การออกแบบและพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย

DESIGN AND DEVELOPMENT OF WIRELESS PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

T 029087

นายวิโรจน์ ธนโชติชัยกุล

MR. VIROJ TANACHOTCHAIYAKUL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2540

ISBN 974-622-051-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่ JF
เลขทะเบียน 29087
วัน, เดือน, ปี 18 พ.ย. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND DEVELOPMENT OF WIRELESS PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

VIROJ TANACHOTCHAIYAKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MUNGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1997

ISBN 974-622-051-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย
นักศึกษา	นายวิโรจน์ ธนโชติชัยกุล
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ถวิล พึ่งมา
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.	2540

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการออกแบบและพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย ที่ได้นำเอาคลื่นความถี่วิทยุมาใช้ในการติดต่อระหว่างเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายกับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย โดยใช้มาตรฐานการทำงานตาม FCC กำหนด มีย่านความถี่ในการรับและส่งสัญญาณที่ 46-49 เมกกะเฮิร์ต โดยแบ่งออกเป็นช่องสัญญาณจำนวน 6 ช่องสัญญาณ ใช้หลักการแบ่งความถี่แบบ FDM (Frequency Division Multiplex) ใช้ติดต่อสื่อสารกับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายทั้งหมดจำนวน 6 คู่สาย และสามารถเชื่อมต่อกับคู่สายขององค์การโทรศัพท์จำนวน 1 คู่สาย ใช้กำลังส่งไม่เกิน 100 มิลลิวัตต์ มีไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมการเชื่อมต่อของสัญญาณวิทยุ ระหว่างเครื่องชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย สามารถให้บริการฟังก์ชั่นพิเศษต่างๆ เช่น การโอนสาย การรอสาย การติดต่อภายในด้วยหมายเลขเดียว และการประชุมร่วมแบบ 3 คู่สาย อันจะทำให้เกิดการทำงานที่สมบูรณ์แบบของชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายอีกทั้งเป็นการใช้งานคู่สายโทรศัพท์ให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์ในการใช้งานสูงสุด

Thesis Title	Design and Development of Wireless Private Automatic Branch Exchange
Student	Mr. Viroj Tanachotchaiyakul
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Tawil Puangma
Level of Study	Master of Engineering in Electrical Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Year	1997

Abstract

This Thesis describes the Design and Development of Wireless Private Automatic Branch Exchange (WPABX) to use radio transceiver WPABX and telephone sets to meet with FCC standard by using 46-49 MHz transceiving frequency range. The 6 channels FDM (Frequency Division Multiplex) are used for 6 extensions with capable to connect with the TOT (Telephone Organization of Thailand) line. The output power of transmitter is 100 milliwatts, and use microprocesser for control cross connect among WPABX and those extension with several functions, for example emergency call by using one touch and conference call etc., for more and more useful to use the TOT line.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ก็เนื่องมาจากได้รับความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ถวิล พึ่งมา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองตลอดจนคำแนะนำต่างๆ เป็นอย่างดียิ่งรวมทั้ง ศาสตราจารย์ มนูญ สุขเกษม และอาจารย์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้กับศิษย์ในการศึกษาระดับต่างๆ และมูลนิธิเพื่อการศึกษาคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร (C&C) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาในปี 2536 และปี 2537 และทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ จากบัณฑิตวิทยาลัย สจล.

นอกจากนี้แล้วผู้เขียนขอขอบพระคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์นี้ อีกทั้งคุณแม่ประยูรและคุณพ่อชุ้น ที่ให้โอกาสกับลูกสำหรับการศึกษาเล่าเรียนและคอยให้กำลังใจต่างๆ ในการศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิตนี้

ขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัยและสิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหลายช่วยดลบันดาลให้ทุกท่านที่ได้กล่าวถึงนี้ จงประสบแต่ความสำเร็จและมีความสุขความเจริญในชีวิตและหน้าที่การงานทุกประการ

วิโรจน์ ธนโชติชัยกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VII

บทที่

1. บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 3

หลักการใหม่ที่นำเสนอเปรียบเทียบกับหลักการเดิม 4

2. เทคโนโลยีของระบบชุมสายโทรศัพท์ WPABX 7

ชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่า ต่อเข้าโดยตรง 7

ชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่า ต่อเข้าโดยตรง 8

มาตรฐานของระบบชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย 11

3. โครงสร้างและหลักการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ WPABX 15

โครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX 15

โครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์ 16

การทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX 18

โครงสร้างทางด้านซอฟท์แวร์ 21

การทำงานของโปรแกรมของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX 22

4. การออกแบบชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย 28

โครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ที่ได้ออกแบบขึ้น 28

หลักการทำงานทั่วไปของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX 29

การออกแบบส่วนประมวลผลกลาง 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	การออกแบบส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายภายนอก	35
	การออกแบบส่วนเชื่อมต่อเสียงพูด	37
	การออกแบบส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายใน	37
	การออกแบบส่วนสร้างสัญญาณ	40
	การออกแบบส่วนจ่ายไฟเลี้ยงของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX	42
	การออกแบบโครงสร้างส่วนเชื่อมต่อทางคลื่นวิทยุระหว่าง WPABX	43
	การออกแบบโครงสร้างส่วนโทรศัพท์ลูกข่าย	47
	โครงสร้างและการออกแบบทางซอฟท์แวร์	52
5.	การทดสอบและผลการทดสอบ	63
	การทดสอบส่วนชุมสายโทรศัพท์ WPABX	64
	การทดสอบส่วนโทรศัพท์ลูกข่าย	71
6.	บทสรุปและข้อเสนอแนะ	76
	บรรณานุกรม	78
	ภาคผนวก	80
	ภาคผนวก (ก)	81
	ภาคผนวก (ข)	83
	ภาคผนวก (ค)	108
	ประวัติผู้เขียน	119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการจัดแบ่งความถี่ของชุมสายโทรศัพท์ WPABX	14
2	แสดงรหัสข้อมูลประจำเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายภายในชุมสายโทรศัพท์	26
3	แสดงข้อมูลของสัญญาณเรียกประจำเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย	27
4	แสดงคุณสมบัติทั่วๆ ไปของชุมสายโทรศัพท์ WPABX	29
5	แสดงฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ ของชุมสายโทรศัพท์ WPABX	30
6	แสดงความถี่ของคริสตอลที่ใช้กับช่องสัญญาณมาตรฐานของชุมสายโทรศัพท์ WPABX ในวงจรมอดูเลเตอร์ของตัวชุมสาย	46
7	แสดงความถี่ของคริสตอลที่ใช้กับช่องสัญญาณมาตรฐานของชุมสายโทรศัพท์ WPABX ในวงจรดีมอดูเลทของตัวชุมสาย	47
8	แสดงความถี่ของคริสตอลที่ใช้กับช่องสัญญาณมาตรฐานของชุมสายโทรศัพท์ WPABX ในวงจรมอดูเลเตอร์ของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย	51
9	แสดงความถี่ของคริสตอลที่ใช้กับช่องสัญญาณมาตรฐานของชุมสายโทรศัพท์ WPABX ในวงจรดีมอดูเลทของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย	51
10	แสดงรหัสข้อมูลของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่ได้จากการทดสอบ	68
11	แสดงข้อมูลของสัญญาณเรียกของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่ได้จากการทดสอบ	70
12	แสดงระดับของสัญญาณที่ระยะทางต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบ	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

1. แสดงโครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX 4
2. แสดงลักษณะของโครงข่ายโทรศัพท์ 8
3. แสดงมาตรฐานของความถี่ของสัญญาณ DTMF ที่ใช้แทนตัวเลข 13
4. แสดงโครงสร้างของเครื่องโทรศัพท์ WPABX 16
5. แสดงย่านความถี่ใช้งานของชุมสายโทรศัพท์ WPABX 19
6. แสดงโครงสร้างของโปรแกรมควบคุมของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX 21
7. แสดงโครงสร้างของแฟล็กที่ใช้แสดงสถานะของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายภายในชุมสาย 25
8. แสดงวงจรส่วนประมวลผลกลาง 33
9. แสดงวงจรเชื่อมต่อกับคู่สายภายนอก 36
10. แสดงลักษณะการเชื่อมต่อของส่วน Speech path 38
11. แสดงวงจรเชื่อมต่อกับคู่สายภายในของชุมสายโทรศัพท์ WPABX 39
12. แสดงวงจรสร้างสัญญาณของชุมสายโทรศัพท์ WPABX 41
13. แสดงวงจรส่วนจ่ายไฟเลี้ยง 42
14. แสดงบล็อกไดอะแกรมของส่วนเชื่อมต่อด้วยคลื่นวิทยุ 44
15. แสดงวงจรของส่วนเชื่อมต่อด้วยคลื่นวิทยุ 45
16. แสดงบล็อกไดอะแกรมของส่วนโทรศัพท์ลูกข่าย 49
17. แสดงวงจรของส่วนโทรศัพท์ลูกข่าย 50
18. แสดงโฟล์วชาร์ทโปรแกรมการทำงานหลักของการให้บริการของชุมสาย WPABX 53
19. แสดงโฟล์วชาร์ทโปรแกรมการทำงานหลักของการตรวจเช็คอินเตอร์รัพท์ 54
20. แสดงโฟล์วชาร์ทย่อยโปรแกรมของการตรวจสอบการยกแฮนด์เซ็ต 55
21. แสดงโฟล์วชาร์ทย่อยของการตรวจสอบการวางแฮนด์เซ็ต 56
22. แสดงโฟล์วชาร์ทย่อยของการตรวจสอบการอินเตอร์รัพท์ 0 57
23. แสดงโฟล์วชาร์ทย่อยของการตรวจสอบการอินเตอร์รัพท์ 1 58
24. แสดงโฟล์วชาร์ทการทำงานส่วนเชื่อมต่อระหว่างWPABX กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย 59
25. แสดงโฟล์วชาร์ทโปรแกรมส่วนเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

26. แสดงการต่อใช้งานชุมสายโทรศัพท์ WPABX เข้ากับโครงข่ายโทรศัพท์ 63
27. แสดงวงจรภาครับของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX 65
28. แสดงการต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบความไวในการรับสัญญาณของเครื่องชุมสายWPABX 66
29. แสดงผลจากการทดสอบการรับสัญญาณทดสอบจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ 66
30. แสดงจุดทดสอบวัดรหัสของข้อมูลของเครื่องโทรศัพท์ 67
31. แสดงสัญญาณรหัสข้อมูลประจำเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายเครื่องที่ 1 68
32. แสดงลักษณะของการทดสอบการเรียกโทรศัพท์จากเครื่อง A ไปยังเครื่อง B 69
33. แสดงข้อมูลสัญญาณเรียกลูกข่ายเครื่องที่ 2 ที่ส่งออกมาจากเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX 70
34. แสดงสัญญาณที่วัดได้จากเครื่อง Radio Test Set 72
35. กราฟแสดงผลของจากการทดสอบระยะทางการใช้งานของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย 73
36. แสดงเครื่องต้นแบบของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ที่ได้ออกแบบขึ้น 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

เทคโนโลยีของระบบการติดต่อสื่อสารในปัจจุบันนั้น มีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบ เช่น โทรศัพท์ โทรสาร โทรภาพ หรือการส่งข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านโมเด็ม โดยลักษณะของการติดต่อสื่อสารนั้น ก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมตามลักษณะของการใช้งาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ระบบโทรศัพท์ก็เป็นการสื่อสารอีกรูปแบบหนึ่งที่มีความจำเป็นในการติดต่อสื่อสารในยุคปัจจุบัน ดังจะเห็นได้จากวิวัฒนาการของโทรศัพท์ตั้งแต่ยุคของชุมสายโทรศัพท์ระบบครอสบาร์ (Cross bar) จนปัจจุบันเป็นโทรศัพท์ระบบ ISDN ที่สามารถรับ-ส่ง ได้ทั้งสัญญาณภาพ เสียงและสัญญาณข้อมูล เป็นต้น การที่จะทำให้การใช้งานคู่สายโทรศัพท์ให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุดก็คือ การนำมาใช้กับระบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติ หรือ PABX (Private Automatic Branch Exchange) เพื่อเป็นการกระจายคู่สายโทรศัพท์ที่มีอยู่จำกัดให้สามารถใช้งานได้อย่างทั่วถึง เพิ่มความสะดวกสบาย และประหยัดค่าใช้จ่าย เช่น ในกรณีที่ใช้โทรศัพท์โทรติดต่อกันภายใน ก็ไม่จำเป็นต้องเสียค่าโทรศัพท์ให้กับองค์การโทรศัพท์ เป็นต้น แต่เครื่องชุมสายโทรศัพท์ PABX ที่มีใช้ส่วนใหญ่ยังเป็นแบบใช้สายอยู่ ทำให้เกิดความยุ่งยากในการติดตั้งที่จะต้องเดินสายนำสัญญาณจากเครื่องชุมสายโทรศัพท์ไปยังเครื่องโทรศัพท์ ที่จะต้องนำไปติดตั้งตามที่ต่าง ๆ เช่นการนำไปติดตั้งใน โรงงานอุตสาหกรรม ที่มีเครื่องจักรมาก ๆ หรือ ในโรงงานที่มีบริเวณพื้นที่กว้างมาก ๆ อาจเกิดการรบกวนของสัญญาณในคู่สายที่มีจำนวนมากเกินไป อาจเนื่องมาจากการเดินสายไม่เป็นระเบียบหรือแม้แต่ในสำนักงานที่มีการติดตั้ง PABX ใช้งานอยู่แล้วเมื่อต้องการขยายปริมาณการใช้งานคู่สายโทรศัพท์เพิ่มเติมก็ไม่สามารถทำได้สะดวก เนื่องจากในพื้นที่บางแห่งที่มีการวางโครงข่ายสายฝังไว้ในผนังเมื่อจะทำการติดตั้งเพิ่มเติมก็ทำได้ไม่สะดวกหรือไม่เป็นระเบียบขาดความสวยงาม และข้อเสียอีกอย่างหนึ่งก็คือตัวเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายไม่สามารถเคลื่อนย้ายไปไหนมาไหนได้ไกล ๆ จำเป็นจะต้องติดตั้งประจำอยู่ตามจุดนั้น ๆ ทำให้บางครั้งใช้งานได้ไม่สะดวก

ดังนั้นเพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งานและลดความยุ่งยากในการติดตั้งเครื่องชุมสายโทรศัพท์ PABX แบบเดิม จึงได้ทำการวิจัยและพัฒนาเป็นเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตโนมัติแบบไร้สาย หรือเรียกว่า WPABX (Wireless Private Automatic Branch Exchange) ซึ่งนำโครงข่ายของคลื่นวิทยุย่าน 46-49 MHz มาใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่เป็นระบบโทรศัพท์ไร้สาย จะใช้งานอยู่ในรัศมี 200 - 300 เมตร ทำให้เกิดความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและการพกพา โดยเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX มีไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นส่วนควบคุมการทำงาน ทำให้ตัวเครื่องมีขนาดเล็ก มีประสิทธิภาพการทำงานที่สูง มีความเที่ยงตรงและแม่นยำในการใช้งาน

สำหรับรายละเอียดของวิทยานิพนธ์ได้แบ่งเป็นบทต่างๆ ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ จะกล่าวถึงวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัยนี้

บทที่ 2 จะเป็นบทที่กล่าวถึงเทคโนโลยีของชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติตั้งแต่ความรู้เบื้องต้นที่เกี่ยวกับระบบชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติทั่ว ๆ ไป จนมาถึงชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายที่ได้ทำการวิจัยนี้ ลักษณะของสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในระบบโทรศัพท์ตามมาตรฐานที่องค์การโทรศัพท์ฯ กำหนด ลักษณะการเชื่อมต่อของวงจรสวิทชิ่งภายในเครื่องชุมสายโทรศัพท์และส่วนสุดท้ายในบทนี้จะกล่าวถึงการเชื่อมต่อกับคู่สายขององค์การโทรศัพท์ของชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายนี้

บทที่ 3 เป็นบทที่กล่าวโครงสร้างและการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย (WPABX) ทั้งโครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์และโครงสร้างทางด้านซอฟท์แวร์ นอกจากนี้จะกล่าวถึงย่านความถี่ใช้งานของชุมสายโทรศัพท์ WPABX รวมถึงหลักการทำงานในส่วนของโปรแกรมที่ได้ออกแบบขึ้น

บทที่ 4 เป็นบทที่กล่าวถึงการออกแบบ WPABX ในส่วนต่างๆ ทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟท์แวร์ โดยจะประกอบไปด้วยโครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางแบบไร้สายและรายละเอียดของการออกแบบในส่วนต่างๆ

บทที่ 5 เป็นบทที่จะกล่าวถึงวิธีการทดสอบและผลของการทดสอบของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX นี้ โดยในส่วนของวิธีการทดสอบจะอธิบายลักษณะของการทดสอบและมีผลของการทดสอบประกอบคำอธิบาย

บทที่ 6 เป็นบทที่จะสรุปรายละเอียดของวิทยานิพนธ์ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบการทดสอบและข้อเสนอแนะที่น่าสนใจสำหรับการพัฒนา WPABX ต่อไปในอนาคต

ส่วนสุดท้ายของปริญญานิพนธ์จะเป็นภาคผนวกที่ผู้เขียนได้นำเสนอโปรแกรมที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เชื่อมต่อคู่สายและส่วนประมวลผลของ WPABX นี้ รวมทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานของความถี่ที่นำมาใช้งานตามมาตรฐานที่ FCC (Federal Communication Commission) กำหนด

อธิบายปัญหาที่กำลังศึกษาอยู่ของวิทยานิพนธ์

ในปัจจุบันชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติที่ใช้กันอยู่ทั่วไปส่วนมากจะเป็นแบบที่ต้องใช้สายนำสัญญาณเชื่อมต่อระหว่างเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติไปยังเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย ทำให้การนำไปใช้งานในบางครั้งหรือในบางสถานที่จะเกิดปัญหา เช่น อาคารที่มีบริเวณกว้างหรือในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งทำให้การติดตั้งโครงข่ายของสายนำสัญญาณไม่สะดวกเกิดความเสียหายได้ง่ายและยากต่อการบำรุงรักษา

ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้เสนอผลงานวิจัยและพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติให้เป็นแบบไร้สาย ที่ได้นำคลื่นความถี่วิทยุย่าน 46-49 MHz มาใช้ในการติดต่อระหว่างเครื่องชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องลูกข่ายแทนการเดินสายนำสัญญาณ

ทำไมปัญหานี้ถึงน่าสนใจ

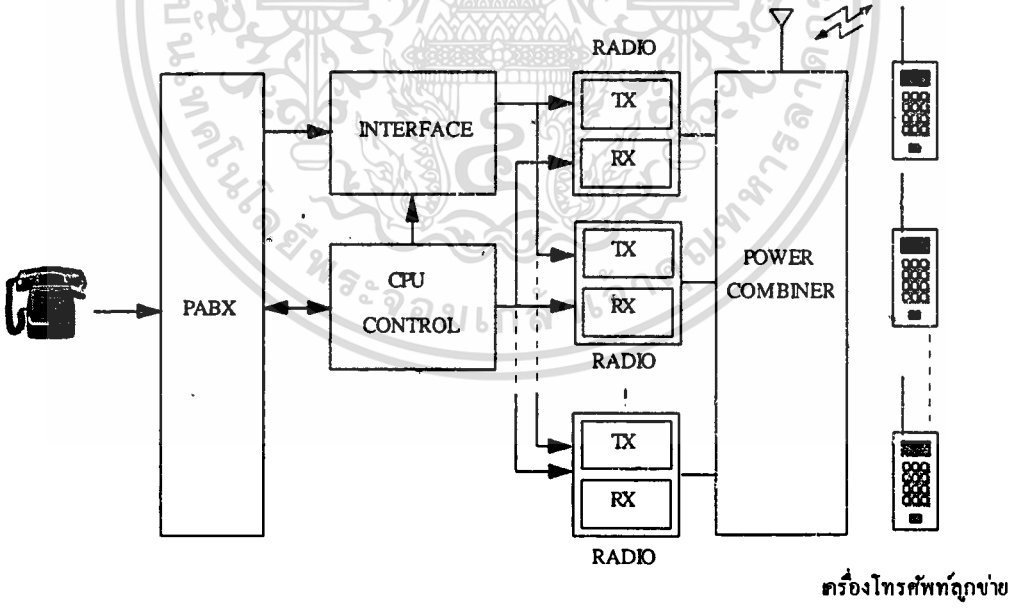
เนื่องจากการติดตั้งโครงข่ายสายของชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติทั่วๆไปนั้น เมื่อต้องการนำไปติดตั้งใช้งานในพื้นที่ที่มีบริเวณกว้างมาก ๆ ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการติดตั้งโครงข่ายสายและเกิดความยุ่งยาก เช่น เมื่อนำไปติดตั้งในบริเวณโรงงานอุตสาหกรรมที่มีเครื่องจักรเป็นจำนวนมากหรือในสถานที่ที่ทำให้การเดินสายนำสัญญาณไม่สะดวก ทำอย่างไรจึงจะแก้ปัญหาเหล่านี้ให้หมดไปและยังทำให้เกิดความสะดวกในการนำไปใช้งานเนื่องจากการติดตั้งใช้งานระบบชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติทั่ว ๆ ไปนั้น ปัญหาอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นก็คือ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งโครงข่ายสายนำสัญญาณของระบบจะต้องเสียค่าใช้จ่ายที่สูงถึงสองในสามของค่าใช้จ่ายทั้งหมด จึงได้เกิดแนวความคิดที่จะลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ลงไป อีกทั้งยังเป็นแนวทางพื้นฐานในการที่จะพัฒนาระบบชุมสายโทรศัพท์ไปสู่ระบบโทรศัพท์ ISDN ในอนาคต จึงได้ทำการวิจัยและพัฒนาเป็นชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการออกแบบและพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายให้เป็นอุตสาหกรรมภายในประเทศลดการนำเข้าจากต่างประเทศได้อีกทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการใหม่อะไรที่นำเสนอ

หลักการใหม่ที่นำมาเสนอก็คือ การพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติ ปลายทางอัตโนมัติ (PABX) แบบธรรมดา ให้เป็นแบบไร้สาย โดยนำคลื่นความถี่วิทยุมาใช้ในการติดต่อระหว่างเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายกับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายตามมาตรฐานของ FCC ซึ่งได้นำหลักการของการแบ่งช่องสัญญาณความถี่ (Frequency Division Multiplex : FDM) มาใช้ ทำให้เครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายนี้ สามารถที่จะนำไปใช้ในสถานที่ต่างๆ ได้สะดวกกว่าเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติทั่วๆ ไป ดังภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ที่ได้สร้างขึ้น

ภาพที่ 1



แสดงโครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และนอกจากเทคนิคของการแบ่งความถี่ใช้งานในแต่ละช่องความถี่ของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย ที่แน่นอนแล้วยังสามารถกำหนดรหัสข้อมูลที่เป็นรหัสแบบดิจิตอล ให้เป็นรหัสประจำเครื่องสำหรับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่องได้ โดยใช้เทคนิคการส่งข้อมูลในรูปแบบของสัญญาณ FSK (Frequency Shift Keying) เนื่องจากในตัวเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่องนั้นจะมี CPU เป็นส่วนประกอบสำคัญ ทำให้สามารถกำหนดให้เครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายส่งข้อมูลที่เป็นรหัสประจำเครื่องออกมาทุกครั้ง เมื่อจะทำการติดต่อกับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX หรือเรียกว่าสัญญาณนำร่อง (Pilot Signal) และทางด้านเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ก็จะรับรหัสเข้ามาประมวลผล เมื่อรหัสตรงกันจึงจะทำการเชื่อมต่อช่องสัญญาณให้กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายส่วนการส่งสัญญาณเรียกไปให้กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่องนั้นก็จะกำหนดเป็นลักษณะของรหัสข้อมูลเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการรับสัญญาณเรียกผิดพลาดในกรณีที่เครื่องโทรศัพท์อยู่ใกล้กัน เนื่องจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่เป็นโทรศัพท์แบบไร้สายนั้นจะไม่ได้รับสัญญาณเรียก (Ringing Signal) เข้ามาโดยตรงจากคู่สายภายนอก แต่จะรับเป็นสัญญาณข้อมูลเข้ามาและกำเนิดเสียงสัญญาณเรียกขึ้นมาเองที่ตัวเครื่องโทรศัพท์มือถือ ซึ่งแต่เดิมมักนิยมใช้การส่งสัญญาณเรียกนี้เป็นลักษณะของสัญญาณความถี่ที่แตกต่างกัน อยู่ในช่วง 700 Hz ถึง 1 KHz มอดูเลตไปกับคลื่น FM ทำให้การป้องกันการรบกวนกันของสัญญาณเรียกนั้นไม่ได้ผลเท่าที่ควรแต่เทคนิคใหม่ที่นำเสนอนี้จะใช้การส่งสัญญาณเรียกเป็นรหัสข้อมูลดิจิตอลขนาด 4 บิต สำหรับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่องให้แตกต่างกัน ทำให้การป้องกันการรบกวนของสัญญาณเรียกหรือการรับสัญญาณเรียกผิดพลาดไม่เกิดขึ้นโดยเด็ดขาด การเรียกก็จะเป็นไปอย่างถูกต้องและแม่นยำทุกครั้ง ซึ่งจะทำให้การใช้งานเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่องไม่เกิดการรบกวนกัน และป้องกันการนำเครื่องโทรศัพท์จากที่อื่นมาใช้งานในชุมสายโทรศัพท์ WPABX

เปรียบเทียบกับหลักการที่มีอยู่เดิม

หลักการของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบเดิมมีการติดต่อระหว่างเครื่องชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องลูกข่ายเป็นแบบใช้สายนำสัญญาณ ส่วนเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ จะใช้การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายกับเครื่องลูกข่ายด้วยคลื่นความถี่วิทยุย่าน Citizen band ตามมาตรฐานของ FCC ทำให้การติดต่อสื่อสารด้วยโทรศัพท์เกิดความสะดวกและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งาน สำหรับจุดเด่นอีกอย่างหนึ่งของชุมสายโทรศัพท์ WPABX ก็คือ ได้นำเอา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิทช์อิเลคทรอนิคส์ ซึ่งมีขนาดเล็กมาใช้ในการเชื่อมต่อช่องสัญญาณในวงจรเชื่อมต่อเสียงพูด (Speech Path) โดยจัดให้อยู่ในรูปแบบของ Matrix Switch แทนครอสพ้อยท์สวิทช์ (Cross Point Switch) แบบเดิม ที่ทำงานในฟังก์ชั่น ON หรือ OFF ได้เท่านั้น มาเป็นชิพไอซี Switch Multiplexer ที่สามารถรับรหัสข้อมูลขนาด 4 บิต เพื่อกำหนดการเชื่อมต่อช่องสัญญาณตามคำสั่งของส่วนควบคุมกลางได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ทั้งนี้เนื่องจากในการเชื่อมต่อช่องสัญญาณให้กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายนั้น จะต้องมีการอ่านรหัสประจำเครื่องโทรศัพท์เข้ามาประมวลผลร่วมด้วย โดยการกำหนดรหัสประจำเครื่องนั้น จะกำหนดเป็นรหัสข้อมูลดิจิตอลขนาด 4 บิต ในลักษณะของสัญญาณ FSK เพื่อให้ส่วนควบคุมกลางติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่องได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งแต่เดิมนั้นจะใช้เพียงการแบ่งความถี่เพียงอย่างเดียว ทำให้เมื่อนำเครื่องโทรศัพท์ที่มีช่องสัญญาณความถี่ใกล้เคียงกันมาใช้งานก็จะเกิดการรบกวนกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เทคโนโลยีของระบบชุมสายโทรศัพท์ WPABX

ชุมสายโทรศัพท์ WPABX เป็นชุมสายโทรศัพท์ประเภทใด

ชุมสายโทรศัพท์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ประเภทแรกเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ซึ่งได้แก่ ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น (Local Exchange) และตู้สาขา หรือ PABX (Private Automatic Branch Exchange) ส่วนประเภทที่ 2 เป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ได้แก่ ชุมสายแทนเด็ม (Tandem Exchange) และชุมสายต่อผ่านทางไกล (Transit Exchange)

1. ชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง

1.1 ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น (Local Exchange) หมายถึง ชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ชุมสายชนิดนี้จะมีขนาดตั้งแต่หลายร้อยหมายเลขขึ้นไปจนถึงหมื่นหมายเลข หรืออาจจะมากกว่านั้นก็ได้

1.2 PABX (Private Automatic Branch Exchange) รวมทั้งชุมสายโทรศัพท์แบบไร้สาย (WPABX) เป็นชุมสายโทรศัพท์ที่มีลักษณะคล้ายกันกับชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น แต่การใช้งานจะใช้ติดต่อกันภายในสำนักงาน หรือสถานที่ที่เป็นส่วนบุคคล โดยไม่ต้องผ่านชุมสายท้องถิ่น ตู้สาขานั้นจะสามารถให้บริการพิเศษ (Special Service) แก่หมายเลขสมาชิกภายในชุมสาย (Subscriber) ได้หลายอย่างด้วยกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของแต่ละชุมสายนั้น ๆ การบริการพิเศษดังกล่าวนั้นก็ได้แก่ การย่อเลขหมาย (Abbreviated Dialling) การเรียกกลับอัตโนมัติ (Automatic Callback) การประชุมทางโทรศัพท์ (Conference Call) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

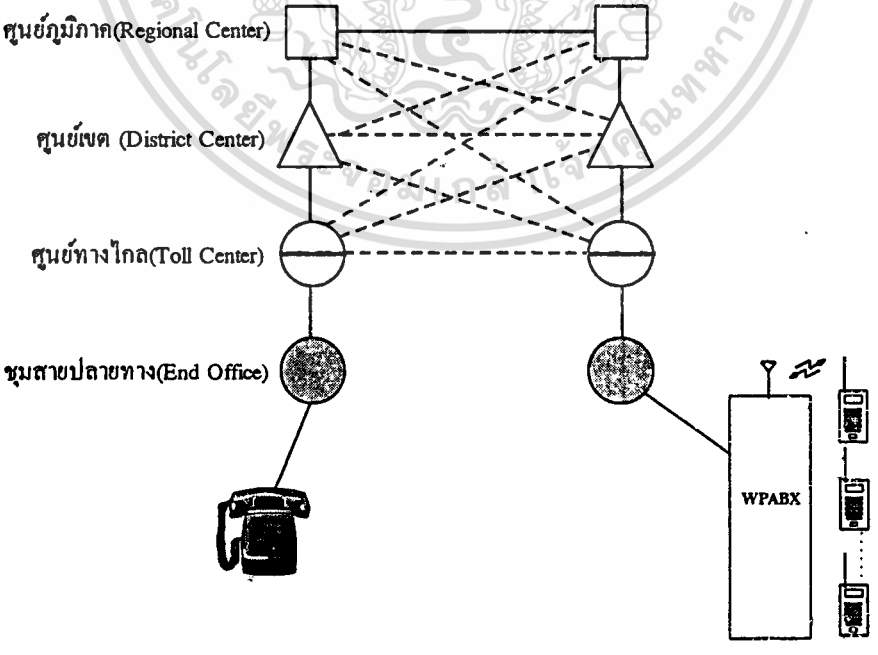
2. ชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง

ชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรงหรือชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่านเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเลขหมายโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้ามาโดยตรง แต่จะบริการเรียกผ่านระหว่างชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นกับชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นด้วยกันโดยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. ชุมสายแทนเด็ม (Tandem Exchange) เป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้สำหรับต่อผ่านภายใน Local Network หนึ่งๆ เท่านั้น เช่นการเรียกภายในกรุงเทพฯ บางครั้งอาจเรียกว่า Tendem Switch ซึ่งให้บริการอยู่ภายในชุมสายท้องถิ่น

2. ชุมสายต่อผ่านทางไกล (Transit Exchange) เป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้สำหรับต่อผ่านไปยัง Local Network อื่นๆ เช่นการเรียกจากเชียงใหม่มายังกรุงเทพฯ เป็นต้น

ภาพที่ 2



แสดงลักษณะของโครงข่ายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น การเรียกโทรศัพท์ระหว่างผู้เช่าโทรศัพท์ 2 คน อาจจะเรียกผ่านไปยังชุมสายต่อผ่านหลายๆ ชุมสายก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะโครงข่ายของชุมสายโทรศัพท์ในแต่ละพื้นที่ โดยจะพยายามหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากผู้เรียกไปยังผู้ถูกเรียก ในภาพที่ 2 จะแสดงลักษณะของโครงข่ายของชุมสายโทรศัพท์ทั่วๆ ไป

ชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย (WPABX)

สำหรับชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย หรือ WPABX เป็นชุมสายโทรศัพท์ประเภท PABX ชนิดหนึ่ง ที่ใช้ติดต่อกันภายในสำนักงาน หรือสถานที่ที่เป็นส่วนบุคคล โดยไม่ต้องผ่านชุมสายท้องถิ่น แต่เครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่ใช้งานอยู่ภายในชุมสายนั้นจะเป็นเครื่องโทรศัพท์แบบไร้สาย การติดต่อกับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX นั้น จะใช้โครงข่ายวิทยุแทนการใช้สายนำสัญญาณและสามารถให้บริการพิเศษให้แก่หมายเลขสมาชิกภายในชุมสวย (Subscriber) ได้หลายอย่างด้วยกัน ซึ่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อต่อไป และเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ยังเชื่อมต่อเข้ากับชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น ทำให้เครื่องโทรศัพท์คู่สายภายในที่เป็นเครื่องโทรศัพท์แบบไร้สาย สามารถติดต่อไปยังคู่สายภายนอกได้ และในทำนองเดียวกันโทรศัพท์เลขหมายจากภายนอก ก็สามารถเรียกเข้ามายังเลขหมายภายในของชุมสายโทรศัพท์ WPABX ได้เช่นเดียวกัน

1.ขอบเขตคุณสมบัติของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

สำหรับคุณสมบัติของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายหรือ WPABX นี้ จะออกแบบและพัฒนาให้มีขีดความสามารถดังนี้

1.1 สามารถเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์สายนอกจากองค์การโทรศัพท์ฯ และกระจายออกไปสู่คู่สายภายในของชุมสายโทรศัพท์ WPABX เป็น 6 คู่สายภายใน

1.2 สามารถเชื่อมต่อกับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายด้วยความถี่วิทยุ ย่าน 46-49 MHz

1.3 สามารถรอรับสายนอกได้ 1 คู่สายตลอดเวลา แม้ขณะไฟฟ้าดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 เครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายสามารถติดต่อกันได้ภายในโดยไม่ต้องผ่านชุมสายท้องถิ่น

1.5 เมื่อเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายต้องการติดต่อกับคู่สายภายนอกสามารถทำได้โดยกดหมายเลข "0" เพื่อขอติดต่อกับคู่สายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ฯ แล้วจึงตามด้วยเลขหมายที่ต้องการจะติดต่อ

1.6 แสดงสถานะการใช้งานของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายภายในชุมสายโทรศัพท์ WPABX ด้วย LED

1.7 ใช้กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่เป็นเครื่องโทรศัพท์แบบไร้สาย

1.8 การติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายภายในชุมสายโทรศัพท์ WPABX จะกำหนดเป็นรหัสข้อมูลดิจิตอลขนาด 8 บิต เป็นรหัสผ่าน

2. การให้บริการฟังก์ชั่นพิเศษภายในชุมสายโทรศัพท์ WPABX

2.1 การเปิดประชุมร่วม 3 คู่สาย (Three party) เป็นคุณสมบัติที่ใช้ในการประชุมทางโทรศัพท์ โดยจะใช้สนทนาได้พร้อมกัน 3 คู่สาย

2.2 การโอนสาย (Call transfer) เป็นคุณสมบัติที่จะโอนสายคู่สนทนาไปยังเครื่องใดเครื่องหนึ่งก็ได้

2.3 การรับสายแทนกัน (Call pick up) เป็นคุณสมบัติที่ทำให้เครื่องโทรศัพท์ภายในของชุมสายโทรศัพท์ สามารถรับสายแทนกันได้ โดยไม่จำเป็นต้องรับสายจากเครื่องที่กำลังถูกเรียกโดยตรง

2.4 การฝากโอนหมายเลข (Call forwarding) เป็นคุณสมบัติที่สามารถจะโปรแกรมให้เครื่องโทรศัพท์ภายในเครื่องใด ๆ มีหมายเลขเดียวกัน 2 เครื่องได้ เพื่อที่จะใช้เรียกแทนเครื่องที่ฝากโอนได้

2.5 การใช้หมายเลขย่อ (Abbreviated call) เป็นคุณสมบัติที่สามารถหมุนหมายเลขตัวเดียวแทนการหมุนหมายเลขโทรออก 7 ตัวได้ โดยการโปรแกรมเลขโทรออกไว้ในเครื่องล่วงหน้าแต่ละคู่สายของเครื่องโทรศัพท์ภายในจะเก็บหมายเลขได้ประมาณ 10 ชุด

2.6 การเรียกกลับอัตโนมัติ (Automatic Call Back) ในกรณีที่เครื่องโทรศัพท์ภายในที่เป็นเครื่องปลายทางไม่ว่าง ผู้ใช้ต้นทางสามารถโปรแกรมให้เครื่องปลายทางนั้นเรียกกลับมายังเครื่องต้นทางได้ เมื่อเครื่องปลายทางนั้นวางหูลง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การพักสาย (Hold) เครื่องโทรศัพท์ภายในเครื่องใดเครื่องหนึ่งสามารถพักการสนทนาที่กำลังดำเนินการอยู่ แล้วเรียกไปยังเครื่องปลายทางอีกเครื่องหนึ่งได้ และเมื่อสิ้นสุดการสนทนากับคู่สนทนาใหม่ จะสามารถกลับมาสนทนากับคู่สายเดิมได้

3. มาตรฐานของระบบชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย

สำหรับระบบชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติแบบไร้สายนี้ก็จะมีข้อกำหนดต่าง ๆ ที่ถือเป็นมาตรฐานที่จะต้องคำนึงถึงในการออกแบบ เพื่อจะได้อาศัยเป็นมาตรฐานเดียวกัน สำหรับการพัฒนาต่อไป โดยมาตรฐานของระบบชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ด้วยกัน ซึ่งได้แก่

3.1 มาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX กับคู่สายภายนอก

3.2 มาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย ซึ่งเป็นแบบไร้สาย

3.1 มาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX กับคู่สายภายนอก

คู่สายภายนอกที่มาจากชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ฯ นั้น จะเป็นสายสัญญาณ 2 เส้น รับส่งสัญญาณแบบไม่สมดุลย์ (Unbalance) มีชื่อเรียกว่า ทิบ (Tip) กับ ริง (Ring) โดยชุมสายขององค์การโทรศัพท์ฯ จะส่งไฟเลี้ยงกระแสตรง -48 โวลต์ มากับคู่สายนั้นด้วย และจะมีการส่งสัญญาณต่าง ๆ ที่ใช้ในการติดต่อกับโทรศัพท์ทั่ว ๆ ไป หรือ ชุมสายโทรศัพท์ปลายทางตามมาตรฐานของ CCITT ดังนี้

1. Dial Tone เป็นสัญญาณต่อเนื่อง (Continuous Tone) มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ

- แบบสัญญาณความถี่เดียว จะมีความถี่อยู่ในช่วง 400-450 Hz

- แบบสัญญาณความถี่ผสม กำหนดให้ไม่เกิน 3 ความถี่ โดยมีสัญญาณอย่างน้อยหนึ่งความถี่ให้อยู่ในย่าน 340-425 Hz หรือย่าน 400-450 Hz และให้มีความแตกต่างทางความถี่ระหว่างสัญญาณ 2 ความถี่อย่างน้อย 25 Hz สำหรับองค์การโทรศัพท์ของประเทศไทย จะใช้สัญญาณความถี่ 400 Hz มอดูเลตมากับสัญญาณความถี่ 50 Hz ได้เป็นสัญญาณเสียงที่เรียกเป็นชื่อภาษาไทยว่า "สัญญาณแมวกรน" สัญญาณ Dial Tone ดังกล่าวนี้ ทางชุมสายโทรศัพท์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์การโทรศัพท์ฯ จะส่งมาเมื่อมีการยกแฮนด์เซ็ตของเครื่องโทรศัพท์ เพื่อบอกให้ผู้ใช้ทราบว่าชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ฯ พร้อมที่จะรับสัญญาณในการติดต่อจากโทรศัพท์ของผู้ใช้

2. Ring Back Tone เป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่อง โดยมีจังหวะการดังและหยุดของสัญญาณดังนี้

- จังหวะดัง CCITT แนะนำไว้ในช่วง 0.67 ถึง 1.5 วินาที แต่ไม่เกิน 2.5 วินาที
- จังหวะหยุด CCITT แนะนำไว้ในช่วง 3 ถึง 5 วินาที แต่ไม่เกิน 6 วินาที

โดยสัญญาณจะมีลักษณะเป็นความถี่เดียว มีความถี่อยู่ระหว่าง 400 ถึง 450 Hz โดยมีสัญญาณที่ยอมรับได้มีความถี่ไม่ต่ำกว่า 340 Hz และไม่เกิน 500 Hz องค์การโทรศัพท์ของประเทศไทยใช้สัญญาณแบบดัง 1 วินาที หยุด 3 วินาที ที่ความถี่ 400 Hz สัญญาณ Ring Back Tone ดังกล่าวนี้ทางชุมสายโทรศัพท์ขององค์โทรศัพท์ฯ จะส่งให้เครื่องโทรศัพท์ที่เป็นฝ่ายเรียกทราบว่า ในขณะนี้ชุมสายโทรศัพท์ได้ส่งสัญญาณเรียกไปยังเครื่องโทรศัพท์ที่ถูกเรียก

3. Ringing Signal เป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่อง โดยมีจังหวะการส่งและหยุดของสัญญาณเหมือนกับสัญญาณ Ring Back Tone สัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณกระแสสลับ (AC) 90 โวลต์ RMS มีความถี่ประมาณ 25 Hz สัญญาณ Ringing ดังกล่าวนี้ ชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ฯ จะส่งให้เครื่องโทรศัพท์ที่ถูกเรียก ที่วางแฮนด์เซ็ตอยู่ เพื่อกระตุ้นให้กระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์ดังเพื่อเป็นการบอกให้ผู้ถูกเรียกมารับโทรศัพท์ สำหรับชุมสายโทรศัพท์ WPABX นี้ เนื่องจากการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายเป็นแบบไร้สาย ดังนั้นสัญญาณ Ringing Signal ที่จะส่งไปให้กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายนั้นจะส่งไปในลักษณะของสัญญาณข้อมูลดิจิตอล และเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายจะสร้างเสียงเรียกหรือเสียงกระดิ่งขึ้นเองภายในตัวเครื่อง โดยเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่องจะได้รับสัญญาณข้อมูลนี้ไม่เหมือนกัน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการรับสัญญาณกระดิ่งผิดพลาดจากเครื่องที่ไม่ได้ถูกเรียก

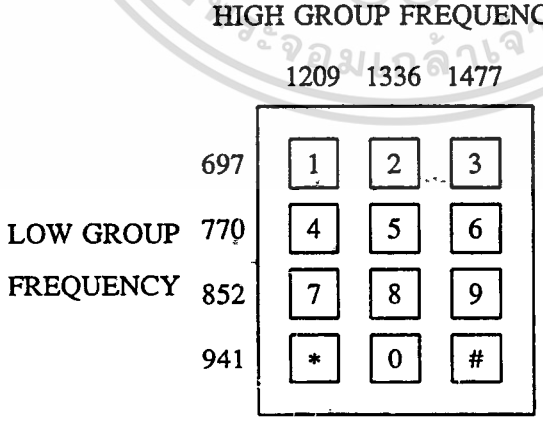
4. Busy Tone และ Congestion Tone เป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่องโดยมีจังหวะการดังและหยุดของสัญญาณเร็วกว่า Ring Back Tone กล่าวคือ คาบเวลาของจังหวะดังรวมกับจังหวะหยุดอยู่ระหว่าง 300 และ 1100 มิลลิวินาที โดยมีอัตราส่วนของเวลาของจังหวะที่ดังต่อจังหวะที่หยุดอยู่ระหว่าง 0.67 และ 1.5 ของสัญญาณที่ดัง เป็นสัญญาณความถี่เดียว มีความถี่อยู่ระหว่าง 400 ถึง 450 Hz โดยมีสัญญาณที่ยอมรับได้ไม่ต่ำกว่า 340 Hz และไม่เกิน 500 Hz สัญญาณ Busy Tone ดังกล่าวนี้ชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ฯ จะส่งให้เครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกเพื่อให้ทราบ

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าเครื่องโทรศัพท์ปลายทางที่เรียกไปนั้นมีผู้ใช้อยู่จึงไม่สามารถติดต่อให้ได้ ส่วนสัญญาณ Congestion Tone นั้น เป็นสัญญาณที่จะส่งให้เครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกให้ทราบว่า ขณะนั้นชุมสายโทรศัพท์ที่ให้บริการนั้นไม่ว่าง จึงไม่สามารถติดต่อให้ได้ ข้อแตกต่างระหว่างสัญญาณ Congestion Tone กับ Busy Tone ก็คือ สัญญาณ Congestion Tone จะมีคาบเวลาน้อยกว่าสัญญาณ Busy Tone

5. DTMF (Dual Tone Multi Frequency) เป็นสัญญาณความถี่คู่ ที่ส่งจากเครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้ เพื่อบอกให้ชุมสายโทรศัพท์ทราบถึงหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อด้วย โดยหมายเลขแต่ละตัว จะถูกแทนด้วยสัญญาณความถี่ 2 ความถี่ สัญญาณที่ประกอบกันเป็นสัญญาณ DTMF นั้นแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มความถี่ต่ำ (Low Group Frequency) และกลุ่มความถี่สูง (High Group Frequency) โดยมีการกำหนดสัญญาณความถี่ต่าง ๆที่ใช้แทนตัวเลขดังแสดงไว้ในภาพที่ 3

ภาพที่ 3



แสดงมาตรฐานของความถี่ของสัญญาณ DTMF ที่ใช้แทนตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 มาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติแบบไร้สาย (WPABX) กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแบบไร้สาย

การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายหรือ WPABX กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย ซึ่งเป็นเครื่องโทรศัพท์แบบไร้สายนั้น จะเป็นการเชื่อมต่อทางคลื่นวิทยุ ซึ่งมีข้อกำหนดเป็นมาตรฐานดังนี้

1. ความถี่ย่านที่ใช้เป็นความถี่สำหรับประชาชนในย่าน 46 และ 49 MHz โดยมีการจัดแบ่งความถี่ ให้ใช้ติดต่อกันทั้งหมด 6 ช่องสัญญาณ ซึ่งมีความถี่ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

2. รูปแบบในการส่งสัญญาณเสียงใช้การมอดูเลตแบบ FM (Frequency Modulation) โดยมีความถี่เบี่ยงเบนไม่เกิน 15 KHz

3. รูปแบบการส่งข้อมูลควบคุมการทำงาน จะใช้การมอดูเลตแบบ FSK (Frequency Shift Keying) ซึ่งตัวข้อมูลไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานขึ้น จึงเป็นสิทธิ์ของผู้ผลิตที่จะสร้างรหัส ในการส่งและรับเพื่อการติดต่อระหว่างเครื่องชุมสาย WPABX กับเครื่องโทรศัพท์แบบไร้สาย สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อได้แก่ ข้อมูลของการยกแฮนด์เซ็ต ข้อมูลของสัญญาณเรียก เป็นต้น

4. กำลังส่งของเครื่องส่งวิทยุกำหนดไว้ไม่เกิน 100 มิลลิวัตต์ และมีรัศมีการใช้งานไม่เกิน 200 ถึง 300 เมตร

ตารางที่ 1

แสดงการจัดแบ่งความถี่ของชุมสายโทรศัพท์ WPABX

เลขช่องสัญญาณ (Channel)	ความถี่ที่ใช้ในชุมสาย WPABX (MHz)	
	ส่ง	รับ
1	49.790	46.590
2	49.830	46.630
3	49.870	46.670
4	49.910	46.710
5	49.950	46.750
6	49.990	46.790

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

โครงสร้างและหลักการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ WPABX

ชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายหรือที่เรียกว่า WPABX เป็นชุมสายโทรศัพท์ ที่พัฒนามาจากชุมสายโทรศัพท์ PABX ทั่วๆ ไป ซึ่งทำให้เครื่องโทรศัพท์ที่เป็นเครื่องโทรศัพท์แบบไร้สาย สามารถติดต่อกันระหว่างเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ผ่านทางโครงข่ายวิทยุย่าน 46-49 MHz เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการใช้งานมากกว่าเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติทั่วไป ซึ่งนิยมใช้กันมากภายในสำนักงาน เช่น บริษัท ห้างร้าน หรือโรงแรม เป็นต้น การเรียกติดต่อกันภายในชุมสายโทรศัพท์ WPABX จะสามารถติดต่อกันภายในได้โดยไม่ผ่านชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น ทำให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว และประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย และชุมสายโทรศัพท์ WPABX นี้ก็ยังเชื่อมต่อกับชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นได้โดยผ่านวงจรเชื่อมต่อสายนอก ทำให้สามารถที่จะติดต่อผ่านชุมสายท้องถิ่นไปยังเลขหมายภายนอกได้อีกด้วย

โครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

เครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย WPABX ที่ได้ออกแบบขึ้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. โครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์
2. โครงสร้างทางด้านซอฟท์แวร์

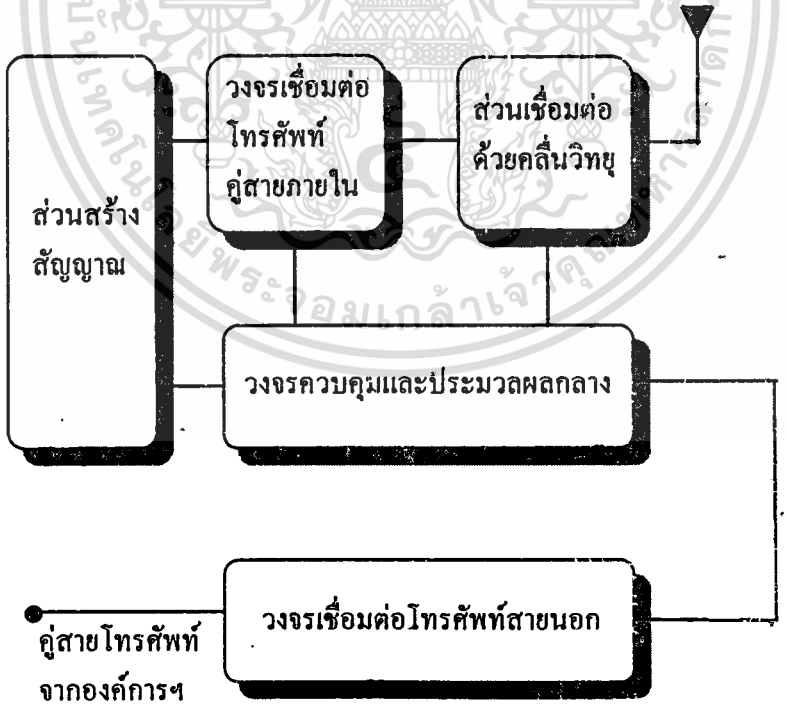
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

โครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์

ในส่วนของโครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์จะมีส่วนประกอบดังแสดงไว้ในภาพที่ 4 ได้แก่

1. ส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ภายนอก (Central Office Line Interface)
2. ส่วนเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ภายใน (Subscriber Line Interface)
3. ส่วนสร้างสัญญาณ (Tone Generator)
4. ส่วนเชื่อมต่อด้วยความถี่วิทยุ (Radio Interface Unit)
5. ส่วนควบคุมกลาง (Central Control Unit)

ภาพที่ 4



แสดงโครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จากภาพแสดงโครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX สามารถอธิบายหลักการทำงานออกเป็นส่วนๆ ได้แก่

1. ส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายนอก (Central Office Line Interface)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่เชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ฯ โดยคอยรับสัญญาณเรียกที่มาจากคู่สายภายนอก แล้วส่งต่อไปยังส่วนควบคุมกลาง รวมทั้งส่งสัญญาณ DTMF ที่เกิดจากการกดหมายเลขของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายออกไป และอีกหน้าที่หนึ่งก็คือจะทำการพักสายของคู่สนทนาขณะที่จะทำการโอนสายไปยังคู่สายภายใน ซึ่งการทำงานทั้งหมดจะถูกควบคุมโดยส่วนควบคุมกลาง

2. ส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายใน (Subscriber Line Interface)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่เชื่อมต่อคู่สายภายในด้วยกันหรือเชื่อมต่อไปยังคู่สายภายนอกแสดงสถานะของการยกหูและควบคุมการส่งสัญญาณเรียกไปยังเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย รวมทั้งแปลงสัญญาณ DTMF ที่เกิดจากการกดหมายเลขของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายให้เป็นสัญญาณเลขไบนารีขนาด 4 บิต ตามค่าของหมายเลขที่กดเพื่อแจ้งสถานะให้กับส่วนควบคุมกลาง

3. ส่วนสร้างสัญญาณ (Tone Generator)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ทั้งหมด ได้แก่ สัญญาณ Dial Tone สัญญาณ Busy Tone สัญญาณ Ring back Tone และสัญญาณเสียงดนตรีที่ใช้ในพักสายคู่สนทนา ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะสื่อความหมายให้กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายได้ทราบถึงสถานะของชุมสายโทรศัพท์ WPABX ในระหว่างการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

29087

4. ส่วนเชื่อมต่อด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Interface Unit)

ส่วนเชื่อมต่อด้วยคลื่นวิทยุนี้จะใช้ความถี่วิทยุย่านความถีประชาชน (Citizen Band) ที่ FCC กำหนดไว้ ดังภาพที่ 5 แสดงการแบ่งย่านความถี่ตามมาตรฐานของ FCC ในย่าน 46-49 MHz มาใช้งาน โดยส่วนเชื่อมต่อด้วยคลื่นความถี่วิทยุนี้จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ให้อยู่ในรูปของสัญญาณความถี่วิทยุ เพื่อติดต่อสื่อสารกับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่เป็นเครื่องโทรศัพท์แบบไร้สาย โดยรับรหัสประจำเครื่องลูกข่ายเข้ามาถอดรหัสข้อมูลส่งให้กับส่วนประมวลผล และจะจัดสัญญาณ เรียก (Ringing Signal) แปลงให้อยู่ในรูปของสัญญาณข้อมูลและมอดูเลตกับสัญญาณแคร์เรียในรูปแบบของสัญญาณ FSK ส่วนสัญญาณเสียงจะถูกมอดูเลตในรูปแบบของสัญญาณ FM

5. ส่วนควบคุมกลาง (Central Control Unit)

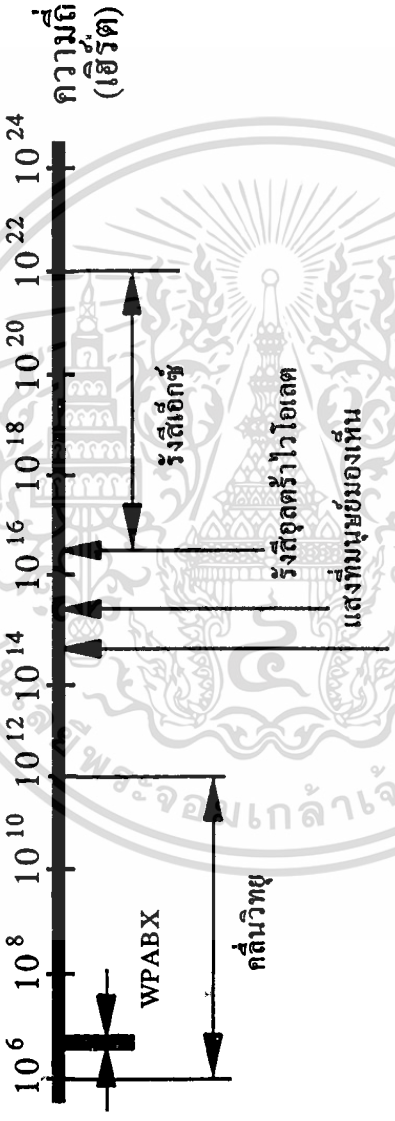
ส่วนนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของชุมสายโทรศัพท์ WPABX เช่น การควบคุมการส่งสัญญาณ Dial Tone, Busy Tone, Ringback Tone เป็นต้น เชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์โดยทำงานร่วมกับส่วนสวิทช์ควบคุมการเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ (Cross-Point Switch) ตรวจเช็คสถานะของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย อ่านรหัสประจำเครื่องลูกข่ายหรือเรียกว่าสัญญาณนำร่อง (Pilot Signal) เข้ารหัสสัญญาณเรียกที่แตกต่างกันเพื่อส่งไปให้ลูกข่ายแต่ละเครื่องและจัดการการต่อเชื่อมของคู่สายทั้งหมดภายในชุมสาย โดยการทำงานนั้นจะทำงานตามโปรแกรมที่กำหนดขึ้น ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

การทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

การทำงานทั้งหมดของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX นั้นจะถูกควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ทำงานตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ โดยในส่วนนี้จะประกอบอยู่ในส่วนควบคุมกลาง (Central Control Unit) โดยลักษณะการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ WPABX นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะด้วยกัน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5



แสดงย่านความถี่ใช้งานของชุมสายโทรศัพท์ WPABX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การติดต่อกับคู่สายภายใน
2. การติดต่อกับคู่สายภายนอก

1. การติดต่อกับคู่สายภายใน

เมื่อเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายซึ่งเป็นเครื่องโทรศัพท์แบบไร้สาย มีการขอใช้คู่สายโทรศัพท์ด้วยการกดปุ่ม TALK บนแป้นคีย์ที่หน้าปัทม์ที่เครื่องโทรศัพท์ จะกำเนิดสัญญาณนำร่องขึ้นมาและถูกมอดูเลตกับคลื่นพาร์ความถี่ 46 MHz ส่งออกอากาศมาให้กับชุมสายโทรศัพท์ WPABX ส่วนตรวจสอบสภาวะก็จะแจ้งให้ส่วนควบคุมกลางทราบว่ามีการขอใช้คู่สายโทรศัพท์ส่วนควบคุมกลางก็จะอ่านรหัสประจำเครื่อง เมื่อรหัสถูกต้องจึงจะเชื่อมต่อวงจรคู่สายภายในของช่องสัญญาณนั้นให้และจะกระตุ้นให้ภาคขับรีเลย์ ฮุคสวิทช์ให้ทำงานซึ่งจะอยู่ในสภาวะยกหู และส่วนควบคุมกลางก็จะส่งสัญญาณ Dial Tone ไปให้เครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียก และสามารถกดหมายเลขที่ต้องการได้ เมื่อแผงตัวเลขที่หน้าปัทม์ของโทรศัพท์ส่วนมือถือถูกกดสัญญาณนำร่องก็จะถูกอินเตอร์รัพท์ตามระยะเวลาของแต่ละหมายเลขที่กด ซึ่งหลังจากนั้นผู้เรียกก็จะเลือกติดต่อกับคู่สายอื่นๆ ได้ 2 กรณี

1.1 **ติดต่อกับคู่สายภายใน** เมื่อได้รับสัญญาณไดอัล (Dial Tone) แล้วกดหมายประจำเครื่องภายในที่ต้องการติดต่อด้วย ซึ่งจะมีทั้งหมด 6 เลขหมาย ถ้าเครื่องผู้ถูกเรียกใช้งานอยู่ทางด้านผู้เรียกก็จะได้รับสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) หรือถ้าเครื่องโทรศัพท์ปลายทางว่างก็จะได้รับสัญญาณเรียกกลับ (Ringback Tone) และส่วนควบคุมกลางก็จะส่งสัญญาณเรียก (Ringing Signal) ไปให้กับเครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียก เมื่อผู้เรียกรับสายก็จะสามารถสนทนากันได้

1.2 **ติดต่อกับคู่สายภายนอก** เมื่อเครื่องโทรศัพท์ยกหูโดยการกดปุ่ม TALK ก็จะได้รับสัญญาณไดอัล ซึ่งในตอนแรกนี้จะเป็นสัญญาณไดอัลจากเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX และเมื่อผู้ถูกเรียกกดปุ่มหมายเลข "0" วงจรเชื่อมต่อสายนอกจะทำการเชื่อมต่อกับคู่สายจากองค์การโทรศัพท์ฯ และจะสัญญาณไดอัลเป็นครั้งที่สอง ซึ่งเป็นสัญญาณไดอัลขององค์การโทรศัพท์ฯ จากนั้นผู้ใช้โทรศัพท์ก็สามารถกดหมายเลขโทรศัพท์ของคู่สายภายนอกที่ต้องการจะติดต่อด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

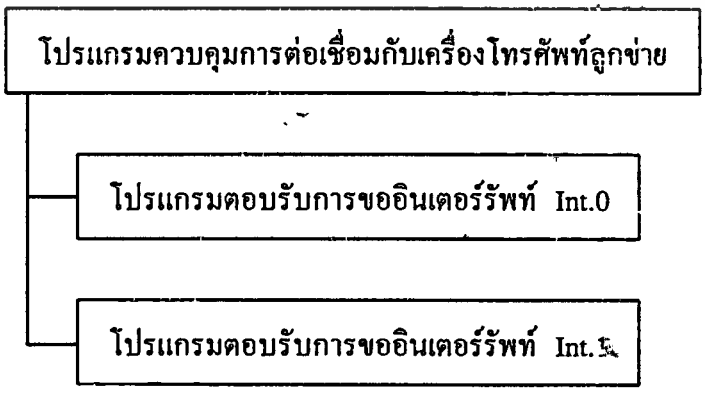
2. การเรียกเข้ามาจากคู่สายภายนอก

เมื่อมีการเรียกเข้ามาจากภายนอก ส่วนวงจรเชื่อมต่อคู่สายภายนอกจะรับสัญญาณเรียกเข้ามา และแจ้งให้กับส่วนควบคุมกลางทราบว่ามีการเรียกเข้ามาจากสายนอก เครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ก็จะตรวจสอบสภาวะของคู่สายโทรศัพท์ลูกข่ายเครื่องแรกก่อน โดยเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายจะต้องอยู่ในโหมดแสตนด์บาย (Stand by) รอรับสัญญาณเรียกตลอดเวลา ถ้าเครื่องโทรศัพท์นั้นถูกใช้งานอยู่หรือสายไม่ว่าง ส่วนควบคุมกลางก็จะตรวจเช็คสภาวะคู่สายโทรศัพท์เครื่องลูกข่ายเครื่องอื่นๆ ต่อไปตามลำดับ เมื่อพบเครื่องลูกข่ายที่ว่างอยู่ก็จะส่งสัญญาณเรียกไปให้ โดยลักษณะของสัญญาณเรียกที่เครื่องลูกข่ายแต่ละเครื่องจะได้รับ จะมีรหัสของสัญญาณเรียกที่แตกต่างกันตามแต่ละช่องสัญญาณ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเรียกผิดพลาดหรือไม่ให้สัญญาณเรียกไปปรากฏที่เครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่ใช้งานอยู่คนละช่องสัญญาณ และเมื่อเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายรับสายก็จะสามารถสนทนากันได้

โครงสร้างทางด้านซอฟท์แวร์

สำหรับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX จะทำงานตามโปรแกรมที่ได้โปรแกรมไว้ในส่วนของหน่วยควบคุมกลาง (Central Control Unit) โดยมีโครงสร้างของโปรแกรมดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6



แสดงโครงสร้างของโปรแกรมควบคุมของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการต่อเชื่อมกับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายนั้นจะทำหน้าที่ต่างๆ ดังนี้

1. ควบคุมการส่งสัญญาณ (Signalling) ต่างๆ ที่จะส่งให้ผู้ใช้รับรู้ถึงสถานะของการติดต่อ

2. รับสถานะของเครื่องโทรศัพท์จากส่วนของวงจรประจำเครื่อง (Subscriber Line) เข้ามาประมวลผลโดยไมโครโปรเซสเซอร์

3. รับสัญญาณข้อมูลที่แปลงจากสัญญาณ FSK ที่รับมาจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแล้วนำมาเก็บไว้ในแอดเดรสบนไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8031 เพื่อรอการจัดสัญญาณและส่งออกไปยังส่วนวงจรสวิทชิ่งต่อไป

โดยปกติแล้วโปรแกรมที่ควบคุมการทำงานสำหรับส่วนประมวลผลของส่วนอุปกรณ์เชื่อมต่อคู่สายนั้น จะสแกนข้อมูลเข้ามาประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ และโปรแกรมที่เป็นส่วนควบคุมการเชื่อมต่อกับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายจะใช้การอินเตอร์รัพท์ โดยตรวจสอบจากการยกหรือวางแฮนด์เซ็ตของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย จะส่งข้อมูลที่ทำการถอดรหัสจากสัญญาณ FSK ที่รับมาจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายนั้น จะใช้การอินเตอร์รัพท์ 0 (Int. 0) และส่วนโปรแกรมตอบรับการกดหมายเลขจากแป้นคีย์ของเครื่องโทรศัพท์จะใช้การอินเตอร์รัพท์ 1 (Int. 1)

<u>การทำงานของโปรแกรมของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX</u>

การทำงานของโปรแกรมของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX จะแบ่งการตรวจสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนตรวจสอบสถานะสายนอก
2. ส่วนตรวจสอบสถานะสายใน

1. ส่วนตรวจสอบสถานะสายนอก

จะแบ่งการตรวจสอบออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

1.1 กรณีสายนอกว่าง ก็จะตรวจสอบว่ามีสัญญาณจากภายนอกติดต่อเข้ามาหรือไม่ โดยจะตรวจเช็คจากส่วนตรวจสอบสัญญาณเรียก (Ringing Signal) ถ้าไม่มีสัญญาณจากภายนอกติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ามา ก็จะไปทำการตรวจสอบสายในทั้งหมดก่อน จึงจะกลับมาตรวจสอบสถานะของสายนอกอีกครั้งหนึ่ง แต่ถ้ามีการเรียกจากภายนอกเข้ามา ก็จะตรวจสอบสถานะของคู่สายภายในว่ามีเครื่องใดว่างอยู่ จากคู่สายที่ 1 ถึง 6 ตามลำดับ ถ้าคู่สายภายในไม่ว่างเลย ส่วนควบคุมกลางก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ให้กับคู่สายภายนอกนั้น แต่ถ้าสายในว่างควบคุมกลางก็จะส่งสัญญาณเรียก (Ringing Signal) ให้กับคู่สายภายในและส่งสัญญาณเรียกกลับ (Ringback Tone) ไปให้กับคู่สายภายนอก เมื่อเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายรับสายส่วนควบคุมกลางก็จะทำการต่อ Matrix Switch ให้คู่สายภายนอกและคู่สายภายในให้สามารถสนทนากันได้ และเก็บสถานะของคู่สายภายนอกและคู่สายภายในนั้นเอาไว้

1.2 กรณีสายนอกไม่ว่าง ก็จะตรวจสอบสถานะว่าขณะนั้นได้ถูกใช้งานโดยเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายเครื่องใดอยู่หรือไม่ และตรวจสอบสถานะของ Hook Switch เพื่อเช็คว่าเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายได้ยกเลิกการสนทนาหรือยัง ถ้ายกเลิกแล้ว ส่วนควบคุมกลางก็จะตัด Matrix Switch ทำการยกเลิกการติดต่อระหว่างคู่สายภายนอกและคู่สายภายใน พร้อมทั้งเก็บสถานะของคู่สายทั้งคู่เอาไว้

2. ส่วนตรวจสอบสถานะคู่สายภายใน

ส่วนควบคุมกลางจะเริ่มตรวจสอบจากสัญญาณเรียก (Ringing Signal) จากภายนอกก่อน โดยจะมีลักษณะของการตรวจสอบอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะ คือ

2.1 ถ้ามีสัญญาณเรียก ก็จะตรวจสอบคู่สายภายในนั้น โดยจะตรวจเช็คสถานะของ Hook Switch ว่ามีการยกแฮนด์เซ็ตอยู่หรือไม่ ถ้าไม่ก็จะข้ามไปตรวจสอบสายในสายอื่นต่อไป แต่ถ้าพบว่าสายในยกหูเพื่อรับสาย ก็จะหยุดส่งสัญญาณเรียก

2.2 ถ้าไม่มีสัญญาณเรียก ส่วนควบคุมกลางก็จะตรวจสอบคู่สายภายในว่าว่างอยู่หรือไม่ ซึ่งจะมีการทำงานอยู่ 2 กรณีด้วยกัน ได้แก่

2.2.1 ถ้าคู่สายภายในนั้นว่างอยู่ ก็จะตรวจสอบว่าได้ทำการยกแฮนด์เซ็ตเพื่อรับสายหรือไม่ โดยจะตรวจสอบได้จากสัญญาณข้อมูลของการยกแฮนด์เซ็ตที่ส่งมาจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย ซึ่งเกิดจากการกดปุ่ม TALK ที่หน้าปัทม์ของเครื่องโทรศัพท์ เมื่อส่วนควบคุมกลางตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบสัญญาณเพื่อขอใช้บริการคู่สายโทรศัพท์ของเครื่องลูกข่าย ก็จะทำการส่งสัญญาณ Dial Tone ไปให้กับเครื่องโทรศัพท์และรอรับรหัสข้อมูลของการกดหมายเลขที่แป้นคีย์โทรศัพท์ ดังนี้

กดหมายเลข "0" คือการขอใช้สายนอก ส่วนควบคุมกลางก็จะทำการตรวจสอบสถานะของสายนอก ถ้าว่างก็จะเชื่อมต่อวงจรสายนอกให้ แต่ถ้าไม่ว่างก็จะส่งสัญญาณ Busy Tone ไปให้แทน

กดหมายเลข "2-7" เป็นการติดต่อกับคู่สายภายในด้วยกัน ส่วนควบคุมกลางก็จะตรวจสอบสถานะของเครื่องโทรศัพท์ที่ถูกเรียก ถ้าว่างก็จะส่งสัญญาณ Ringing Signal ไปให้และส่งสัญญาณ Ringback Tone ไปให้ด้านผู้เรียก เมื่อผู้ถูกเรียกรับสายส่วนควบคุมกลางก็จะต่อ Matrix Switch ให้ แต่ถ้าหมายเลขที่เรียกไปไม่ว่างควบคุมกลางก็จะส่งสัญญาณ Busy Tone ไปให้

2.2.2 กรณีที่คู่สายภายในไม่ว่าง ส่วนควบคุมกลางจะตรวจสอบสถานะของ Hook Switch ถ้ามีการกดปุ่ม TALK ก็จะเป็นการยกเลิกการสนทนา ถ้ากดปุ่ม "*" ก็จะเป็นการพักสายเพื่อโอนสาย ส่วนควบคุมกลางก็จะส่งสัญญาณ Dial Tone ไปให้กับเครื่องโทรศัพท์ด้านที่กดปุ่มและส่งสัญญาณเสียงดนตรีให้กับคู่สนทนา และรอรับการกดเลขหมายต่อไป หรือถ้ากดหมายเลข "1" จะเป็นขอใช้บริการฟังก์ชั่นพิเศษ เช่นการสนทนา 3 คู่สาย เป็นต้น

การกำหนดแฟล็กของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างโปรแกรม

ส่วนประกอบส่วนหนึ่งที่สำคัญของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ก็คือ ส่วนของแฟล็ก (Flag) ของข้อมูล ซึ่งจะเป็นตัวแสดงสถานะของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่ใช้งานอยู่ในชุมสาย โดยจะมีองค์ประกอบดังแสดงไว้ในภาพที่ 7

การกำหนดรหัสของข้อมูลในเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

เครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX จะมีการติดต่อกับลูกข่าย นอกจากการติดต่อทางด้านสัญญาณเสียงซึ่งถูกมอดูเลตมาในรูปของสัญญาณ FM แล้ว ยังมีการรับและส่งข้อมูลกับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายอีกด้วย โดยจะกำหนดให้ข้อมูลนี้เป็นรหัสดิจิตอลขนาด 4 บิต มอดูเลตอยู่ในรูปของสัญญาณ FSK ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายนี้ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รหัสข้อมูลประจำเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย
2. รหัสข้อมูลของสัญญาณเรียก

ภาพที่ 7

0	1	2	3	4	5	6	7

0 : บิตแสดงสถานะเดิม
1 : บิตแสดงสถานะใหม่
2 : บิตแสดงว่ามีสัญญาณเรียกที่เครื่องโทรศัพท์
3 : สำรองไว้ใช้งานฟังก์ชั่นพิเศษ
4 : สำรองไว้ใช้งานฟังก์ชั่นพิเศษ
5 : บิตแสดงสถานะของการวางแฮนด์เซ็ต
6 : บิตแสดงสถานะของการยกแฮนด์เซ็ตสำหรับรับสาย
7 : บิตแสดงสถานะของการยกแฮนด์เซ็ตสำหรับเรียกออก

แสดงโครงสร้างของแฟล็กที่ใช้แสดงสถานะของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายภายในชุมสายโทรศัพท์

1. รหัสข้อมูลประจำเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย

เมื่อเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายกดปุ่ม TALK ก็จะกำเนิดสัญญาณนำร่องขึ้นมา ซึ่งในส่วนของการทำงานของโปรแกรมนี้ จะถูกกำหนดให้อ่านรหัสของข้อมูลของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายเข้ามาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ใส่ไว้ในโปรแกรม ถ้ารหัสข้อมูลนี้ตรงกับช่องสัญญาณใด ส่วนควบคุมกลางก็จะทำการต่อเชื่อมช่องสัญญาณนั้นให้ โดยในตารางที่ 2 แสดงข้อมูลของรหัสประจำเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2

แสดงรหัสข้อมูลประจำเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายภายในชุมสายโทรศัพท์ WPABX

โทรศัพท์ลูกข่าย เครื่องที่	รหัสข้อมูล ประจำเครื่อง
1	0 0 0 1
2	0 0 1 0
3	0 0 1 1
4	0 1 0 0
5	0 1 0 1
6	0 1 1 0

2. รหัสของสัญญาณเรียก

ในการส่งสัญญาณเรียกไปยังเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่องนั้น ก็เพื่อเป็นการป้องกันการรบกวนกันของสัญญาณเรียกเมื่อนำเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายมาไว้ใกล้กัน หรือการรับสัญญาณเรียกผิดพลาด จึงต้องมีการกำหนดข้อมูลของสัญญาณเรียกที่จะส่งไปให้กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่องให้แตกต่างกันไป เนื่องจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายนั้นเป็นโทรศัพท์แบบไร้สายติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์ WPABX ด้วยคลื่นวิทยุ การรับสัญญาณเรียก (Ringing Signal) ไม่ได้รับเข้ามาโดยตรงจากคู่สายภายนอก แต่จะกำเนิดเสียงสัญญาณเรียกขึ้นมาเองที่ตัวเครื่องโทรศัพท์ เมื่อชุมสายโทรศัพท์ WPABX ส่งสัญญาณเรียกออกอากาศไป อาจจะทำให้เครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่อยู่ในบริเวณเดียวกันกำเนิดสัญญาณเรียกขึ้นมาได้ ดังนั้นจึงได้กำหนดรหัสข้อมูลสัญญาณเรียกสำหรับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่องไว้ ดังแสดงในตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3

แสดงข้อมูลของสัญญาณเรียกประจำเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายภายในชุมสายโทรศัพท์ WPABX

โทรศัพท์ลูกข่าย เครื่องที่	ข้อมูล สัญญาณเรียก
1	1 0 0 0
2	1 0 0 1
3	1 0 1 0
4	1 0 1 1
5	1 1 0 0
6	1 1 0 1

โดยรูปแบบของสัญญาณข้อมูลแต่ละชุดจะมีทั้งหมด 8 บิต แบ่งเป็นเฮดเดอร์นำหน้า 4 บิต ตามด้วยรหัสข้อมูล 4 บิต ซึ่งจะมีโครงสร้างของชุดข้อมูลดังนี้

1. ข้อมูลของรหัสประจำเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย มีรูปแบบคือ

1 1 1 1 X X X X

2. ข้อมูลของสัญญาณเรียกของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย มีรูปแบบคือ

1 1 1 0 X X X X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย (WPABX)

การออกแบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย จำเป็นจะต้องคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นเมื่อนำเครื่องชุมสายโทรศัพท์ไปติดตั้งเข้ากับระบบหลัก ซึ่งข้อสำคัญที่สุดก็คือจะต้องไม่รบกวนหรือทำให้ระบบโทรศัพท์หลักเกิดการทำงานผิดพลาด และสามารถใช้งานร่วมกับระบบโทรศัพท์ได้โดยไม่มีปัญหา ดังนั้นในการออกแบบชุมสายโทรศัพท์ WPABX จึงต้องคำนึงถึงมาตรฐานที่องค์การโทรศัพท์ ฯ กำหนดไว้ ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะป้องกันผลเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นในการออกแบบและยังช่วยให้การศึกษาและพัฒนาต่อไปในอนาคตทำได้อย่างมีระบบ และมีความเชื่อถือได้

โครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายที่ได้ออกแบบขึ้น

โดยเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ที่ได้ออกแบบขึ้นนั้นมีโครงสร้างดังแสดงไว้ในภาพที่ 4 ซึ่งจะประกอบไปด้วย ส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายขององค์การโทรศัพท์ฯ (Central Office Line Interface) ส่วนเชื่อมต่อช่องสัญญาณ (Speech Path) ส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายใน (Subscriber Line Interface) ส่วนสร้างสัญญาณ (Tone Generator) ส่วนควบคุมกลาง (CPU) ซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8031 ควบคุมการทำงานในส่วน PABX ทั้งหมด โดยส่งผ่านการควบคุมและตรวจสอบสถานะต่างๆ ผ่านอินพุท/เอาท์พุทพอร์ท เบอร์ 8255 รวมทั้งส่วนเชื่อมต่อสัญญาณวิทยุซึ่งมีไอซี เบอร์ MN 1551 เป็นตัวควบคุมหลักและส่วนสุดท้ายคือ ส่วน Power Supply ที่ทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับคุณสมบัติของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายที่ได้ออกแบบขึ้นมานั้น จะมีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4

แสดงคุณสมบัติทั่วๆไปของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

คุณสมบัติ	รายละเอียด
ย่านความถี่วิทยุ	46-49 MHz
ภาครับ	แบบแปลงความถี่ให้เป็นความถี่ปานกลาง
ภาคความถี่ปานกลาง	ใช้ความถี่ 455 KHz
ความไว	1.8 ไมโครโวลท์
วิธีการติดต่อ	แบบสวนทางกันได้ตลอด (full deplex)
การผสมคลื่น	ผสมสัญญาณทางด้านความถี่ (FM)
อัตราการเบี่ยงเบน	± 15 KHz
กำลังส่ง	น้อยกว่า 100 mW

หลักการทำงานทั่วไปของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

จากคุณสมบัติของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ที่ได้กล่าวมาแล้ว และได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 นั้น จะเห็นว่าเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX นั้น มีความสามารถในการติดต่อสื่อสารเป็นแบบสองทิศทางหรือที่เรียกว่า "Full duplex" ดังนั้นหลักการติดต่อสื่อสารของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX จึงมีอยู่ 2 ลักษณะ นั่นก็คือ การติดต่อจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายหรือการ โทรออกกับการรับโทรศัพท์จากเครื่องโทรศัพท์ภายนอกที่โทรเข้ามายังเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ซึ่งการทำงานทั้ง 2 ลักษณะนี้ ก็จะมีการทำงานที่แตกต่างกันไป ดังนี้

1. กรณีที่เป็นการรับโทรศัพท์ที่โทรมาจากภายนอก

ส่วนประมวลผลกลางของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ก็จะคอยตรวจจับสัญญาณที่เรียกมาจากภายนอก (Ringing Signal) หากตรวจพบก็จะส่งสัญญาณเรียกไปยังเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่กำหนดไว้ให้เป็นเครื่อง Operator ให้ได้ทราบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กรณีเป็นการโทรศัพท์จากเครื่องโทรศัพท์ภายใน

การเรียกโทรศัพท์จากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย ซึ่งเป็นโทรศัพท์แบบมือถือนั้นจะแตกต่างจากเครื่องโทรศัพท์ธรรมดาของ PABX ทั่วๆไปคือเครื่องโทรศัพท์ธรรมดาจะให้การยกแฮนด์เซ็ตขึ้นมา เพื่อให้ Hook Switch เชื่อมต่อสัญญาณให้ CPU รับทราบ แต่สำหรับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX นั้น เนื่องจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายเป็นโทรศัพท์แบบมือถือ การยกแฮนด์เซ็ตของเครื่องโทรศัพท์สามารถทำได้โดยการกดปุ่ม TALK ส่งสัญญาณนำร่องเป็นรหัสประจำเครื่อง เพื่อแจ้งให้ CPU รับทราบการใช้โทรศัพท์แต่ละครั้ง หน่วยประมวลผลกลางหรือ CPU ก็จะตรวจสอบเลขหมายที่เครื่องลูกข่ายต้องการติดต่อ ถ้าเป็นการติดต่อกับคู่สายภายในด้วยกัน เครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ก็จะทำการเรียกเพื่อ ติดต่อภายในได้เลย แต่ถ้าหากเป็นการขอติดต่อกับคู่สายภายนอก ซึ่งเป็นคู่สายขององค์การโทรศัพท์ฯ ทางเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายก็จะได้รับสัญญาณ Dial tone จากคู่สายภายนอก หลังจากนั้นจึงจะทำการกดหมายเลขที่ต้องการติดต่อที่เป็นหมายเลขขององค์การโทรศัพท์ฯ ต่อไป และในการออกแบบนั้น ก็จะให้เครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายนี้ มีฟังก์ชั่นการทำงาน ต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5
แสดงฟังก์ชั่นการทำงานต่าง ๆ ของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

การเรียกโทรศัพท์ของเครื่องลูกข่าย	สามารถเรียกโทรศัพท์ธรรมดา สามารถเรียกโทรศัพท์ไร้สายด้วยกันได้ การโทรเรียกแบบย่อ การเรียกทวนหมายเลขสุดท้าย การยกเลิกการเรียกเพื่อโทรใหม่
การรับสายของเครื่องลูกข่าย	สามารถปรับระดับความดังของสัญญาณเรียก สามารถปรับระดับความดังของเสียงพูด รับสายจากคู่สายธรรมดา รับสายกรณีเป็นการเรียกภายในชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 (ต่อ)
แสดงฟังก์ชั่นการทำงานต่าง ๆ ของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

การติดต่อสื่อสาร	ติดต่อสื่อสารด้วยสัญญาณเสียง (Analog) และข้อมูลดิจิตอล การพักสายด้วยดนตรี การส่งสัญญาณ DTMF เข้าไปในคู่สาย การติดต่อเฉพาะภายในระหว่างเครื่องลูก (Intercom)
การใช้ฟังก์ชั่นพิเศษ	การประชุมร่วม 3 สาย การคอยสาย การพักสาย ฯลฯ

<u>การออกแบบส่วนประมวลผลกลาง (Central Processing Unit)</u>

ส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ ส่วนอินเตอร์เฟสกับอินพุทและเอาท์พุท พอร์ทและส่วนสัญญาณที่ใช้ควบคุมสถานะต่างๆ ของคู่สายโทรศัพท์ โดยจะประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031, 8255, วงจรถอดรหัส หรือ Decoder และหน่วยความจำ (Memory) โดยมีวงจรดังภาพที่ 8 โดยหน่วยประมวลผลกลางนี้จะทำงานตามโปรแกรมจากหน่วยความจำแบบอ่านได้อย่างเดียว หรือที่เรียกว่า ROM (Read Only Memory) โดยส่วนของโปรแกรมการทำงานนั้น จะได้กล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

ซึ่งหน่วยประมวลผลกลางนี้ก็จะใช้โปรแกรมส่วนนี้ในการควบคุมการทำงานทั้งหมดของชุมสายโทรศัพท์ WPABX และรับส่งข้อมูลควบคุมสถานะต่าง ๆ ผ่านทางพอร์ท 8255 ที่ต้องการด้วยวงจรถอดรหัส โดยแสดงการเข้ารหัส Address ของอุปกรณ์ที่ CPU ใช้ในการติดต่อดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ติดต่อ	Access Address
27828	00xxxxxx xxxxxxxx
8255/1	1xxxx001 xxxxxxxx
8255/2	1xxxx010 xxxxxxxx
8255/3	1xxxx100 xxxxxxxx
8255/4	1xxxx011 xxxxxxxx

1. ส่วนอินเตอร์เฟสกับอินพุทและเอาท์พุทพอร์ท

ในส่วนนี้จะใช้ 8255 เป็นส่วนเชื่อมต่ออินพุทและเอาท์พุทใช้กับ CPU หรือเรียกชื่อ 8255 อีกอย่างหนึ่งว่าเป็นหน่วย I/O Port โดยในชุมสายโทรศัพท์ WPABX นี้ จะต้องเชื่อมต่อกับคู่สายภายใน 6 คู่สาย และคู่สายภายนอกอีก 1 คู่สาย ดังนั้นจะต้องใช้ I/O Port ด้วยกัน 4 ตัว ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ 8255/1 ทำหน้าที่ส่งผ่านการควบคุมการทำงานและรับสถานะของคู่สายภายในคู่ที่ 1 และคู่สายภายใน คู่ที่ 2 โดยมีพอร์ทสำหรับรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต อยู่ด้วยกัน 3 พอร์ท และมีตำแหน่งบิตของพอร์ทดังต่อไปนี้

พอร์ท A ได้แก่	PA0	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7
ชื่อบิตควบคุม	STN1	STK1	-	-	STN2	STK2	-	CO.STN.

พอร์ท B ใช้เชื่อมต่อกับคู่สายภายในคู่สายที่ 1 ซึ่งมีรายละเอียดของบิตควบคุมดังนี้

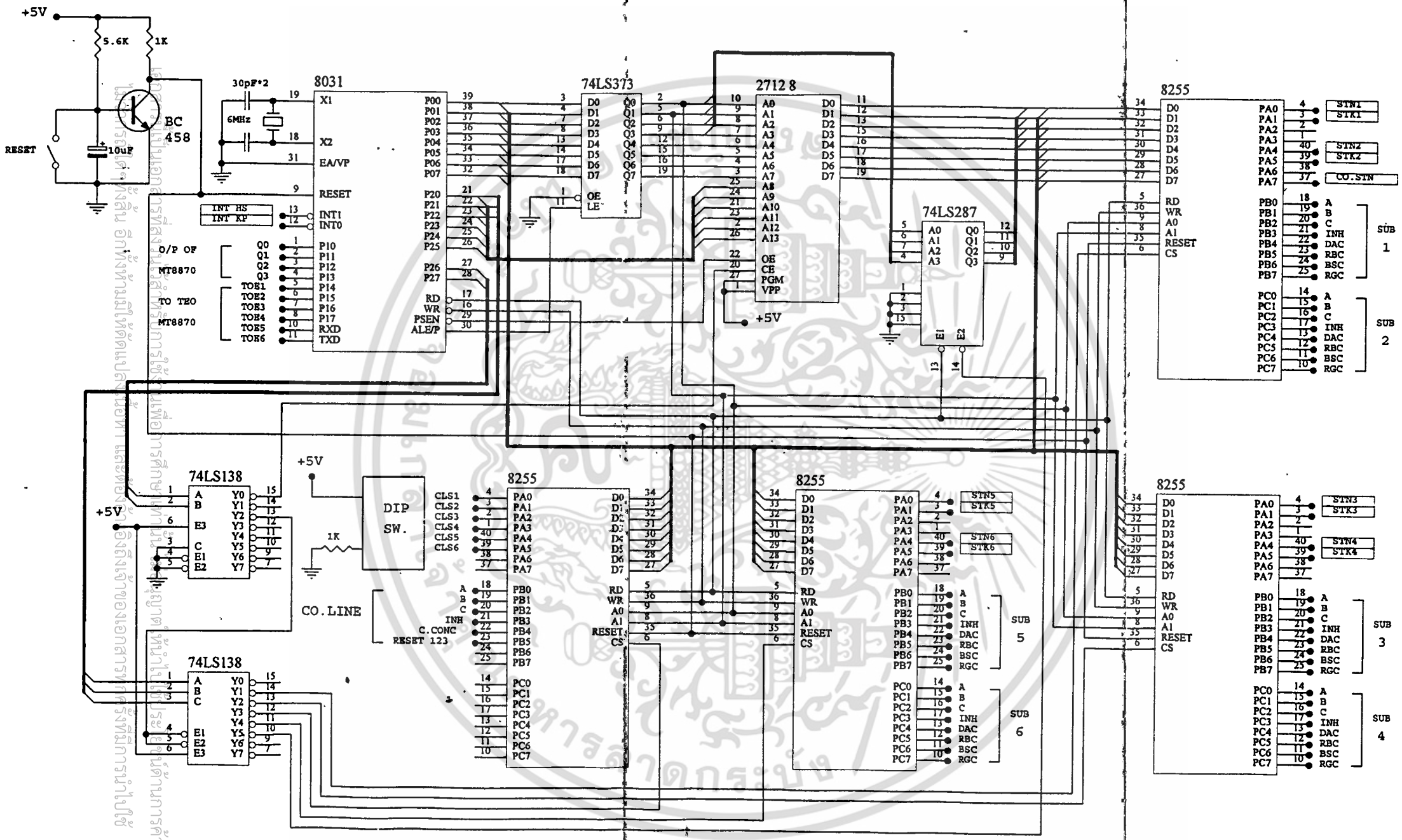
พอร์ท	PB0	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	PB6	PB7
ชื่อบิตควบคุม	A	B	C	INH	DAC	RBC	BSC	RGC

และพอร์ท C ใช้เชื่อมต่อกับคู่สายภายในคู่สายที่ 2 มีรายละเอียดของบิตควบคุมดังนี้

พอร์ท	PC0	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
ชื่อบิตควบคุม	A	B	C	INH	DAC	RBC	BSC	RGC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 8



แสดงวงจรส่วนประมวลผลกลาง

ส่วน 8255/2 และ 8255/3 ก็จะทำหน้าที่ส่งผ่านการควบคุมการทำงานและรับสถานะให้กับคู่สายภายในคู่สายที่ 3,4 และคู่สายที่ 5 และ 6 ตามลำดับ ซึ่งจะมีพอร์ทต่าง ๆที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับคู่สาย รวมทั้งรายละเอียดของบิตที่ใช้ควบคุมเหมือนกับ 8255/1 ดังที่ได้กล่าวมาแล้วจึงไม่ขอแสดงรายละเอียดไว้ในที่นี้

ส่วน 8255/4 นั้น จะทำหน้าที่ส่งผ่านการควบคุมการทำการและรับสถานะของคู่สายภายนอก และรับสถานะของคู่สายภายใน โดยมีรายละเอียดของบิตควบคุมดังต่อไปนี้

พอร์ท A ใช้ควบคุมสถานะของคู่สายภายใน มีบิตที่ใช้ควบคุมดังนี้

PA0	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PA7
CLS1	CLS2	CLS3	CLS4	CLS5	CLS6	CLS7	CLS8

และ **พอร์ท B** ใช้ควบคุมสถานะของคู่สายภายนอกและมีบิตที่ใช้ควบคุมดังนี้

PB0	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	PB6	PB7
A	B	C	INH	CO.CONE	RESET 123	-	-

2. สัญญาณที่ใช้ควบคุมสถานะต่าง ๆ ของคู่สายโทรศัพท์

STN เป็นสัญญาณแสดงสถานะการยกหรือวางแฮนด์เซ็ตของเครื่องโทรศัพท์ที่ต่ออยู่กับคู่สายภายในซึ่งจะมีเลขแสดงลำดับที่ของคู่สายกำกับอยู่ เช่น

STN1 หมายถึง สถานะของเครื่องโทรศัพท์คู่สายภายในเครื่องที่ 1 เป็นต้น โดยลอจิกแสดงสถานะของ STN คือ

STN = 1 หมายถึง มีการยกแฮนด์เซ็ตของคู่สายนั้น

STN = 0 หมายถึง มีการวางแฮนด์เซ็ตของคู่สายนั้น

STK เป็นสัญญาณแสดงการกดปุ่มตัวเลขของเครื่องโทรศัพท์ที่ต่ออยู่กับคู่สายภายใน โดยจะมีเลขที่คู่สายกำกับอยู่ เช่นเดียวกับ STN ซึ่งมีลอจิกแสดงสถานะของ STK คือ ถ้า STK = 0 หมายถึง ไม่มีการกดปุ่มตัวเลขใด ๆ ในคู่สายนั้น หรืออยู่ในสภาวะปกติ แต่ถ้า STK = 1 หมายถึง มีการกดปุ่มตัวเลขเกิดขึ้นที่คู่สายนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CO.STN เป็นสัญญาณแสดงสถานะการเรียกเข้าของคู่สายภายนอก

C.CONC เป็นสัญญาณที่ใช้ควบคุมการติดต่อคู่สายภายนอกให้เชื่อมต่อกับส่วนเชื่อมต่อเสียงพูด (Speech Path)

CLS ย่อมาจาก Class of Service เป็นสัญญาณแสดงสถานะของคู่สายภายในว่า คู่สายใดสามารถที่จะใช้ติดต่อออกไปยังคู่สายภายนอกขององค์การโทรศัพท์ฯ ได้

DAC,RBC,BSC,RGC เป็นสัญญาณที่ใช้สำหรับควบคุมการปล่อยสัญญาณต่าง ๆ ในระบบโทรศัพท์ให้กับคู่สายโทรศัพท์ภายในของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

DAC (Dial Tone Control) เป็นสัญญาณควบคุมการส่งสัญญาณ Dial Tone ให้กับคู่สาย

RBC (Ring Back Tone Control) เป็นสัญญาณควบคุมการส่งสัญญาณ Ring back tone

BSC (Busy Tone Control) เป็นสัญญาณควบคุมการส่งสัญญาณ Busy Tone ให้กับคู่สาย

RGC (Ringing Control) เป็นสัญญาณควบคุมการส่งสัญญาณ Ringing signal ให้กับคู่สาย

Reset 123 เป็นสัญญาณทางเทคนิค ที่ควบคุมโดย CPU เพื่อใช้ในการตรวจสอบสถานะของคู่สายภายนอก เพื่อให้การตรวจสอบสถานะของคู่สายภายนอกเป็นไปอย่างถูกต้อง

การออกแบบส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายภายนอก

การออกแบบส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายภายนอกของชุมสายโทรศัพท์ WPABX นี้ จะประกอบไปด้วยส่วนตรวจจับสัญญาณเรียก (Ringing Signal Detector) ส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายภายนอก โดยใช้ทรานสฟอร์มเมอร์ คัปปลิ้ง (Transformer Coupling) และส่วนตัดต่อคู่สายด้วยรีเลย์ (Relay) ซึ่งแสดงรายละเอียดของวงจรทั้งหมดไว้ในภาพที่ 9

สำหรับส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกนั้น ประกอบไปด้วย ไอซี 34012,74123,74121 และ 7400 เมื่อมีการส่งสัญญาณเรียกมาจากชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ฯ วงจรส่วนนี้จะสร้างสัญญาณ INT 0 เพื่อไปทำการอินเตอร์รัพท์ (Interrupt) ในส่วนของหน่วยควบคุมกลาง เพื่อที่จะทำงานตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ โดยชุมสายโทรศัพท์ WPABX ก็จะส่งสัญญาณเรียกให้กับคู่สายภายในตามที่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อคู่สายภายในมีการตอบรับ โดยการยกแฮนด์เซ็ต ส่วนประมวลผลจะสั่งให้วงจรตัดต่อคู่สายภายนอกทำงาน โดยการส่งสัญญาณ C.CONC ผ่านทางพอร์ทไปควบคุมรีเลย์ เพื่อทำการต่อคู่สายภายนอกให้เชื่อมต่อกับส่วนวงจรเชื่อมต่อคู่สายภายใน โดยผ่านทรานสฟอร์มเมอร์คัปปลิ้ง ซึ่งทรานสฟอร์มเมอร์นี้จะออกแบบให้มีค่าอิมพีแดนซ์เท่ากับอิมพีแดนซ์ของโทรศัพท์ 1 เครื่อง มีค่าประมาณ 600 โอห์ม และทรานสฟอร์มเมอร์ ก็จะทำการเชื่อมต่อคู่สายภายนอกเข้ากับส่วนเชื่อมต่อสัญญาณเสียงพูดโดยชุมสายโทรศัพท์ WPABX จะส่งสัญญาณเรียกไปยังคู่สายภายในที่ได้กำหนดไว้ และคอยตรวจสอบสถานะของคู่สายนั้น เมื่อมีการยกแฮนด์เซ็ตหรือรับโทรศัพท์แล้วชุมสายขององค์การโทรศัพท์ก็จะยกเลิกการส่งสัญญาณเรียกมายังชุมสายโทรศัพท์ WPABX

การออกแบบส่วนเชื่อมต่อเสียงพูด (Speech Path)

ส่วนเชื่อมต่อเสียงพูดเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณภายในชุมสายโทรศัพท์ WPABX โดยใช้ IC เบอร์ 4051 ทำหน้าที่เป็นส่วนเชื่อมต่อสัญญาณ โดยสามารถควบคุมการติดต่อช่องสัญญาณ จากการควบคุมของส่วนประมวลผลกลางด้วยสัญญาณ A,B,C และ INH สำหรับสัญญาณ A,B,C นั้นเป็นสัญญาณไบนารี่ขนาด 3 บิต ซึ่งทำให้เลือกช่องสัญญาณได้ทั้งหมด 8 ช่องสัญญาณ ส่วนสัญญาณ INH นั้นจะเป็นสัญญาณควบคุมการเชื่อมต่อเพื่อให้เกิดการเชื่อมต่อหรือไม่ก็ได้ ลักษณะการเชื่อมต่อของส่วนเชื่อมต่อเสียงพูดในแต่ละคู่สายภายในและคู่สายภายนอกของชุมสายโทรศัพท์ WPABX จะต่อไว้ในลักษณะของเมตริกซ์สวิตซ์ (Matrix Switch) ดังที่แสดงไว้ในภาพที่ 10 ยกตัวอย่างเช่น เมื่อต้องการให้คู่สายภายนอกทำการต่อเชื่อมกับคู่สายภายในคู่สายที่ 1 หน่วยประมวลผลก็จะสั่งให้ A,B,C และ INH ของคู่สายทั้งสองมีลอจิก เป็น 0,0,0,0 ตามลำดับ เพื่อให้คู่สายที่ 1 ถูกเชื่อมต่อเข้ากับคู่สายภายนอกขององค์การโทรศัพท์ เป็นต้น

การออกแบบส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายใน (Subscriber Line Interface)

ส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายในนี้จะทำหน้าที่เป็นส่วนเชื่อมต่อให้กับคู่สายของสมาชิกภายในชุมสายโทรศัพท์ WPABX โดยจะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ วงจรตรวจจับการยกและวางแฮนด์เซ็ต วงจรควบคุมการปล่อยสัญญาณเสียงต่าง ๆ ส่วนเชื่อมต่อเสียงพูด และวงจรถอดรหัส DTMF หรือ DTMF Decoder ซึ่งวงจรทั้งหมดแสดงไว้ในรูปที่ 11 โดยรายละเอียดในการออกแบบวงจรในส่วนต่าง ๆ มีดังนี้

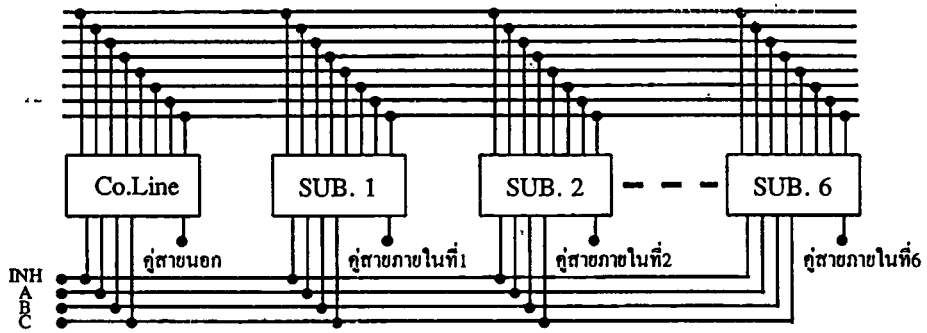
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.วงจรตรวจจับการยกและวางแฮนด์เซ็ต ประกอบไปด้วย IC#40106 เป็นไอซีเกทแบบ Schmit Trigger และ IC#7400 ซึ่งจะสร้างสัญญาณ STN เพื่อเป็นสถานะให้ส่วนประมวลผลตรวจสอบว่า คู่สายนั้นมีการยกหรือวางแฮนด์เซ็ต

2.วงจรควบคุมการปล่อยสัญญาณเสียงให้กับคู่สายภายใน จะใช้ IC#74125 เป็นไอซีชนิด Tristate IC ซึ่งจะควบคุมการส่งผ่านสัญญาณจากอินพุทไปยังเอาท์พุท เมื่อส่วนควบคุมถูกสั่งงานให้มีลอจิก "0" เท่านั้น จึงจะให้สัญญาณเสียงที่กำเนิดขึ้นจากชุมสายโทรศัพท์ WPABX ผ่านไปยังคู่สายภายในได้ โดยสัญญาณเสียงที่เป็นอินพุทของวงจรส่วนนี้ได้แก่ สัญญาณ Dial Tone สัญญาณ Ring Back Tone สัญญาณ Busy Tone และมีสัญญาณที่เป็น สัญญาณควบคุมจากส่วนควบคุมกลาง ได้แก่ DAC, RBC, BSC ตามลำดับ สัญญาณเอาท์พุทที่ได้ก็จะไปปรากฏในคู่สายภายในที่ต้องการ สำหรับสัญญาณ Ringing Signal นั้น จะมีลักษณะเป็นสัญญาณข้อมูลดิจิตอล การออกแบบจึงต้องกำหนดเป็นรหัสที่แตกต่างกันในแต่ละช่องสัญญาณ โดยมีสัญญาณควบคุมคือ สัญญาณ RGC

3.วงจรถอดรหัส DTMF ในการออกแบบจะใช้ IC#8870 ทำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณ DTMF ที่รับมาจากเครื่องโทรศัพท์ของคู่สายภายใน เมื่อมีการกดปุ่มตัวเลขบนแป้นโทรศัพท์ วงจรส่วนนี้ก็จะถอดรหัสออกเป็นสัญญาณดิจิตอล 4 บิต พร้อมทั้งสร้างสัญญาณอินเตอร์รัพท์ INT1 เพื่อบอกให้หน่วยประมวลผลทราบว่ามีการกดแป้นโทรศัพท์เกิดขึ้นให้เตรียมพร้อมรับรหัสตัวเลข 4 บิต ที่จะส่งตามมา

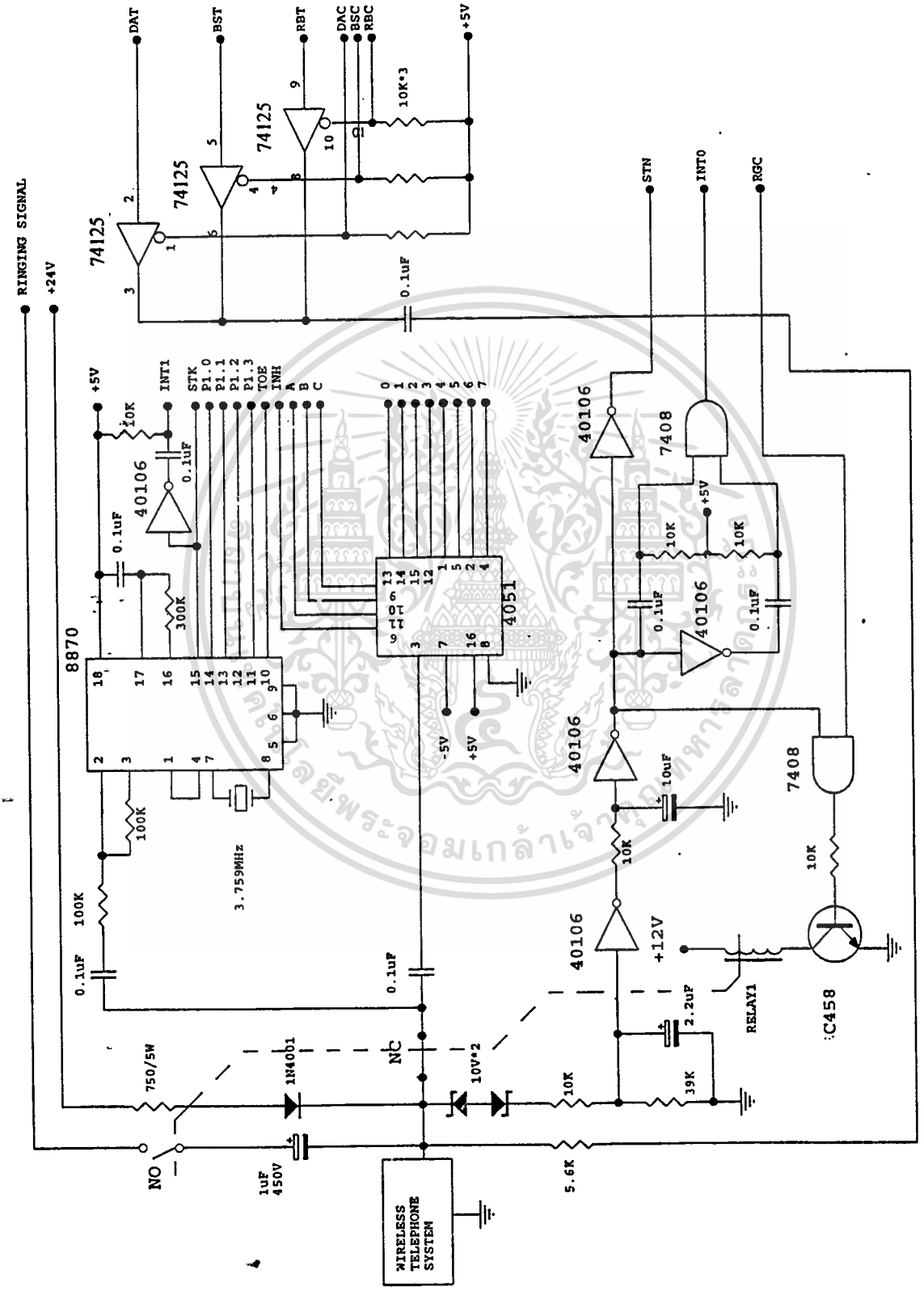
ภาพที่ 10



แสดงลักษณะการเชื่อมต่อของส่วน Speech path

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11



แสดงวงจรเชื่อมต่อกับคู่สายภายในของชุมสายโทรศัพท์ WPABX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบส่วนสร้างสัญญาณ (Tone Generator)

การออกแบบส่วนสร้างสัญญาณต่าง ๆ ในชุมสายโทรศัพท์ WPABX นี้ แสดงไว้ในภาพที่ 12 จะใช้วงจรผลิตสัญญาณแบบ Astable Multivibrator ร่วมกับ IC AND Gate เป็นต้นกำเนิดสัญญาณทั้งหมด โดยลักษณะของสัญญาณต่าง ๆ มีดังนี้

1.สัญญาณให้หมุน (Dial Tone) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์ แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบว่าเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX พร้อมแล้วที่จะให้ผู้ใช้โทรศัพท์นั้น กดหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อด้วยลักษณะของสัญญาณจะเป็นสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 400 Hz ดังต่อเนื่องกันตลอด

2.สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์หลังจากกดหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อด้วย ให้ทราบว่าไม่สามารถจะติดต่อได้ ลักษณะของสัญญาณเป็นสัญญาณความถี่ที่มีความถี่ประมาณ 400 Hz ดังและดับทุก ๆ 1 วินาที

3.สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone) คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์หลังจากกดหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อแล้วให้ทราบว่าสามารถติดต่อกับคู่สายโทรศัพท์ที่ต้องการได้ ลักษณะของสัญญาณเป็นสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 400 Hz ดังประมาณ 1 วินาทีและดับประมาณ 3 วินาที

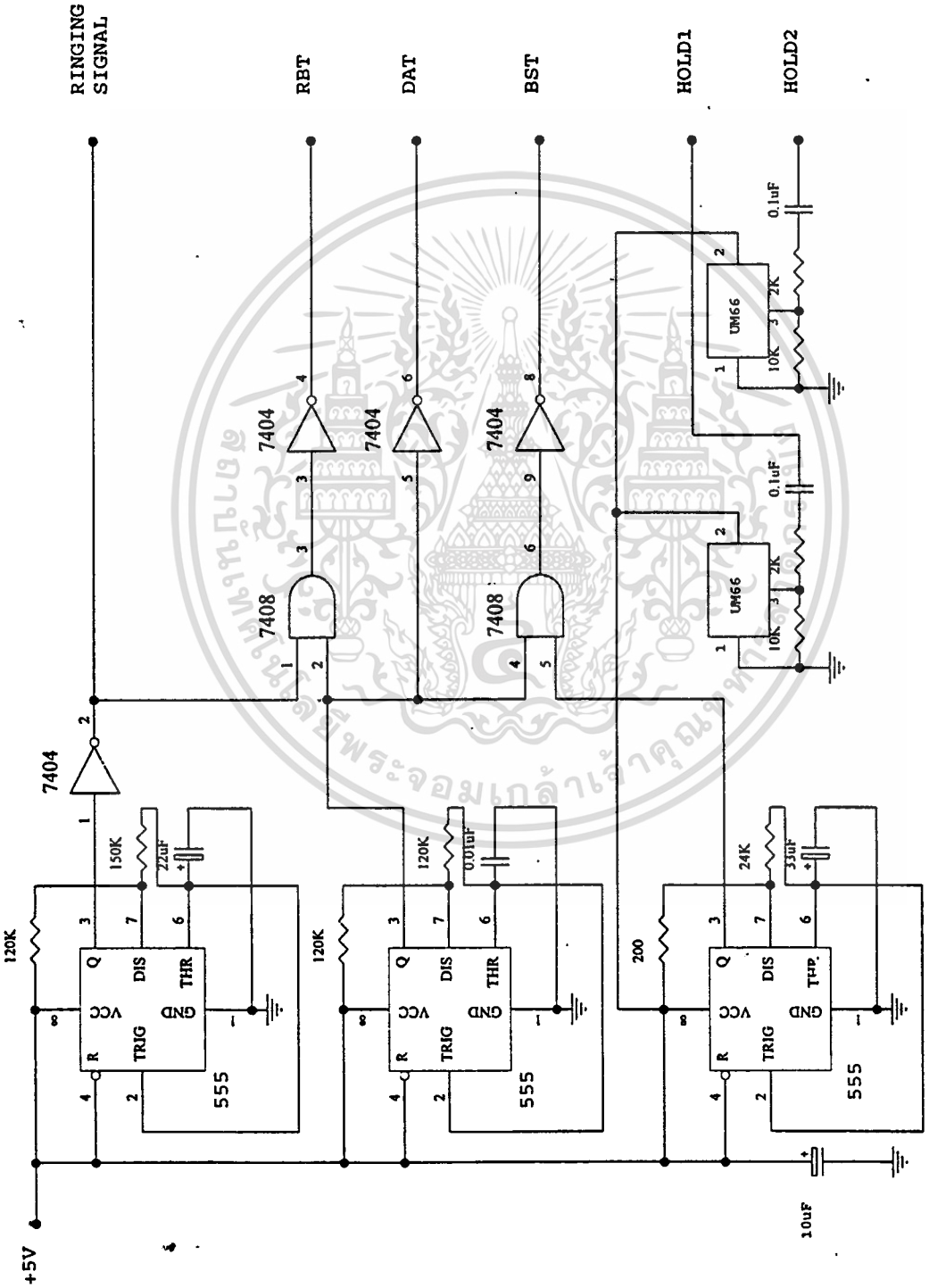
4.สัญญาณเรียก (Ringing Signal) คือสัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ภายใน ทำให้กระดิ่งของโทรศัพท์นั้นดัง เพื่อแจ้งให้ทราบว่ามีผู้ต้องการติดต่อด้วย โดยลักษณะของสัญญาณ จะดังและดับเป็นช่วง ๆ เหมือนกับสัญญาณ Ring Back Tone โดยก่อนที่ส่งไปให้กับคู่สายภายในแต่ละเครื่องจะถูกจัดรหัสก่อนที่จะส่งออกไป

โดยส่วนผลิตความถี่นั้น จะใช้ IC 555 จัดเป็นวงจร Astable Multivibrator กำหนดสัญญาณให้มีความถี่ 400 Hz โดยคำนวณความถี่ของสัญญาณจาก

$$
\begin{aligned}
F &= 1.44 / [(R1+2R2)C] \\
&= 1.44 / [(120K + (2x120K)) \times 0.01\ uF] \\
&= 1.44 / [(120 + (2x120)) \times 10^{3} \times 0.01 \times 10^{-6}] \\
&= 400\ Hz
\end{aligned}
$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 12



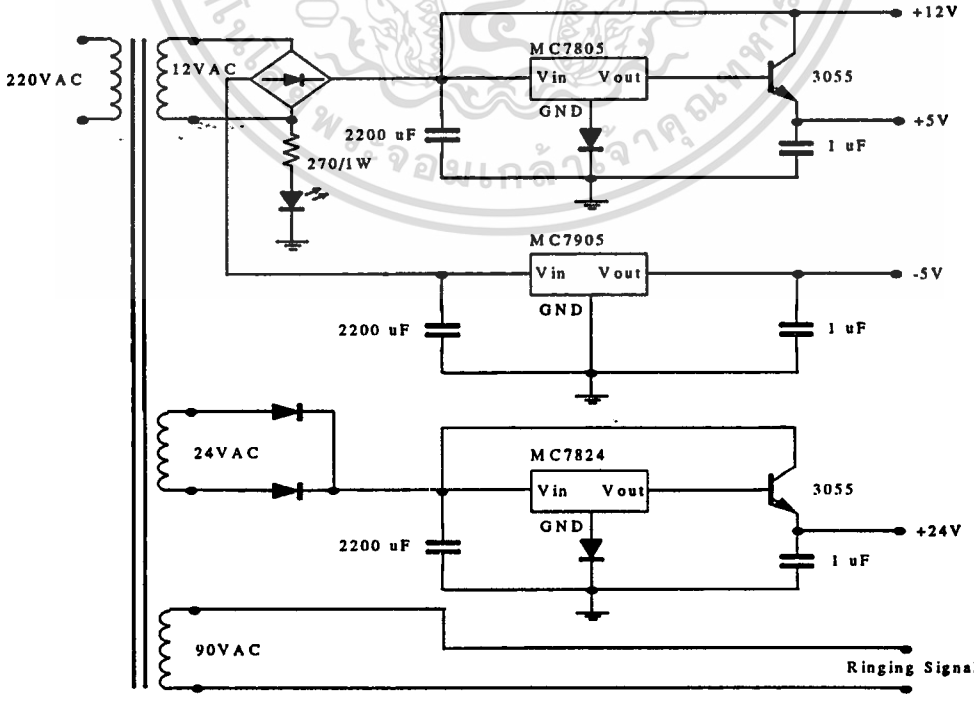
แสดงวงจรสร้างสัญญาณของชุมสายโทรศัพท์ WPABX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบส่วนจ่ายไฟเลี้ยงของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

ส่วนจ่ายไฟเลี้ยงนี้ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าที่จ่ายมาให้แก่ผู้ใช้ตามบ้านที่เป็นกระแสสลับขนาด 220 โวลท์ ให้เป็นกระแสตรงขนาด +5,-5 +12 และ +24 โวลท์ เพื่อไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX โดยรูปวงจรจ่ายไฟเลี้ยงได้แสดงไว้ในภาพที่ 13 ซึ่งจะประกอบด้วย หม้อแปลงที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลท์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 12 โวลท์ กับ 24 โวลท์ และ 90 โวลท์ จากนั้นนำไฟฟ้ากระแสสลับ 12 โวลท์ ไปผ่านไดโอดบริดจ์ ทำหน้าที่ Rectifier ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงขนาด +12 โวลท์ แล้วผ่านไอซี Regulator เบอร์ MC7805 และ MC7905 ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงขนาด +5 โวลท์ และ -5 โวลท์ ตามลำดับ ส่วนไฟฟ้ากระแสสลับ 24 โวลท์ ก็จะนำไปผ่านไดโอด Rectifer แบบ Full Wave ได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 โวลท์ และ Regulate ให้ได้ระดับไฟฟ้าที่คงที่ด้วยไอซี Regulator เบอร์ MC7824 ทำให้ได้ไฟไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ตามต้องการ ส่วนไฟ 90 โวลท์จะถูกนำไปเป็นส่วนกำเนิดสัญญาณ Ringing ในชุมสายโทรศัพท์ WPABX

ภาพที่ 13



แสดงวงจรส่วนจ่ายไฟเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบโครงสร้างส่วนเชื่อมต่อทางคลื่นวิทยุระหว่าง WPABX กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย

โครงสร้างในส่วนนี้ประกอบด้วย ส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายภายในของ WPABX (WPABX Line Interface) และส่วนดีมอดูเลตสัญญาณที่รับได้จากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย (Demodulator from Subscriber) ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมดังภาพที่ 14 และ มีวงจรรวมทั้งหมดเป็นดังภาพที่ 15 โดยในโครงสร้างนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่

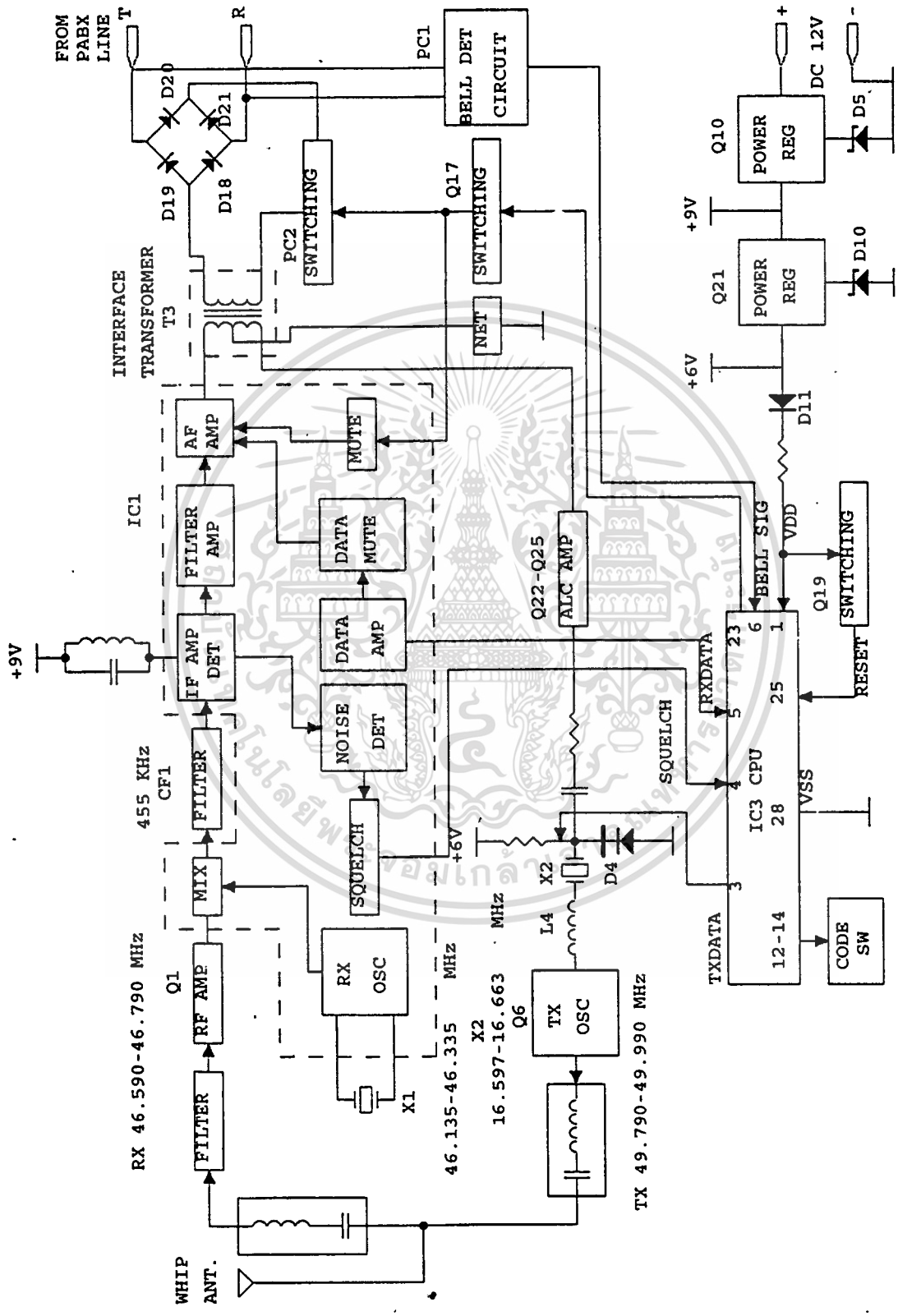
1. ส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายภายในของ PABX
2. ส่วนดีมอดูเลทสัญญาณที่ได้รับจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย

1. ส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายภายในของ PABX (PABX Line Interface)

ส่วนนี้ทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณกับคู่สายภายในของ PABX และตรวจจับสัญญาณเรียกที่ส่งมาจากคู่สายภายใน เมื่อมีสัญญาณเรียก (Ringing Signal) มาจากคู่สายภายในของ PABX BC1(Bell Detect Circuit) จะทำงานเพื่อบอกให้ CPU ทราบว่ามีสัญญาณเรียกเข้ามาภายใน PABX เมื่อ CPU ทราบว่ามีสัญญาณเรียกเข้ามาที่ช่องสัญญาณใด CPU ก็จะส่งสัญญาณข้อมูลไปให้ส่วนมอดูเลตเพื่อส่งสัญญาณไปแจ้งเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายว่ามีการเรียกเข้า ในกรณีที่ CPU สั่งให้มีการเชื่อมต่อกับคู่สายภายในของ PABX CPU จะใช้ขาสัญญาณ Pulse (ขา 23) เป็นตัวส่ง โดยเมื่อ Pulse มีลอจิกเป็น High ทรานซิสเตอร์ Q17 จะทำงานมีผลให้สัญญาณจากคู่สายภายในของ PABX ผ่านเข้าไปยังทรานสฟอร์เมอร์ T3 ซึ่งเป็น Matching Transformer และมอดูเลตสัญญาณส่งไปให้เครื่องโทรศัพท์ไร้สาย โดยจะมอดูเลตสัญญาณย่านความถี่เสียงจากคู่สายภายในรวมถึงสัญญาณข้อมูลจาก CPU ให้อยู่ในย่านความถี่ 49 MHz เพื่อส่งให้เครื่องโทรศัพท์ไร้สายในการ ติดต่อและสนทนาใช้คริสตอลควบคุมความถี่แล้วใช้วงจรจูนในการคูณความถี่ขึ้น 3 เท่า และใช้ Varactor Diode D4 เป็นตัวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางความถี่ตามสัญญาณที่นำเข้ามามอดูเลต สำหรับความถี่ของคริสตอลที่ใช้กับช่องสัญญาณ แสดงไว้ในตารางที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

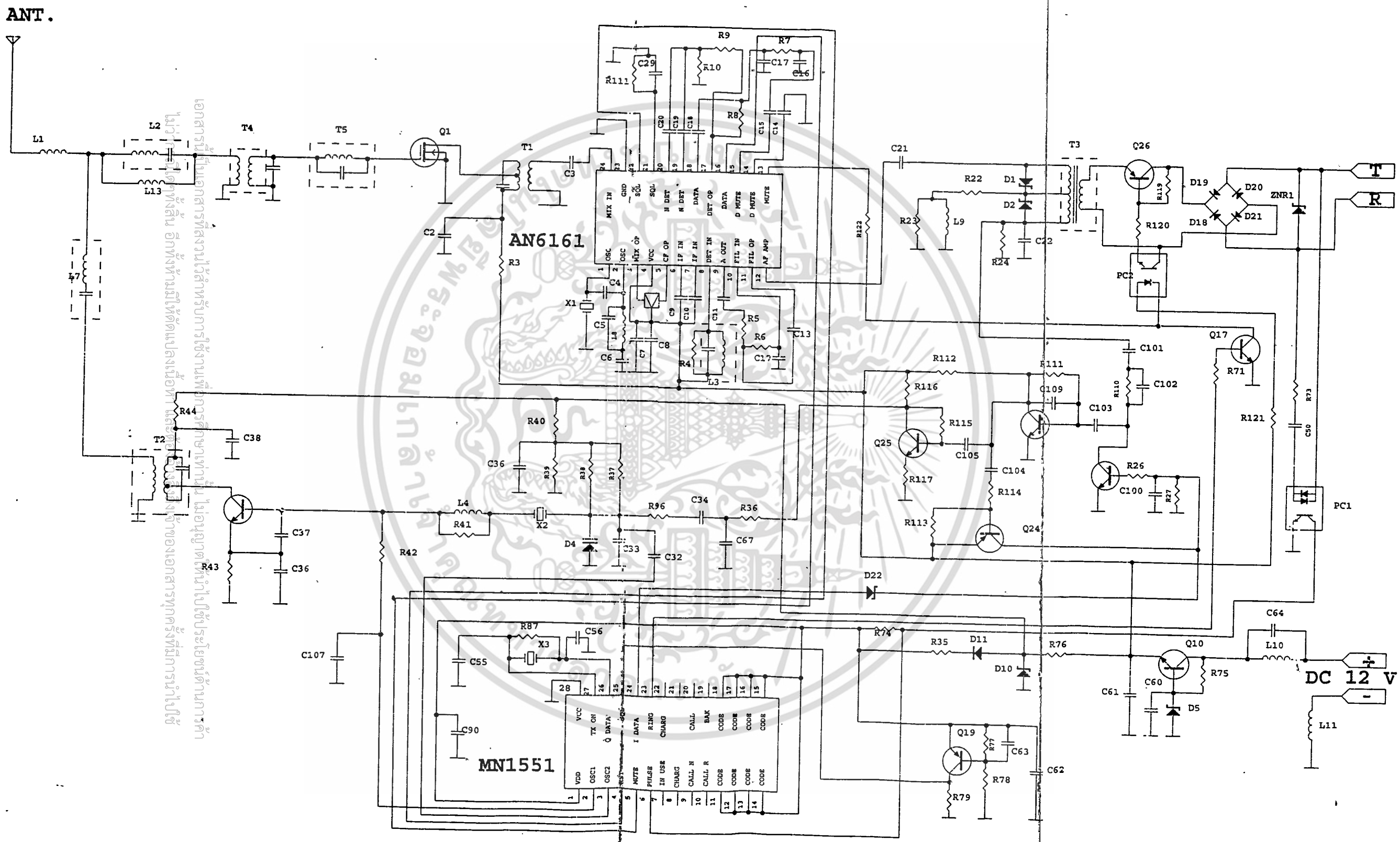
ภาพที่ 14



แสดงบล็อกไดอะแกรมของส่วนเชื่อมต่อด้วยคลื่นวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 15



แสดงวงจรของส่วนเชื่อมต่อด้วยคลื่นวิทยุ

ตารางที่ 6
แสดงความถี่ของคริสตอลที่ใช้กับช่องสัญญาณ
ตามมาตรฐานของ WPABX ในวงจรมอดูเลทเตอร์ของชุมสาย WPABX

เลขช่องสัญญาณ	ความถี่ที่ส่ง (MHz)	ความถี่ของคริสตอลที่ใช้ (MHz)
1	49.790	16.597
2	49.830	16.610
3	49.870	16.623
4	49.910	16.632
5	49.950	16.650
6	49.990	16.663

2. ส่วนดีมอดูเลทสัญญาณจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย (Demodulator from Subscriber)

ส่วนนี้ทำหน้าที่ ดีมอดูเลทสัญญาณที่ส่งมาจากโทรศัพท์ลูกข่ายที่เป็นโทรศัพท์แบบไร้สาย ความถี่ 46 MHz ให้อยู่ในย่านสัญญาณเสียงในการติดต่อและสนทนา โดยในภาคแรกของการรับสัญญาณจากสายอากาศคือส่วน วงจรกรองสัญญาณ และวงจรจูน และเพิ่มความไวในการรับสัญญาณโดยใช้ FET Q1 การดีมอดูเลทใช้ IC AN6161 โดย IC นี้ทำการผสมสัญญาณจากความถี่ย่าน 46 MHz ให้เหลือความถี่ 455 kHz แล้วทำการดีเทคให้เหลือแต่สัญญาณเสียง การผสมสัญญาณจากความถี่ย่าน 46 MHz ให้เหลือความถี่ 455 kHz นั้นจะใช้คริสตอลที่มีความถี่ ดังตารางที่ 7

เมื่อผ่านการผสมสัญญาณจนเหลือสัญญาณความถี่ 455 kHz แล้ว สัญญาณจะถูกนำไปผ่านเซรามิคฟิลเตอร์ 455 kHz (Ceramic Filter 455 kHz) สัญญาณที่ได้จะถูกนำไปดีเทคให้เหลือเฉพาะสัญญาณเสียง แล้วผ่านวงจรขยายสัญญาณย่านความถี่เสียง (Audio Frequency Amplifier) ที่มีอยู่ในไอซี สัญญาณเสียงที่ได้เป็นสัญญาณที่ไปป้อนให้แก่คู่สายภายใน และไอซีดังกล่าวยังทำหน้าที่เกี่ยวกับการดีเทคข้อมูล (Data Detection) ซึ่งเป็นข้อมูลในการเชื่อมต่อระหว่างชุมสายกับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7

แสดงความถี่ ของคริสตัลที่ใช้กับช่องสัญญาณ

ตามมาตรฐานของ WPABX ในการดีมอดูเลทของชุมสาย WPABX

เลขช่องสัญญาณ	ความถี่ที่รับ (MHz)	ความถี่ของคริสตอลที่ใช้ (Mhz)
1	46.590	46.135
2	46.610	46.175
3	46.670	46.215
4	46.710	46.255
5	46.750	46.295
6	46.790	46.335

การออกแบบโครงสร้างส่วนโทรศัพท์ไร้สาย

โครงสร้างส่วนนี้ประกอบด้วย ส่วนมอดูเลตสัญญาณที่จะส่งไปให้ชุมสาย (Transmitter and Detector) ส่วนดีมอดูเลตสัญญาณที่ส่งมาจากชุมสาย (Receiver and Demodulator) และส่วนประมวลผลของเครื่องโทรศัพท์ไร้สาย (CPU for Cordless Telephone) โดยมีบล็อกไดอะแกรมดังภาพที่ 16 และมีวงจรทั้งหมดเป็นดังภาพที่ 17

1. ส่วนมอดูเลตสัญญาณส่งไปให้ชุมสายตัวฐาน (Transmitter and Modulator)

ส่วนนี้ทำหน้าที่ผสมสัญญาณย่านความถี่เสียง รวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับการเชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์ WPABX กับเครื่องโทรศัพท์ไร้สายให้อยู่ในย่านความถี่ 46 MHz เพื่อส่งออกอากาศ ซึ่งประกอบด้วย Q7 และ Q10 ที่ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Amplifier from Microphone) Q9 ทำหน้าที่เป็นออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) ที่ถูกควบคุมความถี่ด้วยคริสตอล ซึ่งใช้ความถี่ของคริสตอลตามช่องสัญญาณดังตารางที่ 8 แล้วใช้วงจรจูนในการคูณความถี่ขึ้นเป็น 3 เท่า และใช้ Varactor Diode D8 เป็นตัวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางความถี่ตามสัญญาณที่นำเข้ามา มอดูเลต และมี Q11 เป็นวงจรขยายกำลังที่ความถี่สูง (Power Amplifier)

2. ส่วนดีมอดูเลตสัญญาณที่ส่งมาจากโทรศัพท์ WPABX (Receiver and Demodulator)

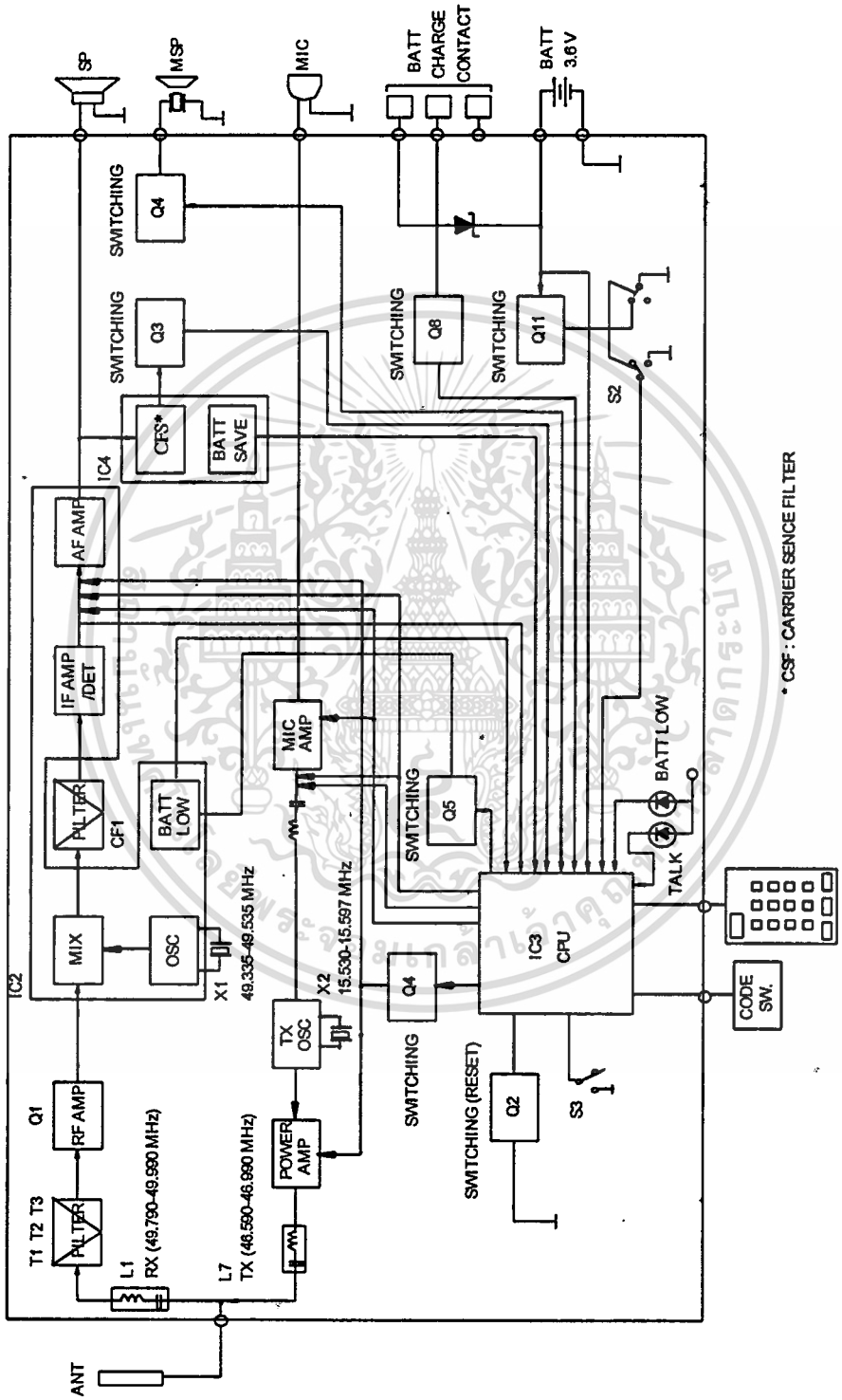
ส่วนนี้ทำหน้าที่ดีมอดูเลตสัญญาณที่ส่งมาจากชุมสายโทรศัพท์ WPABX ที่ความถี่ 49 MHz ให้อยู่ในย่านสัญญาณเสียงให้การติดต่อสนทนา รวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับการเชื่อมต่อกันระหว่างชุมสายกับเครื่องโทรศัพท์ไร้สาย โดยในส่วนแรกเป็นวงจรกรองความถี่และวงจรจูน พร้อมด้วยวงจรขยายสัญญาณด้วย FET Q1 เพื่อเพิ่มความไวในการรับ การดีมอดูเลตใช้ IC2 AN6160 โดยไอซีนี้จะทำการผสมสัญญาณจากความถี่ย่าน 49 MHz ให้เหลือสัญญาณความถี่ 455 kHz โดยใช้คริสตอล X1 ที่มีความถี่ตามช่องสัญญาณดังตารางที่ 9 จากนั้นจะนำสัญญาณที่ได้ผ่านเซรามิคฟิลเตอร์ (Ceramic Filter) แล้วจึงนำไปเข้า IC2 อีกครั้งเพื่อดีเทคได้สัญญาณเสียงออกมา พร้อมกับการขยายสัญญาณโดยวงจรขยายสัญญาณเสียงที่มีอยู่ในไอซีตัวนี้ด้วย

3. ส่วนประมวลผลของเครื่องโทรศัพท์ไร้สาย (CPU for Cordless Telephone)

ส่วนนี้ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องโทรศัพท์ไร้สายโดยใช้ IC#PQV1505 ได้แก่ ส่งสัญญาณ DTMF ตามการกดปุ่มของผู้ใช้เครื่องโทรศัพท์ ส่งข้อมูลที่เกี่ยวกับการเชื่อมต่อระหว่างชุมสาย WPABX กับเครื่องโทรศัพท์โดยข้อมูลที่กำหนดให้สำหรับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่องแสดงไว้ในตารางที่ 2 และทำหน้าที่รับข้อมูลที่ดีมอดูเลตมาได้ ในการติดต่อระหว่างเครื่องชุมสาย WPABX กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย โดยจะถอดรหัสของสัญญาณเรียกที่ส่งมาจากชุมสายโทรศัพท์ WPABX สำหรับรหัสสัญญาณเรียกที่ได้กำหนดไว้แสดงไว้ในตารางที่ 3 โดยต่ออยู่กับคริสตอลความถี่ 3.992 MHz ซึ่งเป็นฐานเวลาในการทำงานของไอซี CPU นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

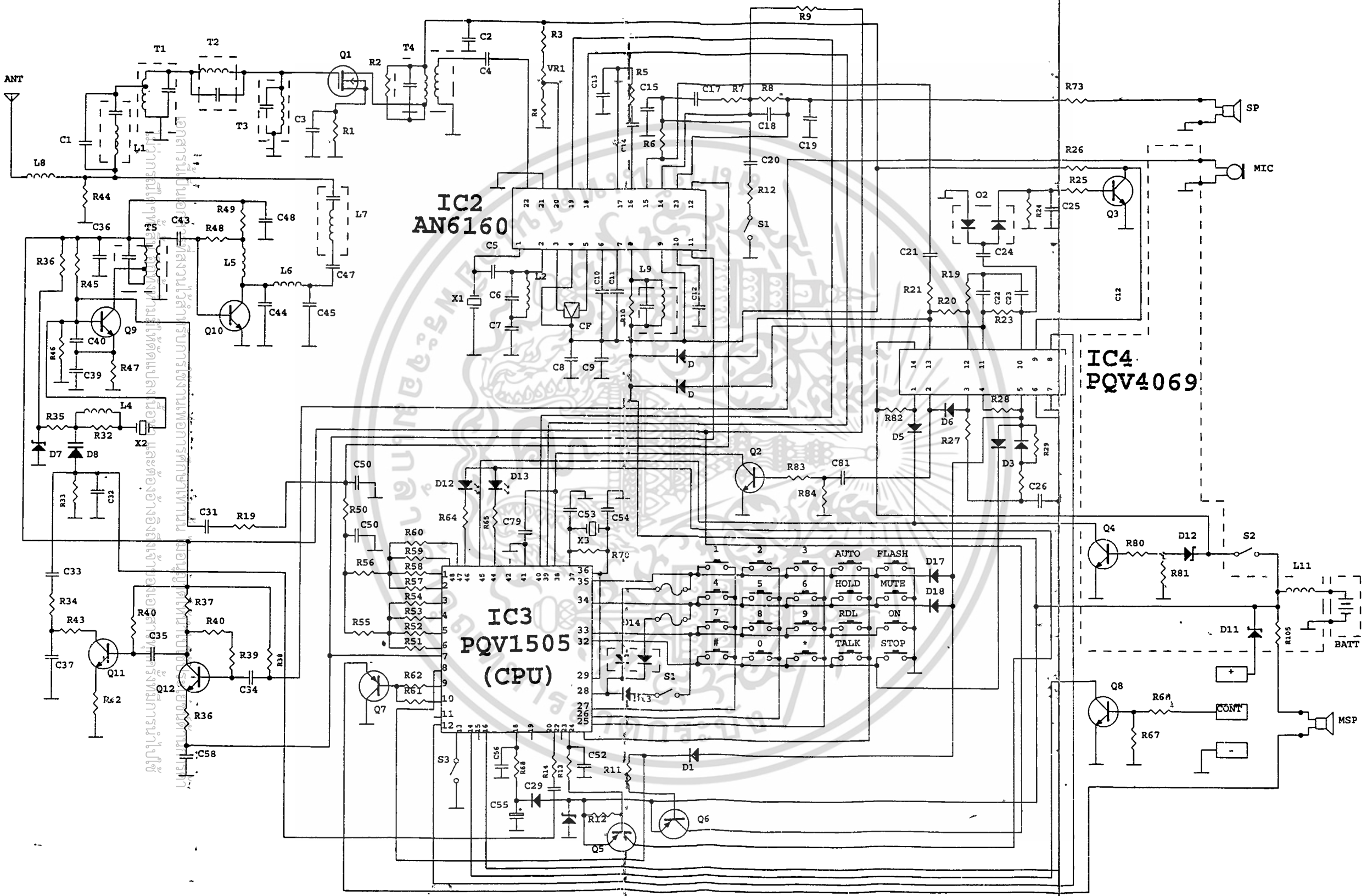
ภาพที่ 16



แสดงบล็อกไดอะแกรมของส่วนโทรศัพท์ลูกข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 17



แสดงวงจรของส่วนโทรศัพท์ลูกข่าย

ตารางที่ 8
แสดงความถี่ของคริสตอลที่ใช้กับช่องสัญญาณ
ตามมาตรฐานของ WPABX ในการมอดูเลตของเครื่องโทรศัพท์

เลขช่องสัญญาณ	ความถี่ที่ส่ง (MHz)	ความถี่ของคริสตอลที่ใช้ (MHz)
1	46.590	15.530
2	46.630	15.543
3	46.670	15.557
4	46.710	15.570
5	46.750	15.583
6	46.790	15.597

ตารางที่ 9
แสดงความถี่ของคริสตอลที่ใช้กับช่องสัญญาณ
ตามมาตรฐานของ WPABX ในการดีมอดูเลตของเครื่องโทรศัพท์

เลขช่องสัญญาณ	ความถี่ที่รับ (MHz)	ความถี่ของคริสตอลที่ใช้ (MHz)
1	49.790	49.335
2	49.830	49.375
3	49.870	49.415
4	49.910	49.455
5	49.950	49.495
6	49.990	49.535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างและการออกแบบทางซอฟท์แวร์

โครงสร้างทางซอฟท์แว์รของ WPABX สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. โครงสร้างส่วน WPABX
2. โครงสร้างส่วนเชื่อมต่อทางคลื่นวิทยุระหว่าง WPABX กับ เครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย
3. โครงสร้างส่วนเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย

1. โครงสร้างส่วน PABX

สำหรับโปรแกรมควบคุมชุมสาย WPABX ที่ออกแบบนั้นประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

1.1) โปรแกรมตรวจสอบสถานะของคู่สายโทรศัพท์ (Scan Program)

1.2) โปรแกรมให้บริการการอินเทอร์รัพท์ 0

1.3) โปรแกรมให้บริการอินเทอร์รัพท์ 1

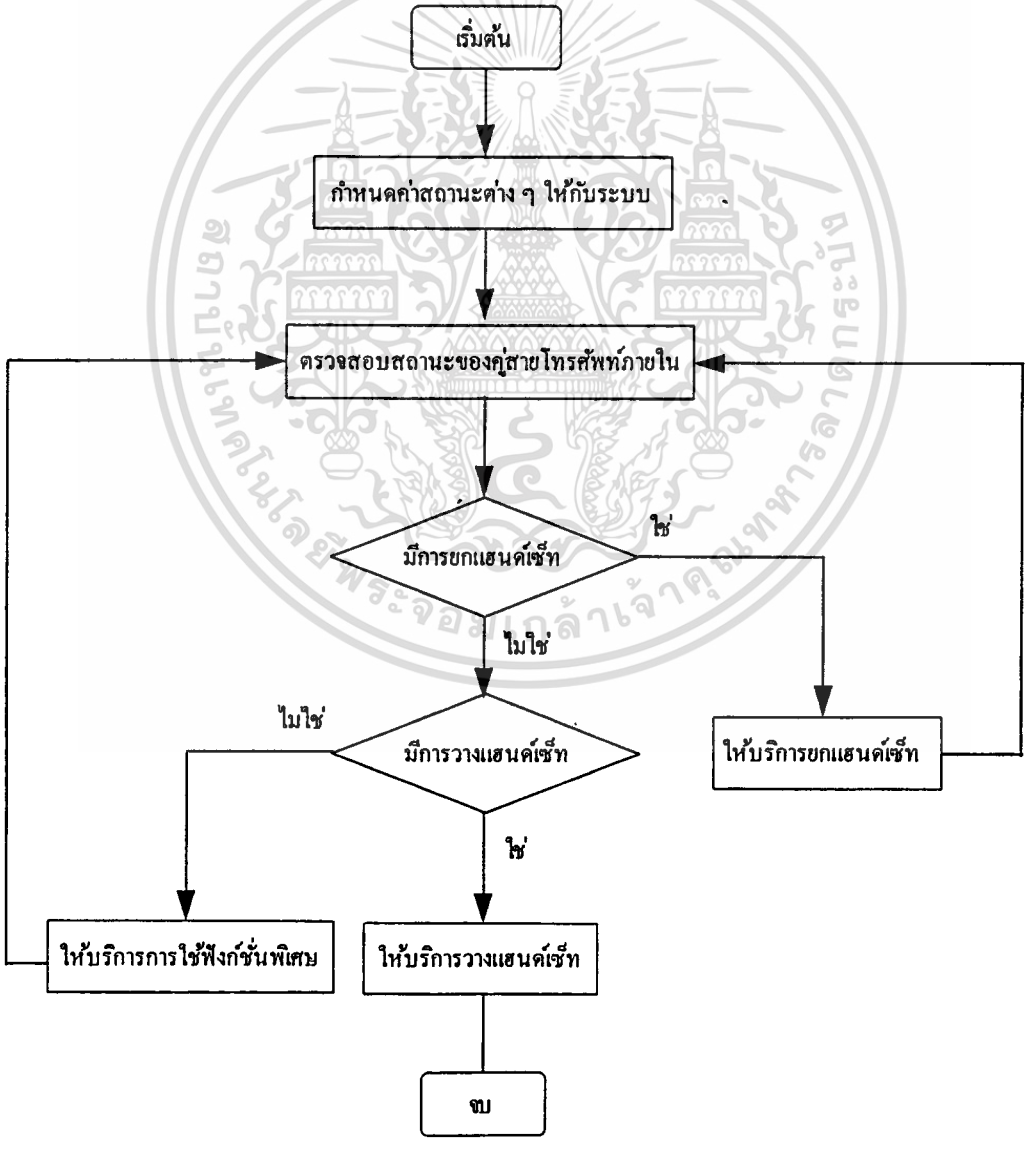
1.1 โปรแกรมตรวจสอบสถานะของคู่สายโทรศัพท์ (Scan Program) โปรแกรมส่วนนี้ทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะของคู่โทรศัพท์ว่ามีสถานะการยก-วางแฮนด์เซ็ทของคู่สายเป็นอย่างไร และตรวจสอบการใช้ฟังก์ชั่นพิเศษของคู่สายโทรศัพท์ โดยโปรแกรม Scan จะเป็นโปรแกรมที่ทำงานตลอดเวลาเพื่อตรวจสอบ พบว่าคู่สายคู่ไหนต้องการใช้บริการ (การยก-วาง แฮนด์เซ็ท หรือ การใช้ฟังก์ชั่นพิเศษ) เมื่อมีคู่สายที่ต้องการใช้บริการดังที่กล่าวมา โปรแกรมจะไปทำงานให้บริการตามงานนั้น ๆ และหลังจากให้บริการเรียบร้อยแล้วจะ กลับมาทำการ Scan ต่อ สำหรับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้แสดงไว้ในแผนภูมิที่ 18,19,20 และ 21

1.2 โปรแกรมการให้บริการอินเทอร์รัพท์ 0 สำหรับการทำงานของ CPU ได้กำหนดให้มีการอินเทอร์รัพท์อยู่ 2 ระดับคือ การอินเทอร์รัพท์ 0 และ การอินเทอร์รัพท์ 1 โดยกำหนดให้การอินเทอร์รัพท์ 0 มีความสำคัญ (Priority) มากที่สุด โปรแกรมการให้บริการอินเทอร์รัพท์ 0 จะให้การบริการเมื่อสายนอก (Central-office Line) เรียกเข้าโดยจะทำการเชื่อมต่อช่องสัญญาณของสายนอกให้กับคู่สายภายใน (Extension) ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมนี้แสดงดังแผนภูมิที่ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 โปรแกรมการให้บริการอินเทอร์รัพท์ 1 อินเทอร์รัพท์ 1 จะเกิดขึ้นเมื่อมีการกดปุ่มแป้นหมายเลขโทรศัพท์ของคู่สายภายใน โปรแกรมการให้บริการอินเทอร์รัพท์ 1 จะให้บริการการรับหมายเลขที่กด และทำการตรวจสอบหมายเลขว่าผู้ใช้ต้องการใช้บริการอะไร ตลอดจนการเชื่อมต่อช่องสัญญาณให้กับคู่สายภายในและคู่สายภายนอก สำหรับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้แสดงไว้ในแผนภูมิที่ 23

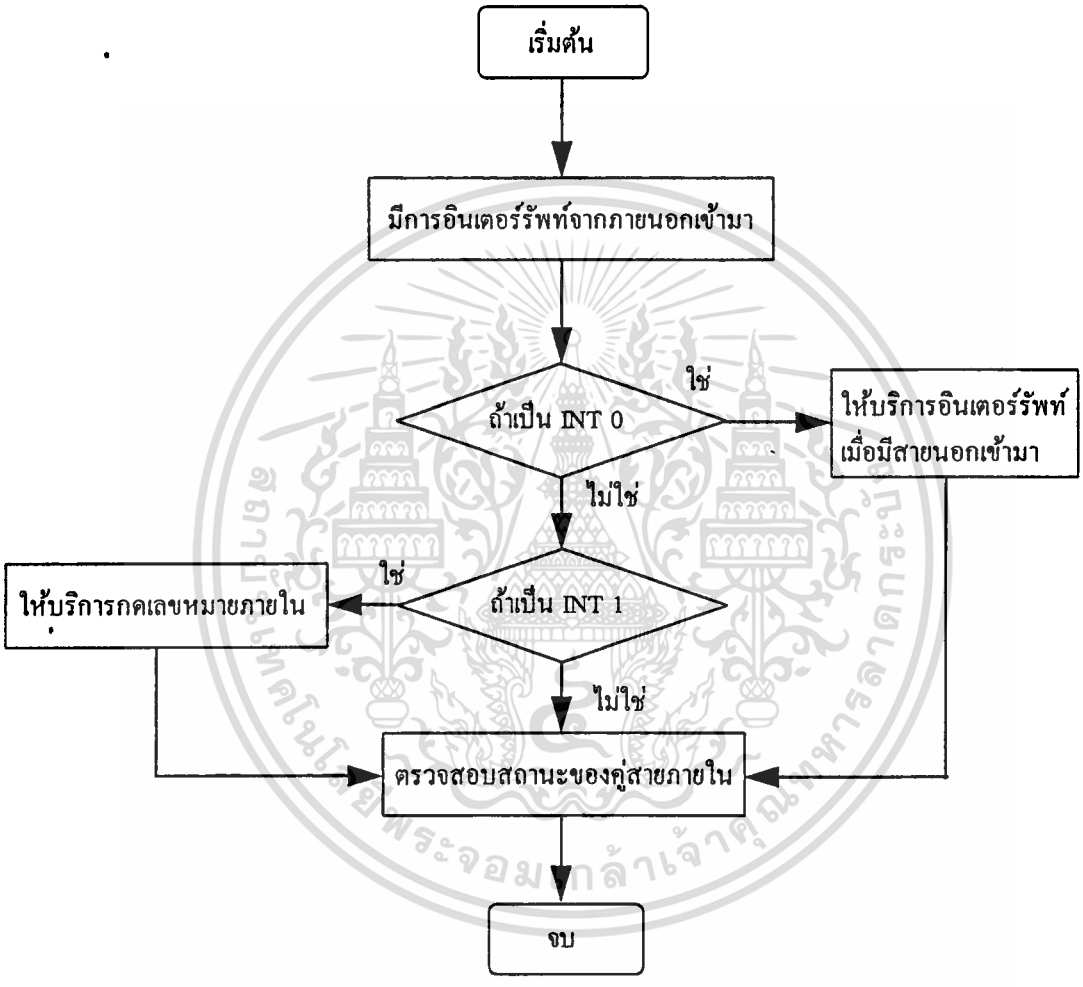
แผนภูมิที่ 18



แสดงโฟล์วชาร์ทโปรแกรมการทำงานหลักของการให้บริการของชุมสาย WPABX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

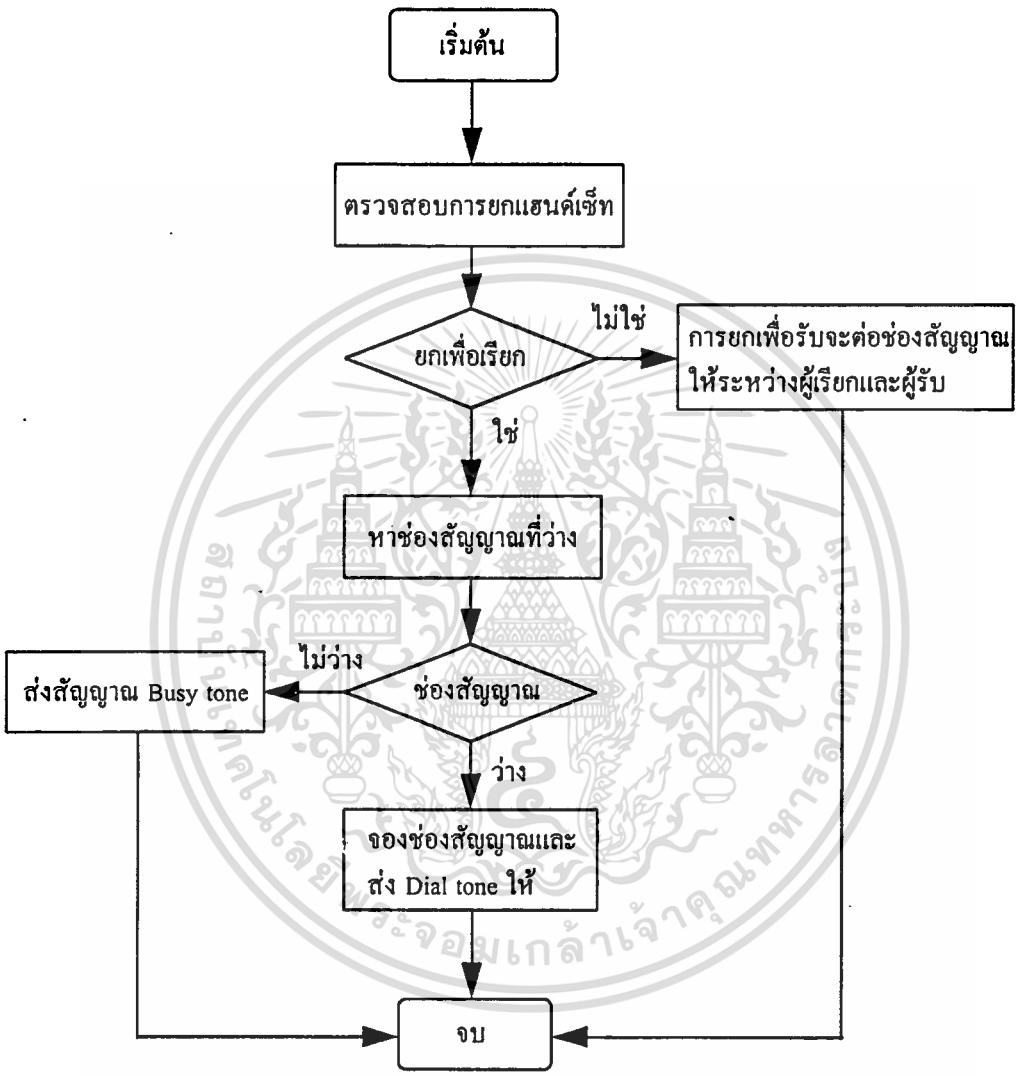
แผนภูมิที่ 19



แสดงโฟล์วชาร์ทโปรแกรมการทำงานหลักของการตรวจเช็คอินเตอร์รัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

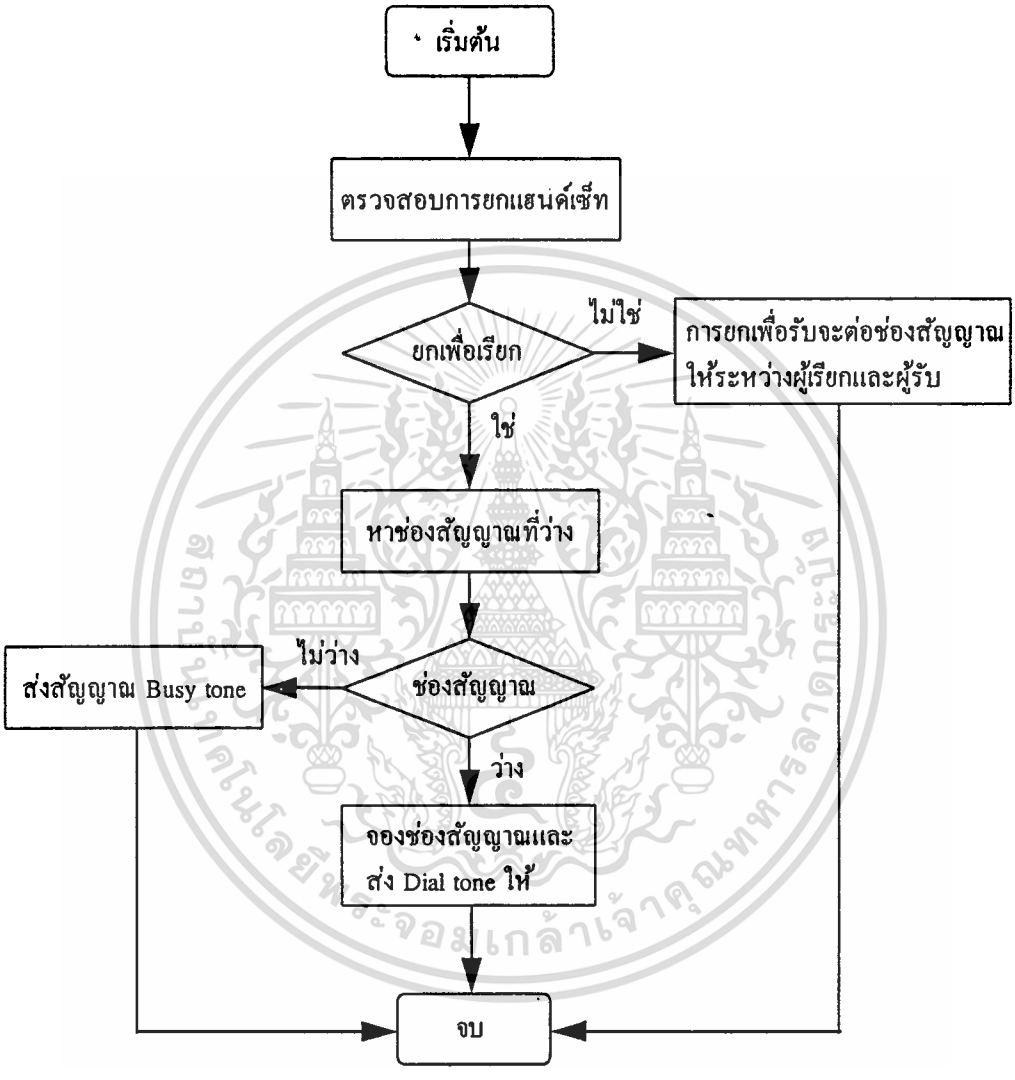
แผนภูมิที่ 20



แสดงโฟล์วชาร์ทย่อยโปรแกรมของการตรวจสอบการยกแฮนด์เซ็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

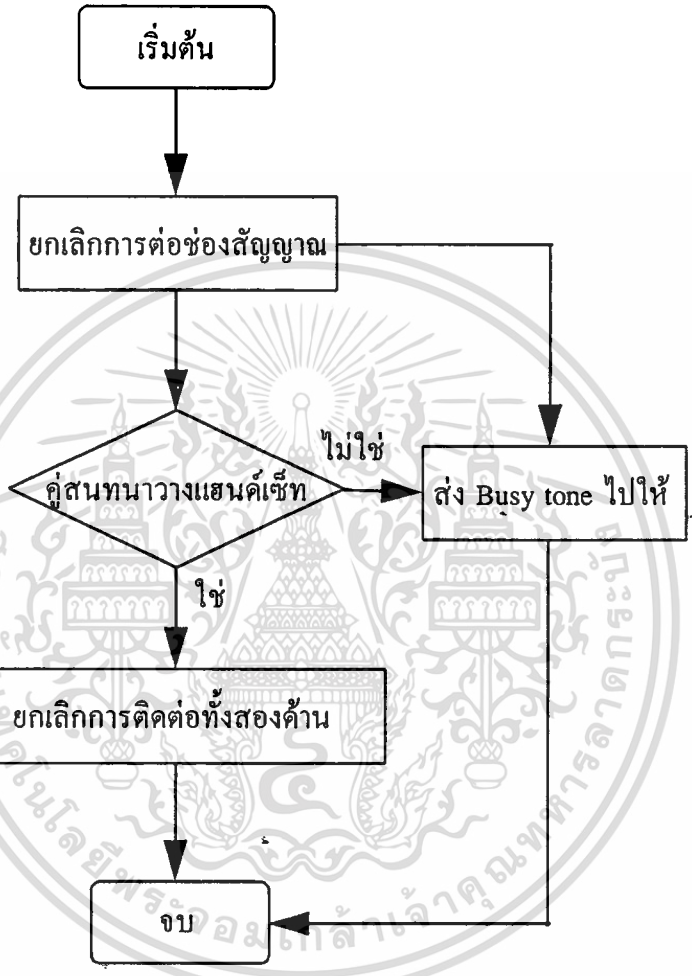
แผนภูมิที่ 20



แสดงโฟล์วชาร์ทย่อยโปรแกรมของการตรวจสอบการยกแฮนด์เซ็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

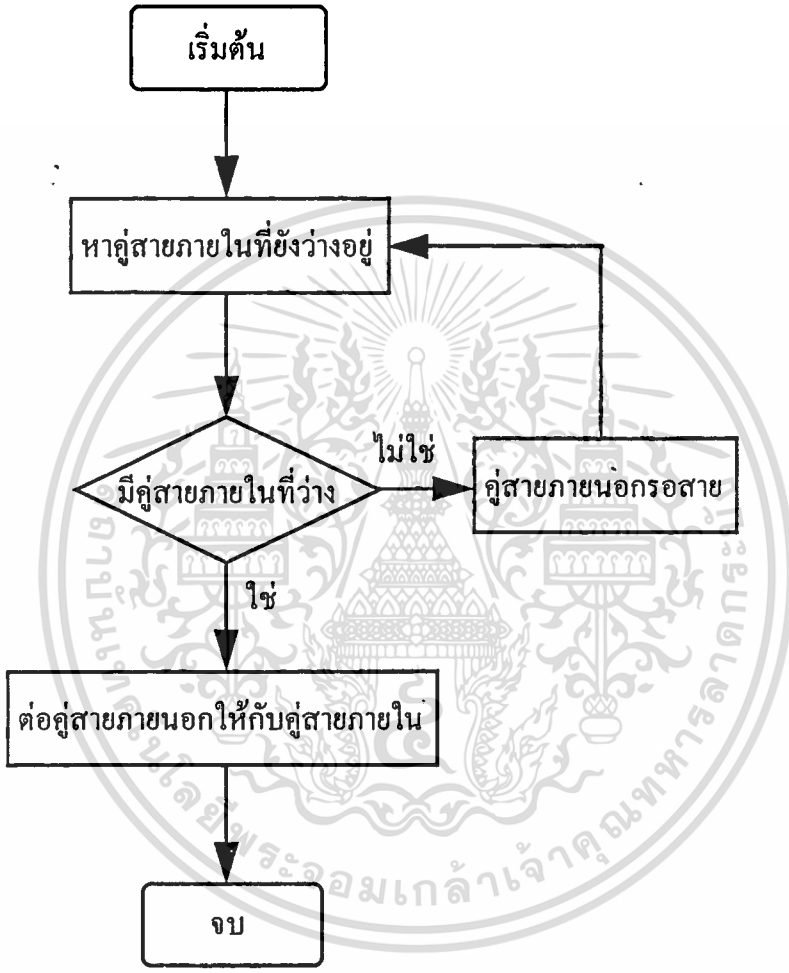
แผนภูมิที่ 21



แสดงโฟล์วชาร์ทย่อยของการตรวจสอบการวางแฮนด์เซ็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

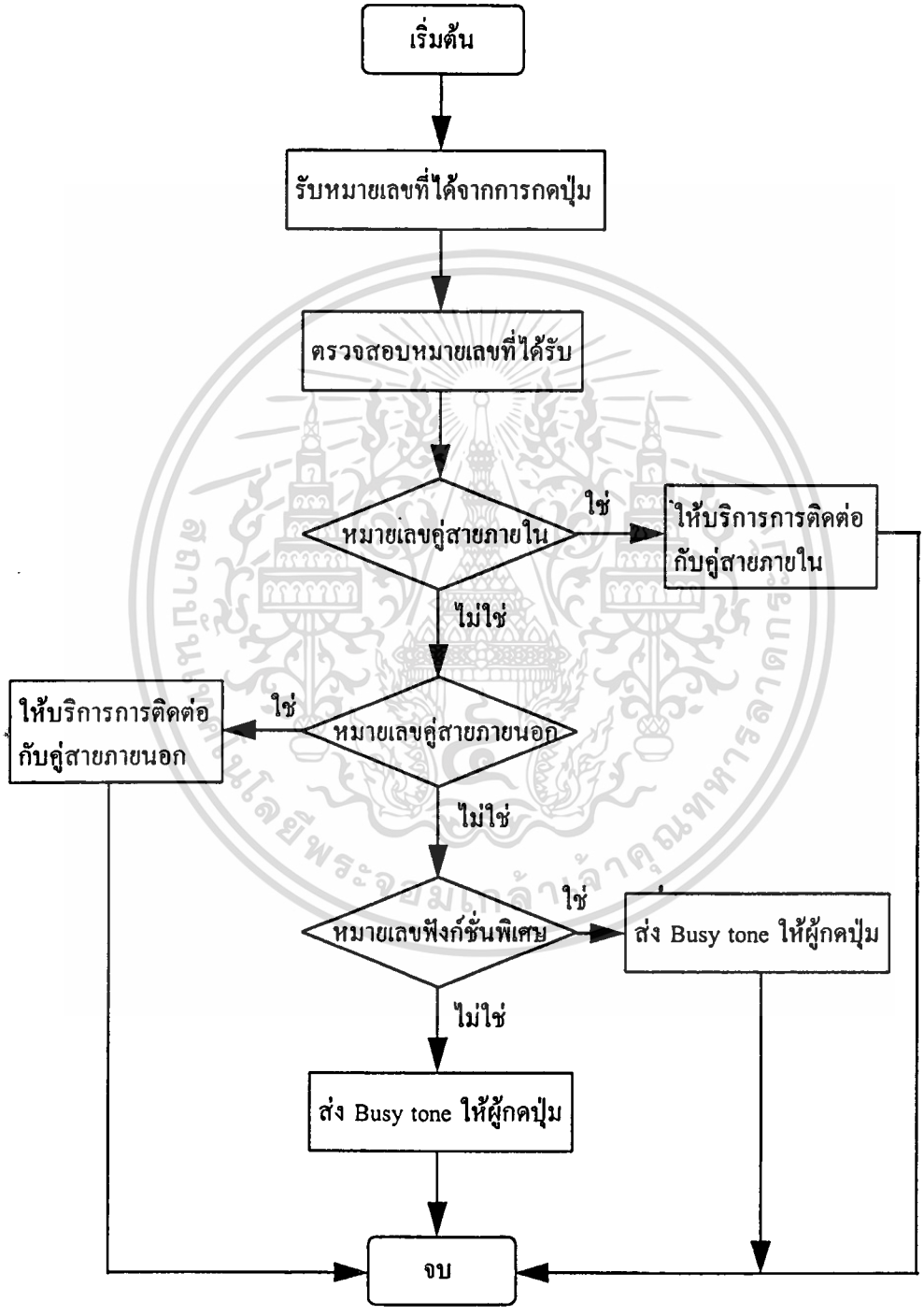
แผนภูมิที่ 22



แสดงโฟล์วชาร์ทย่อยของการตรวจสอบการอินเตอร์รัพท์ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิที่ 23



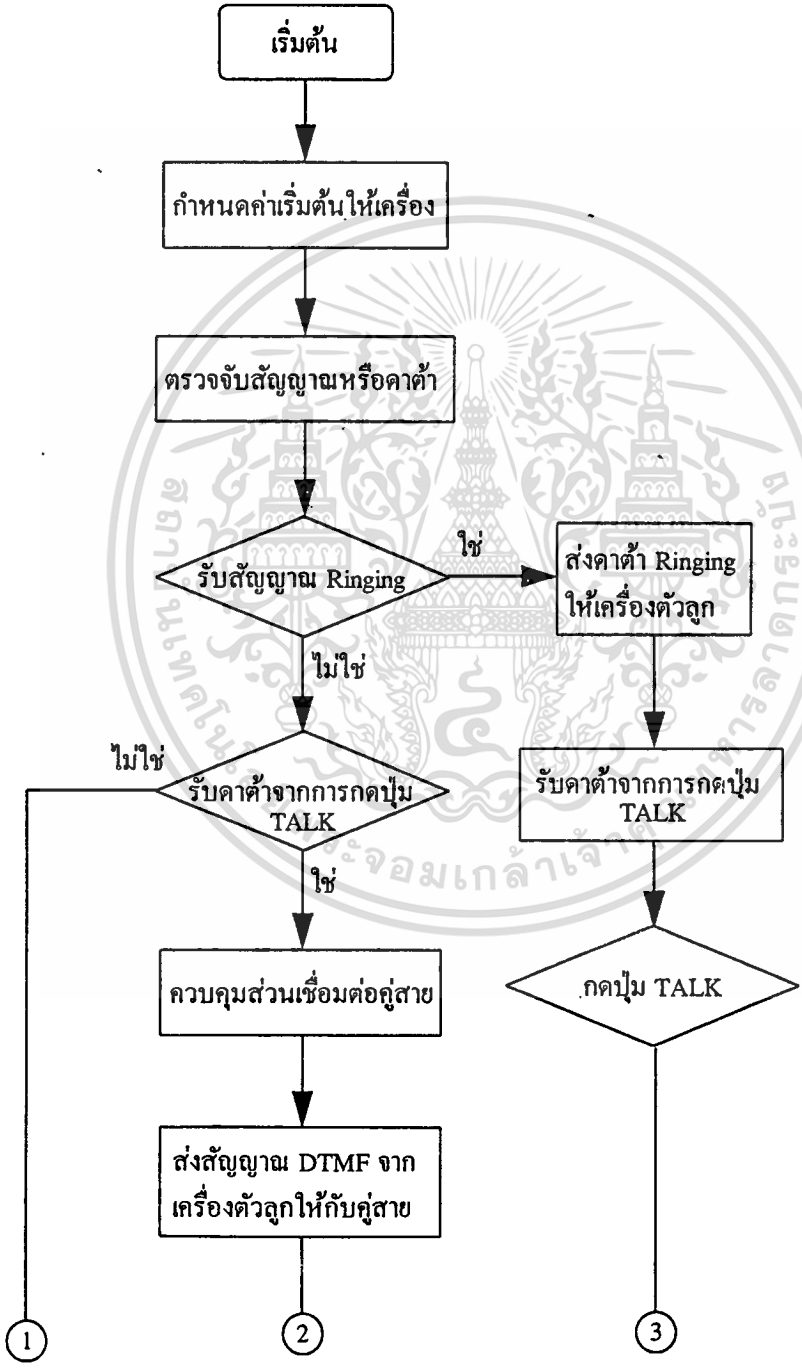
แสดงโฟล์วชาร์ทย่อยของการตรวจสอบการอินเตอร์รัพท์ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โครงสร้างส่วนเชื่อมต่อทางคลื่นวิทยุระหว่าง WPABX กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย

โครงสร้างการทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้จะแสดงไว้ดังแผนภูมิที่ 24

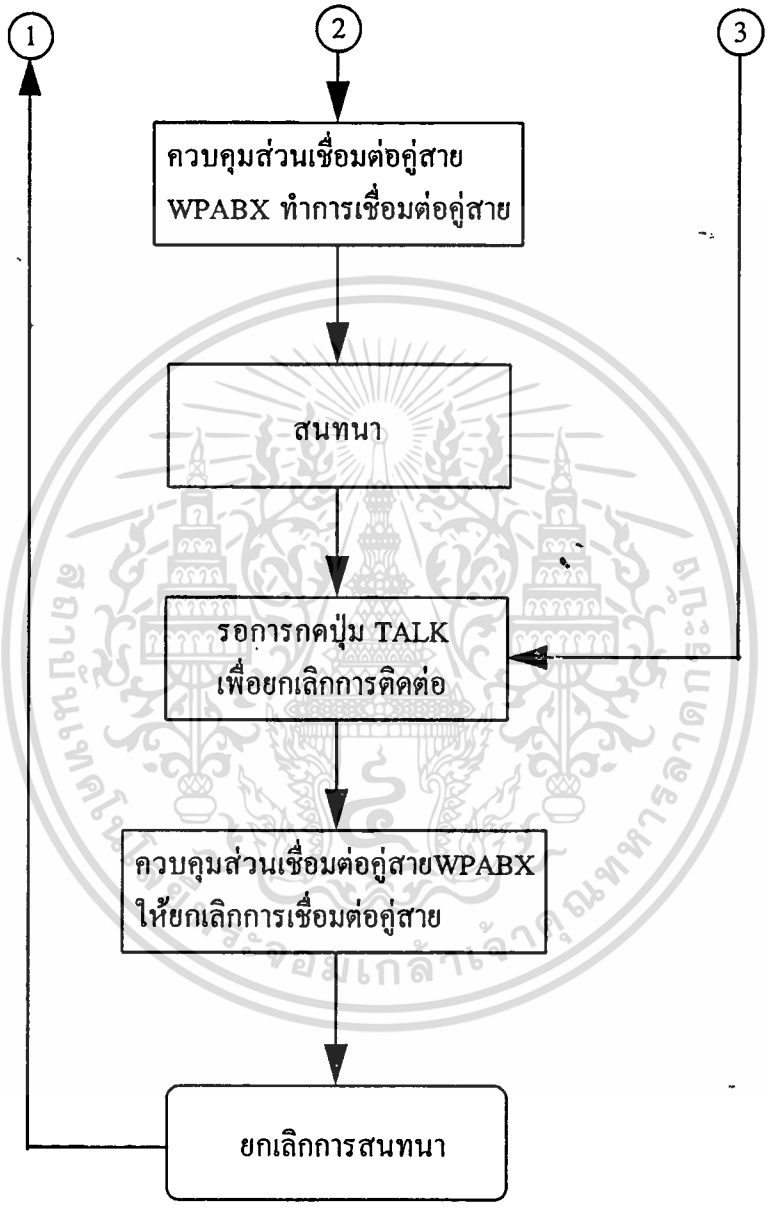
แผนภูมิที่ 24



แสดงโฟล์วชาร์ทการทำงานส่วนเชื่อมต่อระหว่าง WPABX กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิที่ 24 (ต่อ)



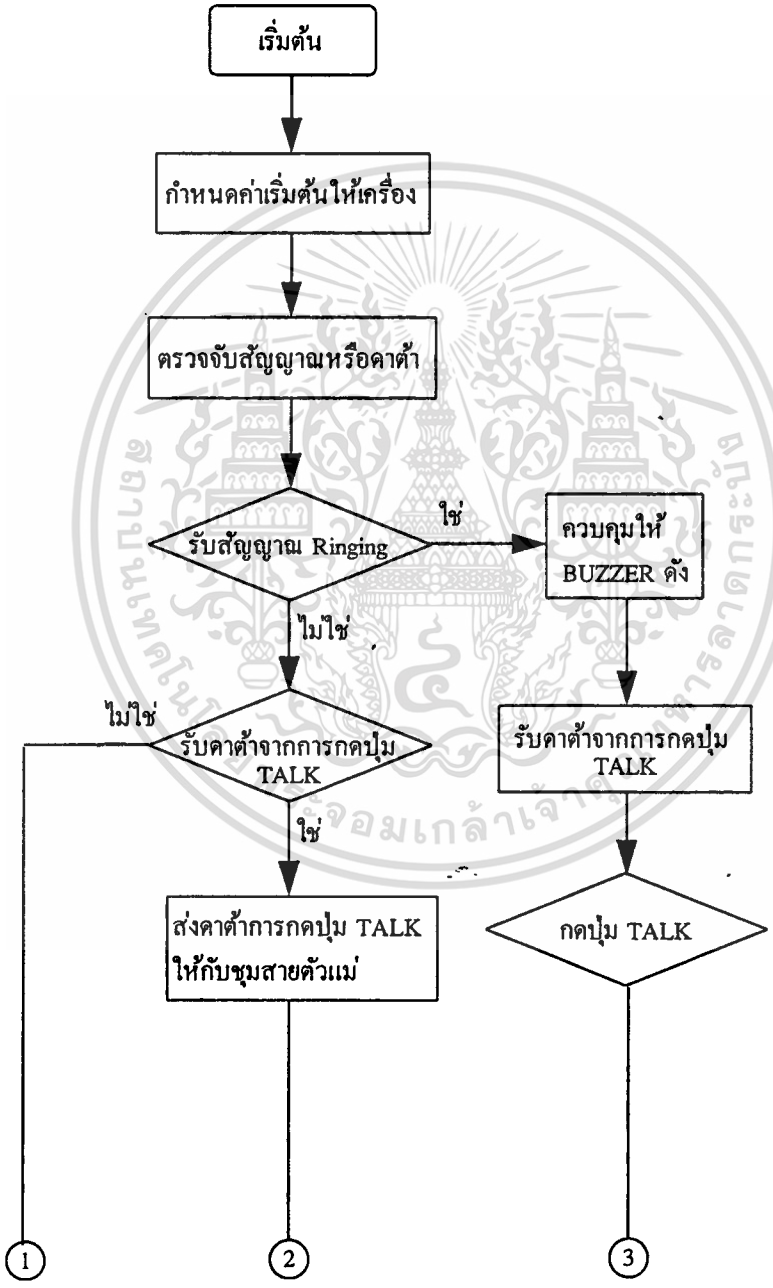
แสดงโฟล์วชาร์ทการทำงานส่วนเชื่อมต่อระหว่าง WPABX กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โครงสร้างส่วนโปรแกรมของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย

โครงสร้างการทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้จะแสดงไว้ดังแผนภูมิที่ 25

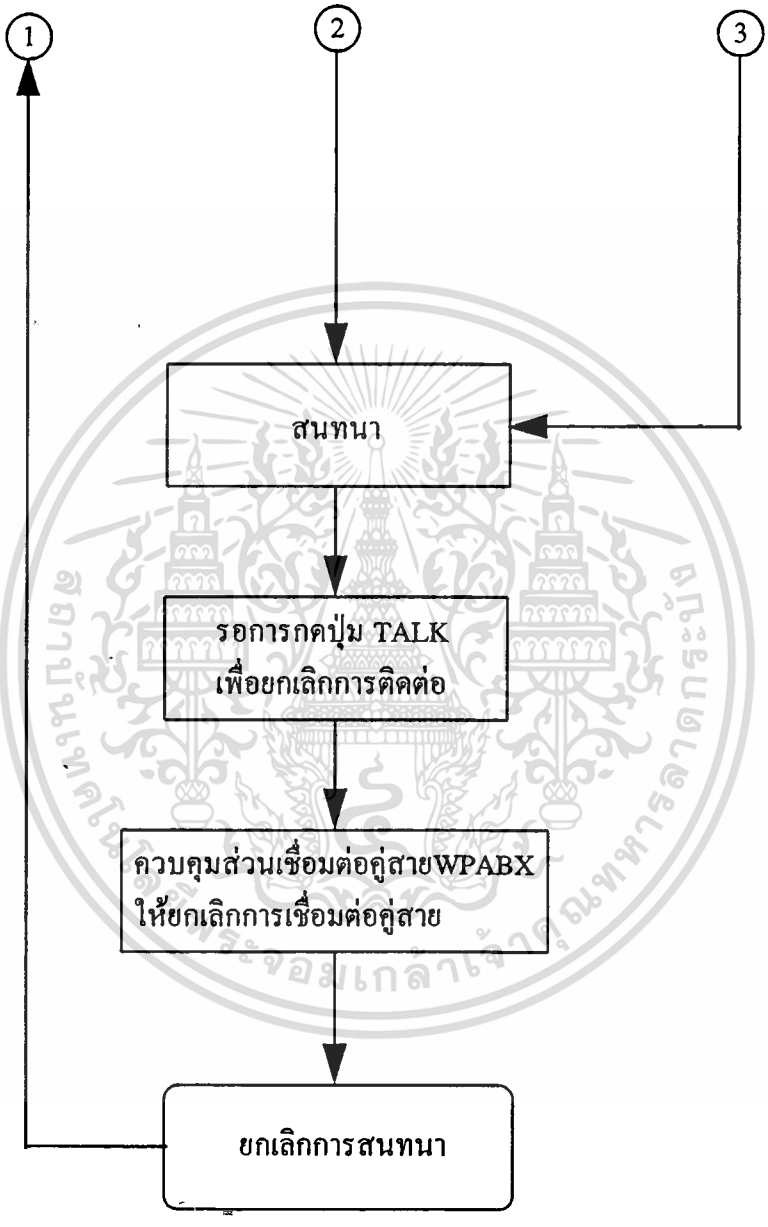
แผนภูมิที่ 25



แสดงโฟล์วชาร์ทโปรแกรมส่วนเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิที่ 25 (ต่อ)



แสดงโฟล์วชาร์ทโปรแกรมส่วนเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

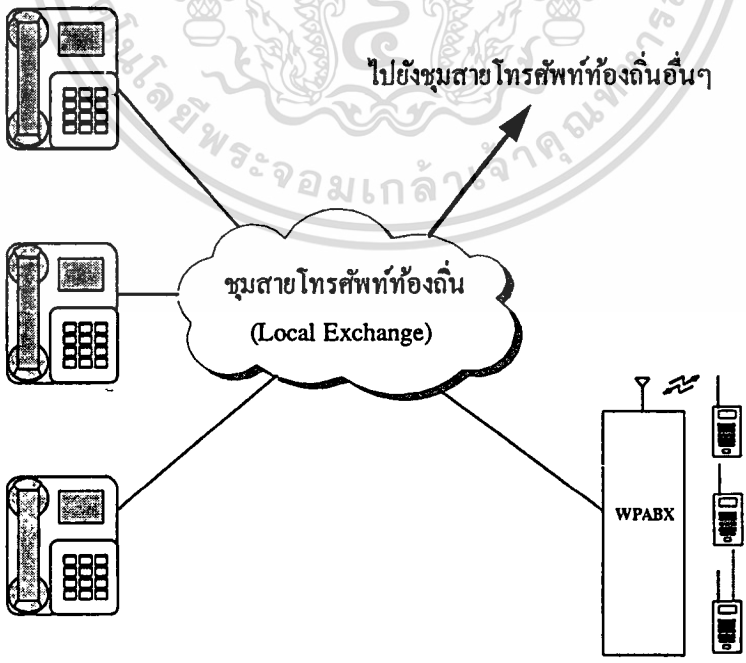
บทที่ 5

การทดสอบการใช้งานและผลการทดสอบ

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการสร้างเครื่องชุมสายโทรศัพท์แบบไร้สาย WPABX ซึ่งมีขนาด 1 คู่สายภายนอกและ 6 คู่สายภายใน ดังที่ได้กล่าวถึงรายละเอียดมาแล้วนั้น ในบทนี้จึงได้นำเครื่องต้นแบบที่ได้สร้างขึ้น มาต่อใช้งานกับโครงข่ายโทรศัพท์ดังภาพที่ 26 และทำการทดสอบการใช้งาน โดยได้ทำการทดสอบทีละส่วน ได้แก่

1. การทดสอบส่วนชุมสายโทรศัพท์ WPABX
2. การทดสอบส่วนโทรศัพท์ลูกข่าย

ภาพที่ 26



แสดงการต่อใช้งานชุมสายโทรศัพท์ WPABX เข้ากับโครงข่ายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบส่วนชุมสายโทรศัพท์ WPABX

การทำงานของส่วนชุมสายโทรศัพท์จะเริ่มจากส่วนแรก คือ ภาครับในตัวเครื่องจะมีวงจรกรองความถี่ 46 MHz ผ่านเข้าวงจรขยายความถี่สูงที่ใช้มอสเฟสเป็นตัวขยายความถี่ 46 MHz ส่งให้ไอซี AN6161 ซึ่งภายในไอซีตัวนี้จะมีวงจรผลิตความถี่ วงจรผสมความถี่ วงจรขยายความถี่กลาง และวงจรขยายเสียง ได้เอาท์พุทออกมาส่งให้อินเตอร์เฟสทรานส์ฟอร์เมอร์ ส่วนทางด้านส่งก็จะประกอบไปด้วยภาคแอมปลิฟลายเออร์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงที่มาจากอินเตอร์เฟสทรานส์ฟอร์เมอร์ ให้เหมาะสมกับการมอดูเลตความถี่ด้านส่ง โดยการรวมกันทางความถี่กับตัวสร้างความถี่ส่งที่อยู่ในย่าน 49 MHz ผ่านวงจรกรองความถี่ เพื่อกำจัดความถี่ที่ไม่ต้องการออกไปในส่วนควบคุมกลางก็จะทำหน้าที่ตรวจสอบและควบคุมการทำงานทั้งภาครับและภาคส่งของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX หากมีการโทรเข้ามาจากคู่สายภายนอกก็จะตรวจสอบสัญญาณเรียก (Ringing Signal) แล้วส่งข้อมูลไปมอดูเลตกับภาคส่ง เพื่อส่งออกอากาศไปยังเครื่องลูกข่าย ถ้าเป็นการเรียกจากเครื่องลูกข่ายจะถอดรหัสของข้อมูลออกมาจากตัวถอดรหัส ส่งให้กับ CPU ควบคุมการเชื่อมต่อกับวงจรคู่สายภายในของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

โดยการทดสอบในส่วนนี้จะแบ่งการทดสอบออกเป็น

1. การทดสอบการรับสัญญาณของชุมสายโทรศัพท์ WPABX
2. ทดสอบการรับรหัสสัญญาณจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย
3. ทดสอบการส่งสัญญาณต่างๆ ไปยังเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย

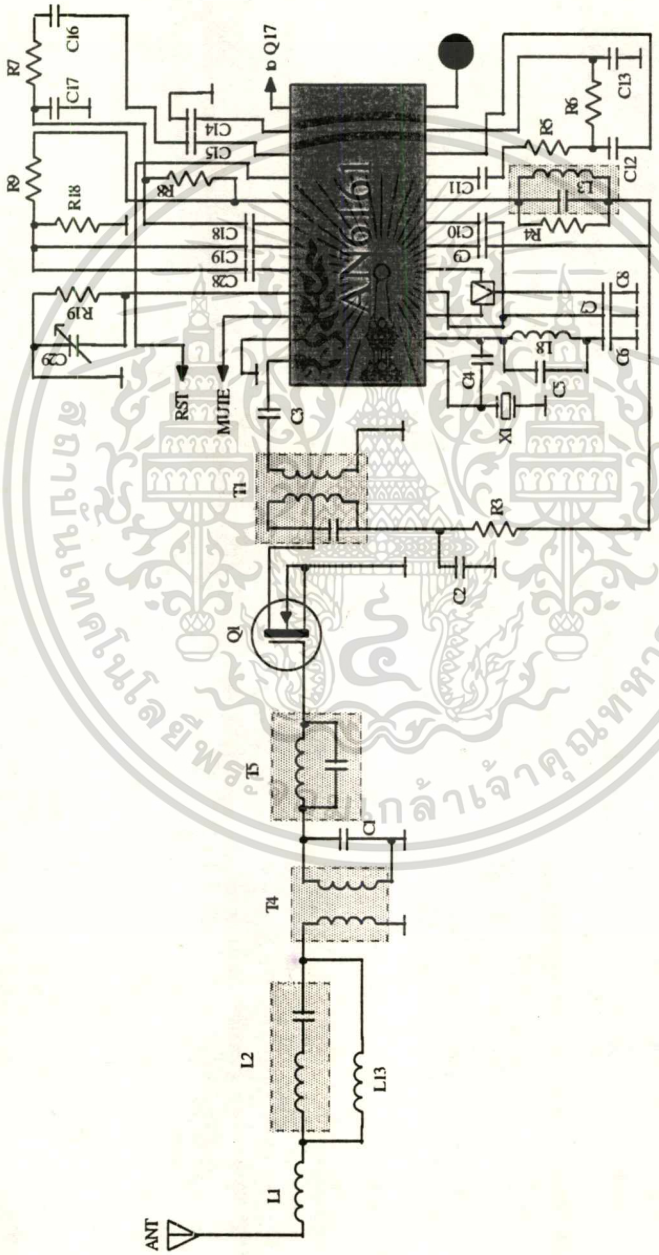
1. การทดสอบการรับสัญญาณของชุมสายโทรศัพท์ WPABX

จากวงจรในภาพที่ 27 ป้อนสัญญาณซายน์เวฟความถี่ 46 MHz จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ (Signal Generator)ทำการทดสอบปรับระดับความแรงของการรับสัญญาณ โดยใช้ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) วัดความถี่ที่จุด A ทำการปรับ L4 จนสามารถวัดระดับความแรงของสัญญาณได้สูงที่สุด จากนั้นทดสอบวัดความไวของการรับสัญญาณ โดยต่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX เข้ากับเครื่องออดิโอโวลต์มิเตอร์ (Audiovolt Meter) และเครื่องกำเนิดสัญญาณดังภาพที่ 28 ทำการส่งสัญญาณความถี่ 46 MHz จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ ปรับระดับความแรงของสัญญาณของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำเนิดสัญญาณไว้ที่ 0.18 μV ปรับเครื่องวัดออดิโอโวลต์มิเตอร์ไปที่ตำแหน่ง Set Level ปรับให้อ่านค่าได้ 0 dB จากนั้นจึงเปลี่ยนมาที่ตำแหน่งดิสทรอชั่น (Distortion) ปรับ L7 และ T2 จนมิเตอร์อ่านค่าได้ -20 dB

ภาพที่ 27



แสดงวงจรภาครับของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

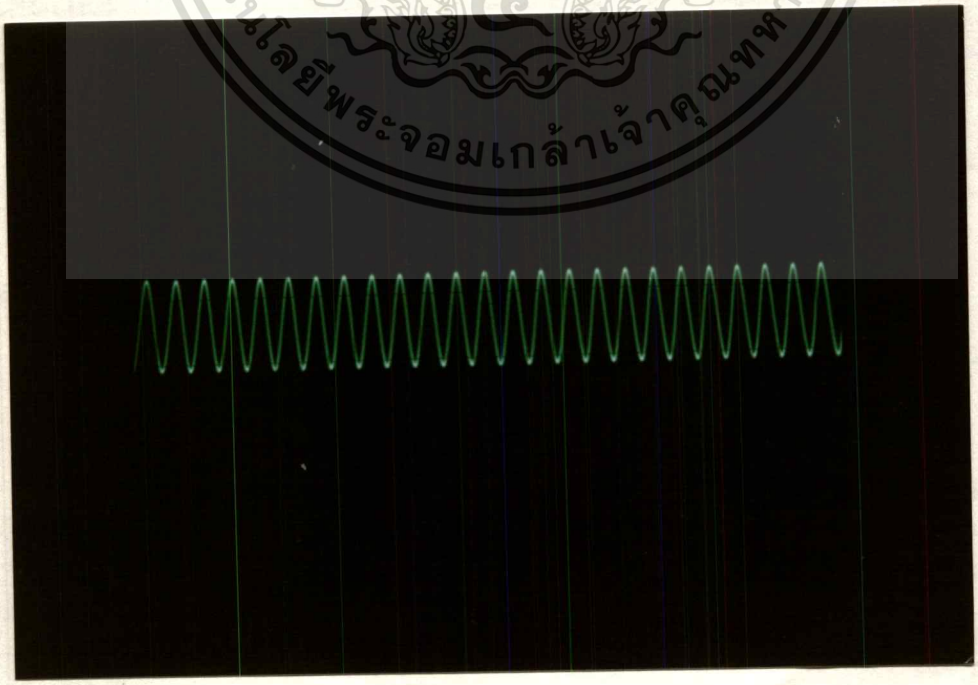
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบจากการปรับ L4 จนได้ขนาดของสัญญาณที่แรงที่สุด และทดสอบความไวในการรับสัญญาณโดยการปรับ T2 และ L7 ปรากฏผลจากการวัดดังภาพที่ 29 ซึ่งได้ผลเป็นไปตามข้อกำหนดของการออกแบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ที่กำหนดไว้ให้มีความไวในการรับสัญญาณที่ 0.18 ไมโครโวลท์

ภาพที่ 28

แสดงการต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบความไวในการรับสัญญาณของเครื่องชุมสาย WPABX

ภาพที่ 29



แสดงผลจากการทดสอบการรับสัญญาณทดสอบจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ

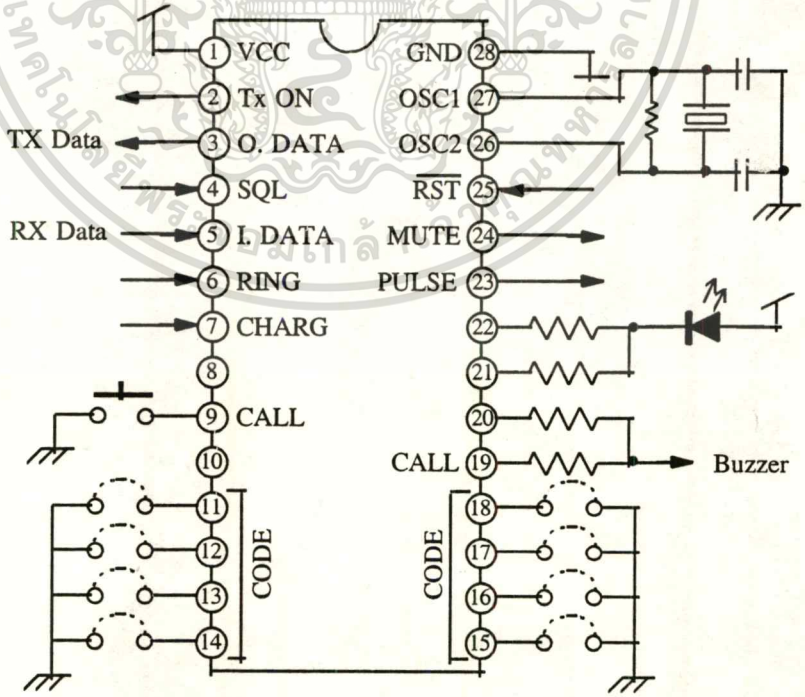
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทดสอบการรับรหัสสัญญาณจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย

ให้เครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายเครื่องที่ 1 ทำการกดปุ่ม TALK เพื่อร้องขอการใช้คู่สายโทรศัพท์เหมือนกับการยกแฮนด์เซ็ตของเครื่องโทรศัพท์ทั่วๆ ไป และทำการวัดสัญญาณรหัสของข้อมูลที่ขา 5 ของไอซี Base Unit ที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ดังภาพที่ 30 โดยใช้เครื่องออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) ปรากฏผลดังภาพที่ 31

ซึ่งจากการทดสอบจะเห็นได้ว่าลักษณะของรหัสของข้อมูลที่รับได้นั้น จะเป็นรหัสข้อมูลขนาด 4 บิต โดยจะมีสัญญาณ 111 จำนวน 3 บิต และปิดท้ายด้วยสัญญาณ 0 หนึ่งบิต แทรกเข้าไประหว่างสัญญาณข้อมูลแต่ละชุดเพื่อให้ CPU ถอดรหัสได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสัญญาณที่ถอดรหัสจากสัญญาณ FSK แล้ว ก็จะส่งให้กับ CPU ที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX จากนั้นได้ทำการทดสอบวัดรหัสของข้อมูลของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายทั้งหมด ปรากฏผลดังตารางที่ 13

ภาพที่ 30



แสดงจุดทดสอบวัดรหัสของข้อมูลของเครื่องโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 31

แสดงสัญญาณรหัสข้อมูลประจำเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายเครื่องที่ 1

ตารางที่ 10
แสดงรหัสข้อมูลของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่ได้จากการทดสอบ

โทรศัพท์ลูกข่าย เครื่องที่	รหัสข้อมูล ประจำเครื่อง
1	0 0 0 1
2	0 0 1 0
3	0 0 1 1
4	0 1 0 0
5	0 1 0 1
6	0 1 1 0

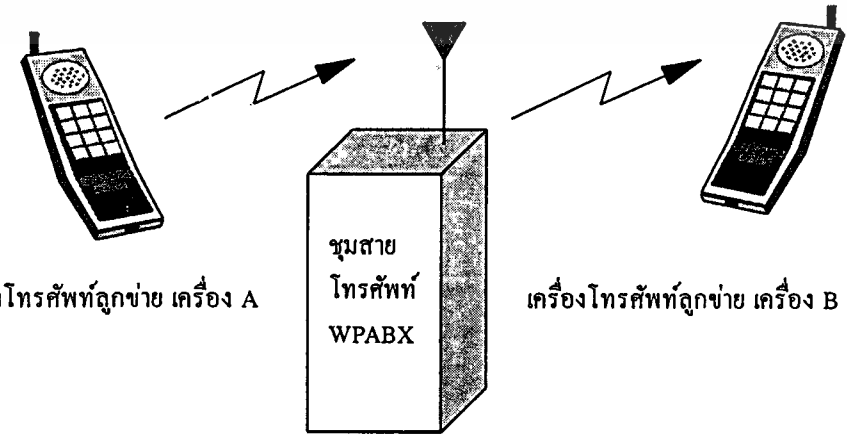
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการทดสอบจะเห็นได้ว่าลักษณะการติดต่อระหว่างเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่องนั้น นอกจากจะมีความถี่ที่แตกต่างกันแล้ว ยังถูกกำหนดรหัสประจำเครื่องที่แตกต่างกันอีกด้วยทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันการรบกวนกันระหว่างการใช้งานและยังสามารถป้องกันการนำเครื่องโทรศัพท์แบบไร้สายที่ใช้งานในย่านความถี่เดียวกันจากที่อื่นมาใช้งานในชุมสายโทรศัพท์ WPABX ที่ออกแบบขึ้นนี้ได้อีกด้วย

3. ทดสอบการส่งสัญญาณเรียก ไปยังเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย

การทดสอบจะให้เครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายเครื่อง A (เครื่องที่ 1) เรียกโทรศัพท์ไปยังเครื่องลูกข่ายเครื่อง B (เครื่องที่ 2) ดังภาพที่ 32 แสดงลักษณะของการทดสอบ ซึ่งเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายเครื่อง B มีหมายเลข 3 เป็นหมายเลขประจำเครื่อง โดยให้เครื่อง A กดปุ่ม TALK เมื่อได้รับสัญญาณ Dial Tone แล้วกดหมายเลข "3" ที่แป้นคีย์โทรศัพท์ เครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX จะส่งรหัสข้อมูลของสัญญาณเรียกไปให้เครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายเครื่อง B ในขณะนี้ทำการวัดรหัสสัญญาณเรียกที่ขา 2 ของไอซี Base Unit ที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ในภาพที่ 30 ที่ส่งออกจากเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ปรากฏผลดังภาพที่ 33 หลังจากนั้นทำการทดสอบวัดสัญญาณเรียกของช่องสัญญาณอื่นๆ ที่เหลือ ปรากฏผลดังตารางที่ 14

ภาพที่ 32



แสดงลักษณะของการทดสอบการเรียกโทรศัพท์จากเครื่อง A ไปยังเครื่อง B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 33

แสดงข้อมูลสัญญาณเรียกของลูกข่ายเครื่องที่ 2 ที่ส่งออกมาจากเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX

ตารางที่ 11

แสดงข้อมูลของสัญญาณเรียกของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่ได้จากการทดสอบ

โทรศัพท์ลูกข่าย เครื่องที่	ข้อมูล สัญญาณเรียก
1	1 0 0 0
2	1 0 0 1
3	1 0 1 0
4	1 0 1 1
5	1 1 0 0
6	1 1 0 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบจะเห็นว่าสัญญาณเรียกที่ส่งไปจากเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ไปยังเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่องนั้น จะมีรหัสข้อมูลที่แตกต่างกันไป โดยแต่ละชุดจะเป็นข้อมูลขนาด 4 บิต และจะมีสัญญาณ 110 จำนวน 3 บิต และปิดท้ายด้วยสัญญาณ 0 หนึ่งบิต แทรกเข้าไปในชุดข้อมูลตามที่ได้กล่าวมาแล้วในส่วนของการออกแบบ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการรบกวนหรือเกิดเสียงกระดิ่งขึ้นพร้อมกัน เมื่อนำเครื่องโทรศัพท์มาวางไว้ใกล้ๆ กัน เนื่องจากสัญญาณเรียกหรือสัญญาณกระดิ่งที่รับมาจากคู่สายโทรศัพท์ภายนอกจากองค์การโทรศัพท์ฯ นั้นเป็นลักษณะของสัญญาณอนาล็อกที่มีแรงดันสูง เครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX จึงจำเป็นจะต้องนำสัญญาณเรียกนี้ มาทำการจัดรูปแบบใหม่ในลักษณะของสัญญาณดิจิตอลให้มีรหัสข้อมูลที่แตกต่างกันไป เพื่อส่งออกอากาศไปให้กับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่องโดยถูกต้องและแม่นยำ ส่วนตัวเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายก็จะกำเนิดเสียงของสัญญาณเรียกนี้ขึ้นเองภายในตัวเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายเมื่อได้รับสัญญาณเรียกจากชุมสายโทรศัพท์ WPABX

การทดสอบส่วนโทรศัพท์ลูกข่าย

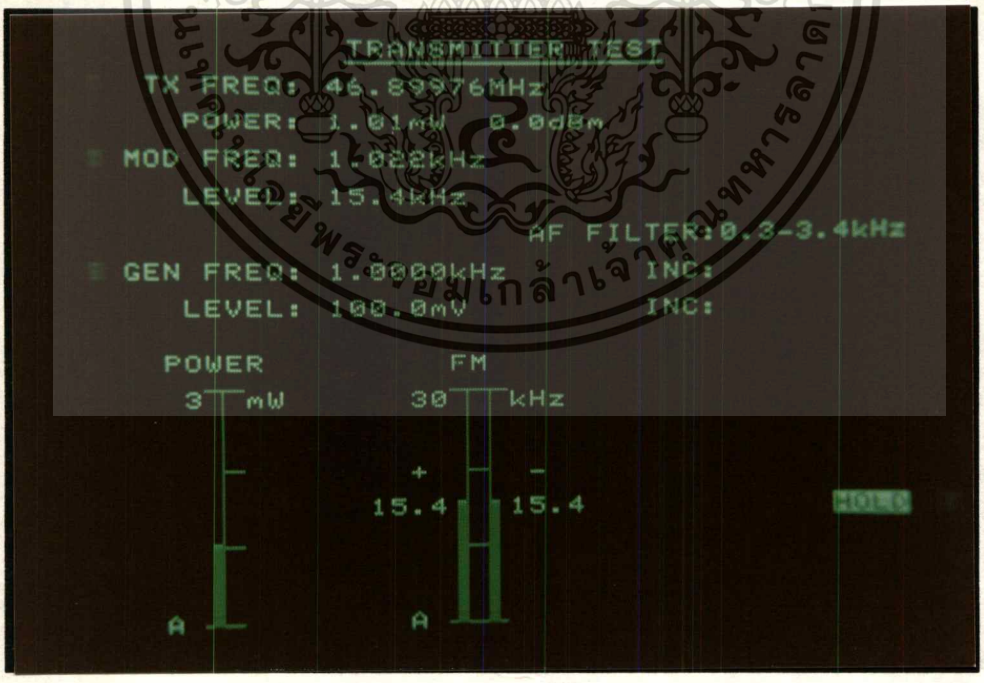
ในส่วนของตัวเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายก็จะประกอบไปด้วยภาคส่งและภาครับเช่นเดียวกับตัวเครื่องชุมสาย โดยในภาครับจะมี ภาคกรองความถี่ 46 Mhz และขยายความถี่ ภาคผสมสัญญาณ ภาคออสซิลเลเตอร์ ภาคกรองความถี่กลางและขยายความถี่กลาง ภาคถอดรหัสสัญญาณ และภาคขยายสัญญาณเสียง เมื่อเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายรับสัญญาณความถี่ 46 MHz มาจากเครื่องชุมสายโทรศัพท์ ภาคกรองความถี่จะยอมให้ความถี่ 46 MHz ผ่านเท่านั้น ความถี่อื่นจะถูกถ่ายทอดลงกราวด์หมด ภาคขยายสัญญาณความถี่สูงก็จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณความถี่นี้ เพื่อให้เข้าไปผสมกับความถี่จากวงจรออสซิลเลเตอร์ ได้เอาท์พุทเป็นสัญญาณ IF แล้วขยายสัญญาณก่อนจะทำการถอดรหัสสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณ IF แล้วขยายสัญญาณเสียงออกทางหูฟัง ส่วนทางด้านภาคส่งจะขยายสัญญาณเสียงจากไมโครโฟนแล้วเข้าไปผสมกับความถี่ที่สร้างขึ้นภายในแล้วทวีคูณเป็น 3 เท่า ของความถี่มูลฐานที่ส่งเข้าไป ขยายความแรงของสัญญาณที่ภาคขยายกำลังและกรองความถี่ 49 MHz ก่อนที่จะส่งออกอากาศ ในส่วนของ CPU ในตัวเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายจะควบคุมการทำงานของภาครับให้มีการประหยัดพลังงานขณะที่ไม่มีการใช้งาน และการสร้างสัญญาณต่างๆ เช่น สัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ (DTMF) เป็นต้น โดยการทดสอบในส่วนนี้จะทดสอบการรับ-ส่งสัญญาณจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่ระยะทางต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบการรับ-ส่ง สัญญาณจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่ระยะทางต่างๆ

จากการทดสอบเปิดใช้งานเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX แล้วใช้เครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายติดต่อสื่อสาร โดยกดปุ่ม TALK ที่เครื่องโทรศัพท์ วัดสัญญาณที่ส่งออกอากาศด้วยเครื่องวัดสัญญาณความถี่วิทยุ (Radio Test Set) ได้ผลการทดสอบดังภาพที่ 34 จะเห็นว่าค่าความถี่ที่ส่งออกมาจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายวัดได้ 46.89976 Mhz มีกำลังส่งที่อ่านได้ มีค่า 1.01 mW และมีค่าเบี่ยงเบนความถี่ที่อ่านได้คือ 15.4 Khz จากนั้นทดสอบวัดระดับความแรงของสัญญาณที่ส่งออกอากาศจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่ระยะทางต่างๆ เพื่อหารัศมีการใช้งาน โดยนำเครื่องวัดความเข้มของสัญญาณ (Field Strengh Meter) มาวัดสัญญาณที่ระยะทางต่างๆ จะได้ผลดังปรากฏในตารางที่ 15 จากนั้น นำมาพล็อตในกระดาษกราฟ จะได้ผลดังแสดงในภาพที่ 35

ภาพที่ 34



แสดงสัญญาณที่วัดได้จากเครื่อง Radio Test Set

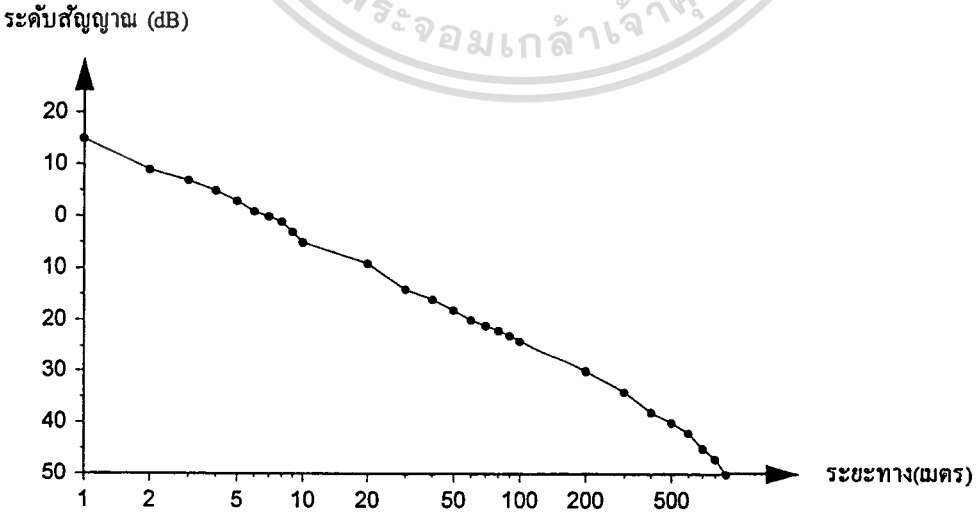
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15

แสดงค่าระดับของสัญญาณที่ระยะทางต่างๆ

ระยะทาง (เมตร)	ระดับสัญญาณ (dBm)	ระยะทาง (เมตร)	ระดับสัญญาณ (dBm)	ระยะทาง (เมตร)	ระดับสัญญาณ (dBm)
1	15	10	-5	100	-24
2	9	20	-9	200	-30
3	7	30	-14	300	-34
4	5	40	-16	400	-38
5	3	50	-18	500	-40
6	1	60	-20	600	-42
7	0	70	-21	700	-45
8	-1	80	-22	800	-47
9	-3	90	-23	900	-50

ภาพที่ 35



กราฟแสดงผลของจากการทดสอบระยะทางการใช้งานของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่รับได้กับระยะทางที่ทำการทดสอบ คือ กำลังงานนั้นจะเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทาง ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ได้จาก

$$Pr = Pt + Gt - Lft - Ls + Gr - Lfr$$

เมื่อ Pr = ระดับของสัญญาณ ณ. จุดวัด

Pt = กำลังงานของเครื่องส่ง (100 mW หรือ 20 dBm)

Gt = gain ของสายอากาศด้านส่ง (1 dB)

Gr = gain ของสายอากาศด้านรับ (1 dB)

Lft = loss ของสายนำสัญญาณด้านส่ง (0 dB)

Lfr = loss ของสายนำสัญญาณด้านรับ (0 dB)

และ Ls = Free Space Loss ($20 \log (4\pi d/\lambda)$)

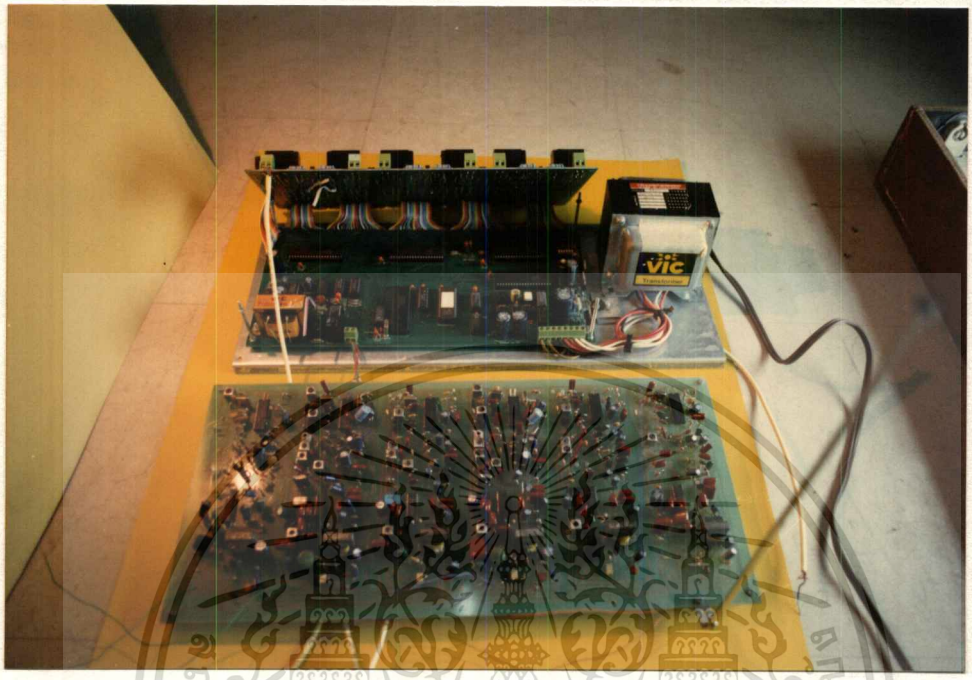
เพราะฉะนั้น ระดับของสัญญาณที่รับได้ (Gr) = 22 dBm - 20 log (1.9 x ระยะทาง) ยกตัวอย่างเช่น ที่ระยะทาง 1 เมตร สามารถคำนวนระดับของสัญญาณที่รับได้ คือ

$$(Gr) = 22 \text{ dBm} - 20 \log (1.9 \times 1)$$
$$= 16.305 \text{ dBm}$$

และที่ระยะทางต่างๆ ก็สามารถคำนวนหาระดับของสัญญาณที่รับได้เช่นเดียวกัน โดยผลที่ได้จากการทดสอบในตารางที่ 15 นั้น จะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวน ซึ่งทำให้เราทราบถึงระยะทางการใช้งานของเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่สามารถทำการติดต่อกับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ได้ จากการทดสอบปรากฏผลดังที่ได้แสดงไว้แล้วนั้น และได้ทดลองพูดคุยติดต่อกันได้ในระยะทางประมาณ 200 เมตร ในที่โล่ง โดยใช้สายอากาศแบบธรรมดายาว 30 เซนติเมตร หลังจากนั้นสัญญาณเริ่มมีเสียงซ่า (Noise) ปรากฏให้ได้ยิน จากนั้นจึงทดลองใช้งานในฟังก์ชั่นพิเศษอื่นๆ ซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจ จากความสามารถของชุมสายโทรศัพท์ WPABX นี้ทำให้เราสามารถนำโทรศัพท์ลูกข่ายไปใช้งานในสถานที่ต่างๆ ภายในบริเวณรัศมีของการใช้งาน เพื่อแก้ปัญหาการเดินสายนำสัญญาณโทรศัพท์ในการติดตั้งระบบโทรศัพท์ PABX ไม่ว่าจะเป็นการติดตั้งใหม่หรือการขยายปริมาณคู่สายเพิ่มเติมได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 36



แสดงเครื่องต้นแบบของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ที่ได้ออกแบบขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้กล่าวถึงการออกแบบ และ พัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย ที่นำเอาหลักการของการมัลติเพล็กซ์ แบบแบ่งช่องความถี่ (Freguency Division Multiplex) มาใช้ในการออกแบบ โดยในส่วนแรกของวิทยานิพนธ์ จะอธิบายถึงเทคโนโลยีของระบบชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย ข้อกำหนดและมาตรฐานที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบ โครงสร้างและการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ WPABX ต่อจากนั้นได้กล่าวถึงการออกแบบชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย โดยแบ่งเป็นการออกแบบส่วนของชุมสายโทรศัพท์และส่วนเชื่อมต่อคู่สายด้วยความถี่วิทยุ สำหรับส่วนสุดท้าย คือ การทดสอบการใช้งาน และผลการทดสอบ สำหรับผลของการทดสอบในส่วน ต่าง ๆ นั้น ได้แก่ ส่วนติดต่อกับคู่สายภายนอก และส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายภายในด้วยความถี่วิทยุล้วนแล้วแต่ให้ผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจ

ดังนั้นภาพที่ได้แสดงไว้ตั้งแต่ภาพที่ 29 ไปจนถึงภาพที่ 36 เป็นการแสดงผลของการทดสอบการใช้งานเครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX ซึ่งสามารถติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์ด้วยเครื่องโทรศัพท์แบบไร้สาย ผ่านโครงข่ายของเครื่องชุมสายโทรศัพท์แบบไร้สายนี้ ไปยังคู่สายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ฯ รวมทั้งการติดต่อสื่อสารภายในชุมสายโทรศัพท์ WPABX ด้วยกันเอง ทำให้สามารถที่จะนำผลจากการทดสอบนี้ไปเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเทคโนโลยีภายในประเทศที่เกี่ยวข้องกับงานในด้านนี้ได้เป็นอย่างดี

สำหรับการออกแบบนั้นสิ่งที่เราจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงในการเพิ่มจำนวนคู่สายที่จะให้บริการได้นั้น สิ่งแรกที่จะต้องคำนึง ก็คือ ความกว้างของแถบความถี่ที่ใช้งานซึ่งจะมีผลกับประสิทธิภาพในการใช้ความถี่ โดยสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{ประสิทธิภาพในการใช้ความถี่} = \frac{\text{ความกว้างแถบความถี่ที่ใช้งานจริงทั้งหมด}}{\text{ความกว้างแถบความถี่ในย่านที่นำมาใช้งาน}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ในชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติแบบไร้สาย ใช้ส่งสัญญาณจำนวน 6 ช่องสัญญาณด้วยความกว้าง ของแถบความถี่ทั้งหมด 240 กิโลเฮิร์ต และในแต่ละช่องสัญญาณมีการใช้งานจริงของความกว้างแถบความถี่เท่ากับ 30 กิโลเฮิร์ต

เพราะฉะนั้น

$$\text{ประสิทธิภาพในการใช้ความถี่} = \frac{6 \times 30{,}000}{240{,}000}$$

$$= 0.75$$

จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการใช้งานช่องความถี่ของชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติแบบไร้สาย ยังใช้งานไม่เต็มที่นัก ดังนั้นในการพัฒนาต่อไปสามารถที่จะเพิ่มข้อมูลแทรกเข้าไปในแต่ละช่องสัญญาณเพื่อให้สามารถส่งข้อมูลเข้าไปยังคู่สายภายในของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายได้ และนอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณให้มีมากขึ้นได้อีก เนื่องจากแบนด์วิทในย่านความถี่ 46-49 Mhz นี้ยังมีเหลืออีกมาก ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงคุณภาพของเสียงที่ใช้ติดต่อสื่อสารในระบบโทรศัพท์ และการรบกวนระหว่างช่องสัญญาณด้วย

สำหรับเครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติแบบไร้สายที่ได้ออกแบบขึ้นมานี้ สามารถที่จะพัฒนาให้มีความสมบูรณ์แบบในการใช้งานได้อีก เป็นต้นว่า เพิ่มส่วนตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติเข้าไป ซึ่งจะทำให้เครื่องชุมสายโทรศัพท์ WPABX สามารถที่จะโอนสายไปยังคู่สายภายในเลขหมายใดๆ ได้โดยอัตโนมัติ และในส่วนของการเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ด้วยความถี่วิทยุนั้นก็ยังสามารถที่จะนำเทคนิคการสวิทชิ่งในส่วนของวงจรเชื่อมต่อคู่สายภายในให้อยู่ในรูปแบบของการมัลติเพล็กซ์แบบสลับช่องเวลา (Time Division Multiplex) หรือการมัลติเพล็กซ์แบบเข้ารหัส (Code Division Multiplex) มาใช้แทนการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความถี่ และกำหนดให้มีแบนด์วิทเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้สามารถเพิ่มปริมาณของคู่สายโทรศัพท์ภายในได้อีกเป็นจำนวนมากด้วย และยังเป็นแนวทางในการพัฒนา สู่ระบบชุมสายโทรศัพท์ระบบดิจิตอลได้ต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

John D. Lenk, COMPLETE GUIDE TO TELEPHONE EQUIPMENT TROUBLESHOOTING AND REPAIR, Consulting Technical Writer, Pretice-Hall,Inc., 1987 P. 1-119

John Ronayne, B Sc., CEng, FIEE, INTRODUCTION TO DIGITAL COMMUNICATIONS SWITCHING, Communications Consultant, Pitman Publishing Limited., 1986 P. 3-19, 70-97

Peyton Z. Peebles, JR, DIGITAL COMMUNICATION SYSTEM, Prentice-Hall International Editions., 1987 P. 262-268

WAYNE TOMASI, ADVANCED ELECTRONIC COMMUNICATIONS SYSTEMS, Prentice-Hall International Edtions, Second Edition., 1992 P. 4-10 , 243-266

Ken Sherman, DATA COMMUNICATIONS, Prentice-Hall Inc., 3rd Edition., 1990 P. 239-242

Trevor Housley, DATA COMMUNICATIONS PROCESSING SYSTEMS, Prentice-Hall Inc., Second Edition., 1987 P. 325-327

Ralph S, Carson, RADIO CONCEPTS ANALOG, John Wiley & Sons, Inc., 1990 P. 40-42

J.H. Reyner and PP.J. Reyner, RADIO COMMUNICATION, Pitman Publishing., 1972 P.340-355

Regis J. Bates, WIRELESS NETWORKED COMMUNICATIONS, Mc Graw Hill, Inc. 1995 P. 232-242

John L.Fike, UNDERSTANDIING TELEPHONE ELECTRONICS, Howard w. sams&Company. 1989 P. 1-35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Martin J.Feuerstein, WIRELESS PERSONAL COMMUNICATIONS, Kluwer Academic Publishers. 1993 P.21-36

Bruce E.Briley, INTRODUCTION TO TELEPHONE SWITCHING, Addison-Wesley Publishing Company, INC. 1983 P.133-138 , P. 183-199

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การแบ่งย่านความถี่วิทยุตามมาตรฐาน FCC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งย่านความถี่วิทยุตามมาตรฐาน FCC

FCC หรือ Federal Communication Commission เป็นสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ ได้ตราบทบัญญัติเกี่ยวกับวิทยุ-โทรคมนาคมระหว่างประเทศเมื่อปี พ.ศ.2490 เพื่อให้ระบบโทรคมนาคมระหว่างประเทศสอดคล้องตรงกัน คือต้องการติดต่อกันระหว่างประเทศด้วยระบบสื่อสารที่เหมือนๆกัน ดังนั้นในเริ่มแรกจึงมีการกำหนดย่านความถี่วิทยุออกเป็นความถี่ช่วงต่าง ๆ ดังนี้

ความถี่	ชื่อเรียก	การใช้งาน
30-300 KHz	Low Frequency (LF)	บริการส่งวิทยุกระจายเสียง เอเอ็ม ทางยุโรป
300-3,000 KHz	Medium Frequency (MF)	วิทยุเอเอ็ม ทั้งคลื่นยาว(LW), คลื่นปานกลาง (MW), คลื่นสั้น(SW)
3-30 MHz	High Frequency (HF)	วิทยุเอเอ็ม, วิทยุตำรวจ, วิทยุซิงเกิลไซด์แบนด์, วิทยุซีบี(CB)
30-300 MHz	Very High Frequency (VHF)	ทีวี(ส่งได้ 12 ช่อง), เอฟเอ็ม, วิทยุของราชการ, ความถี่วิทยุสมัครเล่น,
300-3,000 MHz	Ultra High Frequency (UHF)	ทีวี(ส่งได้ 69 ช่อง), วิทยุโทรคมนาคม UHF ของราชการ
3-30 GHz	Super High Frequency (SHF)	ไมโครเวฟ
30-300 GHz	Extrermely High Frequency (EHF)	เรดาร์, ดาวเทียม, โซนาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างโปรแกรมการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ WPABX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************************************************************
;********    PROGRAM FOR LINE INTERFACE UNIT    **********
;************************************************************
;
; MCS-51 INTERNAL REGISTERS
;
B:          EQU
ACC:        EQU
PSW:        EQU
IPC:        EQU
IEC:        EQU
PO:         EQU
SBUF:       EQU
SCON:       EQU
TMOD:       EQU
TCON:       EQU
PCON:       EQU
DPH:        EQU
DPL:        EQU
SP:         EQU
PO:         EQU
;
;************************************************************
;*******    SETUP ADDRESS FOR DATA CONTROL    ********
;************************************************************
KEEP_ST1:   EQU     030H
KEEP_ST2:   EQU     031H
KEEP_ST3:   EQU     032H
FLG_O2:     EQU     033H
FLG_O3:     EQU     034H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
FLG_O4:     EQU     035H
FLG_O5:     EQU     036H
FLG_O6:     EQU     037H
FLG_O7:     EQU     038H
FLG_N2:     EQU     039H
FLG_N3:     EQU     03AH
FLG_N4:     EQU     03BH
FLG_N5:     EQU     03CH
FLG_N6:     EQU     03DH
FLG_N7:     EQU     03EH
C_LING:     EQU     03FH
C_LLED:     EQU     040H
W_CON2:     EQU     041H
W_CON3:     EQU     042H
W_CON4:     EQU     043H
W_CON5:     EQU     044H
W_CON6:     EQU     045H
W_CON7:     EQU     046H
N_PRESS:    EQU     047H
SP_PRN2:    EQU     048H
SP_PRN1:    EQU     049H
TEL_P:      EQU     04AH
KEEP_N:     EQU     04BH
T_DATA:     EQU     04CH
CH_DATA:    EQU     04DH
ONH_TEL:    EQU     04EH
CO_N:       EQU     04FH
ONH_PR:     EQU     050H
PRNUM:      EQU     051H
SP_PRH:     EQU     052H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SP_PRN:     EQU     053H
SP_PRC:     EQU     054H
D_HOLD:     EQU     055H
PHOLD:      EQU     056H
PTR:        EQU     057H
DTR:        EQU     058H
SP_PRH1:    EQU     059H
SP_PRH2:    EQU     05AH
HFLG:       EQU     05BH
DCONF:      EQU     05CH
PCONF:      EQU     05DH
PRCON:      EQU     05EH
CO_FLG:     EQU     05FH
W_CONCO:    EQU     060H
CORN1:      EQU     061H
CORN2:      EQU     062H
CLS_FLG:    EQU     063H
COINN:      EQU     064H
TFLG:       EQU     065H
MCON:       EQU     066H
TTT:        EQU     067H
FFF:        EQU     068H
H_DATA:     EQU     069H
CHFLG:      EQU     06AH
NCONV:      EQU     06BH
CONCH3:     EQU     06CH
CONCH4:     EQU     06DH
CONCH5:     EQU     06EH
CONCH6:     EQU     06FH
CONCH7:     EQU     070H
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
STEL:       EQU     071H
PWCON:      EQU     072H
ONHTO:      EQU     073H
RTFLG:      EQU     074H
CFLG:       EQU     075H
TESTF:      EQU     076H
;
;************************************************************
;*******************      START      **********************
;************************************************************
;
            ORG     0000H
            LJMP    INIT
;
            ORG     0003H           ; INT. 0 SERVICE ADDRESS
            CLR     EA
            LJMP    INTHS
;
            ORG     0013H           ; INT. 1 SERVICE ADDRESS
            CLR     EA
            LJMP    INTKP
;
INIT:       MOV     R0,#0F0H
AB_C:       DJNZ    R0,AB_C
            MOV     TCON,#05H       ; INIT SERIAL COMM.
            MOV     IE,#85H         ; ENABLE INTTERUPT
            MOV     IP,#01H
            MOV     A,#90H          ; CONTROL WORD OF 8255
            MOV     DPH,#81H
            MOV     DPL,#03H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOVX   @DPTR,A
                INC    DPH
                MOVX   @DPTR,A
                INC    DPL

;
;************************************************************
;*********************      START      ************************
;************************************************************
;
CODE:           MOV    DPTR,#0200H
                MOVX   A,@DPTR
                ANL    A,#0FH
                CJNE   A,#05,C1
                AJMP   START


STOP:           MOV    A,#24H
                LCALL  OUTPORT
                SJMP   STOP
START:          MOV    R3,#03H
MAIN:           MOV    A,#12H
                LCALL  OUTPORT
                CLR    A
                LCALL  OUTPORT
                DJNZ   R3,MAIN

WAIT:           MOV    A,#24H
                LCALL  OUTPORT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     R0,#03H
                LCALL   DELAY

;
;*************************************************************
;********************      FUNCTION      ********************
;*************************************************************
;
GETKEY:         MOV     P1,0FFH             ;PORT 1 INPUT
                CLR     A

CHECK:          MOV     R1,P1               ;Check Code for Sub CH
                LCALL   K_DELAY
                CJNE    R1,#01010010B,CH1
                LCALL   SUB1
CH1:            CJNE    R1,#01010011B,CH2
                LCALL   SUB2
CH2:            CJNE    R1,#01010011B,CH3
                LCALL   SUB3
CH3:            CJNE    R1,#01010100B,CH4
                LCALL   SUB4
CH4:            CJNE    R1,#01010101B,CH5
                LCALL   SUB5
CH5:            CJNE    R1,#01010110B,CH6
                LCALL   SUB6
CH6:            CJNE    R1,#01010111B,UNKW
                LCALL   COD
UNKW:           AJMP    CHECK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;

;************************************************************
;*************     INTERRUPT 0 SERVICE     *****************
;************************************************************
;
INT0:       MOV     DPTR,#0F0H
            MOVX    A,@DPTR,
            JB      ACC.6,COD
            MOV     DPL,#00H
            MOVX    A,@DPTR
            SETB    EA
            RETI
COD:        MOV     C,ACC.6
            MOV     A,FLG-N
            MOV     ACC.6,C
            JB      ACC.6,0FFH
            JB      ACC.7,ONH
            LCALL   S-BUSY
            SB      EA
            RET1
ONH:        MOV     FLG-N,#04H
            SETB    EA
            RET1
0FFH:       JB      ACC.5,HRING
            LCALL   D-TONE
            MOV     FLG-N,#0C3H
            SETB    EA
            RET1
HRING:      LCALL   SS-RING
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETB    EA
                RET1

;*************************************************************
;************        INTERRUPT 1 SERVICE      ****************
;*************************************************************
;
INT1:           MOV     A,#04002H
                MOV     A,@DPTR
                AND     A,#0FH
                MOV     KEEP-N,A
                MOV     A,FLG-N
                JB      ACC.0,SSS
                SETB    EA
                RET1
                LCALL   SS-DIAL
                SETB    EA
                RETI

;*************************************************************
COIEDR:         MOV     A,CORN1         ;Routime for cancle ringing signal
                CJNE    A,#02H,OM1      ;when CO. Line calling sub. cancle
                LJMP    SUB2
OM1:            CJNE    A,#04H,OM2
                LJMP    SUB4
OM2:            CJNE    A,#06H,OM3
                LJMP    SUB6
OM3:            MOV     A,CORN2
                CJNE    A,#03H,OM4
                LJMP    SUB3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
OM4:      CJNE   A,#05H,OM5
          LJMP   SUB5
OM5:      CJNE   A,#07H,JOB
          LJMP   SUB7
JOB:      RET
SUB2:     MOV    A,FLG_N2
          JB     ACC.5,HRING1
          LJMP   SUB3
HRING1:   MOV    DPTR,#8100H
          MOVX   A,@DPTR
          JB     ACC.7,JOB1
          MOV    FLG_N2,#04H
          MOV    FLG_O2,#04H
          MOV    T_DATA,#7FH
          LCALL  SENDT2
          MOV    W_CON2,#00H
          MOV    CORN1,#00H
SUB3:     MOV    A,FLG_N3
          JNB    ACC.5,JOB1
          MOV    A,CORN2
          CJNE   A,#03H,JOB1
          MOV    DPTR,#8100H
          MOVX   A,@DPTR
          JB     ACC.7,JOB1
          MOV    FLG_N3,#04H
          MOV    FLG_O3,#04H
          MOV    T_DATA,#7FH
          LCALL  SENDT3
          MOV    W_CON3,#00H
          MOV    CO_FLG,#04H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   CORN2,#00H
        MOV   COINN,#00H
JOB1:   RET
SUB4:   MOV   A,FLG_N4
        JB    ACC.5,HRING2
        LJMP  SUB5
HRING2: MOV   DPTR,#8100H
        MOVX  A,@DPTR
        JB    ACC.7,JOB2
        MOV   FLG_N4,#04H
        MOV   FLG_O4,#04H
        MOV   T_DATA,#7FH
        LCALL SENDT4
        MOV   W_CON4,#00H
        MOV   CORN1,#00H
SUB5:   MOV   A,FLG_N5
        JNB   ACC.5,JOB1
        MOV   A,CORN2
        CJNE  A,#05H,JOB1
        MOV   DPTR,#8100H
        MOVX  A,@DPTR
        JB    ACC.7,JOB2
        MOV   FLG_N5,#04H
        MOV   FLG_O5,#04H
        MOV   T_DATA,#7FH
        LCALL SENDT5
        MOV   W_CON5,#00H
        MOV   CO_FLG,#04H
        MOV   CORN2,#00H
        MOV   COINN,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
JOB2:       RET
SUB6:       MOV   A,FLG_N6
            JB    ACC.5,HRING3
            LJMP  SUB7
HRING3:     MOV   DPTR,#8100H
            MOVX  A,@DPTR
            JB    ACC.7,JOB3
            MOV   FLG_N6,#04H
            MOV   FLG_O6,#04H
            MOV   T_DATA,#7FH
            LCALL SENDT6
            MOV   W_CON6,#00H
            MOV   CORN1,#00H
SUB7:       MOV   A,FLG_N7
            JNB   ACC.5,JOB1
            MOV   A,CORN2
            CJNE  A,#07H,JOB3
            MOV   DPTR,#8100H
            MOVX  A,@DPTR
            JB    ACC.7,JOB3
            MOV   FLG_N7,#04H
            MOV   FLG_O7,#04H
            MOV   T_DATA,#7FH
            LCALL SENDT7
            MOV   W_CON7,#00H
            MOV   CO_FLG,#04H
            MOV   CORN2,#00H
            MOV   COINN,#00H
JOB3:       RET
CHGING2:    MOV   A,FLG_N2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JB      ACC.6,PRO2
        JB      ACC.7,ONH2
        MOV     T_DATA,#3FH
        LCALL SENDT2
        RET
PRO2:   JNB     ACC.7,OFFH2
        RET
ONH2:   LJMP    ONH22
OFFH2:  JB      ACC.5,CALLED2
        MOV     T_DATA,#6FH
        MOV     FLG_N2,#0C3H
        MOV     FLG_O2,#0C3H
        LCALL SENDT2
        RET
CALLED2: MOV    T_DATA,#7FH
        LCALL SENDT2
        MOV     C_LLED,#02H
        MOV     FLG_O2,#0C2H
        MOV     FLG_N2,#0C2H
        MOV     A,CORN1
        CJNE    A,#02H,MIME2
        MOV     CO_N,#02H
        MOV     W_CON2,#92H
        MOV     A,FLG_N3
        JNB     ACC.5,MIME2
        MOV     T_DATA,#7FH
        LCALL   SENDT3
        MOV     FLG_N3,#04H
        MOV     FLG_O3,#04H
        MOV     CORN2,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   W_CON3,#00H
MIME2:          MOV   A,W_CON2
                ANL   A,#0F0H
                SWAP  A
                CJNE  A,#03H,N_COMP
                LJMP  CON_CH23
N_COMP:         CJNE  A,#04H,N_COMP1
                LJMP  CON_CH24
N_COMP1:        CJNE  A,#05H,N_COMP2
                LJMP  CON_CH25
N_COMP2:        CJNE  A,#06H,N_COMP3
                LJMP  CON_CH26
N_COMP3:        CJNE  A,#07H,N_COMP4
                LJMP  CON_CH27
N_COMP4:        CJNE  A,#09H,NF_CON
                LJMP  CON_CH2CO
NF_CON:         RET
CON_CH23:       MOV   T_DATA,#7FH
                LCALL SENDT3
                MOV   FLG_N3,#0C2H
                MOV   FLG_O3,#0C2H
                MOV   CH_DATA,#70H
                LCALL CON_CH2
                LCALL CON_CH3
                RET
CON_CH24:       MOV   T_DATA,#07FH
                LCALL SENDT4
                MOV   FLG_N4,#0C2H
                MOV   FLG_O4,#0C2H
                MOV   CH_DATA,#70H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            LCALL  CON_CH2
            LCALL  CON_CH4
            RET
CON_CH25:   MOV    T_DATA,#07FH
            LCALL  SENDT5
            MOV    FLG_N5,#0C2H
            MOV    FLG_O5,#0C2H
            MOV    CH_DATA,#70H
            LCALL  CON_CH2
            LCALL  CON_CH5
            RET
CON_CH26:   MOV    T_DATA,#07FH
            LCALL  SENDT6
            MOV    FLG_N6,#0C2H
            MOV    FLG_O6,#0C2H
            MOV    CH_DATA,#70H
            LCALL  CON_CH2
            LCALL  CON_CH6
            RET
CON_CH27:   MOV    T_DATA,#07FH
            LCALL  SENDT7
            MOV    FLG_N7,#0C2H
            MOV    FLG_O7,#0C2H
            MOV    CH_DATA,#70H
            LCALL  CON_CH2
            LCALL  CON_CH7
            RET
CON_CH2CO:  MOV    T_DATA,#0FFH
            LCALL  SENDTCO
            MOV    T_DATA,#7FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     CH_DATA,#70H
        LCALL   CON_CH2
        MOV     CH_DATA,#0D0H
        LCALL   CON_CHCO
        RET
ONH22:
        MOV     CH_DATA,#07FH
        LCALL   CON_CH2
        MOV     ONH_TEL,#02H
        MOV     A,PTR
        CJNE    A,ONH_TEL,LEK1
        LJMP    T_FUNCT1
LEK1:   MOV     A,PCONF
        CJNE    A,ONH_TEL,G
        LJMP    LEG1
G:      MOV     A,DCONF
        CJNE    A,ONH_TEL,GG
        LJMP    LEGG1
GG:     MOV     A,SP_PRC
        CJNE    A,ONH_TEL,GGG
        LJMP    LEGGG1
GGG:    MOV     A,PHOLD
        CJNE    A,ONH_TEL,LEKE1
        LJMP    H_FUNCT1
LEKE1:  MOV     A,CO_N
        CJNE    A,ONH_TEL,LKE1
        MOV     FLG_O2,#04H
        MOV     FLG_N2,#04H
        MOV     CH_DATA,#0CFH
        LCALL   CON_CHCO
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL  DELAY1
        LCALL  DELAY1
        LCALL  DELAY1
        LCALL  DELAY1
        MOV    CH_DATA,#0EFH
        LCALL  CON_CHCO
        MOV    CO_FLG,#04H
        MOV    CO_N,#00H
        MOV    CH_DATA,#7FH
        LCALL  CON_CH2
        MOV    CORN1,#00H
        MOV    W_CON2,#00H
        MOV    COINN,#00H
        LCALL  DELAY1
        LCALL  DELAY1
        LCALL  DELAY1
        LCALL  DELAY1
        RET
LKE1:   MOV    FLG_O2,#04H
        MOV    FLG_N2,#04H
        LCALL  ONHRT
        LCALL  FCPAIR
        LCALL  CHONH
        LCALL  DELAY1
        RET
LEG1:
        MOV    FLG_O2,#04H
        MOV    FLG_N2,#04H
        LCALL  CHDCONF
        LJMP   LE1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LEGG1:
                MOV    FLG_O2,#04H
                MOV    FLG_N2,#04H
                LCALL  CHPCONF
                LJMP   LE1
LEGGG1:         MOV    SP_PRC,#00H
LE1:            MOV    FLG_O2,#04H
                MOV    FLG_N2,#04H
                MOV    CFLG,#00H
                MOV    N_PRESS,#00H
                RET
T_FUNCT1:       LCALL  ONHRT
                LCALL  FCPAIR
                LCALL  TFUNCT1
                RET
H_FUNCT1:       LCALL  ONHRT
                LCALL  FCPAIR
                MOV    T_DATA,#0FFH
                LCALL  SENDT2
                MOV    FLG_N2,#22H
                MOV    FLG_O2,#22H
                MOV    N_PRESS,#00H
                MOV    A,SP_PRH
                MOV    SP_PRH,#00H
                CJNE   A,#03H,PP1
                MOV    W_CON2,#32H
                LJMP   PPPPP1
PP1:            CJNE   A,#04H,PPP1
                MOV    W_CON2,#42H
                LJMP   PPPPP1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PPP1:     CJNE   A,#05H,PPPP1
          MOV    W_CON2,#52H
          LJMP   PPPPP1
PPPP1:    CJNE   A,#06H,KPPP1
          MOV    W_CON2,#62H
          LJMP   PPPPP1
KPPP1:    CJNE   A,#07H,KPPPP1
          MOV    W_CON2,#72H
          LJMP   PPPPP1
KPPPP1:   CJNE   A,#09H,PPPPP1
          MOV    W_CON2,#92H
PPPPP1:   MOV    HFLG,#00H
          MOV    PHOLD,#00H
          RET
TFUNCT1:  MOV    A,SP_PRN
          CJNE   A,#03H,L1
          MOV    FLG_N3,#0C2H
          MOV    FLG_O3,#0C2H
          MOV    CH_DATA,#71H
          LCALL  CON_CH3
          MOV    A,DTR
          ANL    A,#0FH
          CJNE   A,#04H,R11
          LCALL  CON_CH4
          MOV    W_CON3,#43H
          LJMP   Q1
R11:      CJNE   A,#05H,RR11
          LCALL  CON_CH5
          MOV    W_CQN3,#53H
          LJMP   Q1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
RR11:    CJNE   A,#06H,RRR11
         LCALL  CON_CH6
         MOV    W_CON3,#63H
         LJMP   Q1
RRR11:   CJNE   A,#07H,RRRR11
         LCALL  CON_CH7
         MOV    W_CON3,#73H
RRRR11:  LJMP   Q1
L1:      MOV    A,SP_PRN
         CJNE   A,#04H,LL1
         MOV    CH_DATA,#72H
         LCALL  CON_CH4
         MOV    FLG_N4,#0C2H
         MOV    FLG_O4,#0C2H
         MOV    A,DTR
         ANL    A,#0FH
         CJNE   A,#03H,R12
         LCALL  CON_CH3
         MOV    W_CON4,#34H
         LJMP   Q1
R12:     CJNE   A,#05H,RR12
         LCALL  CON_CH5
         MOV    W_CON4,#54H
         LJMP   Q1
RR12:    CJNE   A,#06H,RRR12
         LCALL  CON_CH6
         MOV    W_CON4,#64H
         LJMP   Q1
RRR12:   CJNE   A,#07H,RRRR12
         LCALL  CON_CH7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   W_CON4,#74H
RRRR12: LJMP  Q1
LL1:    MOV   A,SP_PRN
        CJNE  A,#05H,LLL1
        MOV   CH_DATA,#73H
        LCALL CON_CH5
        MOV   FLG_N5,#0C2H
        MOV   FLG_O5,#0C2H
        MOV   A,DTR
        ANL   A,#0FH
        CJNE  A,#03H,R13
        LCALL CON_CH3
        MOV   W_CON5,#35H
        LJMP  Q1
R13:    CJNE  A,#04H,RR13
        LCALL CON_CH4
        MOV   W_CON5,#45H
        LJMP  Q1
RR13:   CJNE  A,#06H,RRR13
        LCALL CON_CH6
        MOV   W_CON5,#65H
        LJMP  Q1
RRR13:  CJNE  A,#07H,RRRR13
        LCALL CON_CH7
        MOV   W_CON5,#75H
RRRR13: LJMP  Q1
LLL1:   MOV   A,SP_PRN
        CJNE  A,#06H,LLLL1
        MOV   CH_DATA,#74H
        LCALL CON_CH6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   FLG_N6,#0C2H
        MOV   FLG_O6,#0C2H
        MOV   A,DTR
        ANL   A,#0FH
        CJNE  A,#03H,R14
        LCALL CON_CH3
        MOV   W_CON6,#36H
        LJMP  Q1
R14:    CJNE  A,#04H,RRR14
        LCALL CON_CH4
        MOV   W_CON6,#46H
        LJMP  Q1
RRR14:  CJNE  A,#07H,RRRR14
        LCALL CON_CH7
        MOV   W_CON6,#76H
        LJMP  Q1
RRRR14: CJNE  A,#05H,RRRRR14
        LCALL CON_CH5
        MOV   W_CON6,#56H
RRRRR14:LJMP  Q1
LLLL1:  MOV   A,SP_PRN
        CJNE  A,#07H,LLLLL1
        MOV   CH_DATA,#75H
        LCALL CON_CH7
        MOV   FLG_N7,#0C2H
        MOV   FLG_O7,#0C2H
        MOV   A,DTR
        ANL   A,#0FH
        CJNE  A,#03H,R15
        LCALL CON_CH3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV    W_CON7,#37H
                LJMP   Q1
R15:            CJNE   A,#04H,RRR15
                LCALL  CON_CH4
                MOV    W_CON7,#47H
                LJMP   Q1
RRR15:          CJNE   A,#06H,RRRR15
                LCALL  CON_CH6
                MOV    W_CON7,#67H
                LJMP   Q1
RRRR15:         CJNE   A,#05H,RRRRR15
                LCALL  CON_CH5
                MOV    W_CON7,#57H
RRRRR15:        LJMP   Q1
LLLLL1:         MOV    A,SP_PRN
                CJNE   A,#09H,Q1
                MOV    A,DTR
                CJNE   A,#03H,R16
                MOV    CH_DATA,#71H
                LCALL  CON_CH3
                MOV    CH_DATA,#0D1H
                LCALL  CON_CHCO
                MOV    W_CON3,#93H
                MOV    CO_N,#03H
                LJMP   Q1
R16:            CJNE   A,#04H,RR16
                MOV    CH_DATA,#72H
                LCALL  CON_CH4
                MOV    CH_DATA,#0D2H
                LCALL  CON_CHCO
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   W_CON4,#94H
        MOV   CO_N,#04H
        LJMP  Q1
RR16:   CJNE  A,#05H,RRR16
        MOV   CH_DATA,#73H
        LCALL CON_CH5
        MOV   CH_DATA,#0D3H
        LCALL CON_CHCO
        MOV   W_CON5,#95H
        MOV   CO_N,#05H
        LJMP  Q1
RRR16:  CJNE  A,#06H,RRRR16
        MOV   CH_DATA,#74H
        LCALL CON_CH6
        MOV   CH_DATA,#0D4H
        LCALL CON_CHCO
        MOV   W_CON6,#96H
        MOV   CO_N,#06H
        LJMP  Q1
RRRR16: CJNE  A,#07H,RRRRR16
        MOV   CH_DATA,#75H
        LCALL CON_CH7
        MOV   CH_DATA,#0D5H
        LCALL CON_CHCO
        MOV   W_CON7,#97H
        MOV   CO_N,#07H
RRRRR16: LJMP Q1
Q1:     MOV   FLG_N2,#04H
        MOV   FLG_O2,#04H
        MOV   PTR,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     PCONF,#00H
        MOV     DTR,#00H
        MOV     SP_PRN,#00H
        MOV     DCONF,#00H
        MOV     TFLG,#00H
        RET

;
;*************************************************************
        END
;*************************************************************
```

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ภาคผนวก ค.

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า

ครั้งที่ ๑๗ ๑ - ๒ ธันวาคม ๒๕๓๗

ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 17

The 17th Conference of Electrical Engineering

1-2 ธันวาคม 2537

ณ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย

Wireless Private Automatiç Branch Exchange

พิเชฐ ม่วงนวล* วิโรจน์ พลสูงเนิน* รศ. ถวิล พึ่งมา** รศ.มนูญ สุขเกษม**

*นักศึกษาปริญญาโท

**รองศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง

บทคัดย่อ ในบทความนี้เสนอผลงานวิจัยและพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย WPABX (Wireless Private Automatic Branch Exchange) โดยมีวัตถุประสงค์ให้ชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายนี้ ได้นำมาใช้งานกับสถานที่ที่มีปัญหาในการเดินสายไฟ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายนี้ออกแบบโดยใช้มาตรฐานการทำงานตาม FCC กำหนด โดยมีย่านความถี่ในการรับและส่งสัญญาณที่ 46-49 เมกกะเฮิรต์ และมีจำนวนช่องสัญญาณ 12 ช่อง กำลังส่งไม่เกิน 100 มิลลิวัตต์ และสามารถจะนำโทรศัพท์ไร้สาย (WIRLESS TELEPHONE) ที่มีจำหน่ายอยู่ตามท้องตลาดทั่วไปมาใช้งานได้ ซึ่งเครื่องนี้มีจำนวนคู่สายภายใน 12 คู่สายและคู่สายภายนอก 3 คู่สายมีฟังก์ชั่นการทำงานเหมือนชุมสายโทรศัพท์ปลายทางธรรมดาทั่วไป การทำงานจะประกอบไปด้วย ส่วนรับ-ส่งสัญญาณความถี่ 46 และ 49 เมกกะเฮิร์ตที่ใช้ไอซีเบอร์ AN6161ร่วมกับ MN 1551 และผลึกแร่สร้างความถี่ที่ต้องการ ส่วนประมวลผลกลางใช้ไอซีไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8031ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมด ส่วนเชื่อมต่อกับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติ (PABX) และส่วนเครื่องลูกข่ายใช้ไอซี AN6160 ร่วมกับไอซี VI505AL ในการควบคุมการรับ-ส่ง เมื่อนำเครื่องต้นแบบมาใช้งานสามารถที่จะติดต่อกันได้เป็นที่น่าพอใจอย่างยิ่งตามผลการทดลองในส่วนท้ายของบทความนี้

Abstract This is a propose of an experiment on WPABX (Wirless Private Automatic Branch Exchange) for any place,which is facing with difficulty in line installation such as in factory area. Our WPABX was designed to meet with FCC (Federal Communication Commission) standard, within 46-49 MHz of transceiving frequencies range, capacity 12 channals, output power 100 milliwatts and applicable to use with wireless telephone set available in the market. Basic function of WPABX is done the same as PABX with capacity of 12 extension and 3 outgoing to TOT lines. Equiped with a transceiver circiut designed by using IC #AN6161,#MN1551 and crystal oscillator for 46-49 MHz, main processor used IC #8031 to control all functions, interfaced between WPABX and wirless telephone set by IC #AN6160 and #VI1505AL to control transceiving function. A prototype can work satisfactorily but need some alignment.

1. บทนำ

เทคโนโลยีในการติดต่อสื่อสารนั้นปัจจุบันมีกันอยู่หลายแบบแล้วแต่ความเหมาะสมและเทคนิคการนำไปใช้งานเพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด และเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แต่บางกรณีอาจจะทำให้ใช้งานได้สะดวกแก่ผู้ใช้เพียงอย่างเดียว ส่วนค่าใช้จ่ายนั้นยังคงสูงอยู่ ซึ่งจะต้องพยายามพัฒนากันต่อไปเพื่อให้ได้สิ่งที่ต้องการที่ดีที่สุด โทรศัพท์ก็เป็นการสื่อสารอีกแบบหนึ่งที่มีความจำเป็นในการติดต่อสื่อสารในยุคปัจจุบัน และดูเหมือนว่าจะเป็นสิ่งจำเป็นในการดำเนินชีวิตประจำวันไปเสียแล้ว เพราะโทรศัพท์สามารถใช้งานได้สะดวกรวดเร็วและราคายังถูกอีกด้วย การทำให้คู่สายโทรศัพท์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์มากที่สุดก็คือ การนำมาใช้กับระบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติ PABX (Pivate Automatic Branch Exchange)[1,2] แต่เครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติในยุคปัจจุบัน ส่วนใหญ่ยังคงใช้สายไฟฟ้าเดินเป็นคู่สายจากตัวเครื่องโทรศัพท์ไปยังเครื่องชุมสายปลายทางอัตโนมัติ (PABX)อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งทำให้เกิดความยุ่งยากในการติดตั้งและมักจะเกิดปัญหาขึ้นเป็นประจำ เช่น คู่สายวางระเกะระกะไม่มีความสวยงามอีกทั้งเกิดปัญหาการสะดุดเวลาสัญจรผ่านไปมาหรือเกิดการลดทอนสัญญาณในคู่สายที่ใช้มากเกินไปหากการเดินสายไม่เป็นระเบียบ ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งก็คือต้องติดตั้งประจำจุดนั้นๆไม่สามารถเคลื่อนย้ายไปไหนมาไหนได้ไกล เนื่องจากติดปัญหาเรื่องสายไฟ ทางทีมงานวิจัยจึงได้คิดพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบธรรมดาทั่วไปให้กลายมาเป็นเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบเดิมให้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้นไปอีก เท่าที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งเครื่องชุมสายปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายนี้จะนำความถี่ในย่านความถี่สูงมาก VHF (Very High Frequency) ประมาณ 46-49 MHz มาใช้งานทำการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายกับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย โดยเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายจะถูกสร้างให้เล็กที่สุดอยู่ในรูปแบบของมือถือเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและพกพาดังนั้นจึงมีการนำไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมการทำงานทั้งเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติ และเครื่องลูกข่าย จึงทำให้มีขนาดเล็กประสิทธิภาพการทำงานที่สูงเที่ยงตรงแม่นยำเหมาะกับการใช้งาน

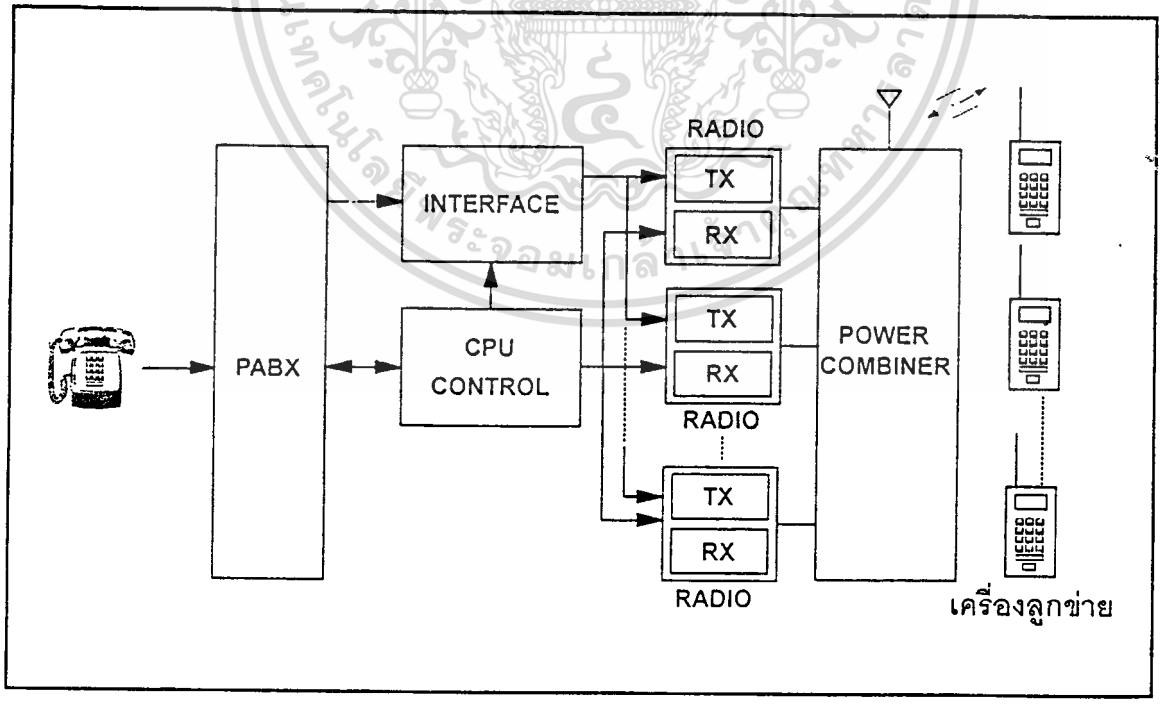
2. หลักการออกแบบ

การออกแบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายจะมีส่วนประกอบหลัก เหมือนๆกับ PABXทั่วๆไปแต่แตกต่างกันตรงการติดต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับตัวลูกข่ายซึ่งเป็นแบบมือถือจะใช้คลื่นวิทยุแทนการต่อสาย ซึ่งส่วนเชื่อมต่อจะทำการควบคุมสัญญาณต่างๆโดยถูกควบคุมจาก CPU #MN1551 โดยคุณสมบัติทั่วๆไปของชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้ในปัจจุบันแสดงไว้ในตารางที่ 1 และหลักการทำงานคร่าวๆของเครื่องชุมสายจะแสดงไว้ในรูปที่ 2

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทั่วไปของเครื่อง WPABX และเครื่องลูกข่าย

คุณสมบัติ	รายละเอียด
ย่านความถี่วิทยุ	46 - 49 MHz
ภาครับ	แบบแปลงความถี่ให้เป็นความถี่ปานกลาง
ภาคความถี่ปานกลาง	ใช้ความถี่ 455 KHz
ความไว	1.8 ไมโครโวลท์
วิธีการติดต่อ	แบบสวนทางกันได้ตลอด(full duplex)
การผสมคลื่น	ผสมสัญญาณทางด้านความถี่ (FM)
อัตราการเบี่ยงเบน	15 KHz
กำลังส่ง	น้อยกว่า 100 mW

หลักการติดต่อของ WIRLESS PABX มีลักษณะการติดต่ออยู่ 2 แบบหลักๆ คือ การโทรจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย หรือ โทรมาจากเครื่องโทรศัพท์ภายนอกเข้ามายังตัวเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายซึ่งทั้ง 2 กรณีจะมีการทำงานที่แตกต่างกันไป



รูปที่ 1 แสดงบล็อคไดอะแกรมของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 กรณีเป็นการโทรเข้ามาจากภายนอก

ส่วนประมวลผลกลางของเครื่องชุมสาย จะคอยตรวจจับสัญญาณที่เรียกจากสายนอก (ringing tone)หากตรวจพบ ก็จะส่งสัญญาณเรียกไปยังเครื่องลูกข่ายที่ตั้งไว้คอยรับสายเครื่องแรกให้ได้รับทราบ

2.2 กรณีเป็นการโทรจากเครื่องลูกข่าย

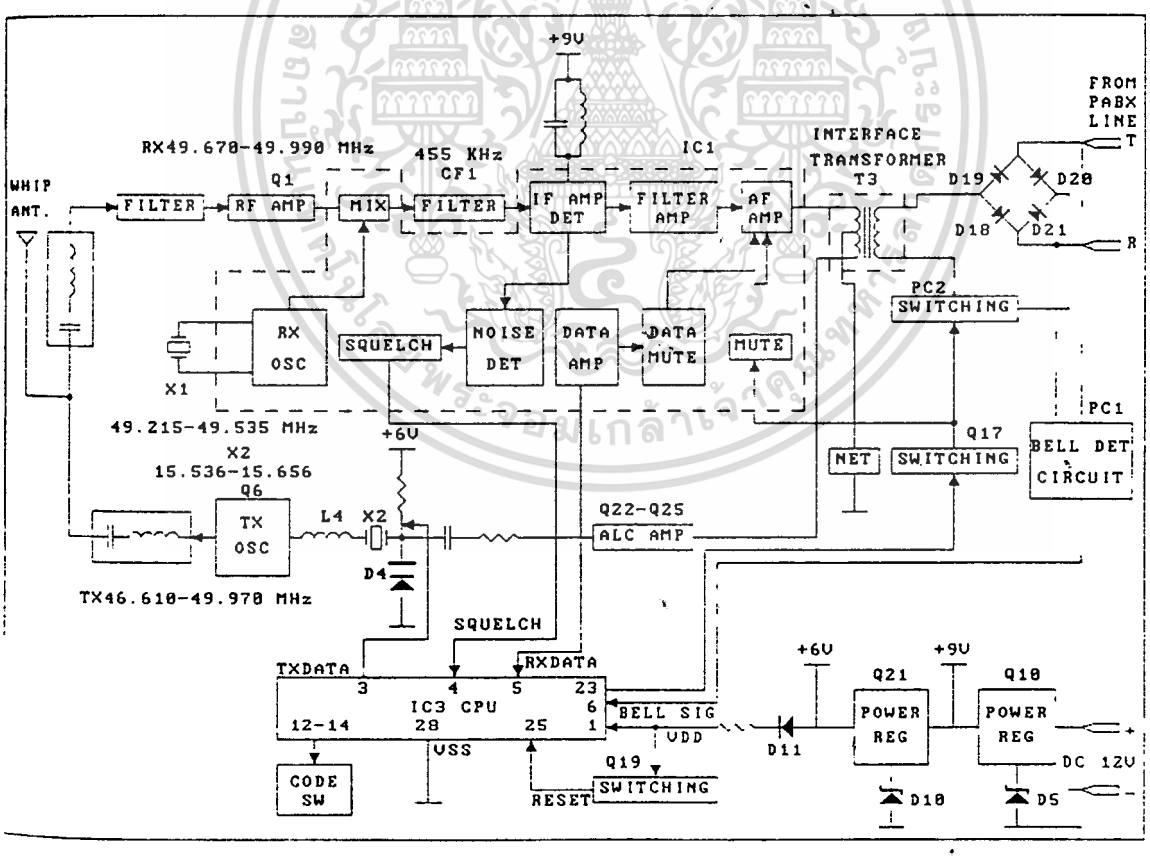
เมื่อมีการเรียกจากเครื่องลูกข่าย หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) จะทำการตรวจเช็คหมายเลขที่เครื่องลูกข่ายต้องการติดต่อหากเป็นเบอร์ภายในด้วยกันทาง CPU ของเครื่องลูกข่ายและ เครื่องชุมสายจะทำการเรียกติดต่อกันเป็นการภายในได้เลย หากเป็นการขอติดต่อกับสายภายนอกที่เป็นคู่สายขององค์การโทรศัพท์ฯ ก็จะได้อินสัญญาณแบวกรน (dial tone) จากคู่สายภายนอก หลังจากนั้นก็ทำการกดหมายเลขที่ต้องการติดต่อได้เลย

ในการออกแบบต้องสามารถทำให้เครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายนี้ มีฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆตามตารางที่ 2

3. การออกแบบและการทำงานของวงจร [3,4]

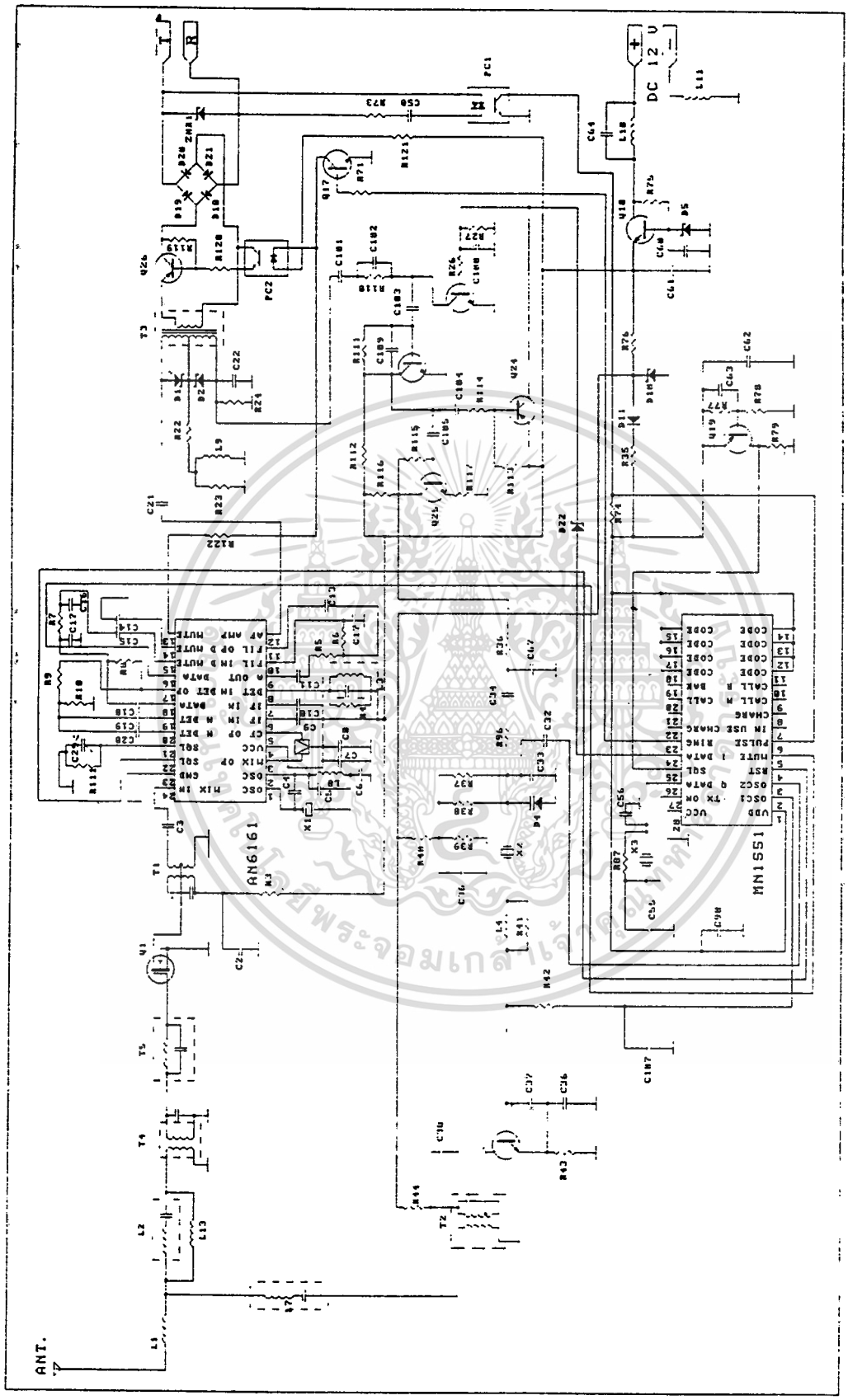
โครงสร้างของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย จะเป็นไปดังบล็อคไดอะแกรมรูปที่ 2 ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้

เริ่มจากส่วนแรกของภาครับในตัวเครื่องจะมีวงจรกรองความถี่ 49 เม็กกะเฮิร์ต ผ่านมาเข้าวงจรขยายความถี่สูงที่ใช้มอสเฟสเป็นตัวขยายความถี่ 49 เม็กกะเฮิร์ต ส่งให้ไอซี AN6161ซึ่งภายในตัวไอซีนี้จะมีวงจรผลิตความถี่ วงจรผสมความถี่ วงจรขยายความถี่กลางและวงจรขยายเสียง ได้เอาท์พุทออกมาส่งต่อให้อินเตอร์เฟสทรานเฟอเบอร์ ด้านส่งก็จะมีภาคแอมปลิฟลายเออร์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงที่มาจากอินเตอร์เฟสทรานเฟอเบอร์ ให้เหมาะสมกับการมอดูเลทความถี่ทางด้านส่ง โดยการรวมกันทางความถี่กับตัวสร้างความถี่ส่งที่อยู่ในย่าน 46 เม็กกะเฮิร์ต ผ่านวงจรกรองความถี่ขนาด 46 เม็กกะเฮิร์ตเพื่อกรองความถี่ที่ไม่ต้องการออก และเพื่อไม่ให้ความถี่ดังกล่าวไปรบกวนคลื่นวิทยุในย่านอื่นๆ ส่วนควบคุมกลางจะใช้ CPU เบอร์ MN1551ซึ่งสร้างขึ้นมาสำหรับใช้งานกับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายโดยมีหน้าที่ตรวจสอบและควบคุมการทำงานทั้งภาครับ และภาคส่งของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย (WPABX)หากมีการโทรเข้ามาจากคู่สายภายนอกก็จะตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Signal) แล้วส่งข้อมูลไปมอดูเลทกับภาคส่ง เพื่อส่งออกอากาศไปยังเครื่องลูกข่ายตัวแรกเป็นผู้รับ ถ้าเป็นการเรียกจากเครื่องลูกข่ายจะมีข้อมูลถูกถอดรหัสถอดกมาจาก



รูปที่ 2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย(WPABX)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 วงจรส่วนเชื่อมต่อสัญญาณวิทยุกับเครื่องชุดสายโทรศัพท์อัตโนมัติ

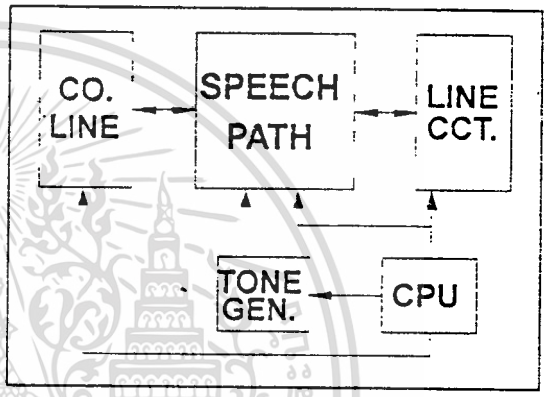
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย

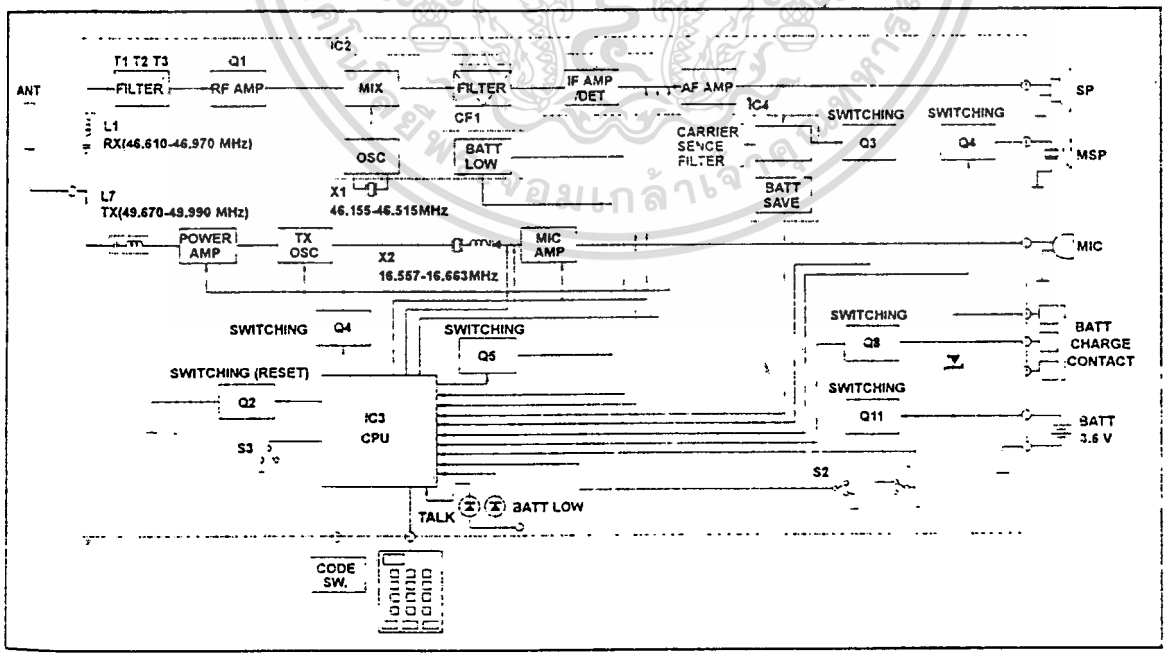
การเรียกเข้า	- สามารถเรียกโทรศัพท์ธรรมดา - สามารถเรียกโทรศัพท์ไร้สายด้วยกันได้ - การโทรเรียกแบบย่อ - การเรียกทวนหมายเลขสุดท้าย - การยกเลิกการเรียกเพื่อโทรใหม่
การรับสาย	- สามารถปรับระดับความดังของสัญญาณเรียก - สามารถปรับระดับความดังของเสียงพูด - รับสายจากคู่สายธรรมดา - รับสายกรณีเป็นการเรียกภายในชุมสาย
การติดต่อสื่อสาร	- ติดต่อสื่อสารด้วยสัญญาณเสียง(Analog) และข้อมูลดิจิตอล - การพักสายด้วยดนตรี - การส่งสัญญาณ DTMF เข้าไปในคู่สาย - การติดต่อเฉพาะเครื่องแม่และเครื่องลูก (intercom)
การใช้ฟังก์ชั่นพิเศษ	- การประชุมร่วม 3 สาย - การคอยสาย - การพักสาย ฯลฯ

ตัวถอดสัญญาณส่งให้กับ CPU MN1551 ควบคุมการต่อกับวงจรคู่สายของเครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ(PABX) อีกที วงจรส่วนเชื่อมต่อสัญญาณวิทยุแสดงไว้ในรูปที่ 3

ส่วนของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติ(PABX) เป็นเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติที่มีขนาด 3 คู่สายนอก 12 คู่สายภายใน ที่มีบล็อคไดอะแกรมดังรูปที่ 4 และมีฟังก์ชั่นการทำงานพื้นฐานตามตารางที่ 2 โดยจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมดรวมทั้งฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆด้วย เราสามารถที่จะใช้เครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดได้ แต่ต้องมีการแก้ไขโปรแกรมการเรียกเข้าเพื่อให้โอนสัญญาณเรียก(Ringing signal)ไปยังเครื่องโทรศัพท์ภายในได้เองอัตโนมัติ

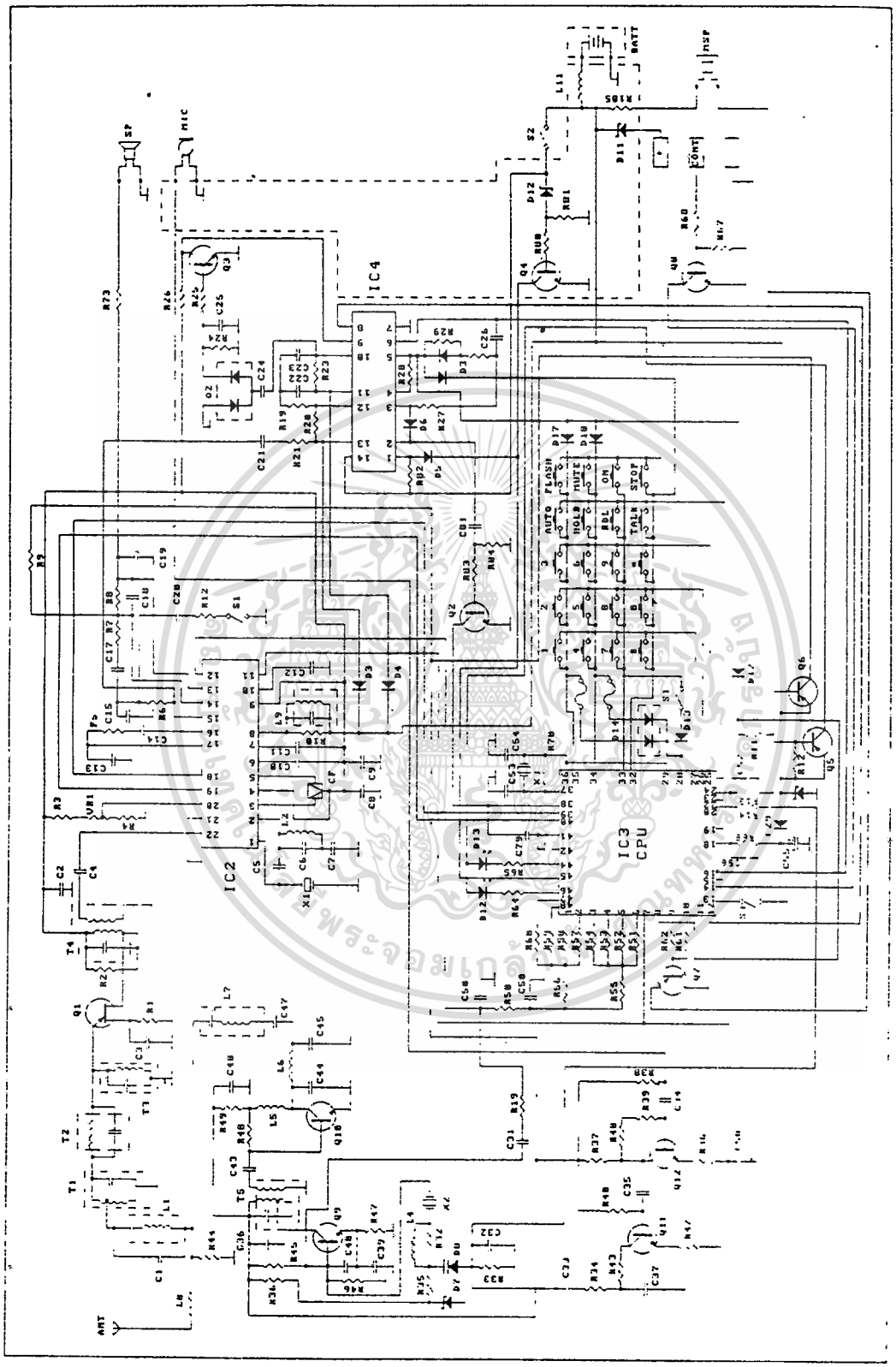


รูปที่ 4 แสดงบล็อคไดอะแกรมของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติ



รูปที่ 5 แสดงบล็อคไดอะแกรมของเครื่องลูกข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 แสดงวงจรเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายของ WPABX

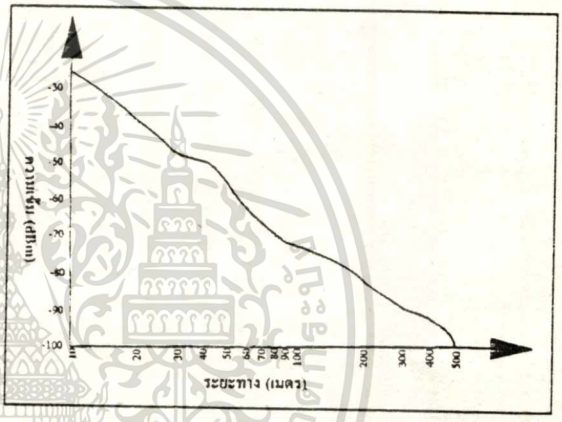
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของเครื่องลูกข่ายจะเป็นแบบมือถือที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นเครื่องต้นรูปที่มีจำหน่ายตามห้องตลาดทั่วไปและมีบอร์ดไดอะแกรมดังรูปที่ 5

การทำงานของเครื่องลูกข่ายอธิบายได้พอสังเขปดังนี้ ภาครับจะประกอบไปด้วยภาคกรองความถี่ 46 เมกกะเฮิร์ต ภาคขยายความถี่สูง 46 เมกกะเฮิร์ต ภาคผสมสัญญาณ ภาคออสซิลเลเตอร์ ภาคกรองความถี่กลาง ภาคขยายความถี่กลาง ภาคถอดรหัสสัญญาณและภาคขยายเสียงเมื่อมีความถี่ 46 เมกกะเฮิร์ต ส่งมาจากเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย ภาคกรองความถี่ จะยอมให้ความถี่ 46 เมกกะเฮิร์ตผ่านเท่านั้น ความถี่อื่นจะถูกถ่ายทอดลงดินหมด ภาคขยายสัญญาณความถี่สูงก็ทำหน้าที่ขยายความถี่นี้เพื่อให้เข้าไปผสมกับความถี่จากวงจรออสซิลเลเตอร์ ได้เอาท์พุทเป็นสัญญาณ IF แล้วขยายสัญญาณก่อนจะทำการถอดรหัสสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณ IF สัญญาณเสียงที่ได้จะผ่านเข้าวงจรขยายสัญญาณเสียงออกทางหูฟัง ภาคส่งจะมีวงจรขยายสัญญาณเสียงจากไมโครโฟนเพื่อเข้าไปผสมกับความถี่ที่สร้างขึ้นภายในแล้วทวีคูณเป็น 3 เท่าของความถี่มูลฐานที่ใช้ส่งเข้าไปขยายความแรงที่ภาคขยายกำลัง จากนั้นกรองความถี่ให้เหลือเฉพาะความถี่ 49 เมกกะเฮิร์ต ส่งออกอากาศเท่านั้น ความถี่รบกวนคลื่นวิทยุอื่นๆจะถูกส่งลงดินไป ในส่วนควบคุมจะมี CPU เบอร์ VI505AL ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของภาครับให้มีการประหยัดพลังงานขณะที่ไม่มีการใช้งาน และการสร้างสัญญาณเรียกต่างๆ เช่น สัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ (DTMF) สัญญาณในการติดต่อเป็นเครื่องติดต่อภายใน วงจรของเครื่องลูกข่ายที่ใช้งานจริงแสดงในรูปที่ 6 และเครื่องต้นแบบดังรูปที่ 7 เมื่อทำการเปิดเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย ทำการส่งออกอากาศที่กำลัง 100 มิลลิวัตต์แล้วนำเครื่องวัดความเข้มของสัญญาณ(Field Strengh Meter) มาวัดที่ระยะทางต่างๆ จะได้ผล

ตารางที่ 3 แสดงค่าความเข้มของสัญญาณที่ระยะทางต่างๆ

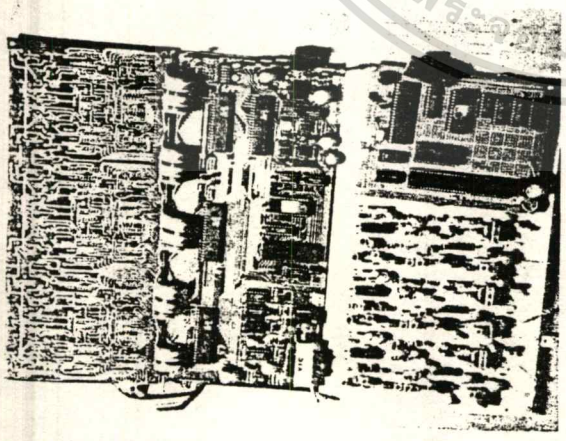
ระยะทาง (เมตร)	ความเข้ม (dBm)	ระยะทาง (เมตร)	ความเข้ม (dBm)	ระยะทาง (เมตร)	ความเข้ม (dBm)
1	-	10	-25	100	-73
2	-1	20	-39	200	-83
3	-6	30	-48	300	-90
4	-9	40	-50	400	-93
5	-12	50	-57	500	-100
6	-15	60	-63	600	-105
7	-16	70	-67	700	-111
8	-18	80	-70	800	-116
9	-22	90	-72	900	-112



รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและความเข้มของสัญญาณ

ดังตารางที่ 3 จากนั้นนำมาพล็อต ลงกระดาษกราฟจะได้ดังรูปที่ 8 ซึ่งสามารถทำให้ทราบถึงระยะทางของเครื่องที่สามารถทำการติดต่อกับแม่ข่ายได้

จากการทดลองสามารถพูดคุยติดต่อกันได้ในระยะทางประมาณ 300 ม. เป็นอย่างต่ำในเชิงเวลาที่โล่ง โดยใช้สายอากาศแบบธรรมดายาว 30 เซนติเมตร หลังจากนั้นสัญญาณเริ่มมีเสียงซ่า(NOISE)ปรากฏให้ได้ยินโดยเครื่องต้นแบบ สามารถใช้เครื่องต้นแบบใช้เครื่องลูกข่ายที่มีจำหน่ายในห้องตลาดได้เมื่อนำเครื่อง Radio Test Set มาทำการวัดสัญญาณ RF ที่ออกจากเครื่องชุมสาย WPABX จะได้ผลดังในรูปที่ 9

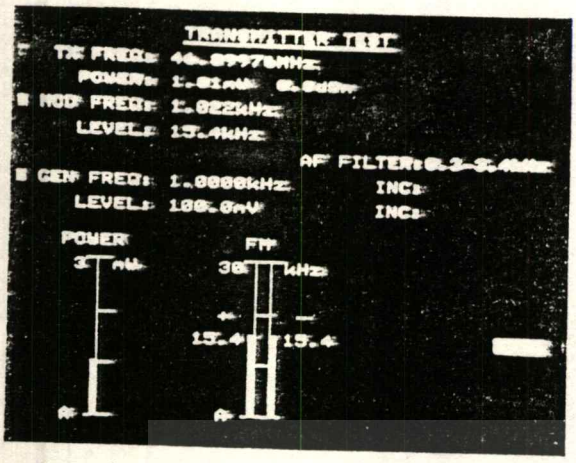


รูปที่ 7 แสดงเครื่องต้นแบบของเครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติแบบไร้สาย (WPABX)

4. สรุป

จากการทดลองที่ได้จากเครื่องต้นแบบนี้ ความสามารถของชุมสายโทรศัพท์ WPABX นี้ จะทำให้สามารถแก้ไขปัญหาในการเดินสายโทรศัพท์ ของการติดตั้งระบบโทรศัพท์ PABX ในปัจจุบันที่ไร้สาย สามารถพัฒนาต่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์ทางอุตสาหกรรมได้และเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายเครื่องนี้ยังใช้ได้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แสดงสัญญาณ RF จากเครื่องชุมสาย WPABX

โทรศัพท์ไร้สายที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดที่ได้มาตรฐานตามที่องค์การบริหารความถี่ (FCC)กำหนดได้อีกด้วยโดยไม่ต้องแก้ไขดัดแปลงส่วนใดเลย หากเป็นเครื่องโทรศัพท์ไร้สายรุ่นแรกๆอาจต้องเลือกซื้อให้ตรงกับความถี่ที่ใช้งานเนื่องจากไม่ได้ใช้วงจรเฟสล็อคลูปทำให้ไม่สามารถเลือกความถี่จากตัวเครื่องได้ ถ้านำความถี่ที่กำหนดให้ใช้งานนำมาใช้งานทุกช่องจะสามารถใช้ได้เพียง 12 เครื่องเท่านั้น และควรพิจารณาการใช้งานอื่นๆให้รอบคอบอีกเพื่อจะใช้เครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สายนี้ หรือเครื่องอื่นๆให้คุ้มค่า

5. หนังสืออ้างอิง

[1] John Bellamy, "Digital Telephone", John Willey & Sons Inc., Canada 1983.

[2] JICA, "Digital Switching System ", 1983 Group Training Course in Telecommunication Technology.

[3] พิชญ์ บุญตรา,KANAME HIRAGULI,มนูญ สุขเกษม,ถวิล พึ่งมา, "การออกแบบวงจรสลับช่องเวลาสำหรับการให้บริการร่วมในชุมสายโทรศัพท์ปลายทางระบบดิจิตอล",การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า 9 สถาบัน อุดมศึกษาครั้งที่ 14, พ.ศ. 2534

[4] รศ.ถวิล พึ่งมา,"การออกแบบวงจรทางโทรคมนาคม", คำราชุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง, พ.ศ. 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายวิโรจน์ ธนโชติชัยกุล
วัน เดือน ปี เกิด	24 มีนาคม 2512
สถานที่เกิด	จังหวัด ขอนแก่น
อายุ	27 ปี
ที่อยู่ปัจจุบัน	118/55 หมู่ที่ 2 แขวงสายไหม เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

การศึกษา จบครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม เกียรตินิยมอันดับสอง คณะครุศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2534 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2535

ประสบการณ์การทำงาน

เป็นผู้ช่วยนักวิจัยโครงการวิจัยเรื่อง เครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางสำหรับโครงข่ายบริการร่วมแบบดิจิตอล ปี 2536 และโครงการวิจัยเรื่อง เครื่องส่งสัญญาณภาพผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ปี 2537 ซึ่งทั้งสองโครงการได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับ

1. วิโรจน์ พลสูงเนิน พิเชฐ ม่วงนวล และ ถวิล พึ่งมา , "เครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย" , การประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรม , วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ , 2536

2. วิโรจน์ พลสูงเนิน ถวิล พึ่งมา และ มนูญ สุขเกษม , "การคำนวณทรั้งค์สำหรับวางแผนโครงข่ายโทรคมนาคมอย่างเหมาะสม" , การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 15 , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , 3-4 ธันวาคม 2535 , หน้า 2-1 ถึง 2-4

3. วิโรจน์ พลสูงเนิน ถวิล พึ่งมา และ มนูญ สุขเกษม , "การวิเคราะห์การวางแผนเส้นทางลัดในโครงข่ายโทรคมนาคม" , การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 16 ,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 25-26 พฤศจิกายน 2536 , หน้า 149-152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิโรจน์ พลสูงเนิน พิเชฐ ม่วงนวล ถวิล พึ่งมา และ มนูญ สุขเกษม , "เครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติแบบไร้สาย" , การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 17 , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 1-2 ธันวาคม 2537 , หน้า 193-200

5. วิโรจน์ พลสูงเนิน ธนบูรณ์ ธัชศฤงคารสกุล ถวิล พึ่งมา และ มนูญ สุขเกษม , "เครื่องชุมสายโทรศัพท์สำหรับโครงข่ายบริการร่วมระบบดิจิตอล" , การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 18 , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร , พฤศจิกายน 2538 , หน้า 338-342

6. วิโรจน์ พลสูงเนิน ศิริชัย บุญบางยาง ถวิล พึ่งมา และ มนูญ สุขเกษม , "เครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์อัตโนมัติ" , การประชุมวิชาการทางวิศวกรรม ไฟฟ้า ครั้งที่ 18 , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร , พฤศจิกายน 2538 , หน้า 548-555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้