบัติการทำงานของวงจรโมโน-สเตเบิ้ล แบบ RETRIG เบอร์ 74LS123 เมื่อวงจรได้รับการกระตุ้นที่ขาอินพุททำให้เกิดสัญญาณเอาท์พุทยังไม่ครบคาบเวลาของพัลส์วิดท์ (Pluse Width) สัญญาณเอาท์พุทก็เกิดซ้ำต่อไปอีก ดังนั้นถ้าเกิดมีการกระตุ้นซ้ำในช่วงเวลาที่น้อยกว่าพัลส์วิดท์ สัญญาณเอาท์พุทก็จะมีค่าเป็นหนึ่งตลอด

การหาค่าพัลส์วิดท์สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการ

$$t_w = KR_{ext}C_{ext} \qquad (4.4)$$

สำหรับไอซีเบอร์ 74LS123 มีเงื่อนไขสำหรับการหาค่า K ดังนี้คือค่า K =0.45 เมื่อค่า C_{ext} <100pF และในกรณีที่ค่า C_{ext}<100pF การกำหนดค่า K เราสามารถดูได้จากกราฟ

จากกราฟเมื่อเราเลือกค่า C_{ext}=100 ไมโครฟารัด และ R_{ext}= 39 กิโลโอมห์ ค่า K ที่ได้ประมาณ 0.35 ดังนั้น t_w ก็สามารถหาค่าได้ดังนี้

โดยที่ค่า K = 0.35

$$t_w = 0.35*100*10^{-6}*39*10^{3} = 1.365 \text{ sec}$$

ส่วนค่า ของไอซี LS123 ตัวที่สองของชุดแรกและชุดที่สองจะต้องมีค่ามากกว่า 2 วินาที โดยเลือก C_{ext}=220 ไมโครฟารัด และ R_{ext}= 62 กิโลโอมห์

$$t_w = 0.35*220*10^{-6}*62*10^{3} = 4.7 \text{ sec}$$

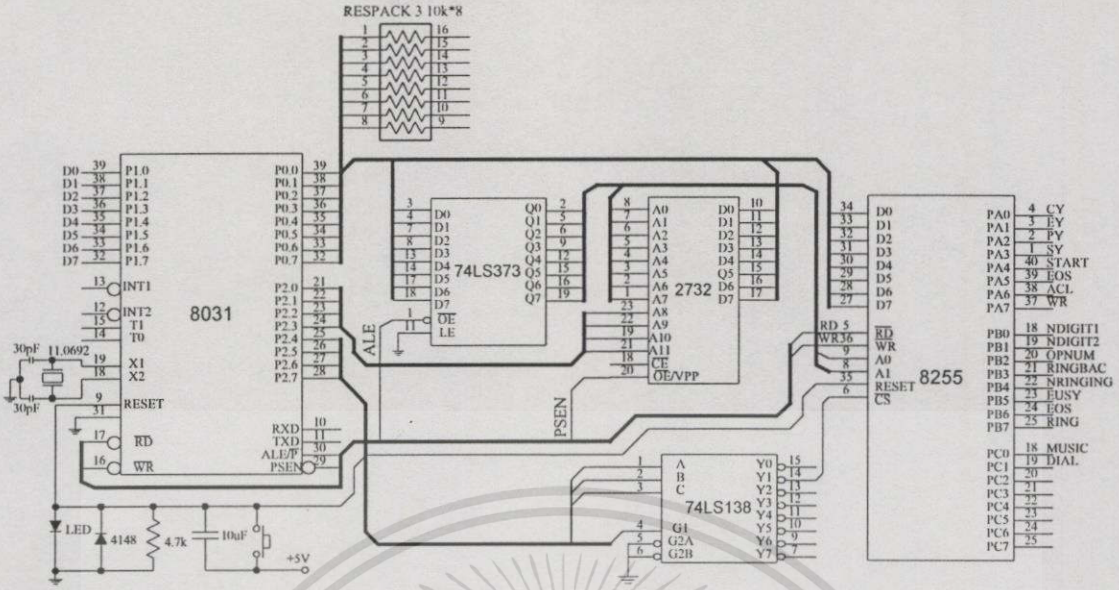
4.1.6 การออกแบบส่วนการคัปปลิ้งกับคู่สายโทรศัพท์

ส่วนการเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์จะอยู่รวมกัน ส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับสาย ซึ่งจะใช้หม้อแปลงที่มีขนาดอิมพีแดนซ์ 600 โอมห์ มีอัตราส่วน 1:1 โดยต่อขดปฐมภูมิกับคู่สายโทรศัพท์ เมื่อหน้าสัมผัสของรีเลย์ปิด จะทำให้วงจรคู่สายโทรศัพท์มีค่าความต้านทานต่ำลง ก็จะเกิดการครบวงจร ซึ่งชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นจะทราบได้ว่ามีการยกหู ก็จะหยุดส่งสัญญาณกระดิ่ง รวมทั้งเปิด/ปิดการยกหูทางด้าน PABX โดยมีการทำงานเช่นเดียวกับด้านชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น

4.1.7. การออกแบบส่วนของวงจรเสียงพูดผ่าน (Speech path circuit)

การทำงานของวงจรตัดต่อ Speech Path อาศัยหลักการทำงานโดยอาศัยรีเลย์แบบ DPDT (Double Pole Double Throw)รีเลย์เป็นสวิทช์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ใช้สนามแม่เหล็จากขดลวดเป็นตัวเปิด/ปิดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

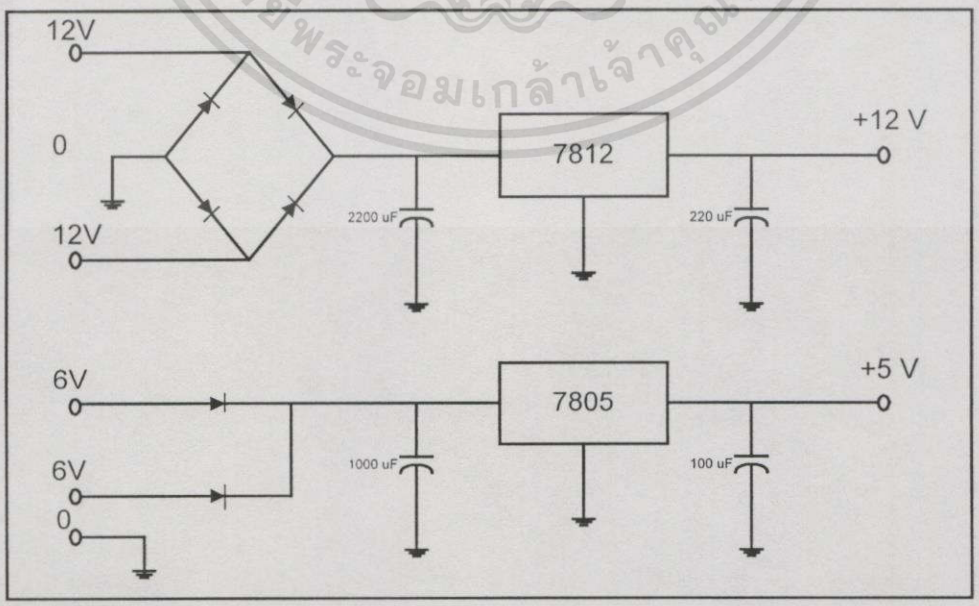


รูปที่ 4.12 วงจรควบคุมและประมวลผลกลาง

4.1.8 ส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง เป็นส่วนควบคุมส่วนต่างๆประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 ทำงานร่วมกับIC#2732 และไอซี 8255 โดยมีไอซี 74LS138 ทำหน้าที่กำหนดพอร์ทดังแสดงในรูปที่ 4.12

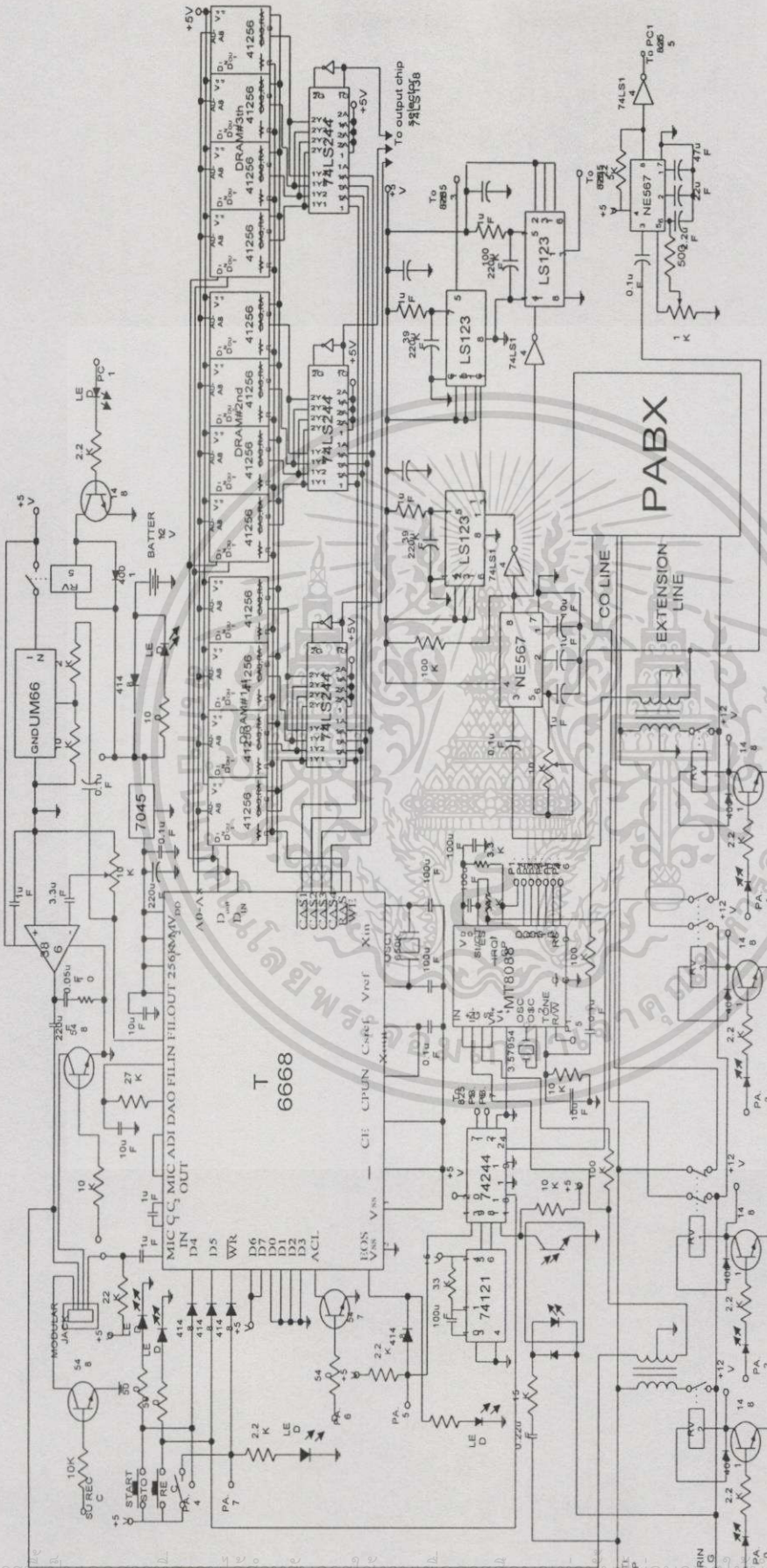
4.1.9 ส่วนแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่จ่ายไฟกระแสตรงให้กับส่วนต่างๆซึ่งจะมีสองค่าคือ 12 โวลท์ และ 5 โวลท์ โดยใช้วงจรไดโอดเรกติไฟร์แบบบริดจ์และฟิลเตอร์โดยใช้ คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ให้ได้ไฟกระแสตรงที่มีริปเปิลโวลท์เตจน้อยมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงวงจรสมบูรณ์ของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.10 การออกแบบโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของระบบหรือซอฟท์แวร์

ใช้ภาษาแอสแซมบลี้ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 โดยโปรแกรมจะแยกเป็นโปรแกรมส่วนย่อย ๆ เรียกว่า ซับรูทีน (Sub Routine) ประกอบด้วยโปรแกรมย่อยของส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ส่วนโปรแกรมหลัก (Main Program)

ส่วนโปรแกรมหลักจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานส่วนต่าง ๆ ทั้งหมดของเครื่อง มีรายละเอียดแสดงในรูปที่ 4.15

2. ส่วนโปรแกรมย่อยการประกาศสัญญาณเสียงตอบรับ

ส่วนโปรแกรมย่อยประกาศเสียงตอบรับจะทำหน้าที่ประกาศเสียงตอบรับ เมื่อโปรแกรมหลักต้องการให้มีการประกาศ มีรายละเอียดแสดงในรูปที่ 4.16

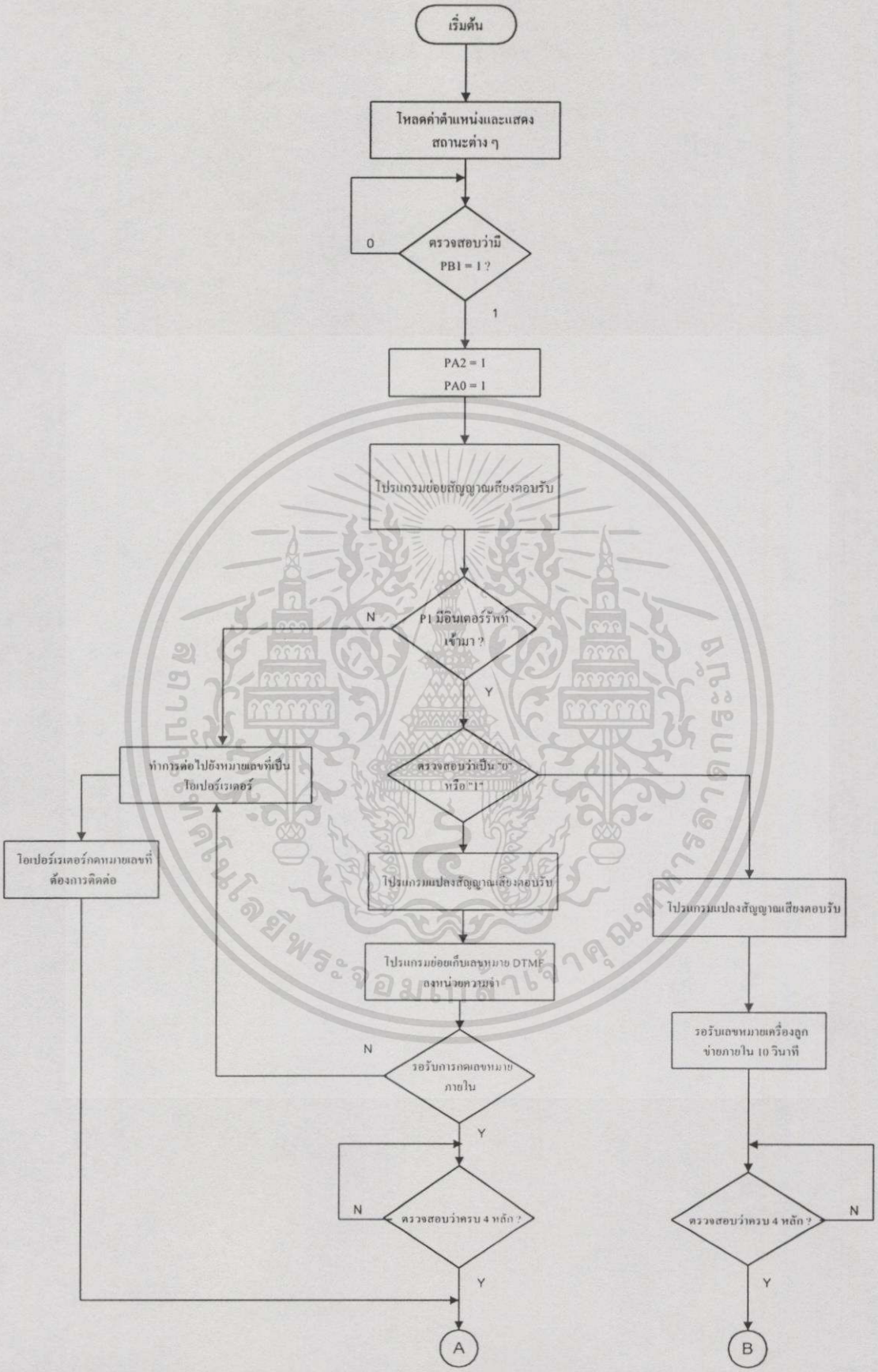
3. ส่วนโปรแกรมย่อยเก็บหมายเลข DTMF ลงในหน่วยความจำ

ส่วนโปรแกรมย่อยเก็บหมายเลข DTMF ลงในหน่วยความจำ เมื่อโปรแกรมหลักต้องการให้เก็บสัญญาณ DTMF ลงในหน่วยความจำ จะเป็นโปรแกรมที่ควบคุมไอซี MT8880 ให้ทำงานตามที่ต้องการ มีรายละเอียดแสดงในรูปที่ 4.17

4. ส่วนโปรแกรมย่อยส่งสัญญาณ DTMF ไปยัง PABX

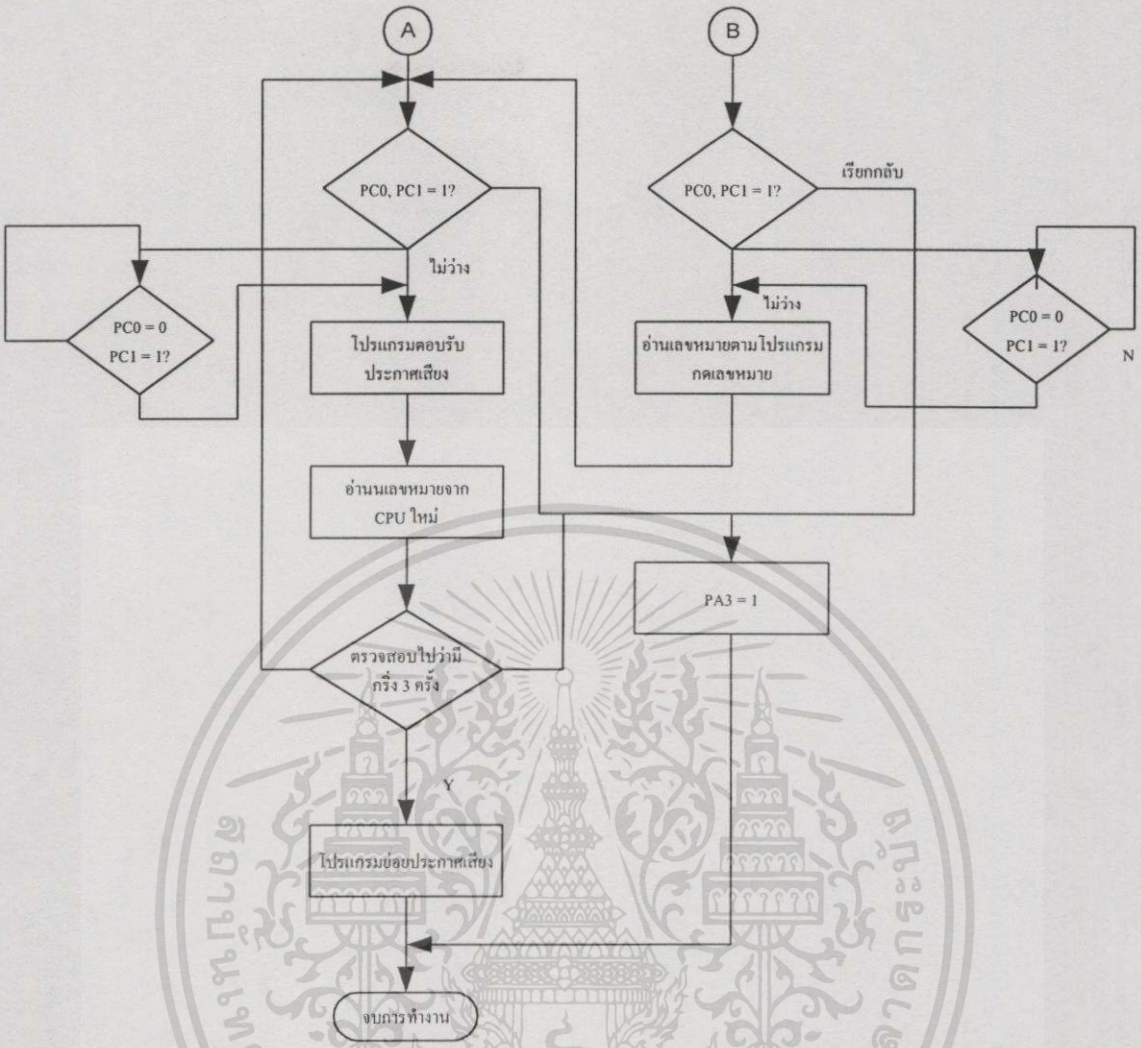
ส่วนโปรแกรมย่อยส่งสัญญาณ DTMF ไปยัง PABX เมื่อโปรแกรมหลักให้ส่งสัญญาณ DTMF ไปยัง PABX จะเป็นโปรแกรมที่ควบคุมไอซี MT8880 อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำส่งให้กับ PABX มีรายละเอียดแสดงในรูปที่ 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงการทำงานของโปรแกรมบริการหลัก

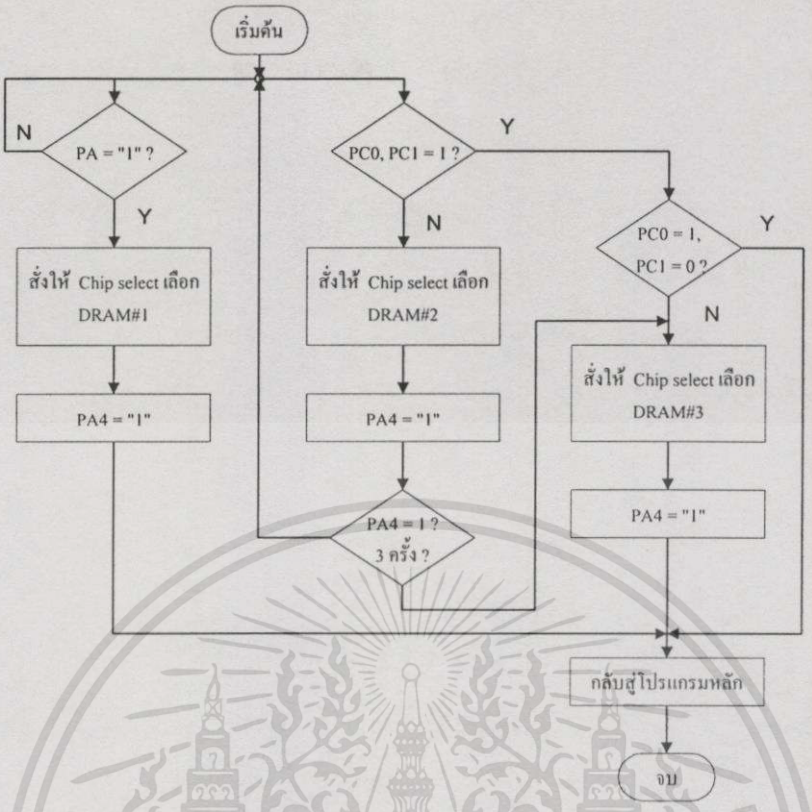
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 (ต่อ)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

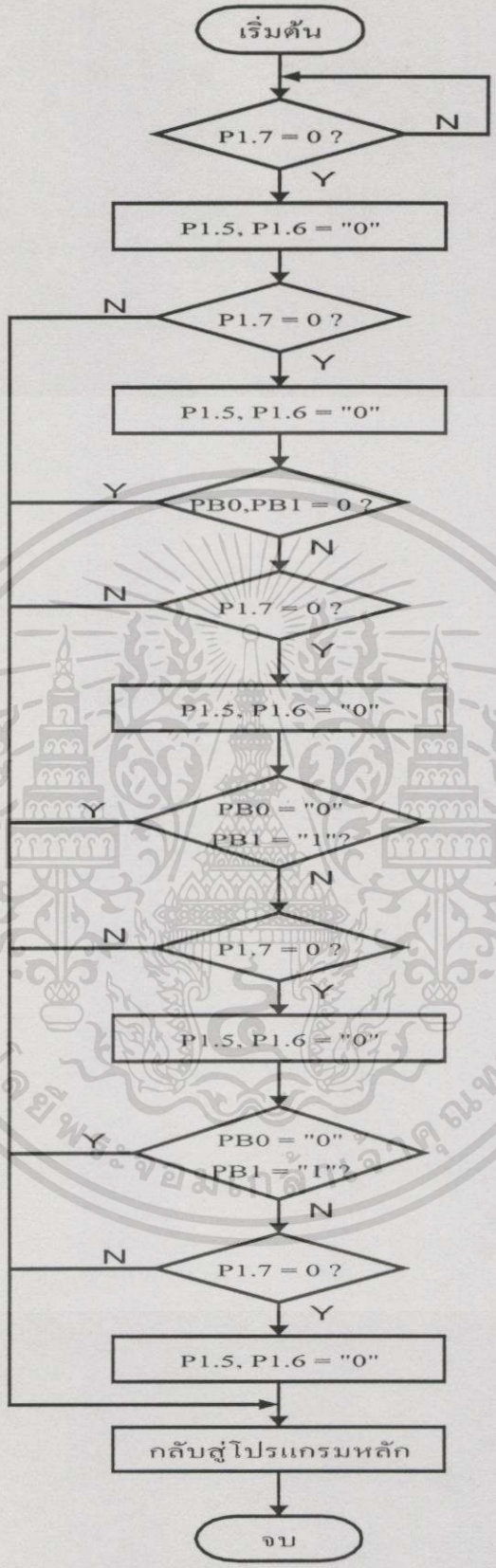
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงการทำงานของส่วนโปรแกรมย่อยการประกาศเสียงตอบรับ

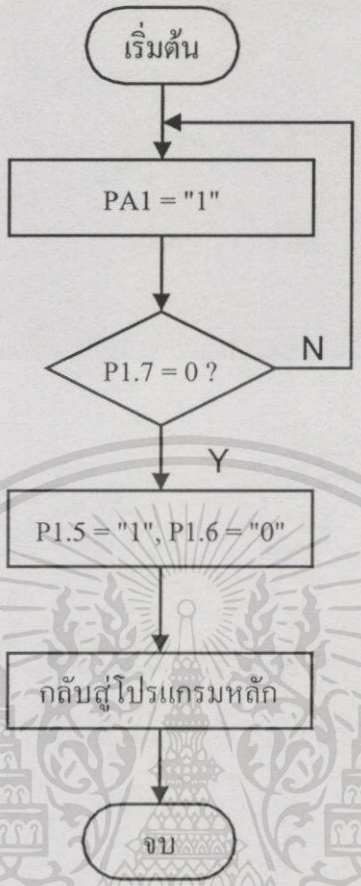
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 แสดงการทำงานของโปรแกรมย่อยเก็บเลขหมาย DTMF ลงในหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

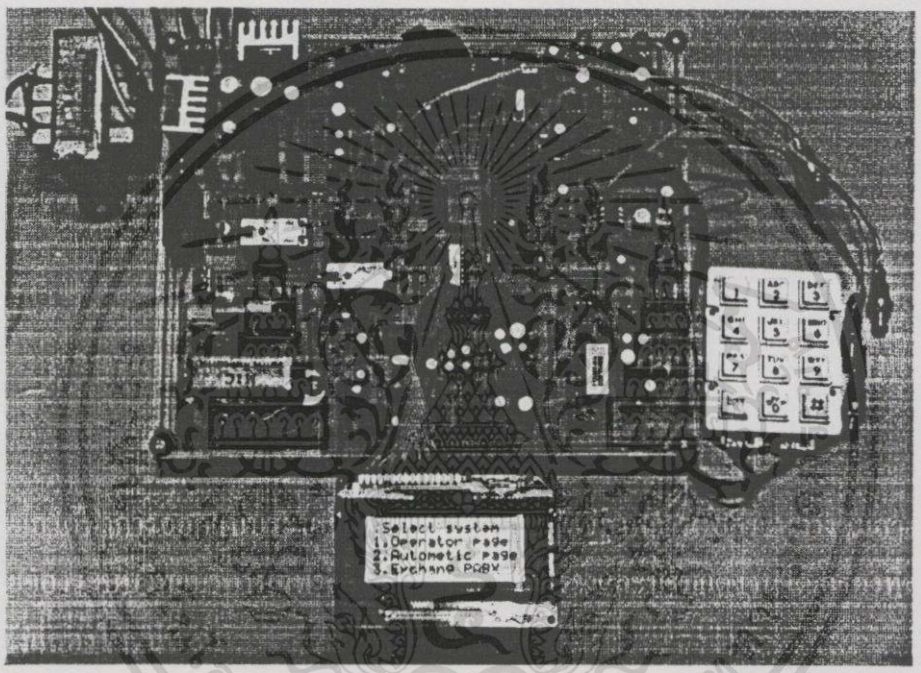


รูปที่ 4.18 แสดงการทำงานของโปรแกรมย่อยสัญญาณ DTMF ไปยัง PABX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดสอบการใช้งานและผลที่ได้จากการทดสอบ

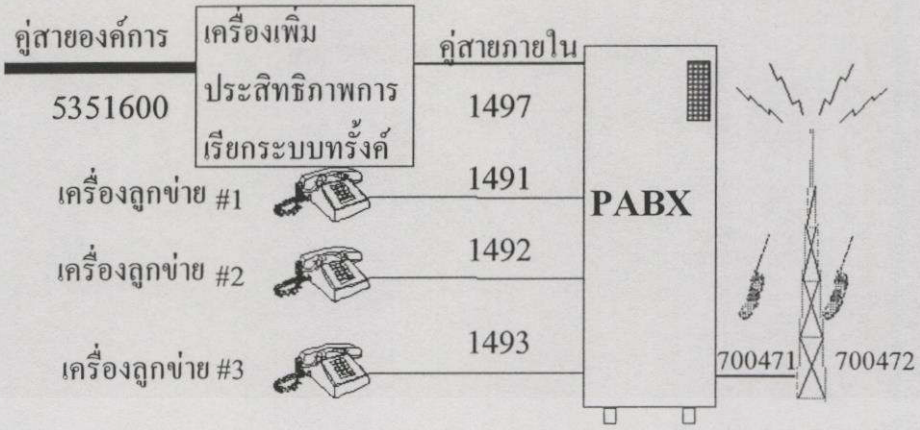
เมื่อได้ทำการออกแบบระบบระบบการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียกระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับลูกข่ายของระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ จากนั้นทำการสร้างและปรับแต่งจนได้เครื่องที่สมบูรณ์ มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะของเครื่องต้นแบบที่ได้ทำการสร้างขึ้น

หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องที่สร้างขึ้นมาทดลองใช้งานจริงและทำการทดสอบในส่วนต่างๆ โดยนำเครื่องต่อกับหมายเลย 5351600 และหมายเลขภายใน PABX 1497 ดังแสดงในรูปที่ 5.2 จากนั้นทำการเปิดเครื่องโดยในการทดสอบ เมื่อทำการโปรแกรมเพื่อกำหนดเลขหมายเสร็จเรียบร้อยแล้ว ได้ทำการทดสอบโดยเรียกจากหมายเลข 5638219 ไปยังหมายเลข 5351600 จากนั้นทำการทดสอบการทำงานโดยใช้เครื่องวัดสัญญาณ Oscilloscope ทำการวัดสัญญาณส่วนต่างๆที่ออกแบบไว้ในบทที่ 4 จะสามารถแยกออกเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

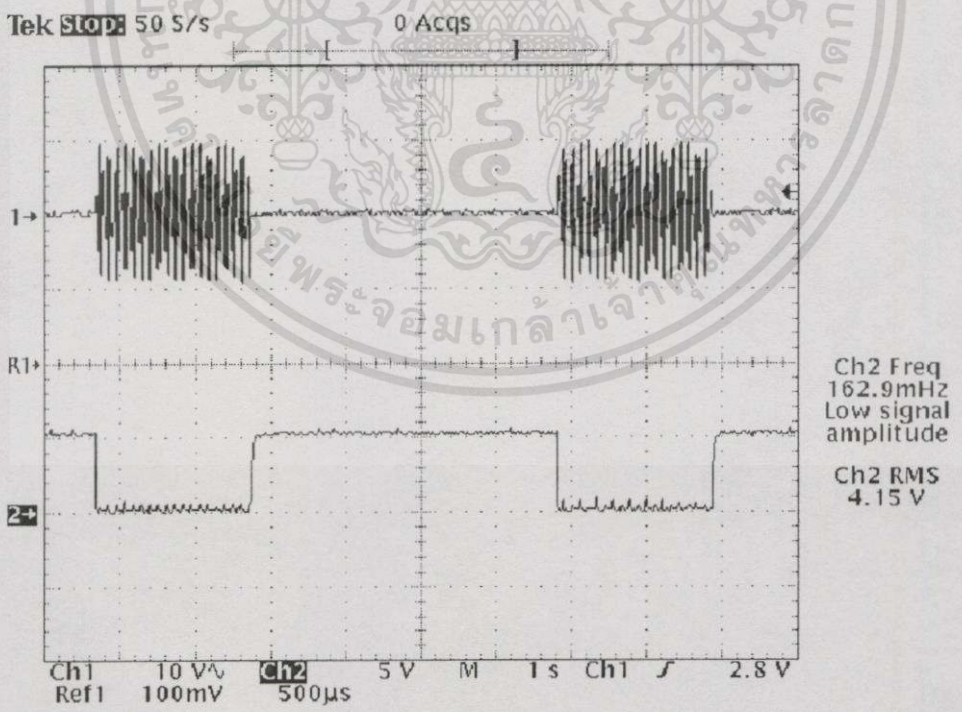
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดงการต่อใช้งานของเครื่องที่สร้างขึ้น

5.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก

เมื่อมีการเรียกเข้ามายังหมายเลข 5351600 จะมีสัญญาณกริ่งเรียกจากชุมสายโทรศัพท์มายังส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียกเมื่อทำการวัดสัญญาณที่คู่สายโทรศัพท์เปรียบเทียบกับสัญญาณเอาท์พุทที่ขา 5 ของไอซี 4N25 จะได้สัญญาณดังแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 (บน) แสดงลักษณะของสัญญาณกริ่งเรียก (ปรับ Prob ไปที่ Rang *10)
(ล่าง) แสดงลักษณะของสัญญาณที่เอาท์พุทขา 5 ของ 4N25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

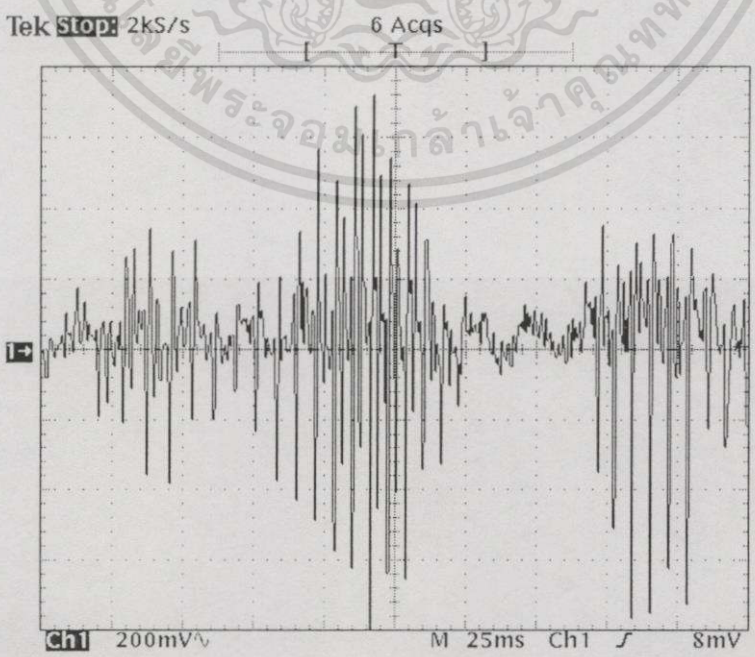
5.2 ส่วนสัญญาณเสียงตอบรับ

ในส่วนของวงจรส่งสัญญาณเสียงตอบรับ จะทำงานเมื่อส่วนควบคุมทราบว่ามีการเรียกเข้ามา ก็จะทำการรับสายจากนั้นจะส่งสัญญาณเสียงที่ได้มีกี่โปรแกรมไว้ล่วงหน้า รวมทั้งเมื่อมีการกดเลขหมายตามที่กำหนด หรือเมื่อไม่สามารถติดต่อเครื่องลูกข่ายได้ หรือเครื่องภายในที่ต้องการติดต่อไม่ว่าง เป็นต้น

ในส่วนนี้จะใช้หน่วยความจำ RAM 41256 จำนวน 4 ตัวจะเป็นการเก็บสัญญาณเสียง 1ข้อความเพื่อส่งออกไปยังผู้เรียก โดยทำการต่อไฟบวกเข้าที่ขา D6, D7 จะทำให้ใช้บิตเรทในการบันทึกข้อความ 32 kbps เนื่องจากที่ความเร็วนี้จะทำให้คุณภาพเสียงที่ทำการบันทึกเข้าไปมีความคมชัดมากกว่าการทำการบันทึกเสียงด้วยบิทเรทต่ำๆ

การเลือกหน้าของหน่วยความจำ RAM สามารถกำหนดได้จากขา D0-D3 โดยเรากำหนดให้มีการอ่านทีเดียวสามารถทำได้โดยต่อ D0-D3 ลงกราวด์ เริ่มแรกจะต้องทำการบันทึกข้อความที่จะใช้ในการเตือนภัย ซึ่งจะเป็นข้อความที่เราจะทำการฝากให้พนักงานส่งข้อความ จากหน้าจอ LCD ให้เลือกที่ฟังก์ชั่น Record sound แล้วกดปุ่ม Start หมายเลข 1 จากคีย์บอร์ด เพื่อเริ่มการบันทึก ส่วนควบคุม (CPU) จะสั่งให้ทำการล้างข้อมูลที่อยู่ใน RAM หลอดไฟ LED ที่ต่อออกมาจากขา EOS ของไอซี T6668 จะดับ แสดงว่าพร้อมที่จะทำการอัดเสียงเข้าไปได้แล้ว ก็ให้เริ่มทำการอัดเสียง เมื่ออัดเสียงที่ต้องการได้แล้วให้กดปุ่ม Stop หมายเลข 2 ของคีย์บอร์ด โดยจะสามารถอัดเสียงได้นานประมาณ 32 วินาที เนื่องจากใช้บิทเรทในการอัด 32 Kbps

จากการทดลองเมื่อทำการบันทึกเสียงตามขั้นตอนที่กล่าวไว้แล้ว ทำการวัดสัญญาณเอาท์พุทที่ผ่านออกมาจากวงจร สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.4

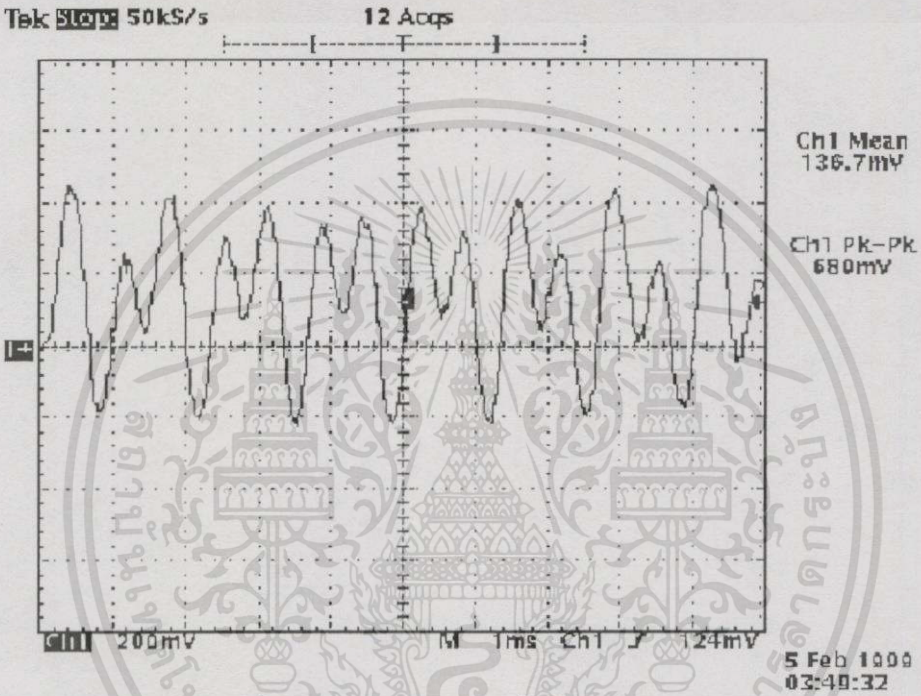


รูปที่ 5.4 แสดงลักษณะของสัญญาณเสียงขณะเครื่องประกาศข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

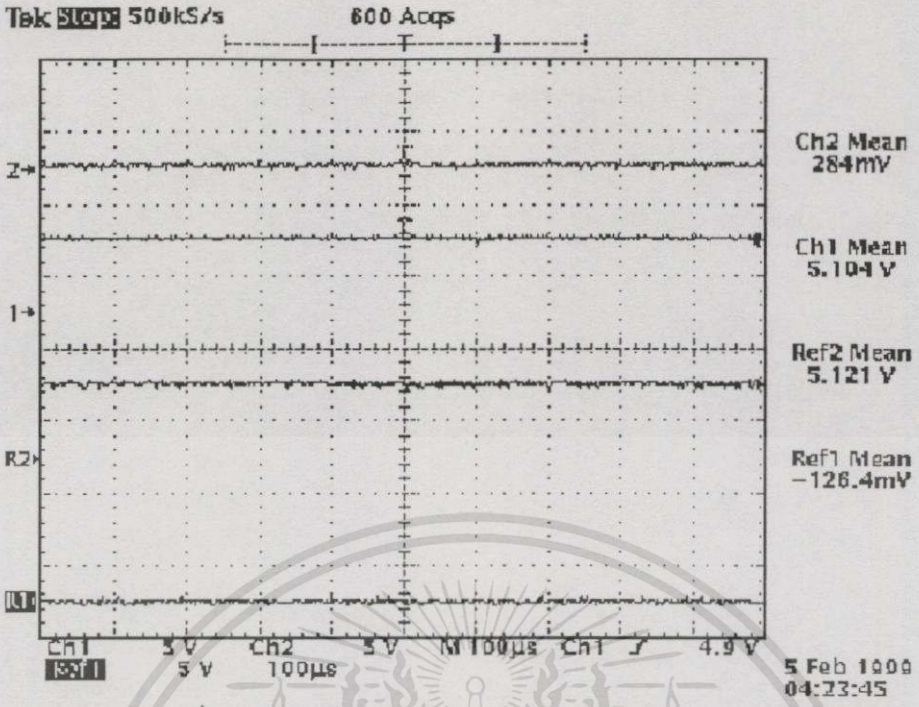
5.3 ส่วนรับ-ส่งสัญญาณความถี่คู่ผสม (DTMF Transceiver)

หลังจากผู้เรียกกดเลขหมายภายในทำการวัดสัญญาณที่คู่สายโทรศัพท์จะได้สัญญาณ DTMF ดังแสดงในรูปที่ 5.5 ในวัดสัญญาณเอาท์พุทขา D0-D3 ของ ไอซี MT8880 จะได้สัญญาณดังในรูปที่ 5.6 และเมื่อส่วนควบคุมกลางตรวจสอบสัญญาณให้หมุนที่คู่สายภายใน PABX สัญญาณเดิมก็จะส่งค่าผ่านพอร์ท P1.0-1.3 ที่ ขา D0-D3 ของไอซี MT8880 เมื่อวัดที่คู่สายภายใน ของ PABX จะได้สัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 5.7

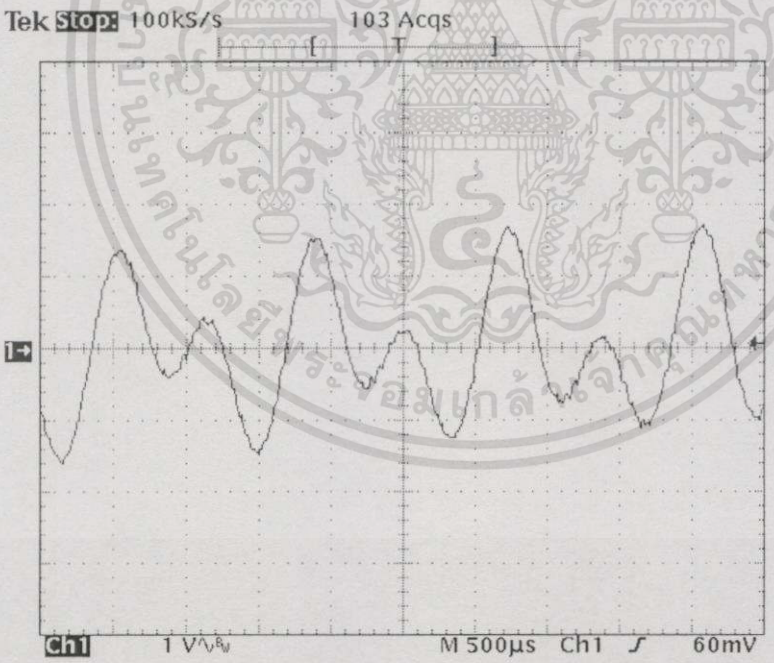


รูปที่ 5.5 แสดงสัญญาณความถี่คู่ DTMF หมายเลข 6 ที่คู่สายโทรศัพท์องค์การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 แสดงสัญญาณที่วัดได้จากขา D0 - D3 ของไอซี 8880 ในการรับสัญญาณ DTMF หมายเลข 6



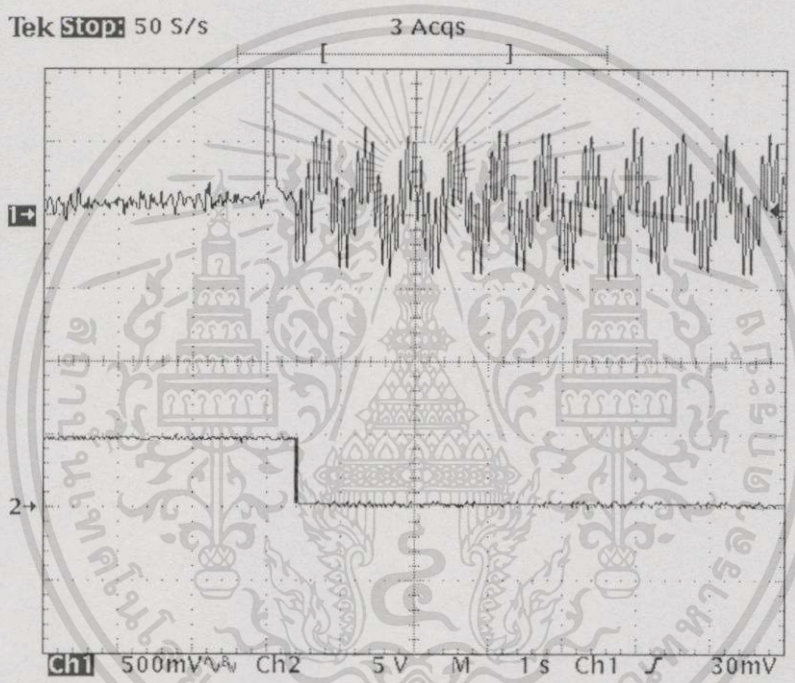
รูปที่ 5.7 แสดงสัญญาณความถี่คู่ DTMF หมายเลข 6ที่คู่สายภายในของ PABX

5.4 ส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน (Dial tone)

เมื่อส่วนควบคุมกลางรับสัญญาณเลขหมายภายในมาเก็บไว้ จากนั้นจะทำการยกหูคู่สายภายใน PABX ส่วนนี้จะทำการตรวจสอบว่ามีสัญญาณให้หมุนหรือไม่ผ่านหม้อแปลงที่มีอิมพิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคนซ์ 600 โอห์มเข้ามา วงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุนก็จะทำงาน ก่อนการทดสอบเราจะใช้สัญญาณความถี่ 400 เฮิรตซ์ จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ (Generator) เป็นสัญญาณอินพุทป้อนให้กับวงจรที่ขา 3 ของไอซี NE567 และทำการปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ จนกระทั้งระดับแรงดันที่เอาท์พุทขา 8 ของ NE567 มีระดับแรงดันเป็น 0 โวลต์ เพื่อให้ง่ายต่อการจูนความถี่สัญญาณให้หมุนของชุมสายโทรศัพท์ หลังจากนั้นให้ทำการจูน ความถี่ของสัญญาณให้หมุนที่ส่งออกมาจากชุมสายจริง เมื่อวงจรทำการตรวจจับสัญญาณให้หมุนได้ สัญญาณเอาท์พุทที่วัดได้จากขา 8 ของไอซีเฟสล็อกลูป NE567 จะให้ลอจิก 0 ออกมา เมื่อผ่านไอซีอินเวอร์เตอร์ 74LS04 ก็จะเปลี่ยนเป็น 1จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.8



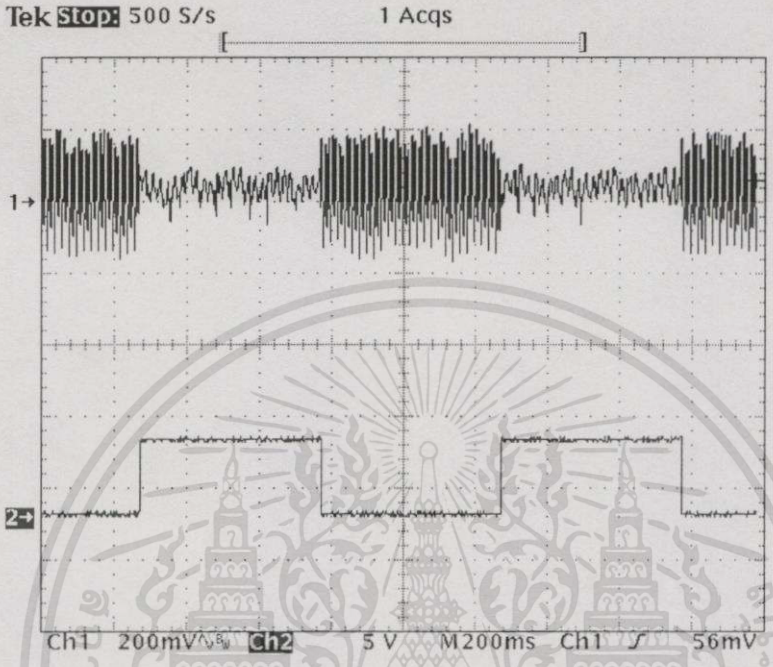
รูปที่ 5.8 (บน) แสดงสัญญาณให้หมุนที่ออกจากชุมสายโทรศัพท์
(ล่าง) แสดงสัญญาณให้หมุนที่ตรวจจับได้จากขา 8 ของไอซี NE567

5.5 ส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง (Detector ringback& busy tone)

วงจรในส่วนนี้จะมีการทำงานแบ่งออกเป็นสองส่วน คือส่วนตรวจจับสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ เริ่มแรกเราจะใช้สัญญาณความถี่ 400 เฮิรตซ์ จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ (Generator) เป็นสัญญาณอินพุทป้อนให้กับวงจรที่ขา 3 ของไอซี NE567 และทำการปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ จนกระทั่งระดับแรงดันที่เอาท์พุทขา 8 ของ NE567 เปลี่ยนเป็นระดับแรงดัน 0 โวลต์หรือลอจิก 0 จากเดิมที่มีระดับแรงดัน 5 โวลต์หรือลอจิก 1 หลังจากนั้นทำการนำสัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์มาป้อนที่อินพุทแทน เมื่อสัญญาณอินพุทเป็นสัญญาณไม่ว่าง สภาวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

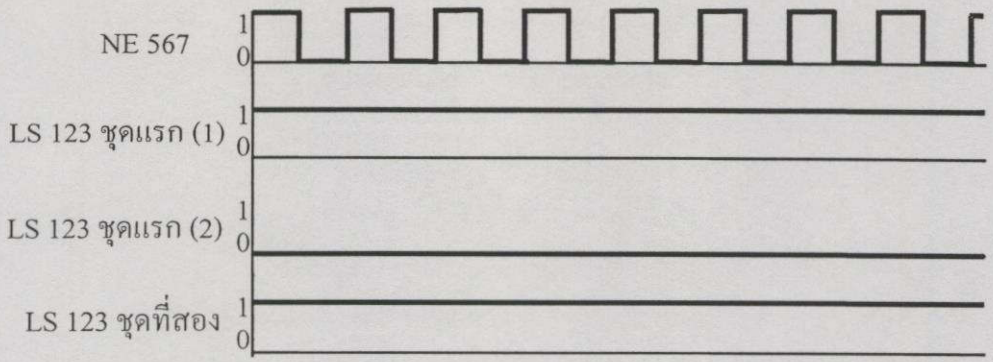
แรงดันที่เอาท์พุทของ NE567 (ขา 8) จะเปลี่ยนแปลงจากลอจิก 1 เป็นลอจิก 0 สลับกันทุกช่วงเวลา 0.5 วินาที ตามสัญญาณไม่ว่างที่เข้ามา ซึ่งเป็นสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม (Square) ที่มีคาบเวลา 1 วินาที สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.9



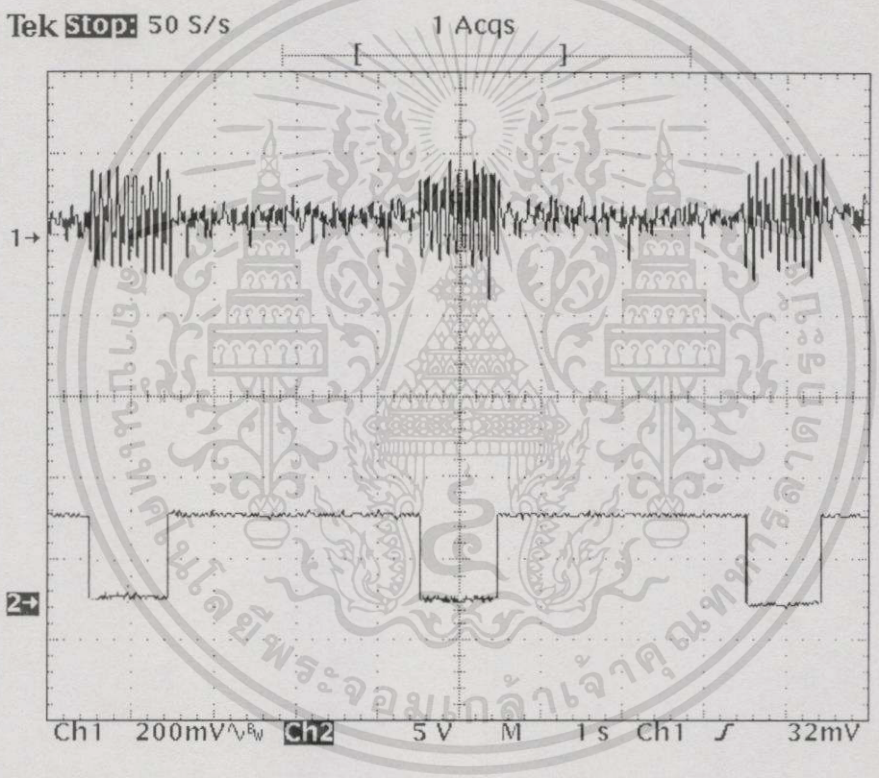
รูปที่ 5.9 (บน) แสดงลักษณะของสัญญาณไม่ว่าง
(ล่าง) แสดงลักษณะสัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับด้วยวงจรเฟสล็อกลูป (NE567)

เมื่อสัญญาณไม่ว่างที่มีคาบเวลา 1 วินาทีเข้ามา สัญญาณเอาท์พุทที่ออกจากขา 8 ของไอซี NE567 จะเป็นลอจิก 0 เมื่อผ่านไอซี 74LS04 จะเป็นลอจิก 1 เป็นผลให้เกิดการทริกที่ขาอินพุทของไอซี 74LS123 ชุดแรกซึ่งเป็นวงจรโมโนสเตเบิลแบบทริกซ้ำที่มีการตั้งค่าเวลาช่วงเวลาคงที่ไว้ประมาณ 1.3 วินาที โดยกำหนดการทริกที่ขอบขาขึ้น ทำให้เอาท์พุทของ 74LS123 ตัวแรกเป็นลอจิก 0 เป็นผลให้ไม่มีการทริกของไอซี 74LS123 ตัวถัดมาเป็นผลให้เอาท์พุทของ 74LS123 ชุดที่แรกมีค่าลอจิก 0 ส่วนไอซี 74LS123 ชุดที่สองจะตั้งให้มีช่วงเวลาคงที่ประมาณ 6.8 วินาที สัญญาณไม่ว่างที่เข้ามาจะมีคาบเวลาอยู่ในช่วงเวลาคงที่ ทำให้เอาท์พุทของไอซี 74LS123 ชุดที่สองเป็นลอจิก 1 ตลอดเวลาที่มีสัญญาณไม่ว่างเข้ามา สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของไอซี 74LS123 ทั้งสองชุดเมื่อมีสัญญาณไม่ว่างเข้ามา



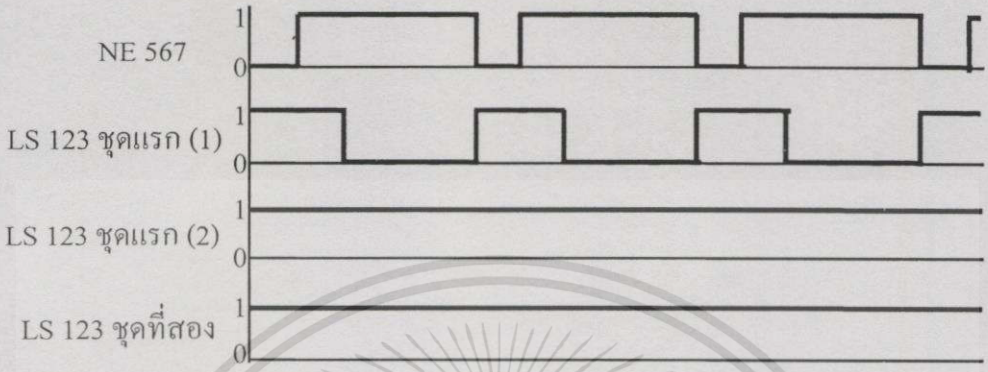
รูปที่ 5.11 (บน) แสดงลักษณะของสัญญาณเรียกกลับ
(ล่าง) แสดงลักษณะสัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับด้วยวงจรเฟสล็อกลูป (NE567)

เมื่อสัญญาณเรียกกลับความถี่ 400 เฮิรตซ์เข้ามา จะมีช่วงเวลาที่มีสัญญาณ 1 วินาที และช่วงไม่มีสัญญาณจะมีช่วงเวลา 3 วินาที ช่วงที่มีสัญญาณ 400 เฮิรตซ์ จะได้สัญญาณเอาท์พุทเป็นลอจิก 0 และช่วงที่ไม่มีสัญญาณเอาท์พุทของวงจรจะได้ลอจิกเป็น 1 เมื่อสัญญาณเรียกกลับเข้ามา และทำการวัดที่คู่สายจะได้สัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับได้โดย NE567 มีลักษณะสัญญาณดังรูปที่ 5.11

ในกรณีที่มีสัญญาณเรียกกลับเข้ามาที่อินพุทของโมโนสเตเบิลชุดแรก เอาท์พุทของ 74LS123 ตัวแรก ซึ่งจะมีช่วงเวลามากกว่ามีค่าช่วงเวลาคงที่ของไอซี 74LS123 ตัวแรก ก็จะให้เอาท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พุทเป็นลอจิก 1 ทำให้เกิดการทริกแบบทริกซ้ำที่ 74LS123 ตัวที่สองจะให้เอาท์พุทเป็นบวกตลอด ส่วนเอาท์พุทของ74LS123 ชุดที่สองจะเป็นบวกตลอด เราตั้งค่าช่วงเวลาคงที่มีค่ามากกว่า 2 วินาที จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.12



รูปที่ 5.12 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของไอซี 74LS123 ทั้งสองชุด เมื่อมีสัญญาณเรียกกลับเข้ามา

ตารางที่ 5.1 ค่าเอาท์พุทของไอซีโมโนสเตเบิ้ลแบบทริกซ้ำ 74LS123 ทั้งสองชุด

สัญญาณ	ไอซี 74LS123 ชุดที่หนึ่ง	ไอซี 74LS123 ชุดที่สอง
สัญญาณไม่ว่าง	0	1
สัญญาณเรียกกลับ	1	1

สัญญาณเอาท์พุทที่วัดได้จากวงจรโมโนสเตเบิลแบบทริกซ้ำ เมื่อสัญญาณอินพุทเป็นสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับเข้ามา จะมีค่าดังตารางที่ 5.1 สัญญาณที่ออกจากไอซี 74LS123 ทั้งสองชุดจะส่งไปยังไอซี 89C52 ซึ่งเป็นส่วนควบคุมและประมวลผลเพื่อดำเนินการต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กล่าวถึงการพัฒนาระบบการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียกระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องลูกข่ายของระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ โดยต่อเข้ากับคู่สายองค์การโทรศัพท์และคู่สายภายในของ PABX จะเน้นได้ว่าจากการทดลองในบทที่ 5 ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ สามารถให้บริการตามฟังก์ชั่นที่กำหนด โดยไม่ต้องดัดแปลงแก้ไขระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจ จึงมีความสะดวกในการใช้งาน รวมทั้งการออกแบบโปรแกรมให้ตอบสนองการบริการต่าง ๆ ทำให้ระบบวิทยุบริการเฉพาะกิจมีประสิทธิภาพสูงขึ้นทั้งยังให้การติดต่อที่สมบูรณ์ แต่ระบบดังกล่าวจะมีข้อเสียคือจะต้องใช้คู่สายภายใน 1 คู่สายทำหน้าที่เป็นตัวสวิทช์ แต่เนื่องจาก PABX มีคู่สายภายในจำนวนมากจึงไม่ส่งผลใด ๆ ต่อระบบ

6.2 ปัญหาและการแก้ไข

ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไขมีดังต่อไปนี้

1. ปัญหาสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในส่วนประกาศข้อความ

เมื่อทำการอัดเสียงลงในหน่วยความจำแล้วทำการเล่นกลับ (Play Back) เสียงที่บันทึกไว้จะมีลักษณะที่แตกพร่าและมีเสียงซ่าส์รวมอยู่ด้วย จากการทดลองพบว่าสัญญาณรบกวนนี้จะเกิดจากไอซี 386 ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณก่อนที่จะส่งออกไปในคู่สายโทรศัพท์ โดยสามารถลดสัญญาณรบกวนนี้ได้โดยการนำตัวเก็บประจุและค่าความต้านทานมาทำการต่อลงกราวด์ก็จะสามารถลดสัญญาณรบกวนนี้ได้ในระดับหนึ่ง นอกจากนี้สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นนั้น จะมีผลกระทบต่อส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุนและส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่างในวงจรอีกด้วย โดยสามารถแก้ไขได้โดยการใช้รีเลย์มาแยกวงจรในแต่ละส่วนไม่ให้เกิดการรบกวน ซึ่งกันและกัน เพื่อที่จะให้วงจรในแต่ละส่วนมีการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

2. ปัญหาในส่วนรับและส่งสัญญาณความถี่คู่ผสม

เมื่อมีการรับสัญญาณ DTMF ไอซี MT8880 สามารถตรวจจับได้แต่ไม่สามารถสร้างสัญญาณ DTMF ออกมาใหม่ได้ ปัญหาไม่ได้เกิดที่ ไอซี MT8880 แต่เกิดจากโปรแกรมที่ควบคุมการทำงาน เมื่อทำการสั่งให้ส่วนสัญญาณตอบรับเริ่มประกาศข้อความ โปรแกรมตั้งค่าหน่วงเวลามากเกินไป ทำให้ไม่สามารถตรวจจับสัญญาณ DTMF ตัวแรกได้ทัน การแก้ปัญหาโดยการลดการหน่วงเวลาลงให้เหลือเพียง 220 มิลลิวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 แนวทางการพัฒนา

1. ด้านฮาร์แวร์

เครื่องปรับปรุงประสิทธิภาพนี้สร้างขึ้นมา 1 ชุด สามารถรองรับคู่สายภายนอกได้เพียง 1 คู่สาย ควรปรับปรุงให้รับได้หลายคู่สายในเครื่องเดียวกัน

2. ด้านซอฟท์แวร์

สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานต่าง ๆ อาทิเช่น ให้บริการสอบถามข้อมูลทางโทรศัพท์ เช่น การทำกิจกรรมทางด้านธนาคาร โดยการปรับปรุงซอฟท์แวร์ให้มีขีดความสามารถเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] IL : Motorola Inc., "Trunked Radio Test Opition Manual," 1985

[2] IL : Motorola Inc., "Smartzone Wide Area Communication Trunked," 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมการทำงาน

```
PORT_A      EQU   9000H
PORT_B      EQU   9001H
PORT_C      EQU   9002H
PORT_CON    EQU   9003H

COMM_LCD    EQU   0FA00H
BUSY_LCD    EQU   0FA01H
WR_LCD      EQU   0FA02H
RD_LCD      EQU   0FA03H

SOUND_ADD1  EQU   0A000H
SOUND_ADD2  EQU   0B000H
SOUND_ADD3  EQU   0C000H

DTMF        EQU   P1
D0_DTMF     EQU   P1.0
D1_DTMF     EQU   P1.1
D2_DTMF     EQU   P1.2
D3_DTMF     EQU   P1.3
CS_DTMF     EQU   P1.4

DATA_TO_LCD EQU   1FH
NUM_TRUNK1  EQU   20H
NUM_TRUNK2  EQU   21H
NUM_TRUNK3  EQU   22H
NUM_TRUNK4  EQU   23H

ORG 0000H

START:    MOV   SP,#80H
          MOV   A,#80H
          MOV   DPTR,#PORT_CON
          MOVX  @DPTR,A

INIT_LCD:   CALL  FUNC_LCD
          CALL  ENT_MODE_LCD
          CALL  ON_LCD
          CALL  OFF_CURSOR
          CALL  CLEAR_LCD

          CALL  LINE1_LCD
          MOV   DPTR,#DATA1
          CALL  WRITE_16CHAR
          CALL  LINE2_LCD
          MOV   DPTR,#DATA2
          CALL  WRITE_16CHAR
          CALL  LINE3_LCD
          MOV   DPTR,#DATA3
          CALL  WRITE_16CHAR
          CALL  LINE4_LCD
          MOV   DPTR,#DATA4
          CALL  WRITE_16CHAR
MAIN:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   DPTR,#PORT_B
        MOVX  A,@DPTR
        JB    ACC.7,MAIN
        MOV   DPTR,#SOUND_ADD1
        MOV   A,#05H
        MOVX  @DPTR,A
        CALL  PLAY_SOUND

        MOV   A,DTMF
        CJNE  A,#0H,_DDTMF1
        MOV   DPTR,#SOUND_ADD1
        MOV   A,#15H
        MOVX  @DPTR,A
        CALL  PLAY_SOUND
        JMP   CALL_BACK
_DDTMF1:
        MOV   DPTR,#SOUND_ADD1
        MOV   A,#25H
        MOVX  @DPTR,A
        JMP   REC_NUMBER


CALL_BACK:
        CALL  LINE1_LCD
        MOV   DPTR,#DATA9
        CALL  WRITE_16CHAR
        CALL  LINE2_LCD
        MOV   DPTR,#DATA10
        CALL  WRITE_16CHAR
        CALL  LINE3_LCD
        MOV   DPTR,#DATA11
        CALL  WRITE_16CHAR
        CALL  LINE4_LCD
        MOV   DPTR,#DATA12
        CALL  WRITE_16CHAR


        MOV   DPTR,#PORT_B
        MOVX  A,@DPTR
        ANL   A,#11000000B
        CJNE  A,#01000000B,_DEC_BUSY1
        MOV   A,#00001000B
        MOV   DPTR,#PORT_B
        MOVX  @DPTR,A
        JMP   MAIN
_DEC_BUSY1:
        CJNE  A,#11000000B,_DEC_BUSY2
        MOV   A,DTMF
        JMP   REC_NUMBER
_DEC_BUSY2:
        JMP   MAIN
;-------------------------------------------------------------------------;
;############## Number recive ###############################################;
;-------------------------------------------------------------------------;
REC_NUMBER:

        CALL  LINE1_LCD
        MOV   DPTR,#DATA5
        CALL  WRITE_16CHAR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL   LINE2_LCD
        MOV    DPTR,#DATA6
        CALL   WRITE_16CHAR
        CALL   LINE3_LCD
        MOV    DPTR,#DATA7
        CALL   WRITE_16CHAR
        CALL   LINE4_LCD
        MOV    DPTR,#DATA8
        CALL   WRITE_16CHAR
        CALL   DELAY_500mS
        MOV    R0,#04H

_L_RDTMF:    MOV    A,R0
        CJNE   A,#04H,_NUMDTMF1
        MOV    NUM_TRUNK1,DTMF
        JMP    _NUMDTMF4

_NUMDTMF1:
        CJNE   A,#03H,_NUMDTMF2
        MOV    NUM_TRUNK2,DTMF
        JMP    _NUMDTMF4

_NUMDTMF2:
        CJNE   A,#02H,_NUMDTMF3
        MOV    NUM_TRUNK3,DTMF
        JMP    _NUMDTMF4

_NUMDTMF3:
        CJNE   A,#01H,_NUMDTMF4
        MOV    NUM_TRUNK4,DTMF
_NUMDTMF4:
        DJNZ   R0,_L_RDTMF

_LCHK_DTMF:
        MOV    DPTR,#PORT_B
        MOVX   A,@DPTR
        ANL    A,#11000000B
        CJNE   A,#01000000B,_DEC_BUSY3
        MOV    A,#00001000B
        MOV    DPTR,#PORT_B
        MOVX   @DPTR,A
        JMP    MAIN
_DEC_BUSY3:
        CJNE   A,#11000000B,_DEC_BUSY4
        MOV    DPTR,#SOUND_ADD2
        MOV    A,#05H
        MOVX   @DPTR,A
        CALL   PLAY_SOUND


        MOV    DTMF,NUM_TRUNK1
        CALL   DELAY_500mS
        MOV    DTMF,NUM_TRUNK2
        CALL   DELAY_500mS
        MOV    DTMF,NUM_TRUNK3
        CALL   DELAY_500mS
        MOV    DTMF,NUM_TRUNK4
        CALL   DELAY_500mS

        MOV    DPTR,#PORT_B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOVX   A,@DPTR
        ANL    A,#11000000B
        CJNE   A,#01000000B,_DEC_BUSY5
        MOV    A,#00001000B
        MOV    DPTR,#PORT_B
        MOVX   @DPTR,A
        JMP    MAIN
_DEC_BUSY5:

        MOV    DPTR,#SOUND_ADD2
        MOV    A,#25H
        MOVX   @DPTR,A
        CALL   PLAY_SOUND

        JMP    _LCHK_DTMF
_DEC_BUSY4:

        JMP    MAIN

;-------------------------------------------------------------------------;
;############## LCD rountine ##############################################;
;-------------------------------------------------------------------------;
LINE1_LCD:    PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        MOV    DATA_TO_LCD,#00H
        CALL   SET_DDRAM_LCD
        POP    DPL
        POP    DPH
        RET
LINE2_LCD:    PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        MOV    DATA_TO_LCD,#40H
        CALL   SET_DDRAM_LCD
        POP    DPL
        POP    DPH
        RET
LINE3_LCD:    PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        MOV    DATA_TO_LCD,#10H
        CALL   SET_DDRAM_LCD
        POP    DPL
        POP    DPH
        RET
LINE4_LCD:    PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        MOV    DATA_TO_LCD,#50H
        CALL   SET_DDRAM_LCD
        POP    DPL
        POP    DPH
        RET

WRITE_16CHAR:  PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        MOV    R0,#15D

        MOV    A,#00H
        MOVC   A,@A+DPTR
_L16CHAR:     CALL   WRITE_CHAR
        INC    DPTR
        MOV    A,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOVC   A,@A+DPTR

        DJNZ   R0,_L16CHAR

        POP    DPL
        POP    DPH
        RET

WRITE_CHAR:   PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        MOV    DPTR,#WR_LCD
        CALL   OUT_TO_LCD
        POP    DPL
        POP    DPH
        RET


CLEAR_LCD:    PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        MOV    DPTR,#COMM_LCD
        MOV    A,#01H    ; CLEAR DISPLAY
        CALL   OUT_TO_LCD
        POP    DPL
        POP    DPH
        RET

CUR_HOME_LCD:  PUSH   DPH
        POP    DPL
        MOV    DPTR,#COMM_LCD
        MOV    A,#02H    ; RETUNE CURSOR TO HOME
        CALL   OUT_TO_LCD
        POP    DPL
        POP    DPH
        RET

ENT_MODE_LCD:  PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        MOV    DPTR,#COMM_LCD
        MOV    A,#06H    ; ENTRY MODE SET
        CALL   OUT_TO_LCD
        POP    DPL
        POP    DPH
        RET

OFF_LCD:      PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        MOV    DPTR,#COMM_LCD
        MOV    A,#0BH
        CALL   OUT_TO_LCD
        POP    DPL
        POP    DPH
        RET
ON_LCD:       PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        MOV    DPTR,#COMM_LCD
        MOV    A,#0FH
        CALL   OUT_TO_LCD
        POP    DPL
        POP    DPH
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
OFF_CURSOR:   PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        MOV    DPTR,#COMM_LCD
        MOV    A,#0CH
        CALL   OUT_TO_LCD
        POP    DPL
        POP    DPH
        RET


FUNC_LCD:     PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        MOV    DPTR,#COMM_LCD
        MOV    A,#38H
        CALL   OUT_TO_LCD
        POP    DPL
        POP    DPH
        RET

SET_CGRAM_LCD:
        PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        MOV    DPTR,#COMM_LCD
        MOV    A,#7FH
        ANL    A,DATA_TO_LCD
        CALL   OUT_TO_LCD
        POP    DPL
        POP    DPH
        RET

SET_DDRAM_LCD:
        PUSH   DPH
        POP    DPL
        MOV    DPTR,#COMM_LCD
        MOV    A,#80H
        ORL    A,DATA_TO_LCD
        CALL   OUT_TO_LCD
        PUSH   DPL
        POP    DPL
        RET


OUT_TO_LCD:
        CALL   WAIT
        MOVX   @DPTR,A
        RET

WAIT:       PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        PUSH   ACC
        MOV    DPTR,#BUSY_LCD
LOOP_WAIT:    MOVX   A,@DPTR
        JB     ACC.7,LOOP_WAIT
        POP    ACC
        POP    DPL
        POP    DPH
        RET

DATA1:      DB     " TRUNKED SYSTEM "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DATA2:      DB    " Passward (ENT) "
DATA3:      DB    " * * * *      "
DATA4:      DB    "              "
DATA5:      DB    "  Ext.Number   "
DATA6:      DB    "  1490         "
DATA7:      DB    " Trunked Number "
DATA8:      DB    "  700471       "
DATA9:      DB    "  Ext , Trunked "
DATA10:     DB    " 1490 = 700471  "
DATA11:     DB    " 1491 = 700472  "
DATA12:     DB    " 1492 = 700473  "


;-------------------------------------------------------------------------;
;############## Sound rountine ###########################################;
;-------------------------------------------------------------------------;

START_SOUND:
        MOV    DPTR,#PORT_B
        MOVX   A,@DPTR
        CLR    ACC.6
        MOVX   @DPTR,A
        CALL   DELAY_500mS
        SETB   ACC.6          ;ACL
        MOVX   @DPTR,A


        SETB   ACC.5          ;REC
        SETB   ACC.4          ;STR
        CLR    ACC.7          ;Stop
        MOVX   @DPTR,A

        RET
    ;-----------------------------;

STOP_SOUND:
        MOV    DPTR,#PORT_B
        MOVX   A,@DPTR
        CLR    ACC.6
        MOVX   @DPTR,A

        SETB   ACC.6          ;ACL
        CLR    ACC.5          ;REC
        CLR    ACC.4          ;STR
        SETB   ACC.7          ;Stop
        MOVX   @DPTR,A

        RET
    ;-------------------------------;

PLAY_SOUND:
        MOV    DPTR,#PORT_B
        MOVX   A,@DPTR
        CLR    ACC.6
        MOVX   @DPTR,A

        SETB   ACC.6          ;ACL
        CLR    ACC.5          ;REC
        SETB   ACC.4          ;STR
        CLR    ACC.7          ;Stop
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOVX   @DPTR,A

        RET
;-------------------------------------------------------------------------;
;############## Delay rountine ###################################################;
;-------------------------------------------------------------------------;
DELAY_500mS:
        PUSH   05H
        PUSH   06H
        PUSH   07H
        MOV    R5,#0FAH
_500mS2:    MOV    R6,#0DEH
_500mS1:    MOV    R7,#03H
        DJNZ   R7,$
        DJNZ   R6,_500mS1
        DJNZ   R5,_500mS2
        POP    07H
        POP    06H
        POP    05H
        RET
   ;-----------------------------------------------------------;
DELAY_250mS:
        PUSH   05H
        PUSH   06H
        PUSH   07H
        MOV    R5,#07DH
_250mS2:    MOV    R6,#0DEH
_250mS1:    MOV    R7,#03H
        DJNZ   R7,$
        DJNZ   R6,_250mS1
        DJNZ   R5,_250mS2
        POP    07H
        POP    06H
        POP    05H
        RET
   ;-----------------------------------------------------------;
DELAY_50mS:
        PUSH   06H
        PUSH   07H
        MOV    R6,#64H
_50mS:      MOV    R7,#0FAH
        DJNZ   R7,$
        DJNZ   R6,_50mS
        POP    07H
        POP    06H
        RET

        END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

1. กมล น้อยทองเล็ก กอบชัย เดชหาญ, "การเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียกระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับลูกข่ายของระบบวิทยุบริการเฉพาะกลุ่ม," วิศวสารลาดกระบัง, ปีที่ 16, ฉบับที่ 3 หน้า 84-89, กันยายน 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายกมล น้อยทองเล็ก เกิดเมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม 2497 ที่จังหวัดลำปาง สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) จากวิทยาลัยครูพระนคร ปีการศึกษา 2536

ปี พ.ศ. 2522 เข้ารับราชการในตำแหน่ง ช่างสื่อสาร 2 สังกัดกองสื่อสาร ฝ่ายบังคับการบินการท่าอากาศยานแห่งประเทศไทย ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง หัวหน้างานช่างสื่อสารท่าอากาศยานสังกัดฝ่ายสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ การท่าอากาศยานแห่งประเทศไทย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้