สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องโทรศัพท์ดิจิตอล

DIGITAL PHONE

โดย

นายสันติ เทพลี

นางสาวสุพรรณี พูลทรัพย์

นายสุรชาติ ตาระเวช

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 54960
วัน,เดือน,ปี - 1 มิ.ย. 2548

b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องโทรศัพท์ดิจิตอล

DIGITAL PHONE

โดย

นายสันติ เทพลี รหัส 44015032

นางสาวสุพรรณี พูลทรัพย์ รหัส 44015038

นายสุรชาติ ตาระเวช รหัส 44015039

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **โทรศัพท์ดิจิตอล**

DIGITAL PHONE

ผู้จัดทำ

1.นายสันติ เทพลี 44015032

2.นางสาวสุพรรณี พูลทรัพย์ 44015038

3.นายสุรชาติ ตาระเวช 44015039

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์ดิจิตอล

DIGITAL PHONE

โดย นายสันติ เทพลี 44015032
นางสาวสุพรรณี พูลทรัพย์ 44015038
นายสุรชาติ ตาระเวช 44015039
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอการออกแบบและพัฒนาเครื่องโทรศัพท์ดิจิตอล ที่นำมาใช้งานกับโครงข่ายบริการร่วมระบบดิจิตอล (ISDN) ซึ่งเป็นโครงข่ายที่ใช้บริการการสื่อสารสมัยใหม่เพื่อให้มีบริการทางการสื่อสารมากยิ่งขึ้น โดยเครื่องโทรศัพท์ที่จะทำการพิจารณานี้ จัดเป็นอุปกรณ์สื่อสารปลายทาง (Terminal Equipment) ของโครงข่าย ISDN โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญสองส่วน คือ ส่วนของการเชื่อมต่อของอุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุทของสัญญาณเอนาล็อก (Analog I/O Interface) และอีกส่วนหนึ่งเป็นส่วนของ ISDN โปรโตคอล ซึ่งจะออกแบบให้มีการรับส่งสัญญาณตามมาตรฐานของ CCITT การตรวจสอบการทำงานของเครื่องจะใช้โปรโตคอลอนาไลเซอร์ เป็นตัววิเคราะห์สัญญาณเพื่อกำหนดให้การรับและการส่งเป็นไปตามมาตรฐานของ CCITT

Abstract

This project described the Designation of Digital Telephone Subacriber for in Integrated Service Digital Network (ISDN) . ISDN is the new communication network for multi-user This digital telephone is Terminal Equipment (TE) of ISDN . The construct of subscriber are devices into main part which is the part of analoque I/O interface and the part of ISDN protocol. The working function and feature have been to confirmed by connected with ISDN protocol analyzer and match with CCITT standard

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
สารบัญตาราง		I
สารบัญภาพ		II
สัญลักษณ์		IV
บทที่		
1.	บทนำ	1
2.	ความรู้เบื้องต้นของโทรศัพท์แบบดิจิตอล	2
	การให้บริการของโครงข่าย ISDN	7
	แบบอ้างอิงการต่อการต่อระหว่างกันในระบบเปิด (Open System Interconnection)	8
	คำจำกัดความในเทอมต่างๆของ ISDN	9
	หน้าที่อุปกรณ์ ISDN และจุดอ้างอิง (reference point)	13
	โปรโตคอลของโครงข่าย ISDN	15
	สถาปัตยกรรมโปรโตคอล ISDN	15
	การเชื่อมต่อในโครงข่าย ISDN	17
	โปรโตคอลการเชื่อมต่อข้อมูลในช่องสัญญาณ D	26
	โปรโตคอลชั้นที่ 3 บนช่องสัญญาณ D	33
	ลักษณะการเข้าสู่โครงข่าย ISDN	37
	มาตรฐานต่างๆของ ISDN	40
3.	การออกแบบวงจร	41
	ภาคหน่วยประมวลผลกลาง (CPU)	41
	ภาคแสดงผล (DISPLAY)	42
	การออกแบบวงจร อินพุท/เอาท์พุท อนาล็อก	43
	การออกแบบวงจร I-Interface	45
	การออกแบบวงจร DC to DC Converter	47
	การออกแบบโปรแกรมการทำงาน	48
4.	การทดลองและผลการทดลอง	52
	การซิมมูเลทโครงข่าย ISDN ด้วยเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์	53
	การวิเคราะห์เครื่องโทรศัพท์แบบดิจิตอลด้วยเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์	59
5.	สรุปผลและวิจารณ์	62
	ภาคผนวก (ก)	63
	ภาคผนวก (ข)	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1การแบ่งลำดับขั้น TDM ตามมาตรฐานอเมริกาเหนือของ AT&T	6
2การแบ่งลำดับขั้น TDM ตามมาตรฐานขององค์การบริหารการสื่อสารและไปรษณีย์แห่งยุโรป (CEPT)	6
3ชนิดของช่องสัญญาณ ISDN	10
4การเชื่อมต่อแบบ primary rate และ basic rate ของ ISDN	12
5แสดงตำแหน่งขาคอนเนคเตอร์ตามมาตรฐาน I.430	12
6โครงสร้างมัลติเฟรมของ PRI ในการเชื่อมต่อแบบ 1.544 Mbps	23
7ตัวอย่างของการกำหนดช่องเวลาเมื่อใช้งานเป็นช่องสัญญาณ H0 ใน PRI	26
8แสดงชนิดของเฟรม LAPD โดยสังเขป	29
9ค่าของตัวบ่งชี้จุดทางเข้าของบริการ (SAPI)	29
10ค่าของตัวบ่งชี้จุดสุดท้ายของอุปกรณ์ (TEI)	33
11การเข้ารหัสโปรโตคอลดิสคริมมิเนเตอร์	35
12แสดงตำแหน่งหน่วยความจำของแต่ละตัวอักษรภายใน LCD โมดูล	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

1. แสดงรูปแบบการสุ่มสัญญาณเสียง 2
2. แสดงคุณสมบัติของคอมแพนเดอร์ 3
3. แสดงการแบ่งความถี่แบบ FDM 4
4. แสดงการแบ่งเวลาแบบ TDM 5
5. แสดงให้เห็นถึงโครงข่ายแบบเก่าที่แยกการทำงานของแต่ละชุมสาย 7
6. แสดงโครงข่ายแบบบริการร่วม (ISDN) ที่รวมการติดต่อสื่อสารทุกชนิดไว้ในโครงข่ายเดียวกัน 7
7. แสดงการจัดแบ่งโครงสร้างสถาปัตยกรรม 7 ชั้นของ OSI 8
8. แสดงหน้าที่ของอุปกรณ์และจุดอ้างอิงของ ISDN 14
9. แสดงจุดอ้างอิงโปรโตคอลและสถาปัตยกรรมสำหรับช่องสัญญาณ D 16
10. แสดงความสัมพันธ์ของสถาปัตยกรรมโปรโตคอลช่องสัญญาณ B และ D 17
11. แสดงรูปแบบการต่อชนิดจุดต่อจุด 17
12. แสดงรูปแบบการต่อชนิดจุดต่อหลายจุดแบบ short passive bus 18
13. แสดงรูปแบบการต่อชนิดจุดต่อหลายจุดแบบ extended passive bus 18
14. แสดงรูปแบบอ้างอิงทางไฟฟ้าในการต่อระหว่าง NT และ TE 19
15. ตัวอย่างของสัญญาณ pseudo- ternary 20
16. แสดงเฟรมการส่งของ I.430 21
17. โครงสร้างเฟรม PRI ในการเชื่อมต่อแบบ 1.544 เมกกะบิทต่อวินาที 22
18. แสดงการเข้ารหัสแบบ AMI 24
19. แสดงการเข้ารหัสแบบ B8ZS 24
20. โครงสร้างเฟรม PRI ในการเชื่อมต่อแบบ 2.048 เมกกะบิทต่อวินาที 25
21. แสดงการเข้ารหัสแบบ HDB3 25
22. แสดงรูปแบบเฟรมของ LAPD 27
23. แสดงรูปแบบฟิลด์ควบคุม LAPD 28
24. แสดงรูปแบบฟิลด์แอดเดรส LAPD 30
25. แบบอ้างอิงชั้นเชื่อมข้อมูลและจุดทางเข้าบริการ 30
26. แสดงจุดทางเข้าหลายๆบริการภายใน TE มีความต้องการการต่อทางลอจิกคอล LAPD หลายๆตัวไปยัง LE 31
27. แสดงบริการหลายๆสิ่งและ TE หลายตัวต้องการการเชื่อมต่อทางลอจิกคอลของ LAPD ที่ถูกอ้างอิง 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28. แสดงรูปแบบของข้อความ Q.931 34
29. แสดงรูปแบบส่วนประกอบข้อความชนิดออกเดทเดียว 34
30. แสดงรูปแบบส่วนประกอบข้อความที่เปลี่ยนแปลงความยาวได้ 37
31. แสดงการโต้ตอบข้อความในการเรียกแบบเซอร์กิตโหมด 37
32. แสดงการยกเลิกการติดต่อ 37
33. แสดงลักษณะการจัดการเชื่อมต่อทางกายภาพแบบต่างๆ 39
34. แสดงตัวอย่างการทำงานของอุปกรณ์ NT1 และ NT2 แบบต่างๆ 40
35. วงจรของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) 41
36. ภาพแสดงส่วนที่เป็น LCD โมดูลและบัสต่างๆที่ต่อเข้ากับหน่วยประมวลผลกลาง 42
37. แสดงบล็อกไดอะแกรมของ MT9094 44
38. วงจรอินพุท/เอาท์พุท อนาล็อก 44
39. วงจรของไอซี ดีโค๊ดเดอร์ 45
40. วงจร I-Interface 47
41. แสดงวงจร DC to DC Converter 48
42. วงจรของส่วนอินพุท/เอาท์พุท พอร์ท 50
43. แสดงการทำงานของโปรแกรม 50
44. แสดงวงจรของเครื่องโทรศัพท์ระบบดิจิตอล 52
45. แสดงจุดต่อใช้งานของพอร์ท A และ B 53
46. แสดงการใช้งานของพอร์ทในการซิมมูเลทโครงข่าย ISDN 54
47. แสดงการกำหนดรายละเอียด โปรโตคอลของพอร์ท A และ B 54
48. แสดงการกำหนดรายละเอียด Basic Rate Interface พอร์ท A และ B 55
49. แสดงรูปการเลือกการประยุกต์ใช้งาน 55
50. แสดงการเรียกไฟล์ 56
51. แสดงเมนูการซิมมูเลทโครงข่าย INS64 57
52. แสดงการกำหนดลักษณะการทำงานของชั้นกายภาพของการเชื่อมต่อแบบ Basic Rate การซิมมูเลทโครงข่าย INS64 57
53 แสดงการกำหนดลักษณะการทำงานของชั้นเชื่อมต่อและชั้นโครงข่าย การซิมมูเลทโครงข่าย INS64 58
54 แสดงจอภาพของ ISN64 เมื่อเริ่มเข้าสู่การใช้งาน 58
55 แสดงการติดต่อเครื่องโทรศัพท์เข้ากับเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ 59
56 ผลการติดต่อเครื่องโทรศัพท์ดิจิตอลจากมอนิเตอร์ของเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญญลักษณ์

AMI	Alternating mark inversion
ANSI	American National Standards Institute
B-ISDN	Broadband ISDN
bps	bite per second
BRI	Basic rate interface
B8ZS	Bipolar 8 Zero Substitution
ITU	International Telecommunication Union
CODEC	Coder/decoder
CPU	Central processing unit
CRC	Cyclic redundancy check
CRV	Call Reference value
DLCI	Data Link Control Identifier
DSS 1	Digital Subscriber Signaling
DTMF	Dual-tone multifrequency
EPROM	Erasable Prcgramable Read Only Memory
ET	Exchange termination
FAS	Frame alignment sequence
FAX	Facsimile
FCC	Federal Communications Commission
FCS	Frame check sequence
FDM	Frequency division multiplexing
HDB3	High-Density Bipolar-3 zeroes
HDLC	High-lavel Data Link Control
Hz	Hertz (cycle per second)
IC	Integrated circuit
ISDN	Integrated Service Digital Network
ISO	International Organization for Standardization
kbps	Kilobits per second
kHz	Kilohertz, thousands of cycles per second
km	Kilometer, thousands of meters
LAN	Local area network
LAPB	Link Access Procedures Balanced (X.25)
LAPD	Link Access Procedures on the D-channel
LCD	Liquid Crystal Display
LE	Local Exchange
LT	Local Termination
LSI	Large scale integrated-circuit
m	meter
Mbps	Megabits per second
Mhz	Megahertz
Modem	Modulator/demodulator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญญลักษณ์ (ต่อ)

Ms	millisecond
NT	Network termination
NT1	Network termination type 1
NT2	Network termination type 2
OSI	Open System Interconnection
PABX	Private automatic branch exchange
PAM	Pulse Amplitude Modulation
PBX	Private branch exchange
PCM	Pulse Code Modulation
PD	Protocol Discriminater
PRI	Primary rate interface
PSTN	Public switched telephone network
RAM	Random Access Memory
SAP	Service Access Point
SAPI	Service Access Point Identifier
SDLC	Synchronous Data Link Control
TA	Terminal adaptor
TDM	Time division Multiplexing
TE	Terminal equipment
TEI	Terminal Enpoint Identifier
TE1	Terminal equipment type 1
TE2	Terminal equipment type 2
μs	Microsecond
ETSI	European Telecom Standards Institute
DASS	Digital Access Signalling System
DPNSS	Digital Private Network Signalling System
INS	Information NetWork System
DMS	Digital Multiplax System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

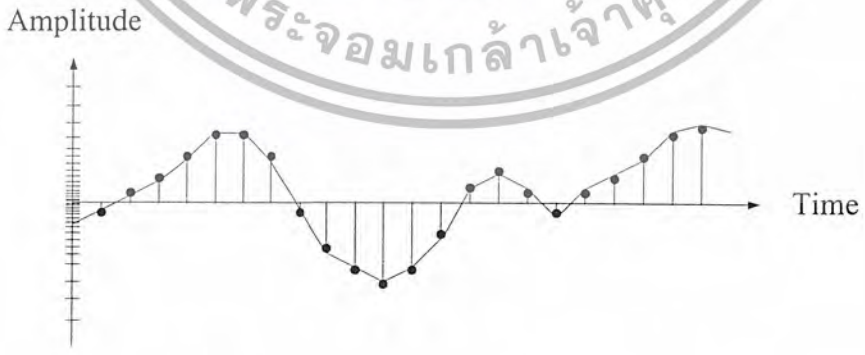
ปัจจุบันนี้วิวัฒนาการทางด้านการติดต่อสื่อสารได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วทุกรูปแบบและแทบทุกชนิด การติดต่อสื่อสารทางด้านโทรศัพท์ก็เช่นกัน ได้พัฒนาเข้าสู่ระบบดิจิตอลสมบูรณ์แบบและมีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงขึ้นส่งลงไปในโครงข่ายแบบดิจิตอล ซึ่งโครงข่ายนี้มีการเรียกว่าโครงข่ายบริการร่วมแบบดิจิตอล หรือ Integrated Service Digital Network (ISDN) โดยโครงข่ายร่วมแบบดิจิตอลนี้ สามารถรองรับการให้บริการการสื่อสารได้หลายชนิด ทั้งโทรศัพท์ดิจิตอล(Digital telephone) โทรภาพ (video phone) หรือโทรสาร(Faxcimile) เป็นต้น การส่งข้อความหรือข้อมูลแต่ละชนิดก็จะมีโปรโตคอล (Protocal) ในการรับส่งที่แตกต่างกัน โครงงานชิ้นนี้ได้พัฒนาเครื่องโทรศัพท์ดิจิตอลขึ้นมาเพื่อใช้งานกับโครงข่ายบริการร่วมแบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์แบบดิจิตอล

โทรศัพท์แบบดิจิตอลนี้จะมีการทำงานแตกต่างจากโทรศัพท์แบบอนาล็อกที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบันนี้ ซึ่งการทำงานในส่วนของตัวเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิตอลที่จะส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์จะเป็นการเปลี่ยนเสียงพูดให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าแบบอนาล็อกโดยใช้ไมโครโฟน แล้วก็จะทำการสุ่มสัญญาณนั้นๆเป็นช่วงๆหลังจากนั้นก็จะทำการดิจิไตซ์ให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอล ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้เป็นของการเข้ารหัสแบบ Pulse Code Modulation (PCM) ก่อนจะทำการส่งออกไปในคู่สาย ในทางกลับกันเมื่ออยู่ในสภาวะการรับเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิตอลจะแปลงข้อมูล สัญญาณดิจิตอลแบบ PCM ที่รับมาจากชุมสายโทรศัพท์ไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าแบบอนาล็อก ขั้นตอนสุดท้ายนี้ก็จะทำการขยายสัญญาณให้แรงเพื่อส่งออกลำโพงหรือหูฟัง

สัญญาณเสียงพูดในโทรศัพท์ทั่วไปจะมีแบนด์วิธกว้างประมาณ 4 กิโลเฮิร์ต (kHz) และจากทฤษฎีของ Harry Nyquist การที่จะนำสัญญาณดิจิตอลกลับมาเป็นสัญญาณอนาล็อกได้นั้น จะต้องมีการสุ่มตัวอย่าง (sampling) อย่างน้อยที่สุดเป็นสองเท่าของสัญญาณที่สุ่ม ในที่นี้จะได้ความถี่ในการสุ่มสัญญาณเท่ากับ 8 กิโลเฮิร์ต (kHz) และแต่ละครั้งของการสุ่มสัญญาณจะถูกเข้ารหัสข้อมูลดิจิตอลที่มีขนาด 8 บิท (256 ระดับ) ทำให้ได้อัตราบิทของช่องสัญญาณเสียงดิจิตอลหนึ่งช่องเป็น 64 กิโลบิทต่อวินาที (kbps) บางแห่งอาจจะกล่าวถึงเป็น Digital Signaling ระดับ 0 หรือ DS0 ซึ่งข้อมูล 256 ระดับนี้จะอยู่ในช่วง – 127ถึง +128 รูปที่ 1แสดงการสุ่มสัญญาณและการดิจิไตซ์สัญญาณเสียง สัญญาณเสียงถูกสุ่มตัวอย่างทุกๆ 125 ไมโครวินาที (us) หรือสุ่มหนึ่งครั้งในเวลา 1/8000 วินาที การสุ่มตัวอย่างนี้จะทำการหาระดับสัญญาณด้วยวิธี Pulse Amplitude Modulation (PAM) ระดับสัญญาณอนาล็อกที่หามาได้นี้จะถูกเข้ารหัสของสัญญาณให้อยู่ในรูปของดิจิตอลอีกทีหนึ่งซึ่งขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนของวิธีการ Pulse Code Modulation (PCM)



รูปที่ 1 แสดงรูปแบบการสุ่มสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความไม่สม่ำเสมอของสเกลความสูง (Amplitude) ดังในรูปที่ 1จะเห็นได้ว่าถูกกำหนดให้มีค่าใกล้กันที่ค่าต่ำๆ และค่อยๆห่างออกไปที่ค่าสูงๆ สิ่งนี้ถูกเรียกว่าการ companding สาเหตุที่ใช้สเกลแบบไม่สมมาตรนี้ก็เพราะว่าในการพูดคุยทางโทรศัพท์ขณะใช้งานปกตินั้น ระดับการพูดของเสียงมีความสม่ำเสมอเสียส่วนใหญ่และมีความแตกต่างของสัญญาณไม่มากนักในช่วงระดับต่ำๆการกระทำเช่นนี้สามารถทำให้แยกแยะสัญญาณในช่วงนี้ได้มากขึ้นกว่าเดิม

การcompandingนั้นมี2แบบใหญ่ๆด้วยกันที่ใช้ในโทรศัพท์แบบดิจิตอลคือแบบ μ-Law ถูกใช้เริ่มแรกในอเมริกาเหนือและญี่ปุ่นส่วนแบบที่ 2 คือแบบ A-Law มีใช้มากในแถบยุโรปและถูกใช้มากที่สุดในโลก ส่วนในประเทศไทยก็ใช้งานในแบบที่ 2 นี้ด้วย

1. รูปแบบการ Companding ที่ใช้ในระบบโทรศัพท์ดิจิตอล

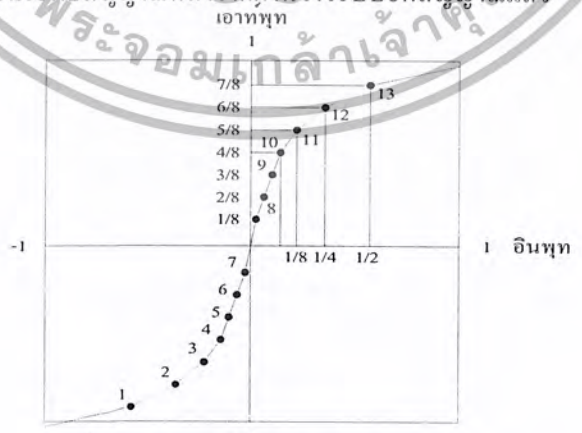
การ companding เป็นกระบวนการซึ่งทำการบีบอัดสัญญาณก่อนแล้วตามด้วยการขยายสัญญาณ การบีบอัดสัญญาณเป็นกระบวนการซึ่งควบคุมอัตราการขยายสัญญาณให้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของสัญญาณที่ถูกป้อนเข้ามา อัตราขยายจะมีค่ามากที่ระดับแรงดันอินพุทต่ำ และจะมีค่าน้อยที่ระดับแรงดันสูง กระบวนการนี้ได้ถูกนำมาใช้กับการจัดระดับควอนไตซ์แบบไม่คงที่ ดังนั้น ITU จึงกำหนดรูปแบบของฟังก์ชั่นการบีบอัดสัญญาณ ให้มีลักษณะเป็นลอการิทึม (logarithm) และให้ผู้ผลิตแต่ละรายทำตามข้อกำหนดเพื่อสร้างเป็นมาตรฐาน ลักษณะกราฟความสัมพันธ์ของการบีบอัดสัญญาณแบบลอการิทึมที่ใช้กันอยู่เกิดจากการประมาณค่า โดยแบ่งส่วนของกราฟออกเป็นส่วนย่อยๆ 13 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นชนิด A-Law โดยกำหนด ค่า A เท่ากับ 87.6 การจัดระดับ ควอนไตซ์โดยยึดตามกราฟ A-law จะเพิ่มค่า S/N ขึ้นอีกถึง 26 dB ในกรณีที่ใช้การแทนค่า 8 บิท โดยสมการกำหนดคุณลักษณะของ compander แบบ A-law จะมีลักษณะดังนี้คือ

$$Y = (1+\ln Ax)/(1+\ln A) \quad \text{เมื่อ } 1/A < x < 1$$

$$Y = Ax/(1+\ln A) \quad \text{เมื่อ } 0 < x < 1/A$$

โดยที่ x เป็นระดับสัญญาณก่อนเข้าสู่วงจรบีบอัดสัญญาณ

Y เป็นระดับสัญญาณหลังจากผ่านวงจรบีบอัดสัญญาณแล้ว



รูปที่2 แสดงคุณสมบัติของคอมแพนเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากรูปแบบการบีบอัดข้อมูลแบบ A-law ซึ่งใช้ในการสื่อสารของหลายประเทศในแถบยุโรปแล้ว ยังมีมาตรฐานแบบ μ-Law ที่ใช้กันมากในทวีปอเมริกาเหนือและญี่ปุ่น สามารถเขียนเป็นสมการแทนการบีบอัดสัญญาณได้ดังนี้

$$Y = sgn(x)\ \ln(1+ux)/\ln(1+u)$$

โดยที่ x เป็นระดับสัญญาณก่อนเข้าสู่วงจรบีบอัดข้อมูล

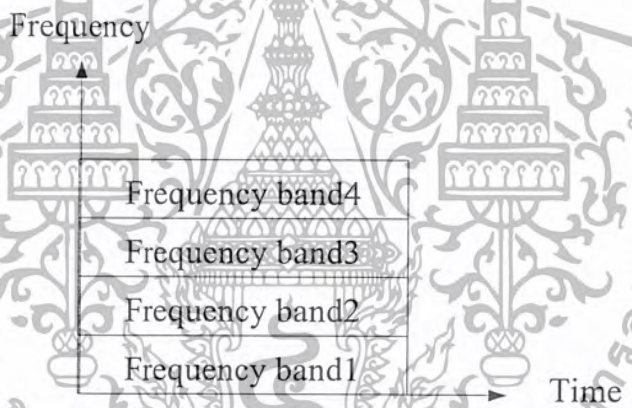
Y เป็นระดับสัญญาณหลังการบีบอัดสัญญาณแล้ว

sgn(x) เป็นฟังก์แทนค่าเครื่องหมายแสดงขั้วแรงดันเข้า s

u เป็นค่าดรรชนีการบีบอัด

2. การมัลติเพล็กซ์ (multiplex)

การมัลติเพล็กซ์ในโครงข่ายเป็นการยอมให้วิธีการติดต่อสื่อสารแบบเดียวกันถูกแบ่งใช้โดยผู้ใช้หลายๆคนได้ ลักษณะที่สำคัญของตัวมัลติเพล็กซ์ในโครงข่ายโทรศัพท์ จะยอมให้การสนทนาด้วยเสียงจำนวนมากถูกนำพาไปในสายส่งเส้นเดียวกันได้



รูปที่ 3 แสดงการแบ่งความถี่แบบ FDM

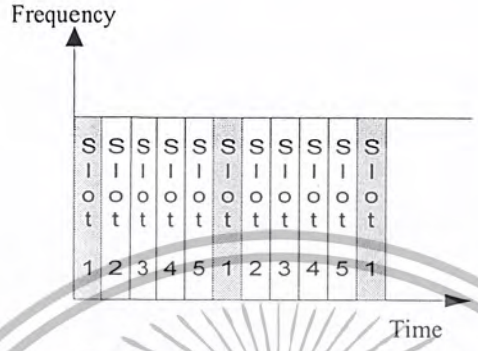
รูปที่ 3 นี้เป็นตัวอย่างแสดงการมัลติเพล็กซ์ แบ่งย่านความถี่ออกเป็น 4 ย่านให้ผู้ใช้ 4 รายด้วยกันและสามารถใช้เวลาไปในเวลาเดียวกันได้

ในการติดต่อสื่อสารแบบอนาล็อกส่วนมากจะใช้วิธีการแบ่งความถี่แบบนี้ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Frequency division multiplexing (FDM) มารองรับการใช้งานจำนวนมากๆ โดย FDM นี้จะแบ่งความถี่ตามจำนวนของผู้ใช้งานทั้งหมดและผู้ใช้แต่ละรายได้ถูกกำหนดช่องความถี่สำหรับการส่งไว้ ดังตัวอย่างดังในรูปที่ 3 ในกรณีของเสียงแต่ละคู่สนทนาจะถูกเลื่อนความถี่ที่เป็นพาหะไปในย่านที่แตกต่างกันด้วยแบนด์วิธอย่างน้อย 3.1 กิโลเฮิร์ตนี้ เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนกันระหว่างช่องความถี่ที่อยู่ติดกัน ความถี่ 3.1 กิโลเฮิร์ต นี้เป็นผลมาจากความถี่ของเสียงพูดของมนุษย์ขณะสนทนากันจะมีย่านความถี่อยู่ในช่วงนี้

แต่ในการส่งสัญญาณที่เป็นแบบดิจิตอลนั้น มักจะถูกมัลติเพล็กซ์ด้วยการแบ่งเวลาหรือ TDM (Time division multiplexing) ซึ่งจะแตกต่างจากของ FDM ในขณะที่ FDM นั้นจะจัดการแบ่งสรรให้กับผู้ใช้แต่ละราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยส่วนของความถี่ ตลอดเวลาทั้งหมดที่ผู้ใช้ต้องการ แต่ในแบบของ TDM จะจัดการแบ่งการใช้งานให้กับผู้ใช้แต่ละรายด้วยช่องเวลาเล็กๆสลับกันไป ดังรูปที่ 4 ในภาพเป็นตัวอย่างการแบ่งเวลาให้ผู้ใช้ 5 รายใช้งานไม่ซ้ำเวลากัน



รูปที่ 4 แสดงการแบ่งเวลาแบบ TDM

3.การจัดแบ่งลำดับขั้น TDM

ตัวพาหะ T1 (T1 carrier) เป็นตัวพาหะและตัวแรกที่ใช้ในอเมริกา ตัวพาหะ T1 จะมัลติเพล็กซ์ช่องสัญญาณเสียงออกเป็น 24 ช่อง บนสายส่ง 1 เส้น โดยใช้การแบ่งเวลา หน่วยพื้นฐานของการส่งถูกเรียกว่าเฟรมที่ซึ่งมีการสุ่มมาจากแต่ละ 24 ช่องสัญญาณ การสุ่มแต่ละครั้งถูกแทนด้วยข้อมูลขนาด 8 บิทในหนึ่งเฟรมจะบรรจุข้อมูลของผู้ใช้งานไว้ 192 บิท โดยแต่ละเฟรมถูกนำหน้าด้วยบิทเริ่มต้นเฟรม(framing bit)ดังนั้นใน T1 เฟรมเดียวจะประกอบด้วยบิทจำนวนทั้งหมด 193 บิท ซึ่งแต่ละเฟรมจะบรรจุการส่งสัญญาณ1ครั้งของแต่ละช่องสัญญาณเสียง รวมแล้วจะได้ 8,000 ต่อวินาทีบนช่อง T1 นี้ เป็นผลให้อัตราบิทเท่ากับ 1.544 เมกกะบิทต่อวินาที(Mbps)ซึ่งจะเหมือนกับดิจิตอลซิกแนลลิ่งระดับ 1 หรือ DS-1 (Digital Signaling level 1)จำนวนบิททั้งหมด 1.544 เมกกะบิทนี้ จะเป็นบิทเริ่มต้นเฟรม 8,000 บิท และอัตราข้อมูลของผู้ใช้งานก็จะเป็น 1.536 เมกกะบิทต่อวินาที (Mbps) ตัวพาหะ T1 จะทำการมัลติเพล็กซ์ 24 ช่องสัญญาณ เสียงโดยการใช้เทคนิค TDM จำนวนของช่องที่มัลติเพล็กซ์เข้าด้วยกันถูกกำหนดโดยการแบ่งลำดับชั้นดิจิตอล TDM ซึ่งในระบบของ T1-carrier นี้ใช้วิธีการแบ่งลำดับชั้นของ AT&T ที่ถูกใช้ในอเมริกาเหนือ ญี่ปุ่น ไต้หวัน และเกาหลีใต้ ดังตารางที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับสัญญาณดิจิตอล	จำนวนช่องสัญญาณเสียง	อัตราบิท(Mbps)
DS-0	1	0.064
DS-1	24	1.544
DS-1C	48	3.152
DS-2	96	6.312
DS-3	672	44.736
DS-4	4,032	274.176

ตารางที่ 1แสดงให้เห็นถึงการแบ่งระดับชั้นต่างๆเป็น 6 ระดับ รวมทั้งจำนวนช่องสัญญาณเสียงและอัตราบิทของแต่ละระดับชั้นตามมาตรฐานที่ใช้ในอเมริกาเหนือ

ส่วนในที่อื่นๆนั้นใช้การแบ่งลำดับชั้น TDM ที่เป็นพื้นฐานบนมาตรฐานของการบริหารการสื่อสารและไปรษณีย์แห่งยุโรป (CEPT) ดังตารางที่ 2 โดยระดับแรกของการแบ่งแบบ CEPT จะมัลติเพล็กซ์ช่องสัญญาณออกเป็น 32 ช่อง เป็นผลให้ได้อัตราบิทเท่ากับ 2.048 เมกกะบิทต่อวินาที Mbps โดยแต่ละช่องจะมีอัตราบิทเท่ากับ 64 กิโลบิทต่อวินาที(Kbps) ถูกใช้งานสำหรับเป็นช่องซิกแนลลิ่งอยู่หนึ่งช่อง อีกหนึ่งช่องสำหรับใช้เป็นเฟรมอะลายเม้นท์ (Frame alignment)และที่เหลืออีก 30 ช่องถูกใช้สำหรับส่งข้อมูลของผู้ใช้งาน รูปแบบนี้บางทีอาจมีการกล่างถึงว่าเป็นรูปแบบของเฟรมE 1

หมายเลขระดับ	จำนวนช่องสัญญาณเสียง	อัตราบิท (Mbps)
0	1	0.064
1	30	2.048
2	120	8.448
3	480	34.368
4	1,920	139.264
5	7,680	565.148

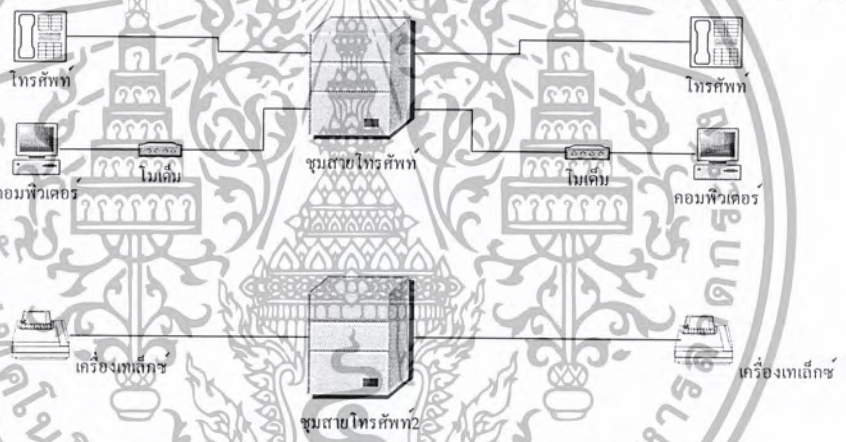
ตารางที่2 แสดงให้เห็นถึงการแบ่งระดับต่างๆเป็น 6 ระดับ รวมทั้งจำนวนช่องสัญญาณเสียงและอัตราบิทของแต่ละระดับชั้นตามมาตรฐานที่ใช้ในแถบยุโรป ซึ่งมีความแตกต่างกับที่ใช้ในอเมริกาเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

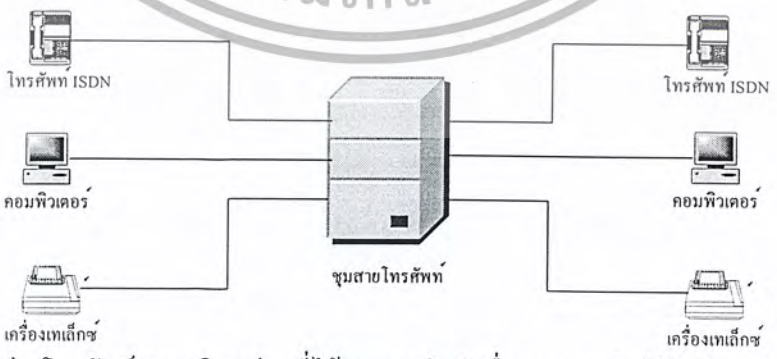
การให้บริการของโครงข่าย ISDN

ในโครงข่ายการติดต่อสื่อสารสมัยแรกๆ ไม่มีกำหนดมาตรฐานการใช้งานร่วมกันของโครงข่าย เมื่อต้องการใช้งานโครงข่ายก็จะทำการรับ-ส่งข้อมูลกันระหว่างโครงข่ายนั้น เช่น การติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์ก็จะใช้งานผ่านชุมสายโทรศัพท์ หรือระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยกันจะต้องติดต่อผ่านโมเด็ม (Modem) ก่อนแล้วจึงผ่านชุมสายโทรศัพท์ได้ ส่วนการติดต่อสื่อสารผ่านเครื่องเทเล็กซ์ ก็จะต้องใช้งานผ่านเฉพาะชุมสายของเทเล็กซ์เท่านั้น ดังตัวอย่างในรูปที่ 5 ซึ่งการใช้งานในทำนองนี้จะเห็นว่าไม่ค่อยสะดวกสบายและไม่มีความยืดหยุ่นเท่าที่ควร

ส่วนของชุมสาย ISDN ซึ่งเป็นชุมสายยุคใหม่สำหรับการให้บริการร่วม จะทำการรวมหน้าที่การทำงานของแต่ละบริการมาอยู่รวมกันเป็นชุมสายเดียวดังรูปที่ 6 โดยใช้โปรโตคอลทำการติดต่อและแยกแยะการทำงานของแต่ละบริการได้ ทำให้บริการของ ISDN นี้มีความสะดวกสบายมากขึ้นและมีความยืดหยุ่นสูงกว่าโครงข่ายแบบเดิม จะเห็นได้ว่าทั้งโทรศัพท์ คอมพิวเตอร์ หรือเครื่องเทเล็กซ์ ฯลฯ จะมีการใช้งานผ่านเพียงโครงข่ายเดียว รวมทั้งบริการเสริมอื่นๆที่จะมีเพิ่มขึ้นมาภายหลังก็สามารถทำได้ง่ายกว่าโครงข่ายแบบเก่า



รูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงโครงข่ายแบบเก่าที่แยกการทำงานของแต่ละชุมสาย



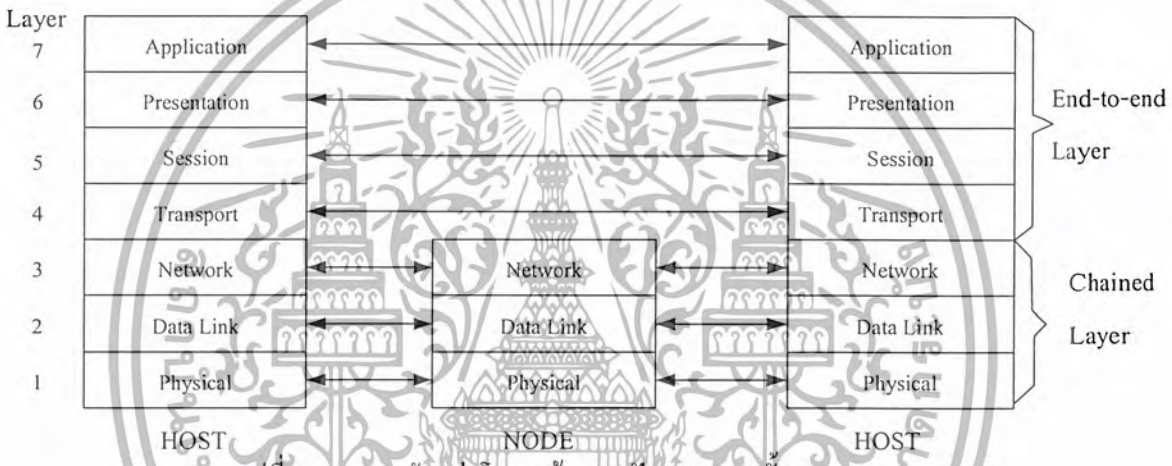
รูปที่ 6 แสดงโครงข่ายโทรศัพท์แบบบริการร่วมที่ได้รวมการติดต่อสื่อสารทุกชนิดไว้ในโครงข่ายเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบอ้างอิงการติดต่อระหว่างกันในระบบเปิด(OPEN SYSTEM INTERCONNECTION)

ปลายปี 1970 องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Organization For standardization)หรือ ISO ได้พัฒนารูปแบบอ้างอิงสำหรับการเชื่อมต่อระบบเปิด(Open System Interconnetion)หรือ OSI ประกอบด้วยสถาปัตยกรรม7 ชั้น ที่ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับระบบโครงข่ายเปิดในอนาคต โดยการยอมให้อุปกรณ์ที่มาจากผู้ผลิตต่างกัน สามารถติดต่อสื่อสารกันได้

รูปที่ 7 แสดงลักษณะชั้นต่างๆของรูปแบบ OIS ที่มี 7 ชั้น จะเห็นว่าชั้นตามขวางในโครงข่ายติดต่อสื่อสารกันได้โดยใช้โปรโตคอล(Protocal) ชั้นข้างเคียงในอุปกรณ์เดียวกันจะติดต่อกันได้โดยผ่านการเชื่อมต่อ(Interface) สถาปัตยกรรมโครงข่าย เช่น ISDN จะให้คุณสมบัติหน้าที่ของแต่ละชั้น ขั้นตอนโปรโตคอลสำหรับมองการติดต่อ และการสื่อสารข้ามการเชื่อมต่อระหว่างชั้นโปรโตคอลที่อยู่ติดกัน



รูปที่ 7 แสดงการจัดแบ่งโครงสร้างสถาปัตยกรรม 7 ชั้นของ OSI

ระดับชั้นของ OIS ทั้ง 7 ชั้นจะมีรายละเอียดย่อๆให้เป็นตัวอย่างให้เกิดความเข้าใจได้ดังข้างล่างนี้

1.) ชั้น Physical (ชั้นที่ 1) : หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าชั้นกายภาพ เป็นการกำหนดคุณสมบัติทางไฟฟ้าและทางกลของอุปกรณ์ ที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัว ที่อยู่ในโครงข่ายตัวอย่างของชั้นนี้ก็จะมี EIA –232-D (รูปแบบ RS 232 –C) V. 24 และ V. 25 เป็นต้น

2.) ชั้นเชื่อมข้อมูล หรือ Data link layer (ชั้นที่ 2) ให้คุณสมบัติโปรโตคอลสำหรับการติดต่อสื่อสารไม่ให้เกิดความผิดพลาด(error – free)ระหว่างอุปกรณ์ที่อยู่ติดกันผ่านชั้น Physical ตัวอย่างง่ายๆก็มีโปรโตคอล SDLC(Synchronous Data Link Control)โปรโตคอล DDCMP(Digital Data Communications Message Protocal)โปรโตคอล HDLC (High-level Data Link Control) ของ ISO และ LAPB(Link Access Procedures Balance) กับ LAPD (Link Access Procedures on D Channel) ของ ITU

3.) ชั้น Network (ชั้นที่3) : หรือชั้นโครงข่าย ให้คุณสมบัติโปรโตคอลสำหรับหน้าที่ดังเช่น กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นทาง ควบคุมสภาพความแออัดของการใช้งาน ตั้งค่าการเรียกและสิ้นสุดการเรียก และการติดต่อสื่อสารของโครงข่ายผู้ใช้

4.) ชั้น Trensport (ชั้นที่ 4): ให้คุณสมบัติโปรโตคอลและชั้นของบริการสำหรับการติดต่อสื่อสารที่ไม่มีความผิดพลาดระหว่าง hosts ผ่านโครงข่ายย่อย

5.) ชั้น Session (ชั้นที่ 5) : ให้คุณสมบัติการติดต่อสื่อสารที่มีประมวลผลกัน การกู้ความผิดพลาดที่เกิดขึ้น และ Session Synchronization

6.) ชั้น Presentation (ชั้นที่ 6) : เป็นการตั้งค่าทั่วไปดังเช่น การบีบอัดข้อความ

7.) ชั้น Application (ชั้นที่ 7) : กำหนดคุณสมบัติเชื่อมต่อของผู้ใช้ไปยังโครงข่ายและตั้งคุณสมบัติการประยุกต์ใช้งานของผู้ใช้ เช่น จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ การบริหารโครงข่าย หรือ บริการถ่ายโอนไฟล์ข้อมูล

สามชั้นล่างของ OIS ถูกเรียกว่าชั้นลูกโซ่และประกอบด้วยขั้นตอนสำหรับการสื่อสารของ host ไป node ผู้ใช้ปลายทาง (hosts) เป็นเหมือนกับอุปกรณ์สวิทชิ่งทั้งหมดส่วน node ที่ไปตามเส้นทางระหว่าง Hosts ต้องปฏิบัติตามชั้นโปรโตคอลเหล่านี้

สี่ชั้นบนนี้ถูกเรียกว่าชั้นปลายทางไปยังปลายทางหรือ end- to – end โปรโตคอล ISDN ตามมาตรฐานของ ITU ใช้เพียงลูกโซ่เท่านั้น (3 ชั้นล่างสุด) ขณะที่โครงข่ายISDN เองนั้นสามารถจัดหาบริการได้หลายชนิดโดยการใช้โปรโตคอลหลายๆแบบ การเชื่อมต่อโครงข่ายของผู้ใช้ISDN ถูกออกแบบเพื่อให้การตั้งค่าโปรโตคอลมีความง่ายสำหรับผู้ใช้ที่จะเข้าไปยังโครงข่าย ดังนั้นโปรโตคอล ISDN ที่ประกอบขึ้นสำหรับการเชื่อมต่อโครงข่าย ของผู้ใช้ถูกทำตามเพียงชั้นที่ 1 ถึง3เท่านั้นโปรโตคอลเหล่านี้จะมีการกล่าวถึงรายละเอียดในบทที่2

คำจำกัดความในเทอมต่างๆของ ISDN

ISDN เป็นโครงข่ายดิจิตอลที่สามารถจัดหาบริการได้หลายชนิด การเพิ่มของมาตรฐาน ISDN ไม่ได้อยู่ที่โครงข่ายเป็นอย่างไร และการเข้าหาบริการของโครงข่าย มาตรฐาน ISDN ได้กำหนดการเชื่อมต่อและระหว่างผู้ใช้และโครงข่ายไว้ การเชื่อมต่อนี้อยู่ในรูปแบบของการตั้งโปรโตคอล รวมทั้งการตั้งข้อความที่ถูกใช้เพื่อร้องขอบริการ

ส่วนมากแล้วจะได้ยินคำต่างๆที่ใช้ใน ISDN เช่น ช่องสัญญาณ D- (D-channel) ช่องสัญญาณ B (B-channel) , 2B+D , 23B+D , basic rate , primary rate หรือ NT1 เป็นต้น หัวข้อนี้จะแนะนำและให้คำจำกัดความหลายๆเทอมที่ถูกใช้เป็นมาตรฐาน อีกทั้งบทบาทความสำคัญและรายละเอียดบริการ

1.ช่องสัญญาณ ISDN

ในการสื่อสารข้อมูล ช่องสัญญาณจะเป็นเสมือนท่อทางผ่านของข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร ช่องสัญญาณโดยทั่วๆไปจะสามารถที่จะนำพาสัญญาณอนาล็อกหรือสัญญาณดิจิตอลก็ได้ ที่ประกอบด้วยข้อมูลซิกแนลลิ่งของโครงข่ายหรือข้อมูลของผู้ที่ใช้งานที่ใช้ติดต่อสื่อสารเพื่อให้เกิดความเข้าใจระหว่างกัน

แต่ช่องสัญญาณในโครงข่าย ISDN จะนำพาแต่สัญญาณดิจิตอลเพียงอย่างเดียว นอกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยิ่งกว่านั้นช่องสัญญาณของISDNจะประด้วยช่องสัญญาณที่เป็นดิจิตอลหลายๆช่องสำหรับใช้เป็นช่องสัญญาณซิกแนลลิ่งและช่องสัญญาณข้อมูลของผู้ใช้งาน โดยมีช่องสัญญาณพื้นฐานอยู่3ชนิดที่ถูกกำหนดขึ้นมาใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารในโครงข่ายISDNจะแตกต่างกันที่ตรงหน้าที่และอัตราการส่งข้อมูลของมันที่ไม่เหมือนกัน ดังแสดงในตารางที่ 3 ช่องสัญญาณที่ว่านี้มีช่องสัญญาณ B ช่องสัญญาณ D ช่องสัญญาณ H รายละเอียดของแต่ละช่องสัญญาณจะมีกล่าวดังหัวข้อต่อไปนี้

ช่องสัญญาณ	จุดประสงค์	อัตราการส่งข้อมูล
B	บริการ Bearer	64 Kbps
D	ซิ่งแนลลิ่งและแพ็คเก็ตโหมด	16 Kbps (BRI)
	ข้อมูล	64 Kbps (PRI)
H0	ช่องสัญญาณ B ช่อง	384 Mbps
H1	เป็นการรวมช่องสัญญาณ H0	
	H11 (24 B)	1.536 Mbps
	H12 (30 B)	1.920 Mbps
H2	บรอดแบนด์ ISDN	
	H21	32.768 Mbps
	H22	43-45 Mbps
H4	บรอดแบนด์ ISDN	132-138.240 Mbps

ตารางที่ 3 ชนิดของช่องสัญญาณ ISDN

ตารางแสดงให้เห็นถึงชนิดต่างๆของแต่ละช่องสัญญาณ ISDN ที่มีใช้งาน รวมทั้งวัตถุประสงค์และความเร็วในการส่งข้อมูลของช่องต่างๆ

1. ช่องสัญญาณ D (D-channel) : นำพาข้อมูลซิกแนลลิ่งที่ติดต่อระหว่างผู้ใช้และโครงข่าย และอาจจะนำพาข้อมูลที่มีลักษณะเป็นกลุ่มด้วย (data packet)
2. ช่องสัญญาณ B- (B-channel) : นำพาข้อมูลสำหรับให้บริการสำหรับผู้ใช้ รวมทั้งเสียงพูดเสียงเพลง ภาพและข้อมูลดิจิตอลด้วย ทำงานที่อัตราการส่งข้อมูล 64 กิโลบิทต่อวินาที หรืออัตราการส่งข้อมูลมากกว่า DS-0
3. ช่องสัญญาณ H- (H-channel) : มีหน้าที่เหมือนกับช่องสัญญาณ B แต่ทำงานที่อัตราการส่งข้อมูลมากกว่า DS-0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 **ช่องสัญญาณ D** (D-channel) อุปกรณ์ ISDN ทั้งหมดติดต่อกับโครงข่ายโดยการใช้มาตรฐานการต่อทางกายภาพ (physical) และแลกเปลี่ยนข่าวสารข้อมูลกับโครงข่ายเพื่อร้องขอบริการ เนื้อหาของข้อความซิกแนลลิ่งจะเปลี่ยนตามชนิดของอุปกรณ์ ตัวอย่างเช่น โทรศัพท์ ISDN จะร้องขอการใช้บริการแตดต่างจากโทรภาพอุปกรณ์ของผู้ใช้จะแลกเปลี่ยนบริการมีร้องขอและข้อความซิกแนลลิ่งอื่นๆ กับโครงข่ายในช่องสัญญาณ D หน้าที่ขั้นแรกของช่องสัญญาณD เป็นการนำพาข้อความซิกแนลลิ่งของโครงข่ายผู้ใช้ แต่การแลกเปลี่ยนข้อความซิกแนลลิ่งจะไม่ค่อยถูกใช้เต็มเวลาทั้งหมดบนช่องสัญญาณ D แบนด์วิทที่กว้างมากทำให้สามารถใช้ส่งข้อมูลแพ็คเก็ตของผู้ใช้งานได้อีกการนำพาข้อมูลแบบแพ็คเก็ตนี้เป็นหน้าที่อันที่ 2 ของช่องสัญญาณ D ช่องสัญญาณ D ทำงานที่อัตราความเร็วทั้ง 16 หรือ 64 กิโลบิทต่อวินาที ขึ้นอยู่กับการเชื่อมต่อทางด้านของผู้ใช้ว่าจะเป็นแบบเบสิกเรตหรือไพมารีเรต

1.2 **ช่องสัญญาณ B** (B-channel) สัญญาณข้อมูลที่ถูกแลกเปลี่ยนในช่องสัญญาณ D มีรายละเอียดคุณลักษณะของบริการที่ผู้ใช้กำลังมีการร้องขอ ตัวอย่างเช่น โทรศัพท์ ISDN อาจจะร้องขอการต่อเซอร์กิตโหมด ซึ่งทำงานที่ความเร็ว 64 กิโลบิทต่อวินาที สำหรับรองรับการประยุกต์ใช้งานทางด้านเสียงพูด โครงสร้างของคุณสมบัตินี้ให้รายละเอียดว่าสิ่งไหนถูกเรียกว่าเป็นบริการ bearer และบริการ bearer มีการใช้งานโดยการจัดสรรช่องสัญญาณ bearer หรือช่องสัญญาณ B จุดประสงค์แรกของช่องสัญญาณ B เป็นการนำพาเสียงพูด เสียงเพลง ข้อมูลหรือสัญญาณภาพของผู้ใช้ จะไม่มีการร้องขอบริการใดๆจากผู้ใช้ถูกส่งบนช่องสัญญาณ B ช่องสัญญาณ B ทำงานที่อัตราความเร็ว 64 กิโลบิทต่อวินาทีเสมอ ซึ่งอัตราความเร็วนี้เป็นอัตราความเร็วบิทที่ต้องการสำหรับการประยุกต์ใช้งานของเสียงทางดิจิตอล ช่องสัญญาณ B ยังสามารถประยุกต์ใช้งานทางด้าน เซอร์กิตสวิทชิ่ง และ แพ็คเก็ตสวิทชิ่งได้ด้วย การต่อแบบเซอร์กิตโหมดสามารถจัดหาการติดต่อจากผู้ใช้แห่งหนึ่งไปอีกยังผู้ใช้อีกแห่งหนึ่งได้ หรือการต่อเพื่อต้องการบริการชนิดใดชนิดหนึ่ง เช่น โทรศัพท์ หรือ เสียงเพลง การต่อแบบแพ็คเก็ต สามารถที่จะรองรับอุปกรณ์แพ็คเก็ตสวิทชิ่งนี้มีการใช้โปร โตคอลในการติดต่อกันดังเช่น คำแนะนำของ ITU ที่ใช้กับ X.25 จุดที่สำคัญที่สุดเป็นการจำถึงความสัมพันธ์ของการใช้งานช่องสัญญาณ B และ D คือว่าอุปกรณ์ ISDN ใช้ช่องสัญญาณ D เพื่อแลกเปลี่ยนข้อความซิกแนลลิ่งที่จำเป็นเพื่อร้องขอบริการที่จะมีการใช้งานบนช่องสัญญาณ B

1.3 **ช่องสัญญาณ H** (H-channel) ให้บริการกับผู้ใช้งานด้วยความเร็วด้วยอัตราบิทที่สูงกว่า64 กิโลบิทต่อวินาที อาจจะหามาได้โดยการร้องขอช่องสัญญาณที่มีอัตราบิทสูงกว่า หรือ ช่อง สัญญาณ H ที่ซึ่งมีการจัดหาแบนวิดธ์เป็นกลุ่มของสัญญาณ B ความต้องการการประยุกต์ใช้งานที่อัตราบิทสูงกว่า64 กิโลบิทต่อวินาทีนี้ก็มี เช่น โทรสารความเร็วสูง การส่งข้อมูลความเร็วสูงเสียงทีมีคุณภาพสูงเช่นเสียงไฮไฟ และบริการด้านภาพ ช่องสัญญาณแรกที่สูงขึ้นไปถัดช่องสัญญาณ B เป็นช่องสัญญาณH 0 ที่ซึ่งมีอัตราส่งของข้อมูลเป็น 384 กิโลบิทต่อวินาที มีแบนวิดธ์เท่ากับช่องสัญญาณB เป็นจำนวน 6 ช่อง ช่องต่อมาเป็นช่องสัญญาณ H1 ประกอบด้วยช่องสัญญาณ H0 ทั้งหมดที่สามารถหาได้บนการเชื่อมต่อในสายส่ง (ทำงานที่อัตราของ T1 หรือ E1) ช่องสัญญาณ H1 นี้ยังแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ H11 และ H12 โดยช่องสัญญาณ H11 ทำงานที่อัตรา 1.536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมกกะบิทต่อวินาที และมีรูปแบบเหมือนช่องสัญญาณ H0 จำนวน 4 ช่อง (24 ช่องสัญญาณ B) สำหรับที่จะให้เข้ากันได้กับ การแบ่งลำดับชั้นดิจิตอลในอเมริกาเหนือ (อัตราของ T1) และช่องสัญญาณ H12 ทำงานที่ 1.920 เมกกะบิทต่อวินาทีและมีรูปแบบเหมือนช่องสัญญาณ H0 จำนวน 5 ช่อง สำหรับที่จะให้เข้ากันได้กับการแบ่งลำดับชั้นดิจิตอลของ CEPT (ที่อัตรา E1) มาตรฐาน ISDN ในอนาคตจะกำหนดช่องสัญญาณด้วยอัตราบิทที่สูงกว่าเป็นจำนวนเท่าของที่มีอยู่ สำหรับการประยุกต์ใช้งานด้วยบรอดแบนด์ ISDN (B-ISDN) กำหนดใช้ช่องสัญญาณ B-ISDN ทั้งหมดทำงานที่ความเร็วมากกว่า H1 โดยจะเรียกว่าช่องสัญญาณ H1 และ H4 ซึ่งให้ถูกให้ข้อเสนอไว้ในคำแนะนำ ITU แล้วข้อเสนอแนะของช่องสัญญาณ H2 จะมีการทำงานในช่อง 32ถึง 45 เมกกะบิทต่อวินาที และมีรูปแบบคร่าวๆ ที่ตรงกับอัตราซิกแนลลิ่งระดับ 3 ของการแบ่งระดับชั้นของดิจิตอลที่ถูกให้ไว้ในรายละเอียดในตอนต้น

2.รูปแบบการเชื่อมต่อเข้าของ ISDN

การเชื่อมต่อเข้าสู่ ISDN มีบางอย่างแตกต่างจากการเชื่อมต่อเข้าโครงข่ายโทรศัพท์ทุกวันนี้เป้าหมายอันที่หนึ่งของ ISDN เป็นการจัดหาบริการทั้งหมดบนการต่อเข้าโครงข่ายเพียงโครงข่ายเดียว ไม่ขึ้นกับอุปกรณ์หรือชนิดของการบริการ ข้อสอง การเชื่อมต่อเข้า ISDN ประกอบด้วยช่องสัญญาณ B สำหรับการส่งข้อมูลของผู้ใช้ การออกแบบอย่างนี้ทำให้ข้อมูลหลายๆข้อมูลไหลบนการเชื่อมต่อทางกายภาพ (physical) เส้นเดียวกันได้ และยอมให้ผู้ใช้ยอมทำงานเลือกใช้บริการต่างๆ ที่โครงข่ายสามารถเลือกใช้บริการได้ตามต้องการ

มาตรฐาน ISDN ในปัจจุบันกำหนดการเชื่อมต่อเข้าไปยังโครงข่ายแตกต่างกันอยู่ 2 แบบมีชื่อเรียกว่าแบบ basic rate interface (BRI) และแบบ primary rate interface (PRI) การเชื่อมต่อทางเข้าเหล่านี้ให้คุณสมบัติอัตราที่ตัวกลางทางกายภาพ (physical) จะทำงานได้ และจำนวนของช่องสัญญาณ B,D และ H ที่สามารถใช้ได้ดังตารางที่ 4

การเชื่อมต่อ	โครงสร้าง	อัตราบิทรวม	อัตราข้อมูลผู้ใช้
การเชื่อมต่อเบสิกเรต (BRI)	2B+D16	192 Kbps	144 Kbps
การเชื่อมต่อไพมารี่เรต) PRI)	23B+D64	1.544 Mbps	1.536 Mbps
	30B+D64	2.048 Mbps	1.984 Mbps

ตารางที่ 4 การเชื่อมต่อแบบ primary rate และ basic rate ของ ISDN

ตารางแสดงให้เห็นถึงชนิดของการเชื่อมต่อ ISDN รูปแบบโครงสร้างรวมทั้งอัตราความเร็วของข้อมูล

2.1การเชื่อมต่อแบบเบสิกเรต การเชื่อมต่อแบบนี้จะประกอบไปด้วยสัญญาณ B จำนวน 2 ช่อง และสัญญาณ D จำนวน 1 ช่อง (2D+B) ที่การเชื่อมต่อแบบเบสิกเรตช่องสัญญาณ D จะทำงานที่อัตราความเร็ว 16 กิโลบิตต่อวินาทีเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติ BRI สามารถใช้งานได้สองแบบ แบบแรกมันสามารถจัดหาวิธีการต่อโครงข่าย ISDN ระหว่างลูกค้าตามที่พักอาศัยและชุมสาย ISDN ในแบบที่สองมันสามารถจัดหารูปแบบการติดต่อโครงข่าย ISDN ระหว่างอุปกรณ์ของผู้ใช้และ PBX ที่ใช้กับ ISDN ในสภาพแวดล้อมเชิงธุรกิจ เช่น แฟลต โรงแรม เป็นต้น อัตราข้อมูลของผู้ใช้บน BRI คือ 144 กิโลบิทต่อวินาที (2X64kbps+16kbps) เมื่อบวกเพิ่มซิกแนลลิ่งสำหรับการต่อทางกายภาพ(physical)แล้ว ทำให้ BRI ทำงานที่อัตราบิทรวมเท่ากับ 192 กิโลบิทต่อวินาที

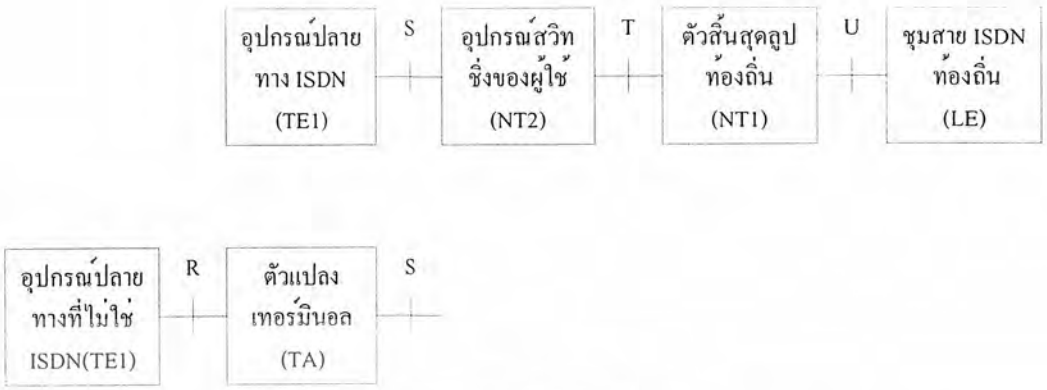
2.2 การเชื่อมต่อแบบไพมารีเรต (PRI) มีจำนวนหลายแบบที่สามารถกำหนดได้เอง การออกแบบอย่างธรรมดาที่สุดคือแบบ23 B+D หมายความว่าการเชื่อมต่อจะประกอบด้วย ช่องสัญญาณ B 23ช่อง บวกกับช่องสัญญาณ D อีก 1 ช่อง ทำงานที่ 64 กิโลบิท ต่อวินาทีบางครั้งช่องสัญญาณ D ที่ให้ไว้อาจจะไม่ได้ถูกใช้งาน โดยการให้ช่องเวลานั้นถูกใช้งานเหมือนกับช่องสัญญาณ B อื่นๆทำให้การเป็น24 B ไป23 B+D PRI เป็นพื้นฐานบนการแบ่งลำดับชั้นตัวพาหะดิจิตอล โดยทำงานที่อัตราบิทเท่ากับ 2.048 เมกกะบิทต่อวินาที ซึ่งจะเป็นข้อมูลของผู้ใช้30B+D PRI ถูกกำหนดขึ้นบนพื้นฐานการแบ่งลำดับชั้นทางดิจิตอลในแถบยุโรป การเชื่อมต่อแบบนี้ประกอบด้วยช่องสัญญาณ B จำนวน 30 ช่องและช่องสัญญาณ D ที่มีความเร็วจำนวน 64 กิโลบิทต่อวินาทีอีก 1 ช่อง ทำให้มีการทำงานที่อัตราบิทรวมเท่ากับ 2.048 เมกกะบิทต่อวินาที ซึ่งจะเป็นข้อมูลของผู้ใช้อยู่ในอัตรา 1.984 เมกกะบิทต่อวินาที PRI จะมีช่องสัญญาณมากกว่าอุปกรณ์ของผู้ใช้ที่ปลายทางสามารถใช้ได้ตามปกติ ในความจริงแล้ว PRI มีเจตนาเพื่อจัดหาการต่อเข้ากับโครงข่ายโดยอุปกรณ์สวิทชิ่งของลูกค้าบางชนิด ดังเช่น PBX และ host คอมพิวเตอร์

หน้าที่อุปกรณ์ ISDN และจุดอ้างอิง (reference point)

คำแนะนำเกี่ยวกับ ISDN ได้ให้รายละเอียดชนิดอุปกรณ์ไว้หลายหน้าที่ มีการเชื่อมต่อกันหลายอุปกรณ์แต่ละอันก็ต้องการ โปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร แต่ละการเชื่อมต่อของอุปกรณ์เหล่านี้เรียกว่าจุดอ้างอิง (reference point) หัวข้อต่อไปนี้จะเป็นรายละเอียดอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ต่างกันและจุดอ้างอิงจะแสดงไว้ในรูปที่ 8

1.หน้าที่อุปกรณ์ ISDN ออฟฟิศกลางของ ISDN ถูกเรียกว่าชุมสายท้องถิ่น หรือ LE (Local Exchange) โปรโตคอล ISDN เป็นส่วนหนึ่งอยู่ภายใน LE ซึ่งก็คือด้านโครงข่ายของรูปท้องถิ่น ISDN หน้าที่ของ LE ซึ่งก็คือด้านโครงข่ายของลูปท้องถิ่น ISDN หน้าที่ของ LE ในด้านอื่นๆ ก็มีทั้งการรักษาคู่สาย การทำงานเพื่อเชื่อมต่อทางด้านกายภาพ และการจัดหาบริการที่ผู้ใช้ร้องขอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 แสดงหน้าที่ของอุปกรณ์และจุดอ้างอิงของ ISDN

บางแห่งอาจจะแบ่งหน้าที่ของ LE ลงอยู่ในรูปกลุ่มย่อย 2 กลุ่ม เรียกว่า local termination (LT) และ exchange termination (ET) โดย LT จะมีหน้าที่ช่วยเหลือการเทอร์มิเนตของ local loop ขณะที่ ET จะมีหน้าที่ทางด้านสวิทชิ่ง ในที่นี้จะกล่าวโดยรวมเป็น LE อย่างเดียว อุปกรณ์ Network Termination ชนิดที่ 1 (NT1) แทนการเทอร์มิเนตของการต่อทางกายภาพระหว่างด้านผู้ใช้และชุมสาย มอนิเตอร์การทำงานบนสาย เวลา การส่งถ่ายกำลัง และการมัลติเพล็กซ์ช่องสัญญาณ B และ D เป็นการกระทำที่ NT1 อุปกรณ์ Network Termination ชนิดที่ 2 (NT2) เป็นตัวจัดการอุปกรณ์สวิทชิ่งทางด้านของผู้ใช้ การมัลติเพล็กซ์และ concentration รวมทั้งP BXs LANs คอมพิวเตอร์เมนเฟรม ตัวควบคุมเทอร์มินอล และอุปกรณ์อื่นๆสำหรับการสวิทช์ด้านเสียงและข้อมูลN T2 อาจจะ ไม่มีบางในสถานะดังเช่น บริการ ISDN ตามที่อยู่อาศัยทั่วไป โดย NT1 กับ NT2 จะรวมอยู่ในบล็อกเดียวกันอุปกรณ์ปลายทาง หรือ terminal equipment (TE)เป็นอุปกรณ์ของผู้ใช้ปลายทาง คล้ายกับเครื่องโทรศัพท์อนาล็อกหรือโทรศัพท์ดิจิตอล อุปกรณ์ปลายทางข้อมูลแบบX .25 (DTE) work-station แบบI SDN หรือเทอร์มินอลที่รวมข้อมูลและเสียงเข้าไว้ด้วยกัน อุปกรณ์ปลายทางที่ชนิดที่ 1 (TE1) คืออุปกรณ์ที่ใช้โปรโตคอล ISDN และรองรับบริการของ ISDN เช่น โทรศัพท์แบบดิจิตอล โทรสารกลุ่ม 4เป็นต้น ส่วนอุปกรณ์ปลายทางชนิดที่ 2 (TE2) เป็นอุปกรณ์ที่ไม่เข้ากับ ISDN ได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เช่น โทรศัพท์แบบอนาล็อก หรือโทรศัพท์แบบกลุ่มที่ 3 เป็นต้น อุปกรณ์จำพวกนี้จำเป็นต้องมีตัวแปลงโปรโตคอลเพื่อให้สามารถใช้กับงานกับโครงข่าย ISDN ได้ มีชื่อเรียกตามสากลว่า terminal adaptor (TA) ตัวแปลงจุดเชื่อมต่อ จะยอมให้อุปกรณ์ที่ไม่เป็น ISDN ได้ ตัวแปลงจุดเชื่อมต่อมีความสำคัญเฉพาะงาน เพราะทุกวันนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารหรือข้อมูลส่วนมากมีลักษณะเป็น TE 2 ตัวแปลงจุดเชื่อมต่อ (TA) จะแปลงโปรโตคอลที่มีความจำเป็นในการติดต่อสื่อสารกับโครงข่าย ISDN ให้กับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น โทรศัพท์อนาล็อก X.25 DTEs หรือ PCs เป็นต้น

2. จุดอ้างอิงใน ISDN ในหัวข้อก่อนเป็นการให้รายละเอียดอุปกรณ์ ISDN ส่วนหัวข้อนี้จะกล่าวถึงจุดอ้างอิงของ ISDN จุดอ้างอิง ISDN กำหนดการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ความแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแต่ละจุดอ้างอิงคือว่า โปรโตคอลที่แตกต่างกันอาจถูกใช้ที่แต่ละจุดอ้างอิง จุดอ้างอิงมี 4 แบบที่ถูกกำหนดขึ้นสำหรับ ISDN คือ R , S , Tและ U

จุดอ้างอิง R อยู่ระหว่างอุปกรณ์ปลายทางที่ไม่เป็น ISDN (TE2) และตัวแปลงจุดเชื่อมต่อ (TA) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณให้สามารถใช้กับ ISDN ได้

จุดอ้างอิง S อยู่ระหว่างอุปกรณ์ปลายทางของผู้ใช้งาน เช่น (TE1) หรือ (TA) และอุปกรณ์เทอร์มิเนตโครงข่าย (NT1) หรือ (NT2)

จุดอ้างอิง T อยู่ระหว่างอุปกรณ์สวิทชิ่งทางด้านผู้ใช้ (NT2) และ local loop termination (NT1) ITU มีการให้คุณสมบัติโปรโตคอลสำหรับจุดอ้างอิง S และ T อยู่ถ้าหากไม่มี NT2 การเชื่อมต่อของผู้ใช้จะถูกเรียกว่าจุดอ้างอิง S/T เสมอ

จุดอ้างอิง U ในมาตรฐานของ ITU พิจารณาว่าอุปกรณ์ NT 1เป็นส่วนหนึ่งของทางด้านโครงข่าย และมองว่าจุดอ้างอิง S และ T อยู่ในขอบเขตของโครงข่ายด้านผู้ใช้ ITU ไม่ได้ทำการกำหนดแอดเดรสการทำงานภายในโครงข่าย ดังนั้นจึงไม่มีมาตรฐานสำหรับการส่งชุมสายที่จุดอ้างอิง U โดย ITU โดยให้เป็นหน้าที่ของผู้ผลิตชุมสาย ISDN แต่ละราย อย่างไรก็ตาม FCC ไม่ได้มองว่า NT1 นี้อยู่ทางด้านโครงข่ายโดยพิจารณาว่ามันเป็น CPE ตัวหนึ่งที่อยู่บนด้านของผู้ใช้งานที่มีจุดอ้างอิง U เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายและผู้ใช้งาน ซึ่งผู้ที่ทำการกำหนดมาตรฐานที่จุดนี้คือ ANSI (American National Standards Institute) จนทำให้มาตรฐานนี้กลายมาเป็นมาตรฐานนานาชาติไป

โปรโตคอลของโครงข่าย ISDN

สถาปัตยกรรมโปรโตคอล ISDN

โปรโตคอล ISDN สำหรับช่องสัญญาณ D ถ้าจะเปรียบเทียบอย่างคร่าวๆ ก็คือ 3 ชั้นล่างสุดของ OSI โปรโตคอลเหล่านี้ให้รายละเอียดเพียงการเชื่อมต่อโครงข่ายของผู้ใช้แต่จะไม่ทำให้เกิดการติดต่อสื่อสารผู้ใช้งาน 3 ชั้นโปรโตคอลของช่องสัญญาณ D นี้คือ

1. ชั้นที่ 1 (หรือ Layer ที่1) : ซึ่งก็คือชั้น Physical จะให้รายละเอียดการต่อทางกายภาพระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง (Terminal Equipment หรือ TE) และจุดการต่อกับโครงข่าย (Network Termination หรือ NT) รวมทั้งคอนเนคเตอร์ เฟรมการเข้ารหัสในสาย (line Coding Framing) และคุณสมบัติทางไฟฟ้าในการต่อทางกายภาพ ซึ่งเป็นแบบซิงโครนัส อนุกรมและสวนทางกันได้ (duplex) โดยอาจจะเป็นแบบจุดต่อจุด (Point to point) หรือจุดเดียวไปหลายจุด (point to multipoint) ช่องสัญญาณ B และ D จะถูกจัดให้การใช้งานเป็นแบบสลับแบ่งช่องเวลากัน (time division multiplexing)

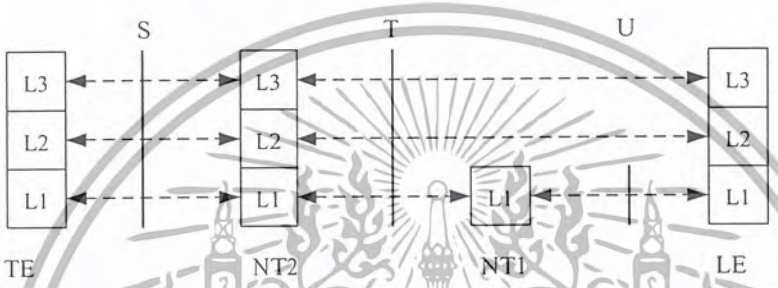
2. ชั้นที่ 2 (หรือ Layer ที่2) : มีชื่อเรียกว่า data link layer จะให้รายละเอียดลำดับขั้นตอนในการทำให้การติดต่อสื่อสารบนฟิสิกคอลลิงค์ (Physical link) ไม่ให้มีความผิดพลาดเกิดขึ้น และกำหนดการต่อทางลอจิกคอล (logical) ระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย โปรโตคอลจะจัดระเบียบการมัลติเพล็กซ์อุปกรณ์ปลายทางหลายๆตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนช่องสัญญาณทางกายภาพช่องเดียวใน BRI ส่วนของโปรโตคอลชั้นที่ 2 และ LAPD (Link Access Procedure on D Channel) จะกล่าวรายละเอียดในภายหลัง

3. ชั้นที่3 (หรือ Layer ที่ 3) : มีชื่อเรียกว่า Network layer จะกำหนดการเชื่อมต่อโครงข่ายให้ผู้ใช้และข้อความซิกแนลลิ่ง (Signaling) ที่ใช้เพื่อร้องขอบริการการจากโครงข่าย

ก่อนจะกล่าวถึงรายละเอียดในชั้นโปรโตคอล จะทำการพูดถึงปัญหาถึงจุดว่างแต่ละชั้นโปรโตคอลใน ISDN ก่อน โปรโตคอลใน ISDN ของ ITU ได้ให้รายละเอียดการเชื่อมต่อโครงข่ายผู้ใช้ในช่องสัญญาณ D ที่จุดอ้างอิง S และ T ดังรูปที่ 9 ชั้นที่แตกต่างกันของโปรโตคอลดูจุดอ้างอิงเหล่านี้อย่างแตกต่างกัน



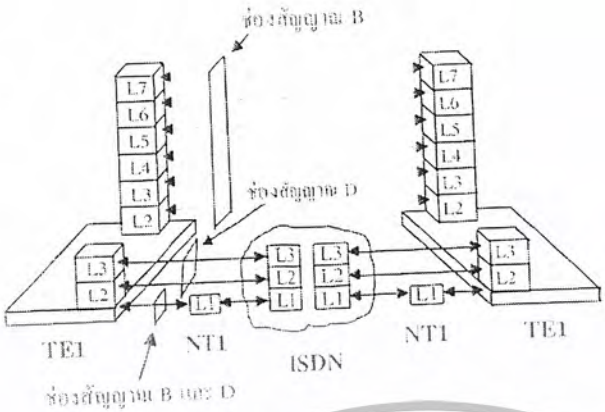
รูปที่9 แสดงจุดอ้างอิงโปรโตคอลและสถาปัตยกรรมสำหรับช่องสัญญาณ D

โปรโตคอลชั้นที่ 1 ของ ISDN กำหนดการต่อทางฟิสิกส์ระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง ISDN (ISDN terminal equipment) (TE1 หรือ TA) และอุปกรณ์การต่อโครงข่าย (Network Termination Equipment) (NT2 หรือ NT1) ดังที่กล่าวมาตั้งแต่ต้น คำแนะนำ ISDN ของ ITU ไม่ได้ให้รายละเอียดการต่อทางกายภาพระหว่าง NT1 และชุมสายท้องถิ่น (Local exchange) เพราะว่าสายส่งถูกพิจารณาเป็นส่วนหนึ่งอยู่ภายในโครงข่าย ดังนั้นในทุกๆกรณีของการสื่อสารผ่านรูปท้องถิ่น (local loop) ที่จุดอ้างอิง U จะเป็นการติดต่อสื่อสารที่ชั้นกายภาพเพียงอย่างเดียว

โปรโตคอลชั้นที่ 2 และ 3 กำหนดการเชื่อมต่อทางลอจิกและโปรโตคอลทางซิกแนลลิ่ง (signaling) ระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง ISDN (TE1 หรือ TA) อุปกรณ์สวิทชิ่งที่เกี่ยวข้องกับทางด้านผู้ใช้ (NT2) และชุมสายท้องถิ่น (LE) NT1 จะจัดหาเพียงบริการชั้นที่ 1 ซึ่งเป็นสิ่งที่เน้นว่าโปรโตคอล ISDN ของ ITU มีคุณสมบัติเพียงเพื่อการสื่อสารผ่านจุดอ้างอิง S , T และช่องสัญญาณ D ผู้ใช้อาจจะเลือกทุกๆโปรโตคอลสำหรับบริการต่างๆ เช่น บริการ bearer และ teleservice ที่ใช้งานบนช่องสัญญาณ B โดยจะเห็นได้ว่าช่องสัญญาณ B และ D จะถูกแบ่งการใช้งานตามมาตรฐานชั้นกายภาพที่เหมือนกัน คือ ถูกมัลติเพล็กซ์แบ่งเวลาส่งบนสายส่งเส้นเดียวกัน ดังตัวอย่างในรูปที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



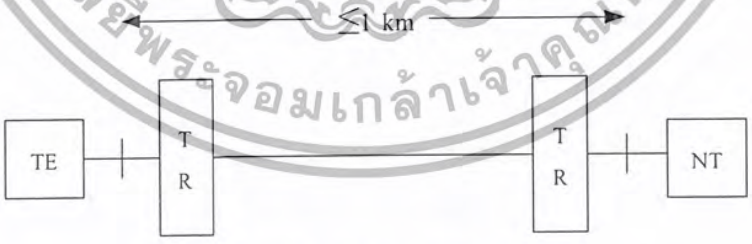
รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ของสถาปัตยกรรมโปรโตคอลช่องสัญญาณ B และ D

การเชื่อมต่อในโครงข่าย ISDN

ลักษณะของการเชื่อมต่อในโครงข่าย ISDN นี้จะมีอยู่ 2 แบบคือ แบบเบสิกเรต (Basic Rate) และแบบไพมารีเรต (Primary Rate) ซึ่งทั้ง 2 แบบนี้จะมีการเชื่อมต่อและการเข้ารหัสในสายที่แตกต่างกัน

1. การเชื่อมต่อแบบเบสิกเรต (Basic Rate Interface หรือ BRI)

โปรโตคอลชั้นที่ 1 ในการเชื่อมต่อแบบเบสิกเรตเป็นคุณสมบัติตามคำแนะนำของ ITU I .430 ตามคำแนะนำ I .430 นั้นกำหนดให้การติดต่อสื่อสารระหว่าง TE และ NT ต้องผ่านจุด S/T การเชื่อมต่อแบบเบสิกเรต (BRI) ประกอบด้วยช่องสัญญาณ B จำนวน 2 ช่อง เรียกรวมอีกแบบหนึ่งว่า2 B + D แม้ว่าจะสามารถจัดแบ่งเป็นช่องสัญญาณ 1B + D หรือช่องสัญญาณD เพียงช่องเดียวได้ก็ตาม จุดต่ออุปกรณ์ทางเข้าของเบสิกเรตจะมีอยู่ 2 แบบ คือ เป็นแบบจุดต่อจุดหรือจุดเดียวไปยังจุดต่อหลายจุด โดยในรูปแบบทางกายภาพของจุดต่อจุดซึ่งเป็นแบบแรกนั้น อุปกรณ์ NT 1 หรือ NT 2 และอุปกรณ์ TE หรือ TA สามารถต่อไปได้ไกล 3,300 ฟุต หรือ 1กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่11



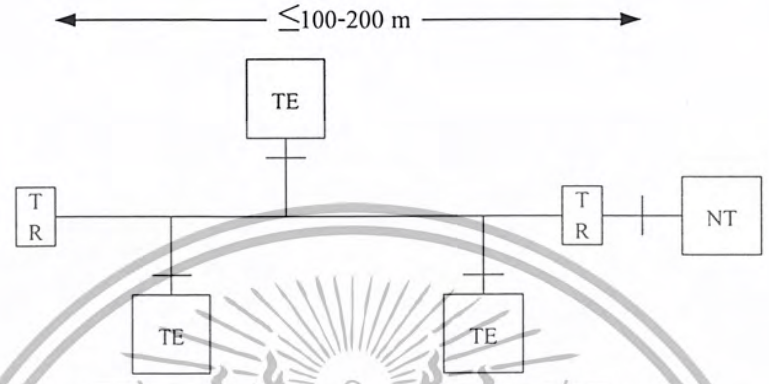
รูปที่ 11แสดงรูปแบบการต่อชนิดจุดต่อจุด

ภาพบนแสดงระยะทางสูงสุดในการต่อจาก NT ถึง TE แบบจุดต่อจุด จะเห็นว่าสามารถต่อได้ระยะทางไกลถึง 1 กิโลเมตร

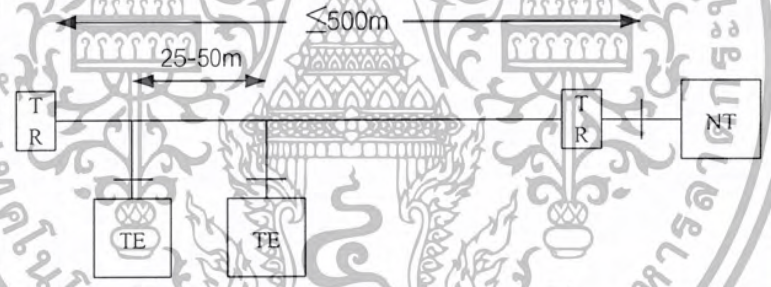
ส่วนการต่อแบบจุดเดียวไปยังจุดต่อหลายจุดยังมีการแบ่งย่อยออกเป็น 2 ลักษณะอีก คือในแบบแรกเป็นแบบ short passive bus เราสามารถใช้ TEsจำนวน 8 ตัวต่อไปยัง NT หนึ่งตัวบนสายได้ไกลประมาณ 500 ฟุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
54960

หรือ 25 เมตร TEs และ NT อาจจะอยู่ได้ทุกที่ในสายส่งคืออาจจะกระจายกันอยู่ตลอดสาย ดังในรูปที่ 12 ส่วนอีกแบบหนึ่งเป็นแบบ extended passive bus TEs หลายๆตัวรวมอยู่เป็นกลุ่มด้วยกันที่จุดปลายของสาย ดังในภารูปที่ 13 ทำให้การต่อแบบนี้สามารถต่ออุปกรณ์ปลายทาง (TE) ไปได้ไกลประมาณ 500 เมตรจาก NT



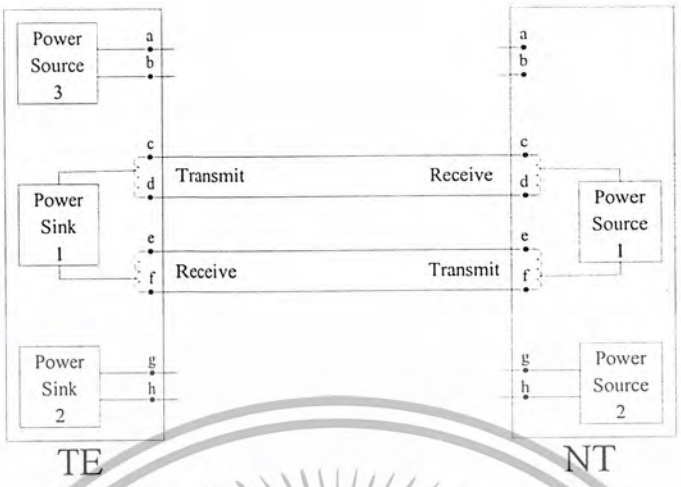
รูปที่ 12 แสดงรูปแบบการต่อชนิดจุดต่อหลายจุดแบบ short passive bus



รูปที่13 แสดงรูปแบบการต่อชนิดจุดต่อหลายจุดแบบ extended passive bus

ในรูปที่ 12 นี้จะแสดงรูปแบบและระยะทางของการต่อชนิดจุดต่อหลายจุดที่อุปกรณ์ TE กระจายอยู่บนส่วนต่างๆของสาย ส่วนรูปที่ 13 จะแสดงรูปแบบและระยะทางของการต่อชนิดจุดต่อหลายจุดที่อุปกรณ์ TE รวมอยู่เป็นกลุ่มที่ส่วนปลายของสายห่างกันไม่เกิน 50 เมตร การต่อทางกายภาพระหว่าง TE และ NT ต้องการคู่สายอย่างน้อยที่สุด 2 คู่ คู่หนึ่งสำหรับใช้ในการส่งและอีกคู่หนึ่งใช้สำหรับใช้ในด้านรับ ดังรูปที่แสดงลูปการส่งและรับตามคุณสมบัติ power source/sink 1ในรูปที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 แสดงรูปแบบอ้างอิงทางไฟฟ้าในการต่อระหว่าง TE และ NT

ตัวคอนเนคเตอร์สำหรับใช้กับการเชื่อมต่อแบบ BRI จะมีลักษณะเป็น modular plug และ jackชนิด 8 ขาคล้ายๆกันกับปลั๊กของโทรศัพท์หรือในทางวิศวกรรมเรียกว่า RJ –45ขนาดและรูปร่างเป็นพื้นฐานตามมาตรฐานขององค์ตามกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศ ISO 8877ส่วนการกำหนดขาและหน้าที่ต่างๆถูกแสดงไว้ในตารางที่ 5 โดยจะเป็นขาสำหรับการส่งสัญญาณหนึ่งคู่ สำหรับการรับสัญญาณหนึ่งคู่ ส่วนที่เหลืออีกสองคู่เป็น power source และ power sink ที่ 2 และ 3 ซึ่งอุปกรณ์ปลายทางโทรศัพท์ดิจิตอลไม่ได้นำมาใช้งาน หากเราดูจากตารางจะทราบได้ว่าขาที่ 4 และ 5 ในอุปกรณ์ปลายทางจะเป็นขารับสัญญาณ แต่ถ้าหากเป็นอุปกรณ์ NT แล้วจะใช้เป็นตัวส่งสัญญาณ ในทำนองเดียวกันขาที่ 3 และ 6 ในอุปกรณ์ปลายทางจะใช้ในงานเป็นขาส่งสัญญาณ แต่ถ้าหากเป็นอุปกรณ์ NT แล้วจะใช้เป็นจุดรับสัญญาณตารางที่ 5 แสดงตำแหน่งขาคอนเนคเตอร์ตามมาตรฐาน I.430

ตำแหน่งขา	หน้าที่การทำงาน		ขั้ว	ความต้องการใช้งาน
	TE	NT		
1	แหล่งจ่าย3	แหล่งจ่าย3	+	ไม่จำเป็น
2	แหล่งจ่าย3	แหล่งจ่าย3	-	ไม่จำเป็น
3	ส่ง	รับ	+	จำเป็น
4	รับ	ส่ง	+	จำเป็น
5	รับ	ส่ง	-	จำเป็น
6	ส่ง	รับ	-	จำเป็น
7	แหล่งรับ2	แหล่งจ่าย2	-	ไม่จำเป็น
8	แหล่งรับ2	แหล่งจ่าย2	+	ไม่จำเป็น

ตารางที่ 5 เป็นการแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งหน้าที่ของแต่ละขา ขั้วทางไฟฟ้า และความจำเป็นในการใช้งาน ทั้งอุปกรณ์ TE และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การเข้ารหัสในสาย (line coding) ที่ใช้ในB asic Rate Interface

การเข้ารหัสในสาย (line coding) ที่ใช้บน BRI มีชื่อเรียกว่า pseudo – ternary signaling นี้บิท 0 จะถูกแทนด้วยการให้มีสัญญาณในสาย (line signal) ประมาณ 750 mv ขึ้นไป ที่สลับไปมาระหว่างขั้วบวกขั้วลบ บิทหนึ่งจะถูกแทนด้วยการหยุดไปของโวลท์เตจในสาย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อมีความแตกต่างระหว่างขั้วของสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากบิท 0 สลับกันไปมา ทำให้รูปแบบของสัญญาณในสายส่งมีความสมดุลทางไฟดีซี (dc balanced)ได้คือไม่มีกระแสไฟตรงไหลอยู่บนสายสิ่งนี้จะเป็นผลดีคือทำให้สามารถใช้สายส่งได้ยาวขึ้น ง่ายต่อการเหนี่ยวนำและส่งถ่ายสัญญาณ และยังช่วยลดปัญหาทางด้านไฟฟ้าสถิตย์ได้อีกด้วย

รูปที่ 15 แสดงตัวอย่างสัญญาณของ pseudo-ternary

รูปที่ 15 แสดงการเข้ารหัสสัญญาณในสายส่งแบบ pseudo-t ernary เปรียบเทียบกับข้อมูลไบนารี

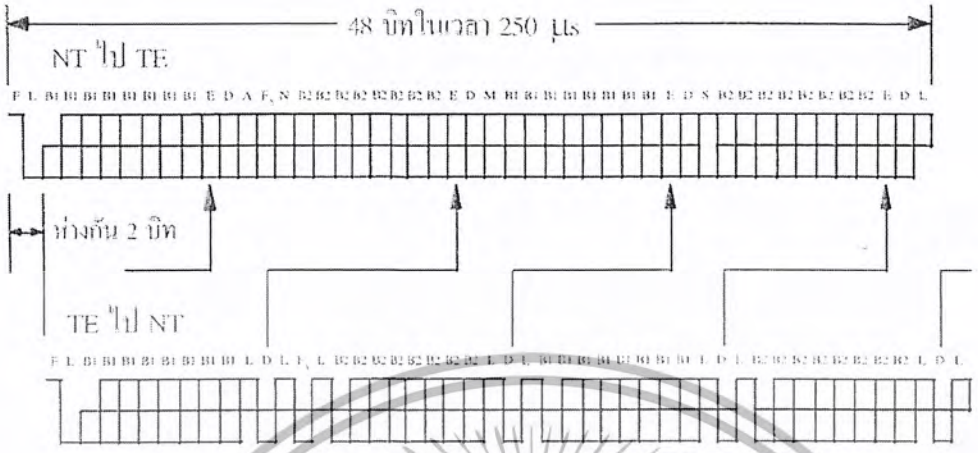
การส่งข้อมูลบนสายใน BRI มีการจัดกลุ่มของบิทให้รวมกันเรียกว่า เฟรม I.430 แต่ละเฟรมจะบรรจุด้วยข้อมูลจำนวน 48 บิท ซึ่งรูปที่ 16 แสดงให้เห็นถึงรูปร่างหน้าตาของเฟรม I.430 ที่ซึ่งระดับสัญญาณ pseudo –ternary มีโอกาสเกิดขึ้นได้สำหรับแต่ละบิท (เช่น ไฟบวก ,ศูนย์และลบที่ถูกแทนด้วย 0,1 หรือ0 ตามลำดับ) เฟรม I.430 จำนวนสี่พันเฟรมจะถูกส่งในทุกๆหนึ่งวินาที(หนึ่งเฟรมใช้เวลาในการส่งเท่ากับ 250) ทำให้ได้อัตราบิทของการเชื่อมต่อแบบ BRI เท่ากับ 192 กิโลบิทต่อวินาที (kbps) แต่ละเฟรมประกอบด้วยบิทข้อมูล 16 บิท ที่มาจากช่องสัญญาณ B จำนวน 2 ช่องและอีก 4 บิทที่มาจากช่องสัญญาณ D ซึ่งแต่ละช่องมีความเร็วในการส่งของอัตราข้อมูลเป็น 64 บิทต่อวินาที (kbps) และ 16 บิทต่อวินาที (kbps) ตามลำดับรูปแบบการวางบิทช่องสัญญาณ B และ D ในหนึ่งเฟรมบน BRI เป็นดังนี้

ช่องสัญญาณ : B1 D B2 D B1 D B2 D

จำนวนบิท : 8 1 8 1 8 1 8 1

จุดเริ่มต้นของเฟรมที่ส่งจาก TE ไป NT จะห่างกันอยู่ 2 บิท ของการเริ่มต้นเฟรมที่จะส่งจาก NT ไป TE เฟรมที่ส่งทั้ง 2 ทิศทางนี้มีพื้นฐานที่เหมือนกันแต่จะมีข้อยกเว้นที่เด่นชัด คือ เฟรมที่จะส่งจาก NT ไป TE จะมีบิท echoed D –channel (หรือ บิท E) ซึ่งจะซ้ำกับบิทที่ถูกส่งบนช่องสัญญาณ D ในทิศทาง TE ไป NT ดังแสดงในรูปที่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16 แสดงเฟรมการส่งของ I.430

สุดท้ายคำแนะนำ I 430.กำหนดรูปแบบสัญญาณที่แตกต่างกัน 5 แบบ เรียกว่าสัญญาณ INFO ซึ่งแสดงสถานะของ physical BRI link ในสายส่งรูปแบบสัญญาณเหล่านี้ถูกกำหนดดังหัวข้อข้างล่าง :

1. INFO : แสดงการที่ไม่มีสัญญาณในสายส่ง ; อาจจะถูกส่งจาก NT ไป TE
2. INFO 1 : เป็นสัญญาณที่มีความต่อเนื่องที่อัตรา 192 กิโลบิทต่อวินาที , เป็นการซ้ำกันของ แพทเทิน) 0 ขั้วบวก) 0 , (ขั้วลบ (และ) 1 หกบิทต่อกัน (ถูกส่งไปในทิศทาง TE ไป NT เท่านั้น
3. INFO 2 : เฟรม I 430.ที่บิท B,D,E และ A ถูกเซ็ทเป็น 0 และบิทอื่นๆทั้งหมดถูกเซ็ทตรงตามกฎเกณฑ์เฟรมมิ่งที่เหมาะสม ส่งในทิศทาง TE ไป NT เท่านั้น
4. INFO 3 : เฟรม I 430.กับข้อมูลการทำงานบนช่องสัญญาณ B และ D ส่งในทิศทาง TE ไป NT เท่านั้น
5. INFO 4 : เฟรม I 430.กับข้อมูลการทำงานบนช่องสัญญาณ B,D และ echoed D บิท A ถูกเซ็ทเป็น 1 ส่งเพียงในทิศทาง NT ไป TE เท่านั้น

สัญญาณ INFO เหล่านี้ถูกใช้เสมือนส่วนหนึ่งของลำดับขั้นตอนการ active และ deactive ของ TE และ NT ปกติจะไม่มีการกระทำทุกตัวผ่านจุดอ้างอิง S/T อย่างน้อยที่สุดจะมี TE ตัวหนึ่งทำงานอยู่โดยอันนี้จะเป็นสัญญาณ INFO 0 ลำดับขั้นตอนการ activation โดยทั่วไปเป็นดังนี้

1. ถ้า TE เริ่มต้นการทำงาน มันต้องเริ่มส่งสัญญาณ INFO 1 ที่ประกอบไปด้วย 0 , 0 แล้วตามด้วย 1 จำนวนหกตัว

2. หาก NT มีการตรวจจับสัญญาณ INFO 1 ได้ก็จะเริ่มส่งสัญญาณ INFO 2 ที่ประกอบด้วยเฟรม S – bus ด้วยค่าบิท 0 ในช่องสัญญาณ B และ D และบิท activation(บิท A)เซ็ทเป็น 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. TE ทำการซิงโครไนส์กับสัญญาณ INFO 2 ด้วยการส่งสัญญาณ INFO 3 เพื่อแสดงว่าได้สร้างเฟรมอะลายเมนต์และยอมให้ใช้งานได้กับข้อมูลในช่องสัญญาณ B1 , B2และ D

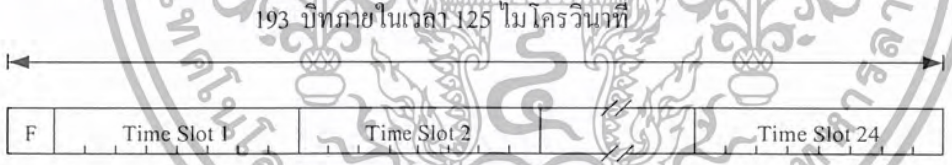
4. NT ก็จะส่งเฟรมที่สามารถใช้งานได้ด้วยข้อมูลในช่องสัญญาณ B1 B2 และ D จะเซ็ทบิท Activation (บิท A)ไปในนารี 1 ครั้ง เพื่อเป็นการซิงโครไนส์กับสัญญาณINFO 3

3. การเชื่อมต่อแบบไพมารี่เรต (Primary Rate Interface หรือ PRI)

คำแนะนำ ITU I.431 มีการกำหนดโปรโตคอลชั้นกายภาพสำหรับการเชื่อมต่อแบบไพมารี่เรต (PRI) โดย PRI นั้นจะมีการส่งข้อมูลสวนทางกันได้แบบ full –duplex อนุกรมแบบจุดต่อจุด รูปแบบการซิงโครไนส์ใช้ช่องทางกายภาพ 2 ช่อง ซึ่งคำแนะนำของ I .431นี้จะมีทั้งอัตราข้อมูล 1.544 และ 2.048 เมกกะบิทต่อวินาที รูปแบบเฟรมและสัญญาณไฟฟ้าของ PRI มีพื้นฐานตามคำแนะนำของ ITU G .703 และ G.704 ตามลำดับ

3.1การเชื่อมต่อแบบ 1.544 เมกกะบิทต่อวินาที (1.544Mbps interface)

รูปแบบของเฟรมซิกแนลลิ่งและการมัลติเพล็กซ์ที่ใช้ในอเมริกาเหนือ จะใช้การเชื่อมต่อแบบ 1.544 เมกกะบิทต่อวินาทีนี้ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของเฟรม T1 ดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนแรกดูรูปที่ 17 จะสามารถทำให้เข้าใจในรูปแบบเฟรม T1 นี้มากยิ่งขึ้น การเชื่อมต่อแบบ 1.544 เมกกะบิทต่อวินาทีใน PRI นี้จะแบ่งช่องสัญญาณ 64 กิโลบิทต่อวินาทีเป็น 24 ช่องเวลาทำให้ภายในหนึ่งเฟรม PRI ประกอบไปด้วย 1 เฟรมมิ่งบิท (F) กับข้อมูลของผู้ใช้งานอีก 8 บิท จากแต่ละ 24 ช่องเวลา รวมจำนวนบิททั้งหมดเป็น 193 บิทต่อเฟรม โดยมีอัตราความเร็วของการส่งอยู่ที่8,000 เฟรมต่อวินาทีทำให้ได้อัตราบิทรวมเท่ากับ 1.544 เมกกะบิทต่อวินาทีซึ่งในจำนวนนี้เป็นบิทข้อมูลของผู้ใช้งานอยู่ 1.536 เมกกะบิท



รูปที่ 17 แสดงโครงสร้างเฟรม PRI ในการเชื่อมต่อแบบ 1.544 เมกกะบิทต่อวินาที

จะเห็นว่า 23 ช่องสัญญาณแรกของแต่ละเฟรมในการเชื่อมต่อแบบ PRI ถูกกำหนดให้เป็นช่องสัญญาณ B1 ถึง B23 ส่วนช่องเวลาสุดท้ายอาจถูกใช้เป็นช่องสัญญาณ D (ในรูปแบบ 23 B+D)หรือเป็นช่องสัญญาณ B ช่องที่24 (ในรูปแบบ 24 B) โดยในรูปแบบ 24 B ซิกแนลลิ่งในช่องสัญญาณ D ต้องมีการจัดหาใน PRI อื่น เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อโครงข่ายของผู้ใช้งานได้ เฟรมมิ่งบิทหรือบิท F เพียงบิทเดียวที่มีในส่วนของแต่ละเฟรมจะไม่สามารถนำพาข้อมูลซิกแนลลิ่งจำนวนมากๆไปในโครงข่ายที่ต้องการได้ ดังนั้นจึงต้องมีการจัดกลุ่มของเฟรมเข้าด้วยกันให้อยู่ในรูปแบบของมัลติเฟรมตามตารางที่ 6 โดยในหนึ่งมัติเฟรมจะมี 24เฟรมมิ่งบิท 6 เฟรมมิ่งบิทภายใน 24 บิทนี้มีรูปแบบที่ถูกเรียกว่า frame aligmnent sequence (FAS) ถูกใช้เพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าเฟรมมิ่งมีการซิงโครไนส์อย่างถูกต้องและที่ด้านรับสามารถรับข้อมูลได้ครบอีก 6 เฟรมมิ่งบิทถูกใช้เพื่อคำนวณอันดับการตรวจสอบเฟรม (frame check sequence : FCS) โดยการใช้ 6 บิทนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น cyclic redundancy check (CRC) เพื่อใช้ตัดสินใจถ้าหากข้อมูลเกิดบิทผิดพลาดขึ้นมาในการส่งและรับระหว่างต้นทางและปลายทาง รูปแบบอีก 12 บิท ที่เหลือถูกใช้สำหรับการบำรุงรักษา (mntenance) โครงข่ายและข่าวสาร

หมายเลขเฟรม	การกำหนดบิท F		
	FAS	M	FCS
1	-	m	-
2	-	-	e1
3	-	m	-
4	0	-	-
5	-	m	-
6	-	-	e2
7	-	m	-
8	0	-	-
9	-	m	-
10	-	-	e3
11	-	m	-
12	1	-	-
13	-	m	-
14	-	-	e4
15	-	m	-
16	0	-	-
17	-	m	-
18	-	-	e5
19	-	m	-
20	1	-	-
21	-	m	-
22	-	-	e6
23	-	m	-
24	1	-	-

ตารางที่ 6 แสดงโครงสร้างมัลติเฟรมของ PRI ในการเชื่อมต่อแบบ 1.544เมกกะบิทต่อวินาที

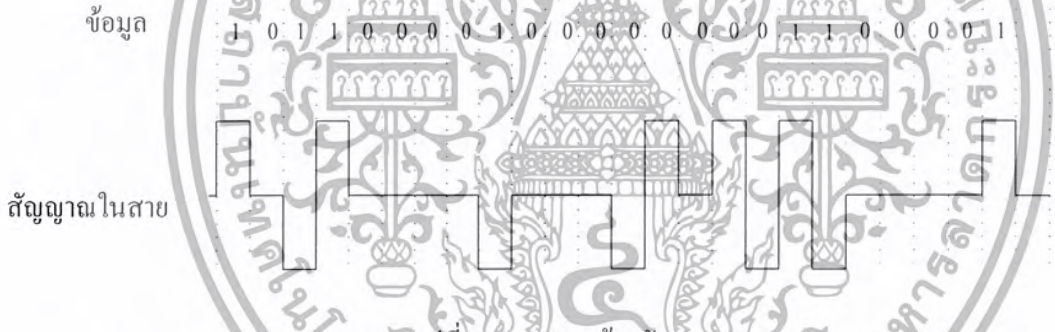
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของบิทต่างๆที่เป็นบิทเริ่มต้นเฟรมของแต่ละเฟรมภายในหนึ่งมัลติเฟรม ซึ่งในหนึ่งมัลติเฟรมจะมีอยู่ 24 เฟรม และภายในหนึ่งเฟรมจะมีจำนวนบิทอยู่ 193 บิท

3.2 การเข้ารหัสในสายที่ใช้กับ PRI แบบ 1.544Mbps

1 544. Mbps PRI จะใช้สัญญาณชิกแนลลิ่งการกลับเครื่องหมายใช้สลับกัน (alternating mark inversion) หรือ AMI นั้นบิทถูกแทน 0 ถูกแทนโดยการที่ไม่มีศักดาไฟฟ้าในสายและบิท 1 จะถูกแทนโดยพัลส์(pulse) ศักดาไฟฟ้าที่มีการสลับขั้วกันไปมาระหว่างขั้วบวกและขั้วลบดังในรูปที่ 18

รูปที่ 18 แสดงการเข้ารหัสแบบ AMI



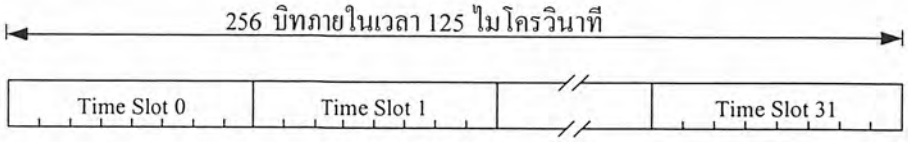
รูปที่19 แสดงการเข้ารหัสแบบ B8ZS

Bipolar 8 Zero Substitution (B8ZS) ถูกแนะนำสำหรับให้ใช้กับการเชื่อมต่อแบบ 1.544 Mbps เพื่อจัดหาจำนวนบิท 1 ที่จำเป็นในสายส่ง ลักษณะของ B8ZS นั้นมีลักษณะดังรูปที่ 19 คือเมื่อมีออกเตทใดเป็น 0 ทั้งหมดออกเตทนั้นก้จะถูกแทนด้วยข้อมูล 00011011 ที่ code violation จะเกิดขึ้นในตำแหน่งบิท ที่ 4 และ 7 ถ้าการเกิดบิท 1 ตัวสุดท้ายเป็นขั้วบวกออกเตทที่เป็น 0 ทั้งหมดจะถูกแทนด้วย 000+ - 0 - + 0ถ้าบิท 1 ก่อนหน้านั้นเป็นลบ ออกเตทที่เป็น 0 ทั้งหมดจะถูกแทนด้วย 000 + - 0 + - ดูจาก code violation ที่เกิดขึ้นในลักษณะคู่แบบนี้ ทำให้ B8ZS มีความสมดุลทางดีซีได้ ไม่เกิดปัญหากับทางด้านส่งหรือสายส่งมากนัก

3.3 การเชื่อมต่อแบบ 2.048 เมกกะบิทต่อวินาที (Mbps) จะแบ่งช่องสัญญาณ 64 kbps เป็น 32 ช่อง ทำให้หนึ่งเฟรมของ PRI ประกอบด้วย 32 ช่องเวลาจาก 0 ถึง 31 ดังภาพที่ 20 ช่องเวลาที่ 0 (time slot 0) ถูกสำรองไว้ใช้สำหรับ physical layer framing การซิงโครไนส์และชิกแนลลิ่ง ช่องเวลาที่ 1 ถึง 15 และ 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 31 ถูกใช้สำหรับช่องสัญญาณ B 30 ช่องขณะที่ช่องเวลาที่ 16 ถูกสำรองไว้สำหรับช่องสัญญาณ D แต่ถ้าไม่มีการใช้ช่องสัญญาณ D ก็จะเอาช่องสัญญาณนี้ไว้ใช้สำหรับการศึกษาในอนาคต

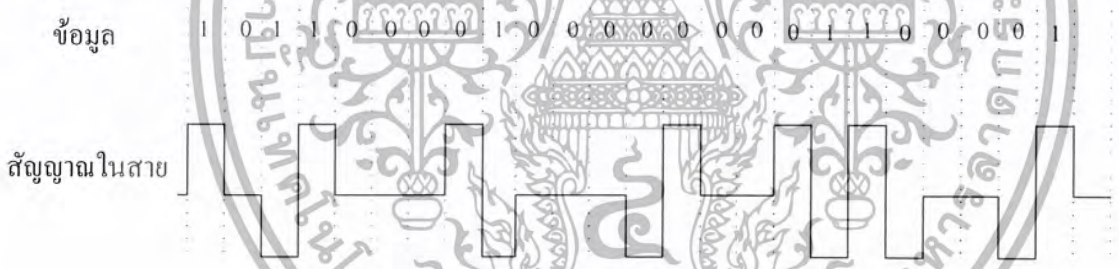


รูปที่ 20 แสดงโครงสร้างเฟรม PRI ในการเชื่อมต่อแบบ 2.048 เมกกะบิทต่อวินาที

แต่ละเฟรมในการเชื่อมต่อแบบ 2.048 Mbps PRI ประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 8 บิทจากแต่ละช่องเวลารวมกันแล้วจะได้เป็น 256 บิทต่อเฟรมที่ความเร็วในการส่ง 8,000 เฟรมต่อวินาทีทำให้อัตราข้อมูลรวมทั้งหมดเป็น 2.048 เมกกะบิทต่อวินาทีและอัตราข้อมูลของผู้ใช้จะอยู่ที่ 1.984 เมกกะบิทต่อวินาที

3.4 การเข้ารหัสในสายที่ใช้กับ PRI แบบ 2.048 Mbps

ในการเชื่อมต่อโครงข่ายแบบ 048. 2 Mbps PRI จะใช้การเข้ารหัสแบบ High Density Bipolar 3 (HDB 3) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันกับการเข้ารหัสแบบ B8ZS โดยการเข้ารหัสแบบ HDB3 นี้จะมีความสมดุลย์ทางไฟดีซีและใช้ code violation เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีจำนวนบิท ' 0 ' ติดต่อกันยาวมากเกินไปในสายส่งดังตัวอย่างดังรูปที่ 21



รูปที่ 21 การเข้ารหัสแบบ HDB3

การเข้ารหัสแบบ HDB3 มีจุดประสงค์เพื่อลดจำนวนบิท ' 0 ' ที่ติดกันเป็นแถวไม่ให้เกิน 3 ตัว HDB3 เป็นข้อกำหนดตามมาตรฐานของ ITU G.703 วิธีการเข้ารหัสแบบนี้จะไม่ส่งผลให้เกิดองค์ประกอบของแรงดันไฟตรงขึ้นเช่นเดียวกับวิธีการเข้ารหัสแบบ AMI สำหรับข้อบังคับในการเข้ารหัสแบบ HDB3 มีดังนี้ ในกรณีที่บิทข้อมูล ' 0' ต่อเนื่องกันเกิน 3 บิท วงจรเข้ารหัสจะแทนบิท '0' ที่เป็นบิทที่ 4 ด้วยลอจิก '1'แต่พัลส์ดังกล่าวจะไม่สลับขั้วกับลอจิก '1' ก่อนหน้านั้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการแยกความแตกต่างระหว่างการเข้ารหัสแบบ HDB3 กับ AMI ดังในรูปที่ 21 สำหรับ code violation ที่อยู่ใกล้กันจะต้องมีขั้วตรงข้ามกันหากไม่สามารถทำได้คือพัลส์ถูกบังคับให้มีขั้วเดียวกับ code violation pulse เดิมการเข้ารหัสจะทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยกำหนดให้บิท ' 0' บิทแรกในกรณีมีบิท ' 0'มากกว่า 3 บิทติดต่อกันเป็นพัลส์ ลอจิก ' 1'โดยมีขั้วตามการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ารหัสแบบ AMIเพื่อทำให้บิทที่ 4 ของอนุกรมชุดดังกล่าวเป็น code violation ที่มีขั้วกลับกันกับ code violation ก่อนหน้านี้

4. ความสามารถของ PRI ในการรองรับช่องสัญญาณ H

ช่องสัญญาณ H เป็นช่องสัญญาณที่มีแบนวิดธ์กว้างกว่าช่องสัญญาณ B การเชื่อมต่อแบบ PRI สามารถจัดสรรช่องสัญญาณ H0 และ H1 โดยการรวมกันของช่องสัญญาณ B ซึ่งช่องสัญญาณ H0 แต่มีด้านความกว้างเท่ากับช่องสัญญาณ B จำนวน 6 ช่อง ในตารางที่ 7 จะแสดงการกำหนดช่องเวลาบางช่องสำหรับการจัดสรรช่องสัญญาณ H0 เมื่อช่องสัญญาณ H0 ถูกใช้งานบน PRI ตามคำแนะนำ I 431 .โดย 1.544 Mbps PRI สามารถรองรับช่องสัญญาณ H0 ได้จำนวน 3 ช่องเมื่อมีการใช้งานช่องสัญญาณ D ด้วย หรือใช้เป็นช่องสัญญาณ H 0ได้ถึง 4 ช่องเมื่อช่องสัญญาณ D ไม่ได้ใช้งานอย่างอื่น และ 2.048 Mbps PRI สามารถรองรับช่องสัญญาณ H0 ได้ถึง 5 ช่องสัญญาณในการรวมช่องสัญญาณ D เข้ามาด้วย

	ช่องสัญญาณ H0				
	a	b	c	d	e
ช่องเวลาของ 1.544 Mbps	1-6	7-12	13-18	19-24	-
ช่องเวลาของ 2.048 Mbps	1-3 17-19	4-6 20-22	7-9 23-25 13-15	10-12 26-28	13-15 29-31
	1-6	7-12	17-19	20-25	36-31

ตารางที่ 7 แสดงให้เห็นถึงการจัดสรรช่องสรรช่องสัญญาณมาใช้งานในช่องสัญญาณ H

ส่วนช่องสัญญาณ H1 ยังสามารถแบ่งออกเป็นช่อง H11และ H12 โดย H11 จะใช้งานทั้งหมด 24 ช่องเวลาของการเชื่อมต่อแบบ 1.544 Mbps และช่องสัญญาณ H12 จะใช้เพียงช่องเวลาที่ 1 ถึง 15 และ 17 ถึง 31 ของการเชื่อมต่อแบบ 2.048 Mbps ส่วนช่องสัญญาณ D จะไม่มีเมื่อถูกใช้งานอยู่ในแบบ H11 และจะมีช่องสัญญาณ D เมื่อใช้งานอยู่ในแบบ H12

โปรโตคอลการเชื่อมต่อข้อมูลในช่องสัญญาณ D

หน้าที่แรกของชั้นเชื่อมต่อข้อมูล (Data Link Layer) ตามการอ้างอิงของ OSI คือการจัดหาการเชื่อมข้อมูลการสื่อสารไม่ให้เกิดการผิดพลาดขึ้นระหว่างอุปกรณ์ที่อยู่ติดกัน โปรโตคอลเชื่อมต่อข้อมูลช่องสัญญาณ D เป็นโปรโตคอลที่มีชื่อเรียกว่า LAPD มีความคล้ายกับ LAPB ของ X.25 โดยทั้งคู่เป็นกลุ่มย่อยของโปรโตคอลควบคุมเชื่อมข้อมูลระดับสูงของ OSIที่มีชื่อเรียกว่า HDLC (High –level Data Link Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 .ลำดับขั้นตอนการเข้าเชื่อมบนช่องสัญญาณ D (LAPD)

โปรโตคอลชั้นเชื่อมข้อมูลของ ISDN ถูกเรียกว่า Link Access Produers on D Channel หรือ LAPD โปรโตคอลนี้เป็นตัวกำหนดการต่อทางลอจิกระหว่างผู้ใช้ (TE) และโครงข่าย(NTหรือ LE) ข้ามจุดอ้างอิง S และหรือ Tบนช่องสัญญาณ D โดยรองรับการสื่อสารแบบอนุกรมและสวนทางกันได้ ข้ามการต่อเชื่อมทางกายภาพทั้งแบบจุดต่อจุดหรือจุดเดียวไปหลายๆจุดที่มีใช้งาน

หลักการทั่วๆไปของL APD มีรายละเอียดอยู่ในคำแนะนำ ITU Q.920 (I.440) และขั้นตอนการทำงานถูกให้รายละเอียดในคำแนะนำ Q.920 (I.440) LAPD มีการอ้างอิงคล้ายกับระบบซิกแนลลิ่งลูกข่ายทางดิจิตอลหมายเลข 1 (DSS1) ในชั้นเชื่อมต่อข้อมูล (Data link Layer)

1.1 เฟรมของ LAPD

หน่วยในการส่ง LAPD เป็นเฟรมตามรูปที่ 22 ซึ่งประกอบด้วย ฟิลด์ ต่างๆดังนี้

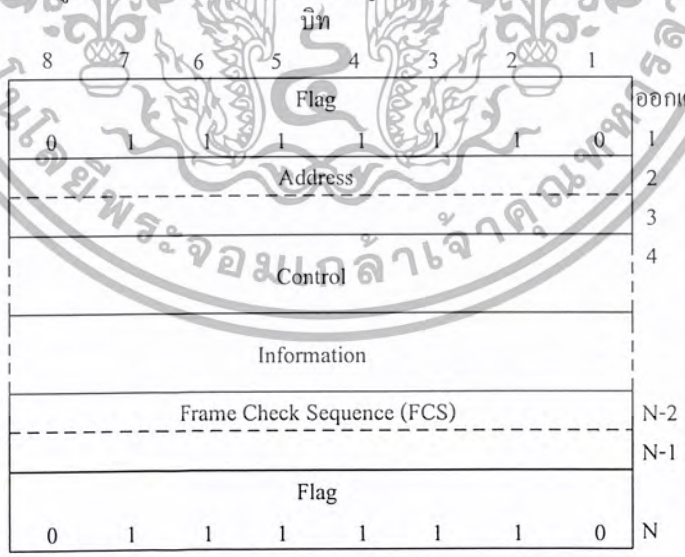
*แฟลก : มีรูปแบบบิทเป็น 01111110 สัญญาณแฟลกจะมีที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเฟรม

*แอดเดรส : เป็นตัวชี้อุปกรณ์ของผู้ใช้บริการที่ถูกส่งหรือรับมี 2 ออกเตทเสมอ

*คอนโทรล : เป็นตัวชี้ชนิดของเฟรมและอาจจะนำพาซีเควนและการรับรู้จำนวนใช้ 1 หรือ 2 ออกเตท อย่างใดอย่างหนึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเฟรม

*ข้อมูล : บรรจุข้อมูลการจัดระดับ 3 หรือข้อมูลของผู้ใช้หรือข้อมูลการทำงานระดับ 2 มีความยาวที่เปลี่ยนแปลงได้แต่ต้องเป็น octet aligned : ฟิลด์นี้อาจจะไม่มีในบางเฟรม

*ซีเควนตรวจสอบเฟรม (FCS) : บรรจุตัวที่เหลืออยู่ 16 บิท จากการคำนวนของc yclic redundancy check (CRC)C RC ถูกใช้เพื่อตรวจสอบว่ามีบิทข้อมูลเกิดผิดพลาดขึ้นในเฟรมหรือไม่



รูปที่ 22 แสดงรูปแบบเฟรมของ LAPD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ชนิดของเฟรมL APD และฟิลด์ควบคุม (Control Field)

ฟิลด์ควบคุมจะกำหนดคุณสมบัติชนิดของเฟรมที่กำลังจะถูกส่ง LAPD) และโปรโตคอล bit-oriented ทั้งหมด (มีคำจำกัดความแต่ละชนิดของรูปแบบเฟรมโดยทั่วไป 3 แบบ ที่มีอยู่ในฟิลด์ควบคุมดังรูปที่ 23

	8	7	6	5	4	3	2	1	
INFORMATION	N(S)							0	4
	N(R)							P	5
SUPERVISORY	X	X	X	X	S	S	0	1	4
	N(R)							P/F	5
UNNUMBERED	M	M	M	P/F	M	M	1	1	4

รูปที่ 23 รูปแบบฟิลด์ควบคุม

1.2.1เฟรมข้อมูล (I) : นำพาข้อมูลที่ใช้ในการจัดการระดับที่ 2 หรือข้อมูลจากชั้นที่สูงกว่า) รวมทั้งข้อมูลของผู้ใช้ (ฟิลด์ชนิดนี้มีจำนวน 2 ออกเตท จะบรรจุจำนวนซีเควนของเฟรม I นี้แสดงด้วย N (S) และจำนวนซีเควนของเฟรม I ที่จะรับต่อไปจากที่อื่นซึ่งแสดงด้วย N (R)

1.2.2 เฟรมเกี่ยวกับการตรวจตราดูแล หรือ Supervisory (S) : ควบคุมการแลกเปลี่ยนของเฟรม I เฟรม S สามารถแสดงการรับรู้ ควบคุมการไหลของข้อมูล (flow control) และรับเฟรม I ที่ out-of-sequency

1.2.3 เฟรม Unnumbered หรือเฟรม U : จะควบคุมสถานะทางการเชื่อมทางลอจิกและยอมให้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ไม่มีการนับจำนวน ไม่มีซีเควนที่คอยช่วยเหลือเฟรม U นี้และฟิลด์ควบคุมนี้เป็นออกเตทเดียว เฟรมเหล่านี้ถูกใช้เพื่อเป็นการเริ่มต้นหรือสิ้นสุดการเชื่อมทางลอจิกการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ไม่เป็นซีเควน เจรจาต่อรองพารามิเตอร์ชั้นเชื่อมข้อมูลและแสดงสภาวะความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการส่งข้อมูล บิท M M M M M จะให้คุณสมบัติของเฟรม U ว่าเป็นชนิดใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดเฟรม	ชื่อเฟรม		C	R	หน้าที่
I	I	Information	●		ส่งถ่ายข้อมูลชั้นที่ 3
S	RR	Receive Ready	●	●	เป็นการบอกให้รู้ว่าได้รับเฟรม I แล้ว
	RNR	Receive Not Ready	●	●	เป็นการบอกให้รู้ว่าไม่สามารถรับเฟรม I ได้
	REJ	Reject		●	เป็นการปฏิเสธเฟรม I
U	SABME	Set Asynchronous Balanced Mode Extended	●		เป็นการร้องขอการเชื่อมต่อทางกายภาพ
	DISC	Disconnect	●		เป็นการยกเลิกการเชื่อมต่อทางกายภาพ
	UI	Unnumbered Information			
	UA	Unnumbered Acknowledgement		●	เป็นการตอบรับเฟรม SABME และ DISC
	DM	Disconnect Mode		●	ไม่สามารถที่จะทำการสร้างการเชื่อมต่อได้ หรือไม่สามารถคงสภาพการเชื่อมต่อนั้นไว้ได้
	FRMR	Frame Reject		●	เป็นการบันทึกเฟรมที่ไม่สามารถรับได้
	XID	Exchange Identification	●	●	เป็นการแลกเปลี่ยนข้อมูลในการแสดงการทำงาน

ตารางที่ 8 แสดงชนิดของเฟรม LAPD โดยสังเขป

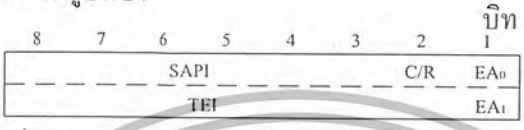
ตารางที่ 8 แสดงเฟรม I , S และ U ที่ใช้ใน LAPD และรายละเอียดหน้าที่ของมันโดยย่อเฟรมบางชนิดอาจจะถูกใช้เป็นคำสั่ง บางชนิดอาจจะถูกใช้เป็นคำตอบ และบางชนิดก็ใช้เป็นทั้งคำสั่งและคำตอบอย่างใดอย่างหนึ่ง

ในอุปกรณ์ ISDN ถ้าไม่มีข้อมูลถูกส่งในช่องสัญญาณ D เลย จะมีการส่งแฟล็กอย่างต่อเนื่อง ยกเว้นเมื่อมี TEs บน BRI ต่อจุดเดียวไปยังหลายจุด ที่ซึ่งจะส่ง บิท 1 แทนการขาดหายไปของข้อมูลหรือไม่มีข้อมูลนั้นเอง จึงทำให้การเชื่อมต่อลอจิกกลายเป็นไอเดิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 LAPDAddressing

สิ่งหนึ่งของจุดเด่นหลักของL APD คือ โครงสร้างของฟิลด์แอดเดรสดังรูปที่ 24 และความสามารถการมัลติเพล็กซ์l ogical link ทั่วไปบนช่องสัญญาณทางกายภาพที่เหมือนกัน(physical channel) แอดแดรส จะเป็นตัวชี้การควบคุมการเชื่อมต่อข้อมูล(Data Link Control Identifier) (DLCI) มีความยาว 13 บิท และประกอบด้วยฟิดล์ย่อยจำนวน 2 ฟิดล์ คือT erminal Endpoint Identifier (TEI) และS ervice Access Point Identifier (SAPI) TEI และ SAPI มีรายละเอียดดังรูปที่ 24

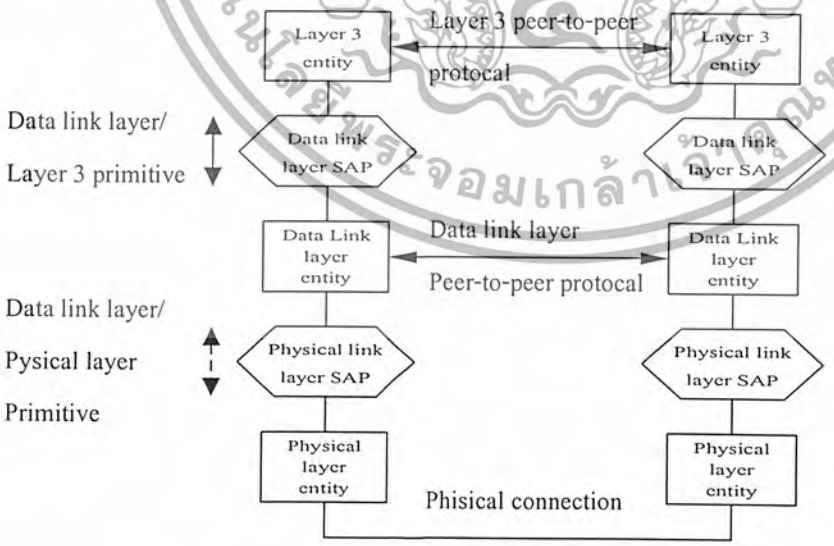


รูปที่ 24 แสดงรูปแบบฟิดล์แอดเดรส LAPD ตำแหน่งของบิทในฟิดล์แอดเดรส และความหมายของแต่ละบิท

บิทคำสั่ง / คำตอบ (C/R) ในฟิดล์แอดเดรสถูกใช้ต่างกันระหว่างแฟรมคำสั่งและเฟรมคำตอบ เหมือนคำจำกัดความดังตารางที่ 8 ทางด้านผู้ใช้งานของ logical link จะเซ็ทบิทนี้เป็น 0 สำหรับและเป็น 1 สำหรับคำตอบ ด้านโครงข่ายจะทำงานตรงกันข้ามกับเซ็ทบิทที่เป็น 1 สำหรับคำสั่งและ 0 สำหรับคำตอบ บิท C/R ทำหน้าที่คล้ายกับ ฟิดล์ในแอดเดรส LAPB บิทอันดับต่ำของแต่ละออกเตท ถูกเรียกว่าขยายฟิดล์แอดเดรส บิทที่ 1 ของออกเตท แอดเดรสแรกถูกเซ็ทเป็น 0 และบิทที่ 1 ของออกเตท ที่สองถูกเซ็ทเป็น 1 โดยทำตามกดของ HDLC สำหรับหลายๆออกเตทแอดเดรส

1.4 การมัลติเพล็กซ์ TEIS และ SAPIS

การเชื่อมต่อแบบ BRI ยอมให้อุปกรณ์ปลายทาง ISDN หลายๆตัว ถูกต่อในรูปแบบจุดเดียวไปยังหลายๆจุดได้ แต่ LAPD นั้นยังสามารถจัดหา การเชื่อมทางลอจิกแบบจุดต่อจุดได้ มันมีกลไกในการวางดังที่โปรโตคอลระดับ 2 ทำการมัลติเพล็กซ์ หลายๆการเชื่อมต่อทางลอจิก

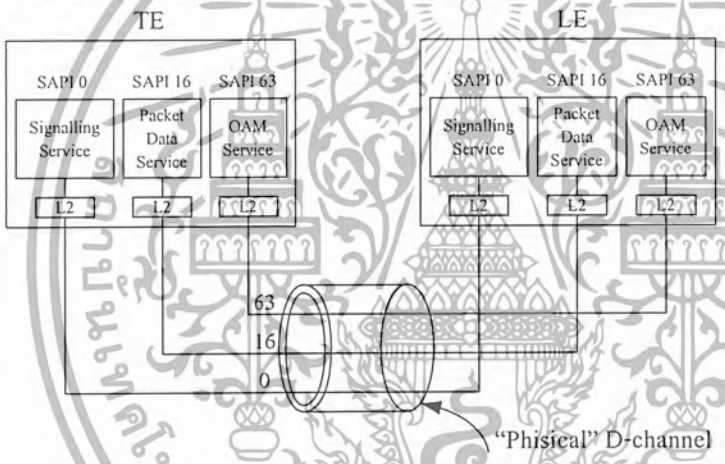


รูปที่ 25 แสดงแบบอ้างอิงชั้นข้อมูลและจุดทางเข้าบริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระดับ 3 เหมือนกันของอีกสถานีหนึ่ง ข่าวสารระดับสามที่ผ่านระหว่าง 2 สถานีนี้จะถูกนำพามาในฟิลด์ข้อมูลของเฟรมระดับ 2 (LAPD)

จุดทางเข้าบริการ (Service Access Point : SAP) เป็นแนวทางการเชื่อมต่อระหว่างชั้นโปรโตคอลที่อยู่ติดกัน ในยุคแรกๆการแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่าน SAPi เป็นโครงสร้างที่ยอมให้ชั้นโปรโตคอลที่อยู่ติดกันที่สถานีเดียวกันแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันในความเป็นจริงการต่อทางลอจิกระหว่างผู้ใช้และโครงข่ายไม่ได้เป็นเหมือนตัวอย่างนี้ทีเดียว ทุกๆ TE s ของI SDN มีความสามารถในการรองรับมากกว่าหนึ่งการประมวลผลของบริการในระดับ 3 คือ ความสามารถในการส่งข้อความซิกแนลลิ่ง ISDN ส่วนบริการที่จำเป็นอื่นๆก็มีความสามารถการประมวลผลข้อความ ผลการทำงาน (Operations) การบริหาร (Administrations) และการบำรุงรักษา (Maintenance) เรียกโดยรวมว่า OAM การประมวลผลอันที่ 3 เป็นความสามารถการส่งข้อมูลของผู้ใช้ในโหมดแพคเก็ต แต่ละการประมวลผลในระดับ 3 เหล่านี้ที่ TE ต้องทำการติดต่อสื่อสารด้วยการประมวลผลในระดับเดียวกันกับใน LE



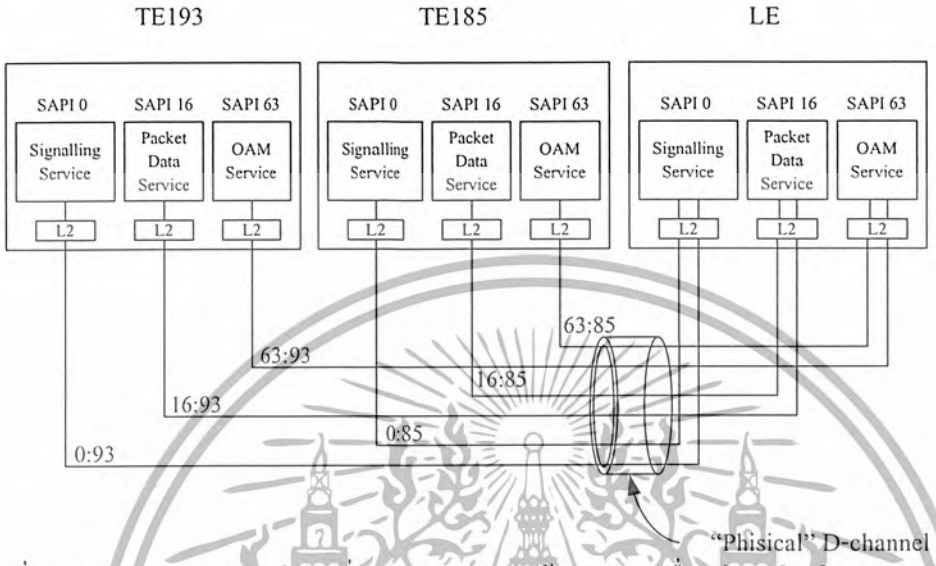
รูปที่ 26 แสดงจุดทางเข้าหลายๆบริการภายใน TE มีความต้องการทางลอจิกคอล LAPD หลายๆตัวไปยัง LE

แต่ละการประมวลผลในระดับ 3 ที่T E จะมีการแยกการเชื่อมทางลอจิกบนช่องสัญญาณ D เพื่อการประมวลผลในระดับเดียวกันใน LE (ดูรูปที่26) แต่ละการประมวลผลที่ระดับ 3 เป็นบริการที่ถูกกำหนดโดย SAPI คือว่าหลายๆการเชื่อมต่อทางลอจิกแบ่งการใช้งานบนช่องสัญญาณ D เพียงช่องเดียว และ LAPD สามารถทำการมัลติเพล็กซ์สิ่งที่ต้องการเหล่านี้ ซึ่งเป็นคุณลักษณะเฉพาะที่ไม่เหมือนใครของโปรโตคอลนี้ การเลือกค่าของ SAPI จะทำการเลือกแบบเดาสุ่มไม่ได้การเลือกค่าต่างๆจะมีรายละเอียดในหัวข้อต่างๆต่อไป

ปัญหาการมัลติเพล็กซ์หลายๆการเชื่อมทางลอจิกระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง TE และ LE มีความยุ่งยากมากในรูปแบบจุดเดียวไปหลายจุดที่ยอมให้มีขึ้นได้ใน BRI ดูรูปที่ 27 บริการบางอย่างที่หามาได้ใน TE ตัวหนึ่ง จะเหมือนกับบริการที่หาได้ใน TE ตัวอื่นๆดังนั้น SAPI อย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะให้ความแตกต่างของการเชื่อมทางลอจิกจากที่อื่นๆดังตัวอย่างในรูปที่ 27 แสดงให้เห็นว่า TEIs ของ 93 และ 85 ถูกกำหนดเป็นเทอร์มินอล ISDN 2 อันนำพามาในสายส่งเส้นเดียวกัน รูปแบบS API และT EI จะแบ่งชี้แอดแดรสซึ่งมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเฉพาะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติการเชื่อมทางลอจิก เพื่อให้ทราบว่าอันไหนเป็นอุปกรณ์ตัวใด (การเลือกค่าของT EI ในรูปนี้เป็นการกำหนดให้ดูเป็นตัวอย่างค่าต่างๆของ TEI จะมีรายละเอียดในหัวข้อต่อไป)



รูปที่ 27 ภาพแสดงการบริการหลายสิ่งและ TE หลายตัวต้องการการเชื่อมต่อทางลอจิก LADP ที่ถูกอ้างอิง

1.5 คำกำจัดความของ SAPI SAPI ย่อมาจาก Service Access Point Identifier เป็นตัวบ่งชี้จุดทางเข้าของ บริการมีรูปแบบเป็นฟิดล์ย่อย (subfield) จำนวน 6 บิท ที่ถูกนำพามาในออกเตทแรกของฟิดล์แอดเดรส แม้ว่า SAPI จะมีคำจำกัดความในปัจจุบันเพียงแค่ 4 ดังตารางที่ 9 SAPI ถูกใช้สำหรับขั้นตอนการควบคุมการเรียก (call control) โดยใช้ข้อความจากโปรโตคอล ISDN ระดับ 3 ตามคำแนะนำ ITU Q.931(I.451) SAPI 1สำหรับการติดต่อสื่อสารในโหมดแพ็คเก็ตโดยการใช้โปรโตคอล Q.931 (I.451) ขณะที่ SAPI 16 สำหรับข้อมูลแพ็คเก็ตของผู้ใช้ตรงตามลำดับขั้นตอนของ X.25 ระดับ PUP SAPI 63 ถูกใช้สำหรับ OAM และ การทำงานการจัดการระดับ 2 ค่าที่เหลือสำรองไว้สำหรับอนาคต หรือมาตรฐานภายในประเทศนั้นๆ

ค่า SAPI	ความสัมพันธ์ในระดับชั้น 3
0	ขั้นตอนควบคุมการเรียก
1	สำรองไว้สำหรับการสื่อสารโหมดแพ็คเก็ตโดยการใช้ขั้นตอนควบคุมการเรียกของ I.451
16	การติดต่อแบบแพ็คเก็ตโดยใช้ X.25 PLP
32-47	สำรองไว้ใช้สำหรับในประเทศนั้นๆ
63	OAM หน้าที่การจัดการระดับ 2.
อื่นๆ	สำรองไว้สำหรับมาตรฐานในอนาคต

ตารางที่ 9 แสดงให้เห็นถึงค่าต่างๆของ SAPI และความสัมพันธ์ของการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 การกำหนดและคำจำกัดความของ TEI

TEI เป็นฟิดล์ย่อยจำนวน 7 บิท ที่ถูกนำพามาในออกเตทที่สองของฟิดล์แอดเดรสสามารถกำหนดให้ขึ้นไปได้ถึงค่า 127 TELs ซึ่งเป็นผลมาจากฟิดล์จำนวน 7 บิท และค่า TEI 127 ถูกสำรองไว้ใช้สำหรับข้อความบรอดคราส ในI SDN นั้นมีการแบ่งชนิดของT EI ที่แตกต่างกันอยู่ 3 แบบ ดังตารางที่ 10

ค่า TEI	ชนิดของผู้ใช้
0-63	อุปกรณ์ของผู้ใช้ที่ไม่สามารถกำหนดค่า TEI อย่างอัตโนมัติ
64-126	อุปกรณ์ของผู้ใช้ที่สามารถกำหนดค่า TEI อย่างอัตโนมัติ
127	การกำหนดเป็นกลุ่ม TEI

ตารางที่ 10 แสดงการกำหนดค่า TEI และชนิดของผู้ใช้งานต่างๆ

โปรโตคอลชั้นที่ 3 บนช่องสัญญาณ D

หัวข้อนี้มีรายละเอียดอย่างกว้างๆของ โปรโตคอล ซิกแนลลิ่ง ที่ถูกใช้สำหรับเทอร์มินอลของผู้ใช้และบริการI SDN โครงสร้างของโปรโตคอล และรูปแบบข้อความจะมีการกล่าวถึงด้วย ขั้นตอนสำหรับการต่อและเลิกติดต่อของการเรียกในโหมดเบสิก จะถูกกล่าวในรายละเอียดเพื่อให้เข้าใจถึงขบวบการซิกแนลลิ่งของโครงข่ายผู้ใช้ หัวข้อเหล่านี้ทั้งหมดมีรายละเอียดในคำแนะนำ ITU โดยคำแนะนำ Q.931 (I.450) จะให้รายละเอียดหลักการทั่วไปในซิกแนลลิ่งในโครงข่ายผู้ใช้คำแนะนำ Q.931 (I.451) จะให้รายละเอียดข้อความของผู้ใช้สำหรับควบคุมการเรียกพื้นฐานใน ISDN และคำแนะนำ Q.932 (I.452) จะให้รายละเอียดข้อความสำหรับบริการเสริม

1. ซิกแนลลิ่งโครงข่ายผู้ใช้ชั้นที่ 3

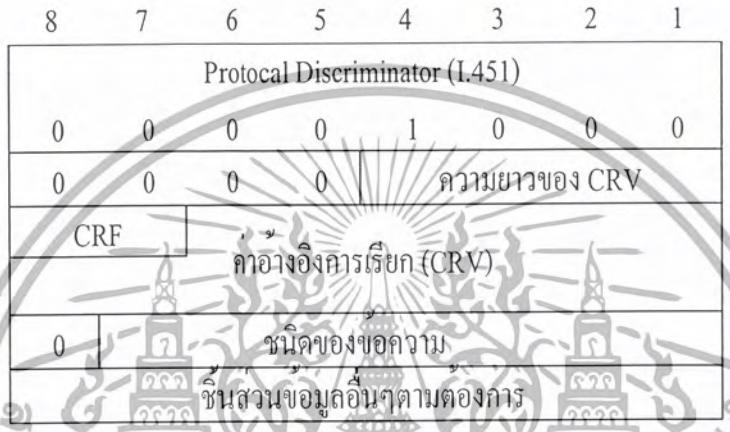
หัวข้อนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนซิกแนลลิ่งในโครงข่ายผู้ใช้ชั้นที่ 3 สำหรับควบคุมการเรียกชั้นที่พื้นฐาน และสำหรับการควบคุมและการร้องขอบริการเสริม การวิเคราะห์ซิกแนลลิ่งจะทำให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

โปรโตคอลซิกแนลลิ่งของ ISDN ขึ้นอยู่กับการแลกเปลี่ยนของข้อความดิจิตอล ระหว่างเทอร์มินอลของผู้ใช้และโครงข่าย แต่ละข้อความประกอบด้วยอนุกรมของชิ้นส่วนข้อมูล ชิ้นส่วนข้อมูลในการเรียกต่อประกอบด้วยฟิดล์ที่ซึ่งถูกเข้ารหัส ด้วยข้อมูลซิกแนลลิ่งที่จำเป็น มีข้อความซิกแนลลิ่งของ ISDN แตกต่างกัน 25แบบที่ถูกแสดงใน Q.931 และอีก 8 แบบถูกกำหนดใน Q.932 แต่ละชนิดของข้อความมีคุณสมบัติของจุดประสงค์ที่แตกต่างกันและชื่อของข้อความมักจะแสดงให้เห็นถึงจุดประสงค์นั้นสำหรับตัวอย่างบางข้อความ เช่น ข้อความ SETUP , CONNECT และ DISCONNECT เป็นต้น รายละเอียดของข้อความต่างๆอยู่ในภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รูปแบบของข้อความที่ใช้ในระดับชั้นที่ 3

ในกระบวนสร้างการเชื่อมต่อ การควบคุม และการยกเลิกการเชื่อมต่อ จะเกิดขึ้นจากผลของข้อความในการควบคุม ที่มีการแลกเปลี่ยนระหว่างผู้ใช้กับโครงข่ายบนช่องสัญญาณ ข้อความชั้นที่ 3 ของ ISDN ถูกนำพามาในฟิดล์ข้อมูล ของเฟรมข้อมูล LAPD ในชั้นที่ 2



รูปที่ 28 แสดงรูปแบบของข้อคาม Q.931 (I.451)

รูปแบบของข้อความจะมีพื้นฐานในการใช้เหมือนกันทั้งหมด ซึ่งมีการกำหนดไว้ใน REC.I.451(Q.931) รูปแบบชั้นข้อความในระดับชั้นที่ 3 นี้แสดงไว้ในรูปที่ 28 แล้ว ส่วนหัวข้อนี้จะให้รายละเอียดอย่างย่อของรูปแบบข้อความเหล่านี้

2.1 โปรโตคอลดิสครีมมิเนตอร์ (PC – Protocol Discriminator) จะใช้ในการแบ่งแยกข้อความควบคุม สำหรับควบคุมการเรียกระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย ออกจากข้อความอื่นๆเช่นหากมีโปรโตคอลชั้นที่ 3 สองตัวถูกใช้งานบนช่องสัญญาณ D คือ Q .913 และ X .25 จะเห็นว่าการเข้ารหัสของแพ็คเก็ต X.25 นั้นบิทที่ 5 และ 6 ของออกเตทแรกจะไม่เป็น 0 ทั้งคู่ดังนั้นทุกออกเตทของโปรโตคอลดิสครีมมิเนเตอร์ที่เป็น 0 ใน บิทที่ 5 และ 6 ทำให้สามารถรู้ทันทีว่าไม่ใช่โปรโตคอลของ X .25 แต่จะเป็นข้อความของ Q . 931

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิทที่									จุดประสงค์
	8	7	6	5	4	3	2	1	
	0	0	0	0	0	0	0	0	มีการใช้ใน I.451 มาสามารถนำมาใช้ในข้อความของ
ถึง	0	0	0	0	0	1	1	1	โปรโตคอลดิสคริมมิเนเตอร์
	0	0	0	0	1	0	0	0	ข้อความควบคุมการเรียกในโครงข่ายของผู้ใช้ I.451
	0	0	0	1	0	0	0	0	สำรองสำหรับชั้นโครงข่ายอื่นหรือโปรโตคอลชั้นที่ 3
ถึง	0	0	1	1	1	1	1	1	รวมทั้ง X.25
	0	1	0	0	0	0	0	0	สำรองไว้สำหรับการใช้ภายในประเทศ
ถึง	0	1	0	0	1	1	1	1	
	0	1	0	1	0	0	0	0	สำรองสำหรับชั้นโครงข่ายอื่นหรือโปรโตคอลชั้นที่ 3
ถึง	1	1	1	1	1	1	1	1	รวมทั้ง X.25
									ค่าอื่นๆทั้งหมดถูกสำรองเอาไว้

ตารางที่11 แสดงค่าและคำอธิบายของโปรโตคอลดิสคริมมิเนเตอร์

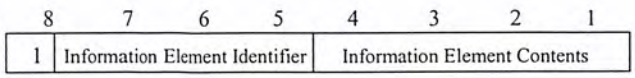
2.2 ค่าอ้างอิงในการเรียก (CRV – Call Reference V alue) เป็นค่าที่ถูกใช้โดยผู้ใช้และโครงข่าย เพื่ออ้างอิงถึงการเรียกที่กระทำอยู่ CRV ถูกกำหนดที่จุดเริ่มต้นของการเรียกและคงอยู่จนกระทั่งการเรียกถูกเทอร์มิเนต ค่าอ้างอิงในการเรียกจะประกอบไปด้วยฟิลด์ย่อย 3 ฟิลด์ด้วยกันฟิลด์ย่อยส่วนแรกจะเป็นการบอกความยาวของฟิลด์ค่าอ้างอิงในการเรียกที่จะตามมา ฟิลด์ย่อยอีกส่วนจะเป็นค่าแฟล็กอ้างอิงการเรียก (Call Reference Flag) ซึ่งจะเป็นบิทอันดับสูงของค่าอ้างอิงในการเรียก บิทนี้จะถูกใช้เพื่อชี้จุดสุดท้ายของการเชื่อมทางลอจิกที่เกิดจากการอ้างอิงการเรียก โดยถ้าค่าแฟล็กเป็น 1 แสดงว่าเป็นผู้ถูกเรียกหากค่าเป็น 0 แสดงว่าเป็นผู้เรียก ฟิลด์ย่อยสุดท้ายจะเป็นส่วนรายละเอียดของค่าอ้างอิงในการเรียก

2.3 ชนิดของข้อความ (Message Type) จะเป็นการใช้ข้อความที่อ้างถึงใน Q.931 (I.451) เพื่อทำการส่งระหว่างผู้ใช้กับโครงข่ายส่วนรายละเอียดของข้อความต่างๆจะใช้ในการควบคุมการทำงานทางผู้ใช้และทางโครงข่ายซึ่งรายละเอียดของข้อความจะขึ้นอยู่กับชนิดของข้อความนั้นในภาคผนวกจะเป็นการแสดงข้อความต่างๆตามข้อกำหนด Q.931 (I.451)

ชนิดของข้อความจะมีรายละเอียดว่าเป็นคำสั่งหรือตอบรับและมีรายละเอียดส่วนประกอบของข้อความ (Information Element) โดยรูปแบบส่วนประกอบของข้อความจะมีอยู่ 2 แบบด้วยกันคือรูปแบบส่วนประกอบข้อความชนิดออกเดทเดียวเหมือนดังในรูปที่ 29 และรูปแบบส่วนประกอบข้อความที่ความยาวเปลี่ยนแปลงได้ดังในรูปที่ 30

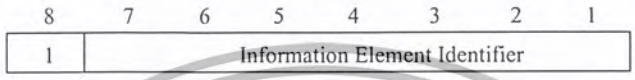
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิท



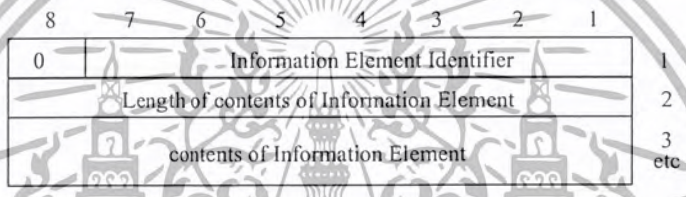
แบบที่1

บิท



แบบที่2

รูปที่ 29 แสดงรูปแบบส่วนประกอบข้อความชนิดออกเดทเดียว

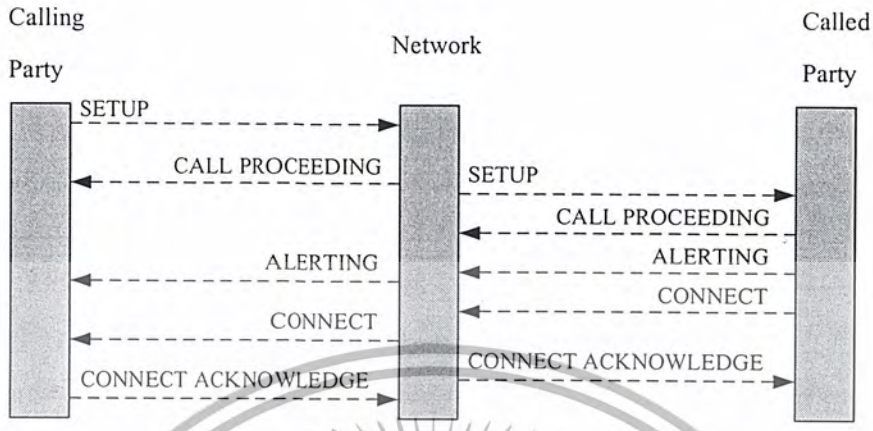


รูปที่ 30 แสดงรูปแบบส่วนประกอบข้อความที่เปลี่ยนแปลงความยาวได้

3. การติดต่อแบบเบสิกเซอร์กิตโหมด

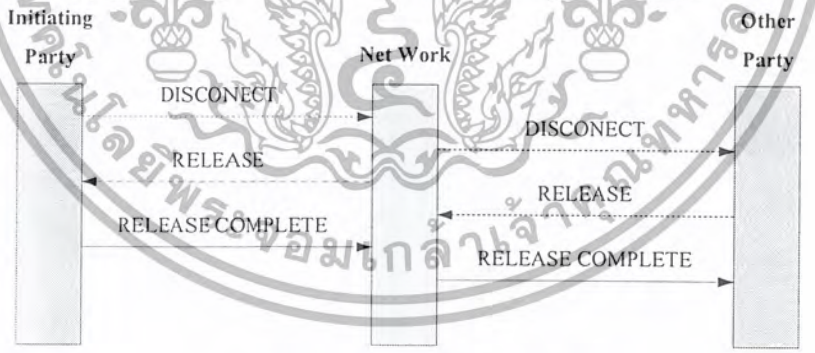
เมื่อผู้เรียกเริ่มการเรียกโดยส่งข้อความ SETUP ไปยังโครงข่าย ในข้อความ SETUP นี้จะมีข้อมูลที่โครงข่ายต้องการเพื่อต่อการเรียกให้ เช่น หมายเลขผู้เรียก หมายเลขปลายทาง และข้อมูลแสดงความต้องการของ Bearer Service โครงข่ายจะตรวจสอบให้แน่ใจว่าเนื้อหาของข้อความมีความถูกต้องสมบูรณ์ก็จะส่งข้อความ CALL PROCEEDING กลับไปยังผู้เรียกเพื่อแสดงว่าการร้องขอมีการกระทำอยู่ โครงข่ายจะทำการต่อช่องสัญญาณ B ให้ด้วยและเริ่มการ SETUP ไปยังปลายทาง ที่อุปกรณ์ปลายทางโครงข่ายจะส่งข้อความ SETUP ไปยังผู้ถูกเรียกด้วยข้อความ SETUP นี้ไม่ได้เหมือนกับที่ผู้เรียกส่งไปยังโครงข่ายเพราะว่าแต่ละโปรโตคอลของการเชื่อมต่อรองรับการเชื่อมต่อแบบ local ค่าที่แตกต่างกันก็มีเช่น ค่าอ้างอิงการเรียก (CRV) และคุณสมบัติบางอย่างของการเชื่อมต่อแบบเบสิกเรตหรือไพมารีเรตใน ISDN ผู้ถูกเรียกก็จะส่งข้อความ ALERT เป็นการบอกโครงข่ายว่าอุปกรณ์ของผู้ถูกเรียกรับรู้แล้วโครงข่ายจะสร้างข้อความ ALERT ส่งไปยังผู้เรียกอีกที่ เมื่ออุปกรณ์ผู้ถูกเรียกยอมรับก็จะส่งข้อความ CONNECT ไปให้โครงข่ายและเมื่อโครงข่ายรับข้อความ CONNECT นี้จะทำให้ทางเดินเซอร์กิตสวิทช์ในช่องสัญญาณ B มีความสมบูรณ์และส่งข้อความ CONNECT ไปยังผู้เรียกส่วนข้อความ CONNECT ACKNOWLEDGE ก็จะส่งกลับไปให้ผู้ถูกเรียก ทางด้านผู้เรียกก็จะมีข้อความ CONNECT ACKNOWLEDGE ไปยังโครงข่ายเช่นกันทำให้การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ปลายทางทั้ง 2 สามารถสื่อสารกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 31 แสดงการตอบโต้ข้อความในการเรียกแบบเซอร์กิตโหมด

ส่วนการยกเลิกการเรียกนั้นมีความง่ายกว่าการ SETUP มากซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังรูปที่ 32 โดยเริ่มต้นจากเมื่ออุปกรณ์ปลายทางด้านหนึ่งส่งข้อความ DISCONNECT ไปยังโครงข่ายแล้วยกเลิกการต่อตัวมันเองจากช่องสัญญาณ B โครงข่ายจะส่งข้อความ RELEASE กลับไปยังอุปกรณ์ที่เริ่มการยกเลิก การต่อและส่งข้อความDISCONNECT ไปยังคู่สนทนาอีกด้านหนึ่งอุปกรณ์ปลายทางด้านนี้ก็จะตอบด้วยข้อความ RELEASE เป็นการปลดปล่อยช่องสัญญาณ B เช่นกัน ด้านผู้ยกเลิกการเรียกจะส่งข้อความ RELEASE COMPLETE ไปยังโครงข่ายและโครงข่ายก็มีข้อความเดียวกันไปยังอีกด้านหนึ่งที่เวลานี้โครงข่ายปลดปล่อยช่องสัญญาณ B อย่างสมบูรณ์



รูปที่ 32 แสดงการยกเลิกการติดต่อ

ลักษณะการเข้าสู่โครงข่าย ISDN

จะอาศัยนิยามของการแบ่งกลุ่มหน้าที่ละจุดอ้างอิง เพื่อใช้ในการจัดลักษณะความเป็นไปได้ต่างๆในการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโครงข่ายทางITUได้ทำการกำหนดลักษณะต่างๆได้ดังรูปที่33จะสังเกตเห็นได้ว่าทางด้านของผู้ใช้จะมีการเชื่อมต่อที่จุด S และ Tจะเชื่อมต่อที่จุด S โดยไม่มีจุด (T) การเชื่อมต่อที่จุด T โดยไม่มีจุด(S) หรือการเชื่อมต่อรวมทั้งจุดS-T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีแรกการเชื่อมต่อที่จุดS และ T ดังรูปที่ 33 (a)และ (b) เป็นวิธีการที่ตรงที่สุดตามโครงข่ายของการเชื่อมต่อซึ่งมีอุปกรณ์ 1 ตัวหรือมากกว่าใช้ในแต่ละกลุ่มหน้าที่

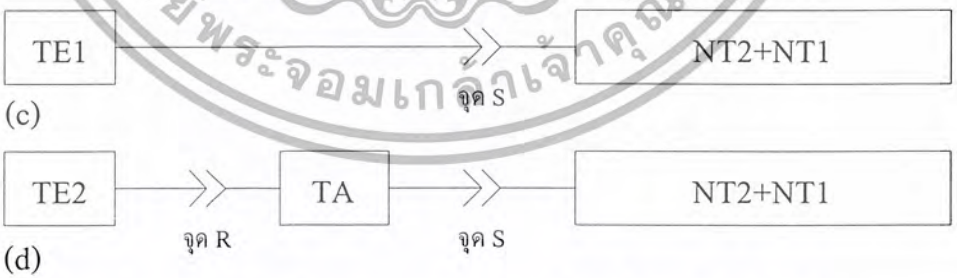
ในกรณีที่ 2 การเชื่อมต่อที่จุด S (โดยไม่มีจุดT) ดังรูปที่33(c) และ(d) หน้าที่ของ NT 1 และ NT2 จะถูกนำมารวมกันซึ่งเป็นการรวมหน้าที่ของการเชื่อมต่อคู่สายเข้ากับฟังก์ชั่นในการเชื่อมต่อ ISDN อื่นๆ

ในกรณีที่ 3 การเชื่อมต่อที่จุด T(โดยไม่มีจุด S) ดังรูปที่ 33 (e) และ (f) จะเป็นการรวมหน้าที่ของ NT2 เข้ากับหน้าที่ของ TE ความเป็นไปได้ของกรณีนี้คือ ระบบคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่ใช้การทำงานในโหมดแพ็คเก็ตสวิทชิ่งและสามารถจะทำการจัดทรั้งค์ที่ใช้ได้ด้วย

ในกรณีที่ 4 การเชื่อมต่อที่จุด S-T ดังรูปที่33(g) และ(h) จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะ สำคัญของการเชื่อมต่อใน ISDN ที่สามารถเข้ากันได้ทางด้านอุปกรณ์ของผู้ใช้ เช่น โทรศัพท์ที่สามารถต่อเข้าโดยตรงเข้ากับจุดต่อของลูปผู้ใช้

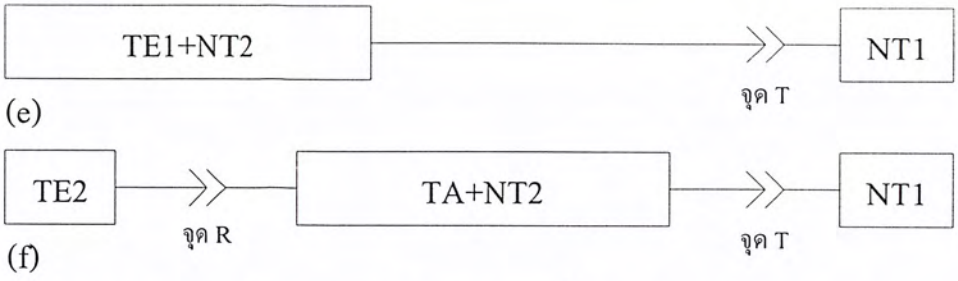
จากในรูปที่ 34 เป็นตัวอย่างของการจัดการทำงานของผู้ใช้ใน NT1 และ NT2 ตัวอย่างนี้จะแสดงให้เห็นถึงฟังก์ชั่น ของISDN สามารถดำเนินการได้โดยใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างกันตัวอย่างเช่นในรูปที่ 34(c) แสดงให้เห็นว่าระบบ LAN สามารถเข้าต่อกับระบบ ISDN ได้ ขณะที่อุปกรณ์ผู้ใช้มีการเชื่อมต่อที่แตกต่างกัน

ลักษณะการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDN ที่จุดอ้างอิง S และ T

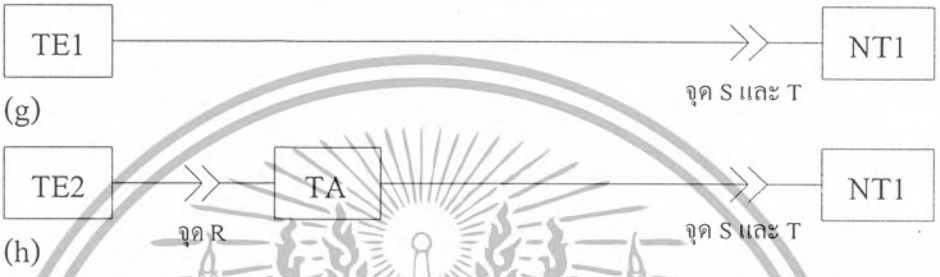


ลักษณะการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDN ที่จุดอ้างอิง S เพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



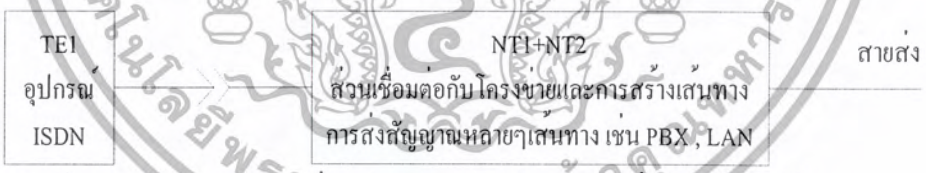
ลักษณะการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDN ที่จุดอ้างอิง T เพียงอย่างเดียว



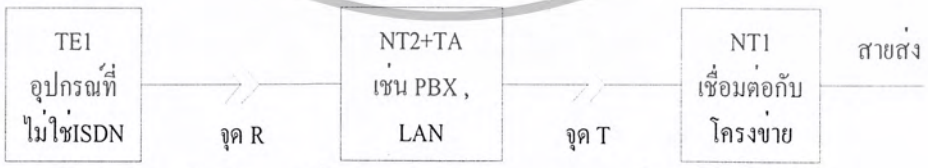
ลักษณะการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDNในขอบเขตของจุดอ้างอิงทั้งสองคือS และ T

รูปที่ 33 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อทางกายภาพต่างๆ

(a) เป็นการแสดงตัวอย่างการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDN ที่จุด S และ T

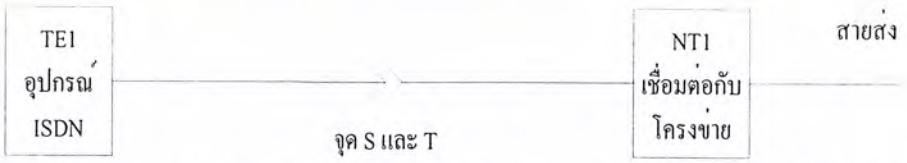


(b) เป็นการแสดงตัวอย่างการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDN ที่จุด S โดยไม่มีจุด T



(c) เป็นการแสดงตัวอย่างการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDN ที่จุด T โดยไม่มีจุด S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(d) เป็นการแสดงตัวอย่างการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDN ที่ขอบข่ายของ S และ T รวมกัน

รูปที่ 34 แสดงการทำงานของอุปกรณ์ NT1 และ NT2 แบบต่างๆ

มาตรฐานต่างๆของ ISDN

มีหลายๆประเทศได้กำหนดมาตรฐานของ ISDN ขึ้นมาใช้งานเองเป็นการภายในโดยรายละเอียดปลีกย่อยแตกต่างกันออกไปเช่น

1. ETSI โปรโตคอล ETSI นี้ได้กลายมาเป็น ISDN มาตรฐานที่ถูกใช้มากในยุโรป ETSI (European Telecom Standads Institute) เป็นสถาบันกำหนดการสื่อสารของยุโรป
2. 1TR6 โปรโตคอล1 TR6 นี้เป็นโปรโตคอล ISDN ภายในประเทศเยอรมันกับอุปกรณ์ ISDN ที่ผลิตขึ้นมาใช้งานภายในประเทศเอง
3. VN4 เป็นโปรโตคอลประเทศฝรั่งเศส มีหลายๆอย่างคล้ายกับ ETSI จะแตกต่างกันตรงโครงสร้างข้อมูลชั้นที่ 3 และชิ้นส่วนข้อมูล
4. DASS & DPNSS ได้ถูกนำมาให้บริการ ISDN แบบเบสิกเรต (BRI) และถูกใช้ต่อเนื่องมายังบริการแบบไพมารีเรต (PRI) ภายในประเทศอังกฤษ DASS มีพื้นฐานมาจากรูปแบบอ้างอิง OSI เหมือนกันแต่ที่ชั้นที่ 2 มีการควบคุมที่แตกต่างกันอยู่ และ โครงสร้างชั้นที่ 3 ที่แตกต่างกัน
5. INS64 NTT เป็นมาตรฐาน ISDN นี้ขึ้นมาใช้ในประเทศญี่ปุ่น
6. AT&T โปรโตคอลนี้เป็นโปรโตคอลที่ใช้ใน ISDN สำหรับใช้กับชุมสาย5 ESS ของ AT&T ทั้ง BRIและ PRI โปรโตคอลนี้ปฏิบัติตามคำแนะนำของ ITU และมาตรฐานของ Bellcore

ความแตกต่างของมาตรฐานต่างๆที่แสดงไว้จะมีความแตกต่างกันในชั้นที่ 2 และ 3 ของ OSI บางแห่งจะมีความแตกต่างชนิดของข้อความเพียงอย่างเดียว ที่มีการจัดรหัสไม่เหมือนกันอยู่

การปรับแต่งให้เครื่องโทรศัพท์แบบดิจิตอลที่สร้างขึ้นสามารถใช้งานให้กับมาตรฐานในที่อื่นๆนั้นสามารถที่จะทำได้โดยการเขียนโปรแกรมของเครื่องให้ทำการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลในชั้นที่ 2 และ 3 ให้เป็นไปตามโปรโตคอลของมาตรฐานนั้นๆ รวมทั้งระดับขั้นตอนในการประมวลผลระหว่างเทอร์มินอลกับโครงข่าย ISDN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและสร้าง

ภาคหน่วยประมวลผลกลาง (CPU)

หน่วยประมวลผลกลางจะใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89S52 ซึ่งมีหน่วยความจำ 8 กิโลไบท์ เก็บโปรแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์ดิจิตอล ทำการเลือกและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภาคต่างๆ ทำการตรวจสอบและควบคุมการสร้างซิกแนลลิ่งที่จำเป็นต้องใช้ในเครื่องโทรศัพท์ดิจิตอลนี้ เช่นการตรวจสอบการยกหู (off hook) การวางหู (on hook) การสร้างสัญญาณกระดิ่ง (Ringing tone) และสัญญาณสายไม่ว่าง (Busy) เป็นต้น รวมถึงซิกแนลลิ่งที่ใช้ติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ดิจิตอลกับโครงข่ายบริการร่วมแบบดิจิตอล (ISDN) ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 วงจรของภาคหน่วยประมวลผลกลางแสดงไว้ในรูปที่3 5

รูปที่3 5วงจรภาคหน่วยประมวลผลกลาง (CPU)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

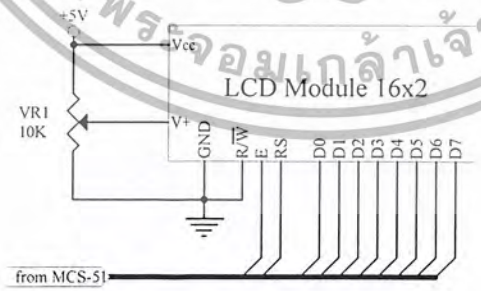
จากวงจรตำแหน่งขา AD0-AD7 ของCPU ทำหน้าที่เป็นบัสแอดเดรสและบัสข้อมูล D0-D7 สลับกันให้กับไอซี MT8930 เพราะฉะนั้นจึงต้องใช้ขา ALE ทำการ latch บัสแอดเดรสไว้ และใช้ขา P1.2 เป็นขา CS (Chip select)

ที่ขา TXD และ RXD(ขา 10 และ11) มีหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบอนุกรมติดต่อกับไอซี MT9094 โดยจะใช้โหมดการทำงานในโหมด 0 ของ CPU ควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล การทำงานของพอร์ทสื่อสารแบบอนุกรมในโหมดนี้จะไม่มีบิทเริ่มต้นของข้อมูล (start bit) และบิทสิ้นสุดของข้อมูล (stop bit) โดยจังหวะการรับและส่งข้อมูลจะถูกกำหนดจากสัญญาณ shift clock ที่ขา TXD และทำการเลือกอุปกรณ์โดยขา P1.3

ที่ขา P2.0-P2.6 กำหนดให้ทำหน้าที่ตรวจและรับข้อมูลจากคีย์แพดสวิตช์ แล้วทำการส่งข้อที่ประมวลผลแล้วออกทางบัสข้อมูลเพื่อทำการแสดงผลทาง โมดูล LCD และส่งให้กับไอซี MT8930 เพื่อใช้เป็นหมายเลขปลายทางที่ทำการเรียกในซิกแนลลิ่ง

ภาคแสดงผล (DISPLAY)

ภาคนี้จะใช้ LCD (Liquid Crystal Display) โมดูลเป็นตัวแสดงผลการทำงานและสภาวะต่างๆ ของเครื่อง เนื่องจาก LCD จะกินกระแสน้อยและมีน้ำหนักเบารวมทั้งทำงานได้ด้วยระดับไฟเลี้ยงเพียง 5 V เท่านั้น โดยแสดงผลเป็นแบบ dot matrix ขนาด 7*5 จุด จำนวน 4*16 ตัวอักษร ใช้ไอซีแบบ LSI ของฮิตาชิ เบอร์ HD44100FS ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม (controller) และขับตัวแสดงผล (diver) อีกทีหนึ่ง ซึ่งจะทำการรับข้อมูลมาจากหน่วยประมวลผลกลางหรือ CPU ที่ส่งข้อมูลออกมาทางบัสข้อมูลแบบขนาน โดยควบคุมการอ่านและการเขียนข้อมูลที่ ขา A0 และ A1 ส่วนที่ขา VC จะมีตัวต้านทานปรับค่าได้ทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งแรงดันจากไฟ Vcc ไปไบอัสให้กับจอ LCD เป็นการปรับความเข้มของจอด้วย ดังในภาพที่ 37 และที่ขา E ต้องมี inverter เพื่อกลับลอจิกที่ส่งมาจาก74 HC 138เนื่องจาก LCD โมดูลนี้อนุญาติให้อ่านหรือเขียนข้อมูลลงภายในหน่วยความจำของตัวคอลโทรลเลอร์ HD4780A00 ด้วยลอจิก high (+5V)



รูปที่36 แสดงส่วนที่เป็น LCD โมดูลและบัสต่างๆที่ต่อเข้ากับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU)

การต่อ LCD โมดูลจะต่อเข้ากับระบบไมโครคอลโทรลเลอร์ได้ 2 ลักษณะ คือแบบ Memory Map โดย CPU จะมองเห็น LCD เป็นอุปกรณ์รอบข้างตัวหนึ่งที่สามารถอ่านและเขียนข้อมูลลงไปได้ ทำให้การต่อแบบนี้เสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ที่สามารถทำเป็นหน่วยความจำไปส่วนหนึ่ง และแบบ I/O Port โดยผ่านอุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุทเช่น ไอซีเบอร์82 C55 ทำให้แบบที่สองนี้สามารถเขียน ข้อมูลให้ LCD module ได้อย่างเดียวไม่สามารถอ่านข้อมูลกับได้ จึงต้องใช้การหน่วงเวลาของระบบไมโครคอลโทรลเลอร์เองเพื่อรอให้ LCD module กระทำขบวนการต่างๆภายในให้เสร็จสิ้นก่อน ซึ่งทั้งสองแบบนี้มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป งจรที่ออกแบบนี้จะเป็นการต่อใช้งานในแบบแรกคือแบบ Momory Map ดังในรูปที่3 6 ซึ่งมีความรวดเร็วในการแสดงผลมากกว่าแบบที่สอง

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F

ตารางที่ 12 แสดงตำแหน่งหน่วยความจำของแต่ละตัวอักษรภายใน LCD โมดูล

ตารางแสดงให้เห็นถึงตำแหน่ง memory map ในจอแสดงผลซึ่งมีอยู่ 4*16 ตัวอักษร ซึ่งจะแสดงผลได้เฉพาะภาษาอังกฤษและตัวเลขจำนวน 160 ตัว และสัญลักษณ์พิเศษอีก 32 ตัว

โดยตำแหน่งของตัวอักษรในบรรทัดแรกอยู่ที่4000 H ถึง400 FH

ตำแหน่งของตัวอักษรในบรรทัดที่สองอยู่ที่4040 H ถึง404 FH

ตำแหน่งของตัวอักษรในบรรทัดที่สามอยู่ที่4010 H ถึง401 FH

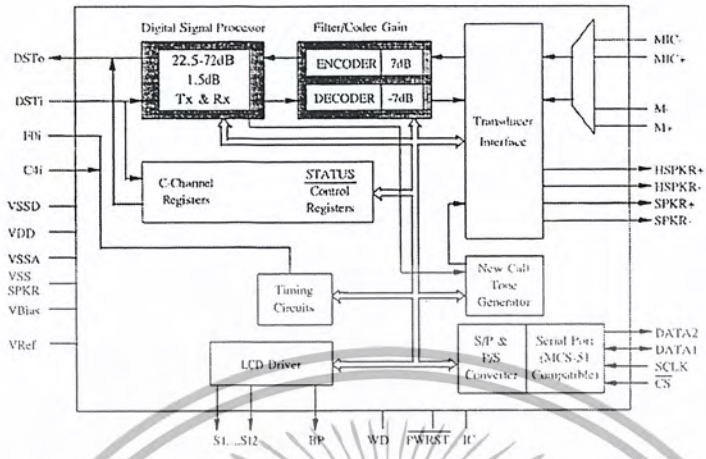
ตำแหน่งของตัวอักษรในบรรทัดที่สี่อยู่ที่4050 H ถึง405 FH

ซึ่งแต่ละบรรทัดจะมีจำนวนตัวอักษรอยู่ 16 ตัว จำนวน 4 บรรทัด

การออกแบบวงจรอินพุท/เอท์พุทอนาล็อก

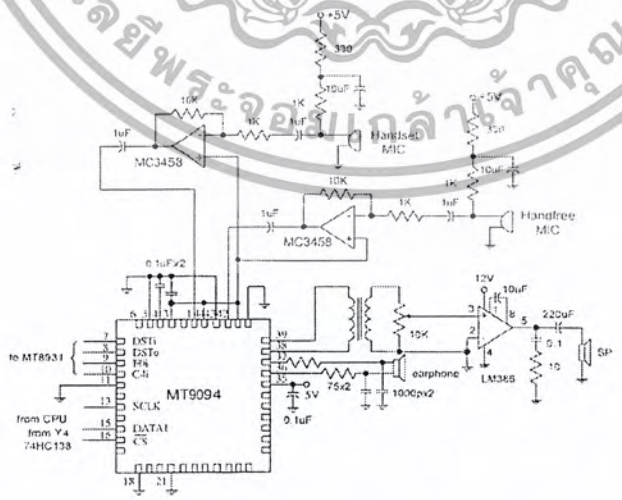
การออกแบบวงจรอินพุท/เอท์พุทอนาล็อก ในส่วนนี้จะใช้ไอซีโทรศัพท์ดิจิตอลของ MITEL เบอร์ MT9094 มาทำการออกแบบวงจร เนื่องจากอุปกรณ์ตัวนี้ได้รวบรวมหน้าที่ต่างๆของโทรศัพท์ดิจิตอลไว้จำนวนมากและมีความง่ายต่อการออกแบบ บล๊อกไดอะแกรมของไอซีเบอร์ MT9094 ได้แสดงไว้ในรูปที่3 7 วงจรอินพุท/เอท์พุทอนาล็อก จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงที่มาจากไมโครโฟนให้มีระดับสูงขึ้นทั้งไมโครโฟนของแฮนด์เซ็ทและไมโครโฟนในตัวเครื่องโทรศัพท์ที่นำมาใช้ในระบบแฮนด์ฟรี (Handfree) โดยผ่านปรีแอมป์ (pre-amp) ที่ใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ MC3458 จัดวงจรเป็นแบบ non-inverting มีเกนการขยายประมาณ 10 เท่า แล้วส่งให้ภาคการเข้ารหัส (Encoder) ภายในไอซีเบอร์ MT9094 ทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบ PCM (Pulse Code Modulation) โดยผ่าน Digital Signal Processor ภายในชิฟอีกที ซึ่งจะสามารถควบคุมเกนการขยายของสัญญาณด้ารับและด้านส่งได้ตั้งแต่ 72- dB ถึง + 22.5 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3 7 แสดงบล็อกไดอะแกรมของไอซี MT9094

จากรูปที่3 8 เป็นวงจรสมบูรณ์ของภาคอินพุท/เอาท์พุทอนาล็อก เห็นได้ว่าไมโครโฟนของแฮนด์เซ็ทและแฮนด์ฟรี จะมีอินพุทอยู่คนละตำแหน่ง ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกในการใช้งานที่สามารถเลือกได้โดยใช้ซอฟแวร์ควบคุมรีจิสเตอร์ที่อยู่ภายในตัวไอซี MT9094 ผ่านพอร์ทอนุกรมของตัวไมโครคอลโทรลเลอร์ 80C52ว่าจะให้ใช้งานเป็นตัวแฮนด์เซ็ทหรือแฮนด์ฟรีวงจรส่วนที่เป็นภาคของอินพุท/เอาท์พุทอนาล็อก เอาท์พุทของไอซีที่จะไปต่อกับลำโพงเพื่อใช้งานเป็นแฮนด์ฟรี สปีกเกอร์โฟน (speaker phone) ที่ขา 39 จะผ่านไอซีสำหรับขยายเสียงอีกตัวหนึ่งเพื่อให้มีความดังพอที่จะได้ยินเสียงขณะสนทนาได้ดีขึ้น ส่วนเอาท์พุทของแฮนด์เซ็ทามารถต่อโดยตรงเข้ากับหูฟังได้เลย โดยผ่านตัวต้านทานค่า 75 โอห์ม 2 ตัว และมีตัวเก็บประจุคอยกรองความถี่สูงอีก 2 ตัว



รูปที่ 38 วงจรอินพุท/เอาท์พุทอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านฝั่งที่เป็นดิจิตอล อินพุท/เอท์พุท ของสัญญาณดิจิตอล จะอยู่ที่ตำแหน่งของขา 7 ถึง 10 ใช้ในการรับส่งสัญญาณดิจิตอลที่ติดต่อกับส่วนของวงจร I- interface สัญญาณดิจิตอลของเสียงที่เป็นลักษณะ PCM ที่จุดนี้จะมีการสุ่มสัญญาณประมาณ 8000 ครั้งต่อวินาที และเข้ารหัสข้อมูลแบบ 8 บิท ทำให้ได้อัตราเร็วเป็น 64 กิโลบิทต่อวินาที เท่ากับความเร็วที่ต้องใช้ในช่องสัญญาณ B ของโครงข่าย ISDN

ส่วนของการควบคุมรีจิสเตอร์ภายในจะใช้โปรแกรมควบคุมผ่านไมโครคอลโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 80C52 ซึ่งขาควบคุมของไอซี MT9094 ที่จะติดต่อกับไมโครคอลโทรลลเลอร์นี้ จะอยู่ที่ตำแหน่งของขา 13 ถึง 16 โดยขา 13 เป็นจังหวะของสัญญาณนาฬิกาที่ส่งมาจาก CPU ส่วนขา 15 เป็นขาที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลกับ CPU และขา 16 เป็นอินพุทที่ใช้ในการเลือกชิพตัวนี้ การเขียนข้อมูลลงรีจิสเตอร์ภายในจะกระทำผ่านขาเหล่านี้ โดยจะมองไอซีตัวนี้เป็นอุปกรณ์รอบข้างตัวหนึ่งเหมือนกัน โหมดของการติดต่อระหว่างไมโครคอลโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อินพุท/เอท์พุท อนาล็อก จะอยู่ในการสื่อสารอนุกรมโหมด 0 และเป็นแบบซิงโครไนส์

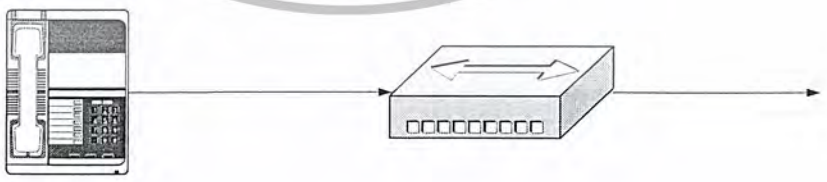
การทำงานในโหมด 0 ของไมโครคอลโทรลเลอร์ จะใช้ขาที่ 10 และ 11 ซึ่งสามารถกำหนดเป็นพอร์ทสื่อสารแบบอนุกรมได้ถึง 4 โหมด โดยขาที่ 10 (Rx) จะใช้เป็นช่องทางสำหรับรับหรือส่งข้อมูลแบบอนุกรม ส่วนที่ขา 11 (Tx) ใช้งานในการสร้างสัญญาณนาฬิกาเพื่อกำหนดจังหวะในการรับหรือส่งข้อมูล

ข้อมูลที่ส่งออกไปจากตัวไมโครคอลโทรลเลอร์หรือข้อมูลที่รับจากภายนอกจะมีจังหวะเดียวกับสัญญานาฬิกานี้ ในโหมดนี้การรับส่งข้อมูลจะเป็นแบบ 8 บิท โดยเริ่มรับหรือส่งด้วยบิทที่มีความหายต่ำสุดก่อน และอัตราเร็วในการรับ-ส่งของสัญญาณาฬิกาถูกกำหนดไว้ที่ ½ ของความถี่ออสซิลเลเตอร์

ด้านไอซีขยายสัญญาณเสียงสำหรับไว้ใช้งานขณะเป็นแฮนด์ฟรี จะใช้ไอซีเบอร์ LM386 ซึ่งเป็นไอซีขยายสัญญาณเสียงขนาดเล็กใช้ไฟได้ตั้งแต่ 5 ถึง 15 โวลท์ และที่อินพุทจะมีแมทชิ่งทรานส์ฟอร์เมอร์ผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้หนึ่งตัว เพื่อปรับความดังของสัญญาณเสียงให้พอเหมาะแก่การใช้งาน

การออกแบบวงจร I – Interface (MT8930C)

การอกแบบวงจร I – Interface จะออกแบบให้ใช้ในการเชื่อมต่อที่จุดอ้างอิง S ได้ ซึ่งจุดนี้จะเป็นจุดที่ซึ่งอุปกรณ์ ISDN มีความเร็วในการส่งสัญญาณดิจิตอล 64 กิโลบิทต่อวินาที สำหรับใช้กับช่องสัญญาณ B และ 16 กิโลบิทต่อวินาทีสำหรับช่องสัญญาณ D ที่เป็นชนิด2 B+D (BRI) ดังรูปที่41

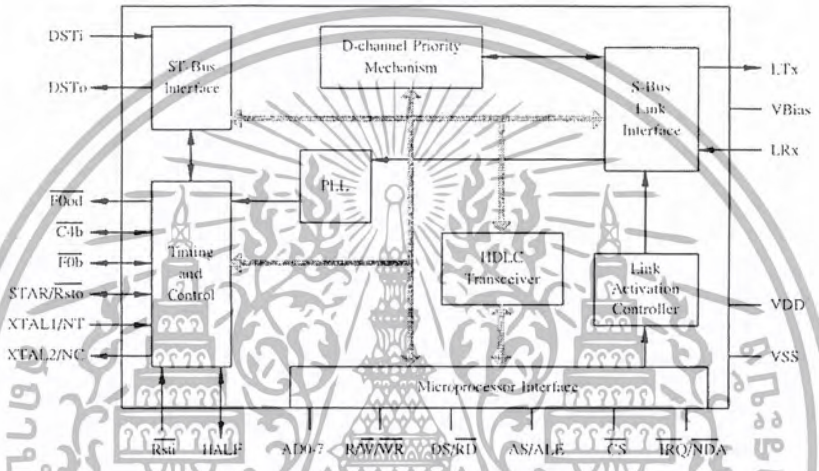


รูปที่ 39 จุดที่นำอุปกรณ์โทรศัพท์ดิจิตอลไปเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 39 แสดงการนำเครื่องโทรศัพท์ดิจิตอลไปเชื่อมต่อกับโครงข่าย โดยทำการเชื่อมต่อที่จุดอ้างอิง S เท่านั้นโดยใช้ RJ-45 โมดูลาร์ปลั๊กและแจ๊ค

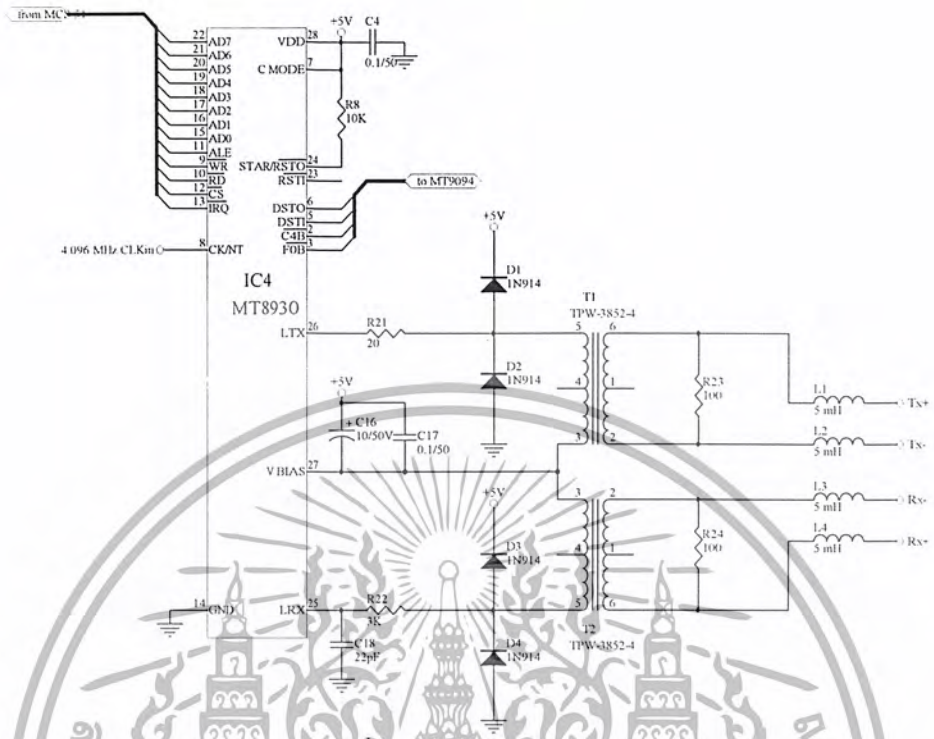
อุปกรณ์ที่จะนำมาออกแบบในส่วนนี้จะต้องสามารถใช้งานร่วมกันได้กับอุปกรณ์ อินพุท/เอาท์พุท อนาล็อก ที่เลือกใช้งานในหัวข้อที่ผ่านมา ดังนั้นจึงเลือกใช้ไอซีเบอร์ MT8930C ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดมาทำการออกแบบ โครงสร้างภายในของไอซีเบอร์นี้แสดงไว้ในบล๊อกไดอะแกรมดังรูปที่ 40



รูปที่ 40 แสดงบล๊อกไดอะแกรมของ MT8930C

ขาอินพุทการรับสัญญาณจากสายจะมีอินพีแดนซ์สูง สำหรับสัญญาณแบบ Pseudoternary ที่ส่งมาถูกต่อผ่านทรานสฟอเมอร์ที่มีอัตราส่วน2 :1 ดังรูปที่4 1 ที่เป็นวงจรใช้งานจริง การใช้ทรานสฟอเมอร์คัพปลิ้งนั้นก็เพื่อให้การต่ออุปกรณ์ปลายทางหลายๆตัวไม่มีผลกระทบต่อกัน ในกรณีที่อุปกรณ์ปลายทางตัวใดตัวหนึ่งไม่มีพลังจ่ายให้หรือไฟฟ้าที่จ่ายให้อุปกรณ์ตัวนั้นดับไปประกอบกับระดับไฟไบอัสดีซีที่อินพุทนี้จะต้องกับ Vbias ด้วย ส่วนทางด้านเอาท์พุทถูกออกแบบเป็นลักษณะแหล่งจ่ายกระแสเพื่อให้สามารถขับโหลดปกติ 50 โอห์ม ได้และส่งสัญญาณออกไปยังคู่สาย ISDN ผ่านทรานสฟอเมอร์อัตราส่วน2 :1 เช่นกันการใช้งานของไอซีเบอร์นี้สามารถออกแบบให้เป็นอุปกรณ์ NT หรือ TE ก็ได้ ในกรณีที่ใช้งานไอซี MT8931C เป็นโหมด TE สำหรับใช้งานเป็นโทรศัพ์ดิจิตอล จึงจำเป็นต้องต่อ X-tal 4.096 MHz เข้ากับขา XTAL1 (ขา 8) และ XTAL2 (ขา7) ของไอซีด้วยเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาภายในตัวไอซี ส่วนตำแหน่งขา DSTi และ DSTo ซึ่งเป็นอินพุทและเอาท์พุทของข้อมูลที่ ST Bus ต้องต่อไปยังส่วนของวงจรภาค อินพุท/เอาท์พุท อนาล็อก ที่ใช้ไอซี MT9094 รวมทั้งขา 2 ที่เป็นสัญญาณนาฬิกา 4.096 MHz และขา 3 ที่เป็น Frame Pulse Output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



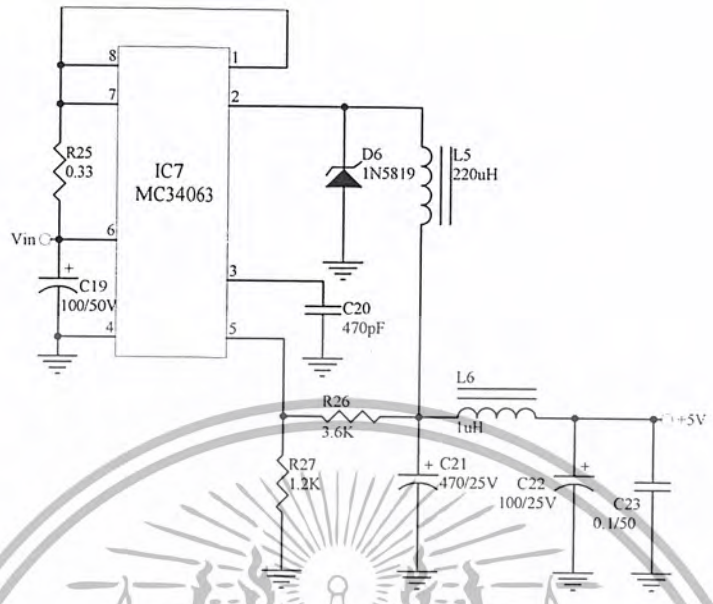
รูปที่4 1 วงจร I- Interface

คอนเนคเตอร์ที่ใช้เชื่อมต่างกายภาพกับคู่สาย ISDN ที่จุดอ้างอิง S เป็นคอนเน็คเตอร์แบบ RJ-45 ซึ่งมีตำแหน่ง TX-RX ดังตารางที่ 5 ตำแหน่งขาเหล่านี้เป็นไปตามมาตรฐาน ISO 8877 ดังนั้นหากเกิดการต่อผิดตำแหน่งขึ้นมาจะทำให้เครื่องโทรศัพท์ดิจิตอลและโครงข่ายไม่สามารถรับ-ส่งสัญญาณกันได้ ตำแหน่งที่ต่อใช้งานจริงคือตำแหน่งขาที่ 6-3 ส่วนขา 2-1 และ 8-7 นั้นไม่ได้ใช้งานการอ่านและเขียนข้อมูลรีจิสเตอร์ภายในไอซี893 0C นี้ กระทำผ่านพอร์ทเชื่อมต่อตัวไมโครคอลโทรลเลอร์ที่ขา AD0-AD7, WR, RD, ALE และ CS ไปยังไอซี8 9S51อีกที โดยจะมีหน้าที่กำหนดช่องสัญญาณ B ว่าจะใช้งานที่ B1 หรือ B2 ส่งสัญญาณซิกแนลลิ่งต่างๆไปยังในช่องสัญญาณ D ที่ตำแหน่งขา AD0-AD7 นี้จะมีการมัลติเพล็กซ์สัญญาณระหว่างข้อมูลและแอสเดรสกันอยู่ ดังนั้นภายในตัวไอซีจึงต้องมีการ latch แอสเดรสไว้เพื่อรอข้อมูลที่จะส่งมาภายหลังเช่นเดียวกับบริเวณหน่วยความจำถาวร

การออกแบบวงจร DC to DC Converter

ในการต่อโทรศัพท์ดิจิตอลไปยังคู่สาย ISDN จะต้องมีวงจร DC to DC Converter เพื่อแปลงไฟ DC ประมาณ 60โวล์ จากคู่สายที่มากับ NT ให้เป็นไฟ DC5 โวลท์ ไปเลี้ยงส่วนต่างๆของวงจรด้วยดังบล๊อกไดอะแกรมในรูปที่ 44 โดยในคู่สาย ISDN ที่ต่อมาจาก NT จะมีความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ขั้ว Tx และ Rx อยู่ เราจะนำความต่างศักย์นี้มาควบคุมชุด converter ให้จ่ายไฟไปควบคุมวงจร ในกรณีที่ NT เสียหายหรือชำรุดไม่มีศักดาไฟฟ้าที่จุดนี้ converter ก็จะไม่ทำงานและหยุดจ่ายไฟไปให้กับวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4 2 แสดงวงจร DC to DC Converter

รูปที่4 2 เป็นวงจรใช้งานของภาค DC to DC Converter โดยจะทำการดีเทคสัญญาณจากคู่สาย ISDN ที่มาจาก NT แล้วสร้างวงจรสวิทซ์ซึ่งขึ้นทำการสวิทซ์เพื่อลดแรงดันจากคู่สายโดยความถี่ที่ใช้ในการสวิทซ์จะอยู่ประมาณ100 kHz ทำให้ได้พัลซ์ออกมาที่เอาท์พุทโดยผ่านทรานซิสเตอร์ขับกระแสภายในตัวไอซี ซึ่งสามารถจ่ายกระแสได้ถึง 1 แอมป์ จากนั้นจึงทำการกรองไฟให้เรียบอีกทีหนึ่งโดยวงจรกรองความถี่ซึ่งใช้ทรานสฟอเมอร์ 220 uH และตัวเก็บประจุขนาด470 uH ทำให้ได้แรงดันไฟกระแสตรงขนาด 5 โวลท์ มาใช้งานป้อนให้ส่วนต่างๆภายในเครื่องโทรศัพท์ดิจิตอลนี้แรงดันไฟเอาท์พุทที่ต้องการนั้นสามารถกำหนดได้จากตัวต้านทานสองตัวที่ต่ออยู่กับขา 5 ของไอซี ทำหน้าที่แบ่งแรงดันจากเอาท์พุทนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง 1.25โวลท์ ภายในตัวไอซี

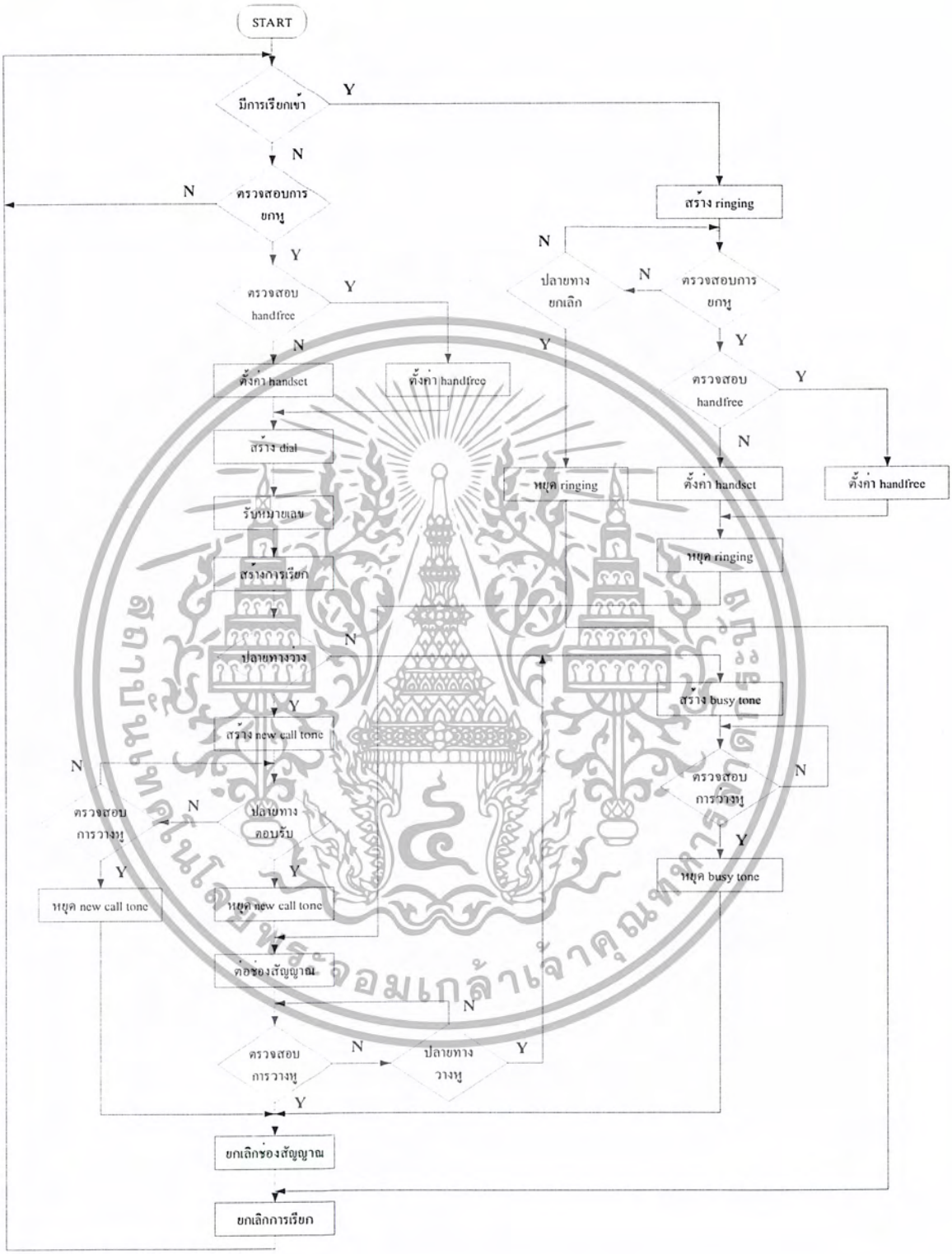
การออกแบบวงจรการทำงาน

การทำงานของโปรแกรมสามารถดูได้จาก โฟว์ชาร์ท ในรูปที่4 3 โดยเมื่อโปรแกรมเริ่มทำงานจะมีการตรวจสอบว่ามีการเรียกเข้ามาหรือไม่ ซึ่งจะสังเกตจากสัญญาณ SETUP ที่งมาจากโครงข่าย ถ้ามีสัญญาณ SETUP เข้ามาแสดงว่ามีการรียกเข้ามาจากภายนอก โปรแกรมก็จะไปทำงานในส่วนของการเรียกเข้าที่จะกล่าวในภายหลัง หากตรวจสอบดูแล้วไม่มีสัญญาณเรียกเข้าก็จะไปตรวจสอบการยกหูโทรศัพท์ ถ้าไม่มีการยกหูโทรศัพท์ก็จะวนไปตรวจสอบการเรียกเข้าที่ต้นโปรแกรมใหม่ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์แสดงว่ามีความต้องการที่จะโทรออก ก็จะไปตรวจสอบว่าการยกหูโทรศัพท์นั้นเป็นแบบแฮนด์เซ็ทหรือแบบแฮนด์ฟรี แล้วจึงตั้งค่าในรีจิสเตอร์ให้ตามที่ต้องการ ต่อจากนั้นจึงสร้าง dial tone ให้ผู้ใช้ทราบเพื่อรอรับหมายเลขที่ต้องการติดต่อ หลังจากรับหมายเลขแล้วจะทำการสร้างเส้นทางการเรียกไปยังปลายทางแล้วคอยตรวจสอบสัญญาณตอบกลับ ถ้าปลายทางไม่ว่างจะมีการสร้างสัญญาณสายไม่ว่าง(busy) บอกให้ทราบแล้วตรวจสอบการวางหู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

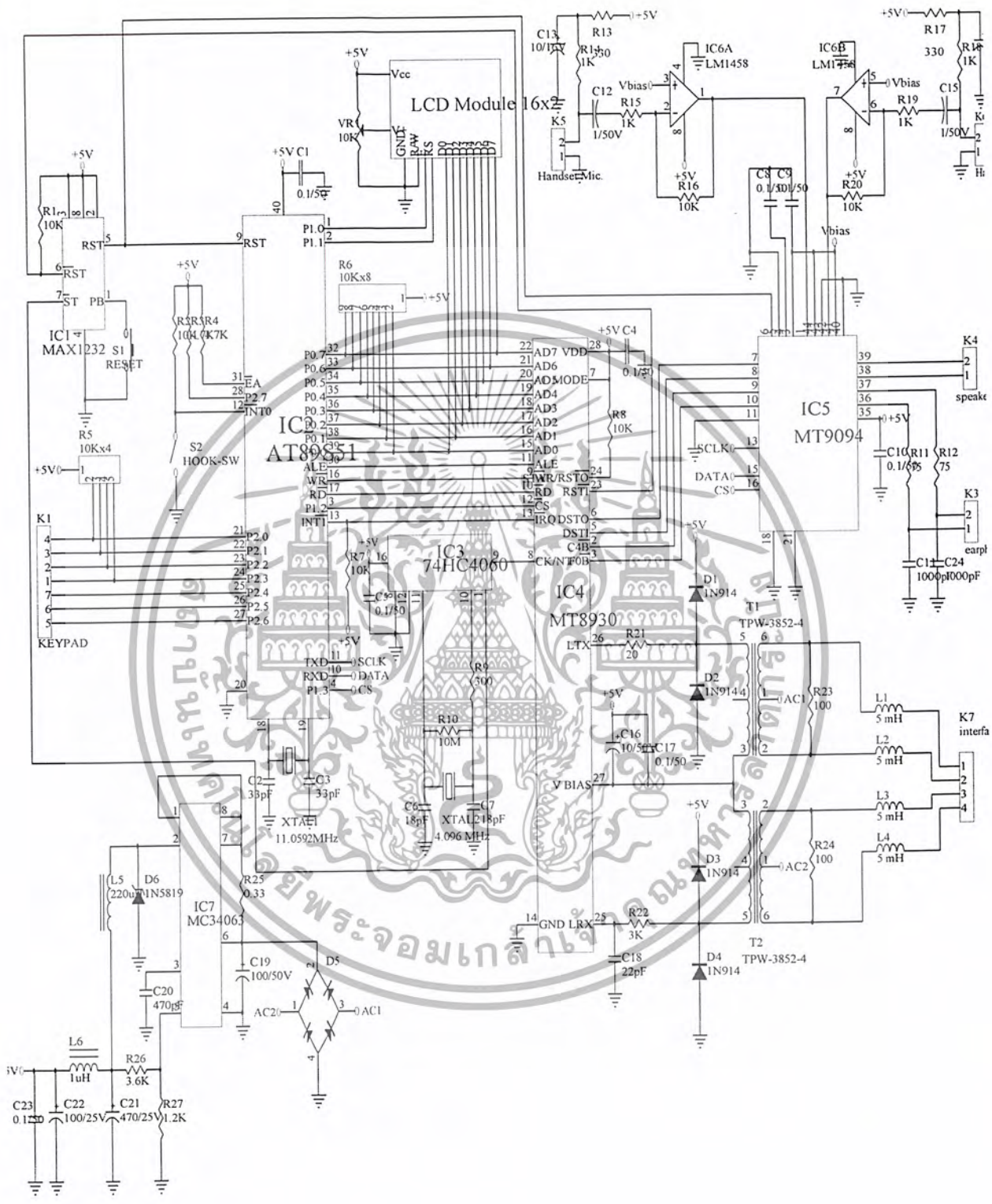
เพื่อยกเลิกการเรียกนั้นๆ เมื่อปลายทางว่างโปรแกรมในตัวเครื่องก็จะสร้างสัญญาณ new call tone ขึ้นมาภายในเป็นสัญญาณบอกให้รู้อีกครั้งหนึ่งขั้นต่อไปก็จะคอยการตอบรับของปลายทางถ้ายังไม่มีการตอบรับก็จะไปตรวจสอบการวางหูโทรศัพท์ของเครื่อง ถ้ามีกรวางหูโทรศัพท์ก็จะหยุดสัญญาณเรียก new call tone ที่สร้างขึ้นมาก็คือสัญญาณ ringback tone ในโครงข่ายโทรศัพท์แบบเก่าแล้วทำการยกเลิกค่าการเรียกต่างๆที่มีอยู่ หากยังไม่มีการวางหูเพื่อยกเลิกก็จะมีการวนกลับไปตรวจสอบการรับสายของปลายทางอีกครั้ง เมื่อปลายทางยกหูตอบรับโปรมแกรมจะหยุดสัญญาณ new call tone ลงและทำการต่อช่องสัญญาณ ให้ทำการติดต่อสื่อสารกันในช่องสัญยาณ B หลังจากนั้นก็จะคอยตรวจสอบการวางหูเพื่อเลิกติดต่อว่าทางด้านไหนเป็นฝ่ายวางหูก่อน หากเครื่องนี้เป็นฝ่ายวางหูก่อนก็จะส่งสัญญาณ DISC เพื่อยกเลิกช่องสัญญาณและค่าการเรียกต่างๆแล้วกับไปเริ่มต้นใหม่ แต่ถ้าปลายทางอีกด้านหนึ่งวางหูยกเลิกก่อน โปรแกรมจะสร้างสัญญาณ busy บอกผู้เพื่อให้วางหูแจ้งยกเลิกการติดต่อไปยังโครงข่าย แล้วจึงกลับไปเริ่มต้นใหม่ที่โปรแกรม ในช่วงของการเรียกเข้าหากตรวจสอบพบว่ามีการเรียกเข้ามาโปรแกรมจะทำการสร้างสัญญาณกระดิ่ง (ringing) ก่อนแล้วจึงค่อยตรวจสอบการยกหูโทรศัพท์ตอบรับหรือการยกเลิกจากอีกด้านหนึ่ง เมื่อมีการยกเลิกจากด้านตรงข้ามก็จะหยุดสัญญาณกระดิ่งแล้วยกเลิกการเรียกเข้ากลับไปตั้งต้นใหม่ ในกรณีที่มีการยกหูก็จะส่งสัญญาณตอบรับกับโครงข่ายจากนั้นจึงตั้งค่าการใช้งานของเครื่องว่าเป็นแบบ แฮนด์เซ็ท หรือ แฮนด์ฟรี แล้วจึงหยุดสัญญาณกระดิ่งพร้อมกับต่อช่องสัญญาณให้ใช้ในงานติดต่อสื่อสารกัน ช่วงนี้ก็จะคอยตรวจสอบการยกเลิกการติดต่อว่าจากทางไหนจึงทำการยกเลิกช่องสัญญาณและค่าต่างๆในการเรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 43 แสดงการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

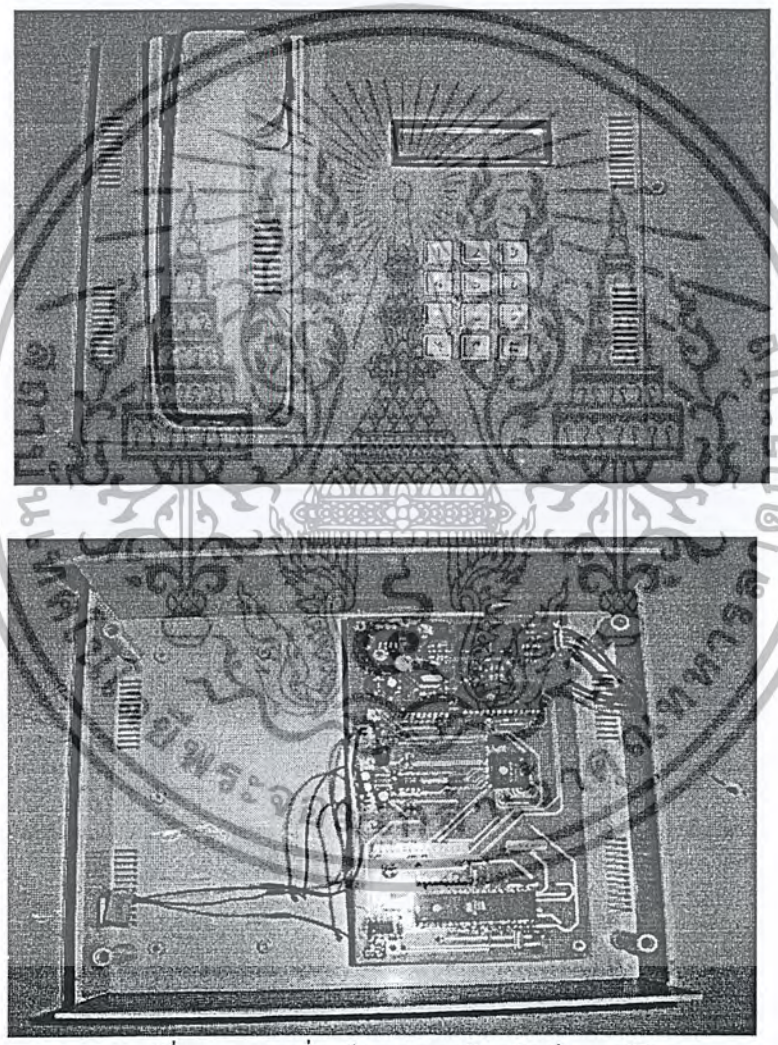


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

การทดลองและผลการทดลอง

จากการทำงานของส่วนต่างๆของโทรศัพท์แบบดิจิตอลในบทที่แล้วทำให้เราออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบโทรศัพท์ดิจิตอลมาใช้งานได้ซึ่งเครื่องต้นแบบในการทดลองนี้จะมีลักษณะดังในรูปภาพที่ 48 เราจะเห็นส่วนประกอบหลักๆของเครื่องได้ เช่น ตัวแสดงผล , คีย์แพด , แฮนด์เซ็ท และส่วนประกอบภายในที่เป็นวงจรรวมขนาดใหญ่(IC แบบ LSI)อยู่บนแผ่นวงจร



รูปที่4 4 แสดงเครื่องต้นแบบของโทรศัพท์ระบบดิจิตอล

การทดสอบเราได้นำเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิตอลนี้มาทดสอบการทำงานโดยการนำไปเชื่อมต่อกับโครงข่าย ISDN ที่ได้จำลองขึ้นมา โดยใช้เครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ของ TEKELEC รุ่น CHAMELEON 32ซึ่งเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์นี้ สามารถทำงานแทนโครงข่าย ISDN จริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

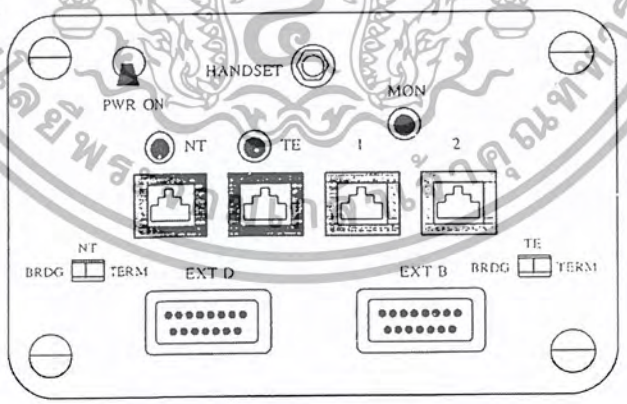
การทดลองจะมี 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการซิมมูเลทโครงข่าย ISDN ที่จะใช้ในการวิเคราะห์ขึ้นมาด้วยเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ และส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์การทำงานของเครื่องโทรศัพท์ระบบดิจิตอลนี้ด้วยเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์เช่นกัน

การซิมมูเลทโครงข่าย ISDN ด้วยเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์

เครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ที่จะนำมาทำการซิมมูเลทโครงข่าย ISDN นี้ จะเป็นของ TEKELEC รุ่น CHAMELEON 32เครื่องรุ่นนี้สามารถทำการซิมมูเลทโครงข่าย INS (Information Network System) ซึ่งเป็นโครงข่าย ISDN ที่ใช้ทำการเชื่อมต่อแบบ BRI (2B+D) การกำหนดการซิมมูเลทใช้งานเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์สามารถทำได้ดังนี้

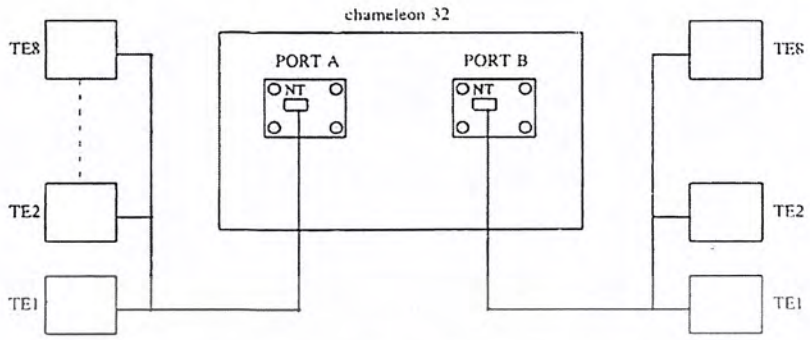
4.1การต่อพอร์ทสำหรับการใช้งาน

ที่ด้านหลังของเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ จะมีพอร์ทสำหรับต่อใช้งานอยู่ 2 พอร์ท คือ พอร์ท A และ พอร์ท B ซึ่งเป็นชนิด Basic Rate Interface โดยทั้งพอร์ท A และพอร์ท B จะมีลักษณะเหมือนกัน โดยมีรูปร่างดังรูปที่49พอร์ททั้งสองจะนี้มีลักษณะเป็นโมดูลที่สามารถเลือกใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งานการใช้งานเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ เพื่อซิมมูเลทการทำงานของโครงข่าย ISDN จะต้องนำอุปกรณ์บริการปลายทาง (TE) มาต่อที่พอร์ท A และพอร์ท B ตรงจุด NT เท่านั้น ดังไดอะแกรมในรูปที่ 45 ในการทดลองของบทนี้จะนำเอาเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิตอลมาต่อเข้ากับเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์เพื่อทำการวิเคราะห์การทำงาน ซึ่งเปรียบเสมือนจุดที่อยู่ระหว่างเครื่องโทรศัพท์ดิจิตอลกับเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์นั้นเป็นจุดอ้างอิง S และเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ก็จะเป็นอุปกรณ์เทอร์มิเนตโครงข่าย(NT)



รูปที่4 5 แสดงจุดต่อใช้งานของพอร์ท A และพอร์ท B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

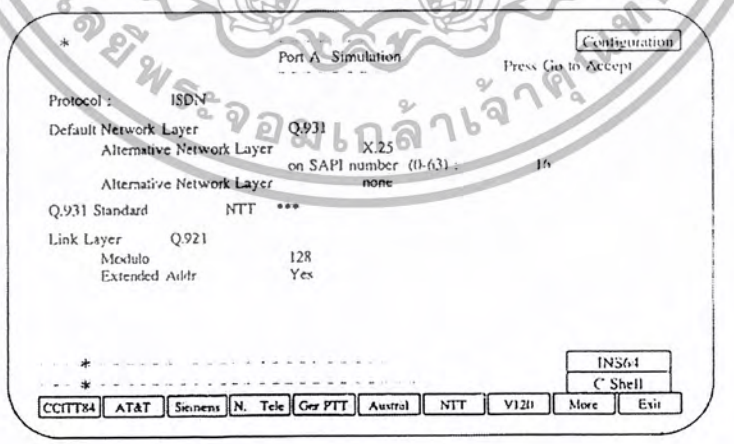


รูปที่ 46 แสดงการต่อใช้งานของพอร์ทในการซิมมูเลทโครงข่าย ISDN

4.2ขั้นตอนการซิมมูเลท

หลังเปิดสวิทซ์เพาเวอร์ เมื่อเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์บูทระบบซอฟแวร์เรียบร้อยแล้วปรากฏหน้าจอเป็นไฟล์ต่างๆของการเซ็ทเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ ทำการกำหนดการซิมูเลทได้จากเมนูของการกำหนดลักษณะการใช้งานของพอร์ท A และพอร์ท B ให้การซิมูเลท ของการเชื่อมต่อทางกายภาพนั้นเป็นแบบ Basic Rate Interface โปรโตคอลให้แบบ ISDN

การกำหนดชนิดของโปรโตคอลให้กด F 6จะเข้าสู่จอภาพการกำหนดของพอร์ท A ซิมูเลชั่น ทำการกำหนดรายละเอียดต่างๆดังรูปที่ 46 จากนั้นกดคีย์ GO จะเข้าสู่จอภาพการ กำหนดของพอร์ท B ซิมูเลชั่น ให้กำหนดรายละเอียดต่างๆเหมือนพอร์ท A จากนั้นกดคีย์ GO อีกที จะเข้าสู่เมนูหลักของการเซ็ทการใช้งานอีกครั้ง

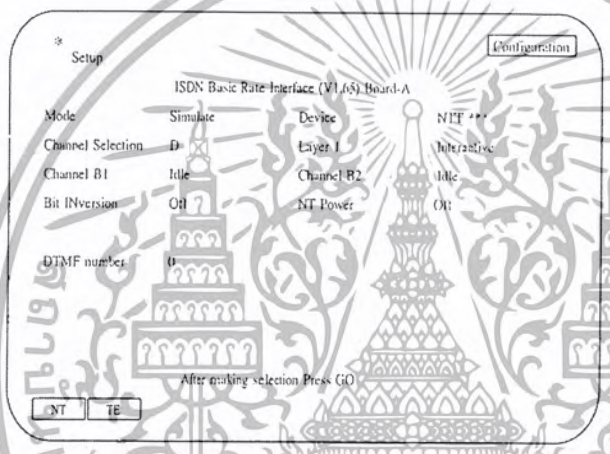


รูปที่ 47 แสดงการกำหนดรายละเอียดโปรโตคอลของพอร์ท A และพอร์ท B

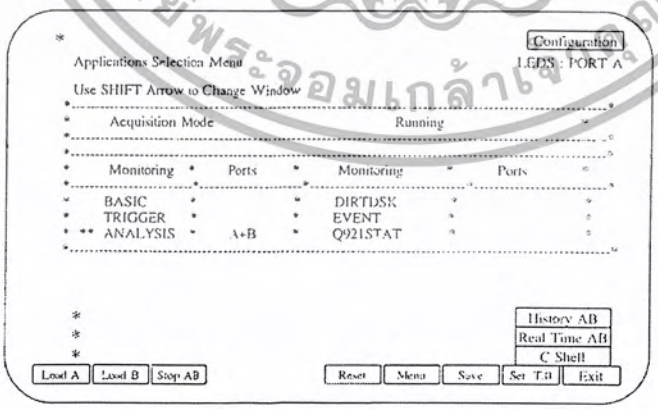
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกลับเข้าสู่เมนูของการเซ็ทการใช้งานแล้วจึงเข้าไปกำหนดรายละเอียดในส่วนของการเชื่อมต่อทางกายภาพ โดยกดปุ่มฟังก์ชั่น F 7จะปรากฏที่หน้าจอ ดังรูปที่ 47 ซึ่งเป็นการแสดงการกำหนดค่าของการเชื่อมต่อ ISDN แบบ Basic Rate Interface ในพอร์ท A ทำการกำหนดค่าต่างๆดังรูปจากนั้นกด GO จะปรากฏภาพในลักษณะเดียวกันแต่เป็นของพอร์ท B กำหนดรายละเอียดต่างๆเหมือนกันกับพอร์ท A แล้วกด GO จะกลับเข้าสู่จอภาพของเมนูโหมดการเซ็ทอัพ

เมื่อทำการเซ็ททุกอย่างพร้อมสำหรับการใช้งานซิมมูเลทโครงข่าย INS แล้ว จึงกดคีย์ GO เพื่อเข้าสู่เมนูของการประยุกต์การใช้งาน และเลือกโหมดการ Analysis เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณ โดยเลื่อนลูกศรไปที่ Analysis เราสามารถที่จะเลือกวิเคราะห์เฉพาะพอร์ท A หรือพอร์ท B



รูปที่ 48 แสดงการกำหนดรายละเอียด Basic Rate Interface ของพอร์ท A และพอร์ท B



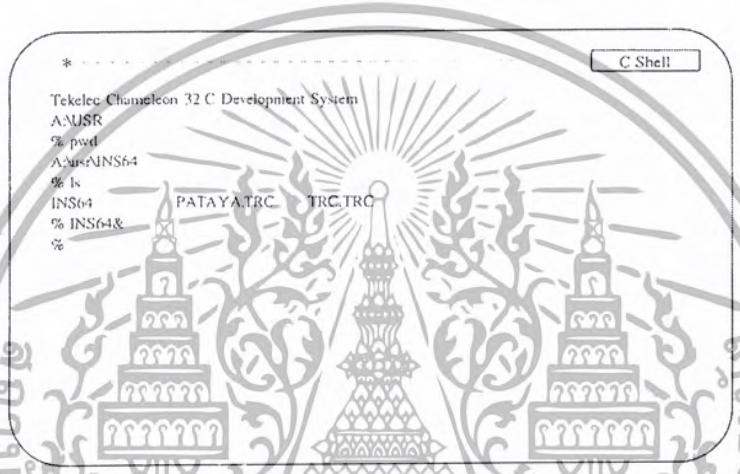
รูปที่ 49 แสดงรูปการเลือกการประยุกต์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือทั้งสองพอร์ทพร้อมกันโดยการกด F1, F 2หรือ F 3ตามลำดับ จากนั้นกด GO จะปรากฏ Banner ของ History AB และ Real Time AB ที่ด้านล่างของจอภาพดังรูปที่ 49

4.3การเข้าสู่โปรแกรมการซิมมูเลทโครงข่าย INS 64

การเข้าสู่โปรแกรมการซิมมูเลทโครงข่าย INS 64โดยการใช้จากใน c-shell จากนั้นเข้าสู่ไดเร็คทอรี่ของ A:\USR หลังจากนั้นจึงเข้าสู่ไดเร็คทอรี่ของ A:\USR\INS 64แล้วเรียกไฟล์ INS64& (เครื่องหมาย & เพื่อใช้ในการสร้างส่วนของหน้าจอใหม่ แทนที่จะใช้ c-shell) กดคีย์Return จะทำการเรียกโปรแกรมของการซิมมูเลทโครงข่าย INS 64ขั้นตอนการเรียกโปรแกรมนี้จะมีขั้นตอนดังในรูปที่54



รูปที่ 50 แสดงการเรียกไฟล์ INS64

หลังจากเรียกโปรแกรมการซิมมูเลทโครงข่าย INS 64จะมีหน้าจอดังในรูปที่55 ซึ่งจะมีการเลือกจากฟังก์ชั่นคีย์ 4 ฟังก์ชั่น

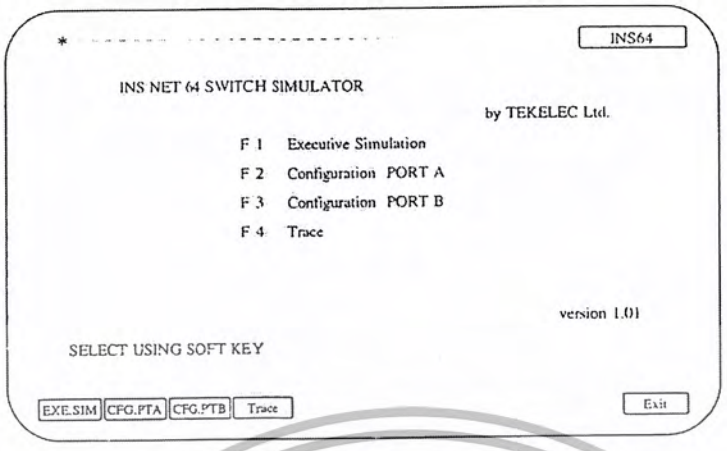
F 1จะเป็นการซิมมูเลทโครงข่าย INS64

F 2จะเป็นการกำหนดลักษณะการใช้งานของพอร์ท A

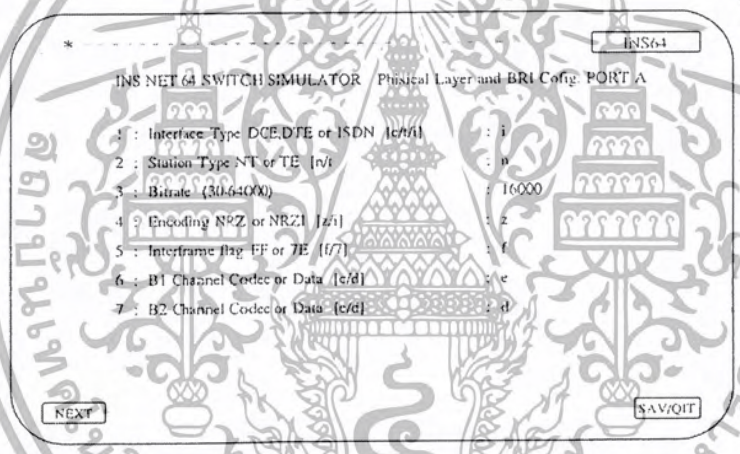
F 3จะเป็นการกำหนดลักษณะการใช้งานของพอร์ท B

F 4จะเป็นการแสดงการรับส่งข้อมูลระหว่างพอร์ท A และพอร์ท B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



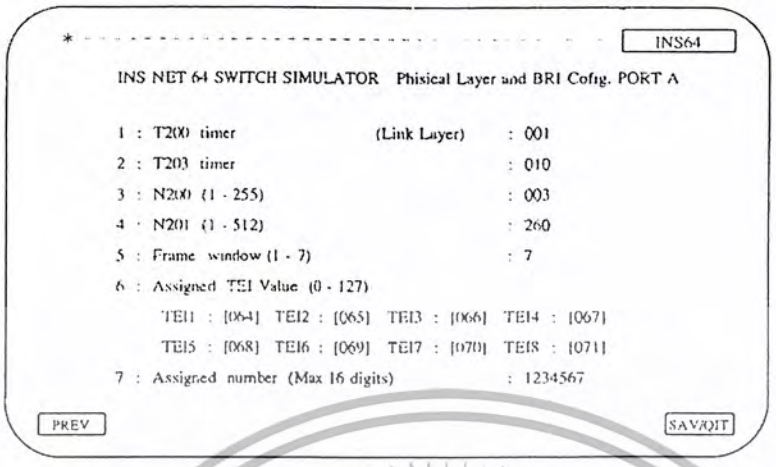
รูปที่5 1 แสดงเมนูของการชิมมูเลทโครงข่าย INS64



รูปที่5 2 แสดงการกำหนดลักษณะการทำงานของชั้นกายภาพและการเชื่อมต่อแบบ Basic Rate Interface ของการชิมมูเลทโครงข่าย INS64

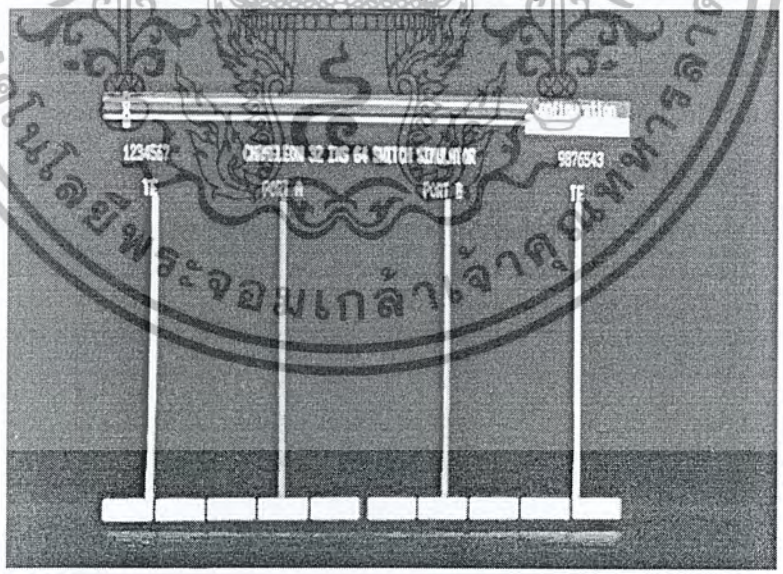
จากเมนูของ INS 64เราจะต้องเข้าไปกำหนดลักษณะการทำงานของแต่ละพอร์ทก่อนโดยกดคีย์ F 2จะเป็นการกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ท A ซึ่งจะมีอยู่ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกเป็นการกำหนดลักษณะการทำงานของชั้นกายภาพ(Physical Layer) และการเชื่อมต่อแบบ
Basic Rate Interface ดังรูปที่56 เมื่อกำหนดรายละเอียดของส่วนแรกเรียบร้อยแล้ว กด F1(Next) จะเข้าสู่ส่วนที่สองเป็นการกำหนดลักษณะการทำงานของชั้นเชื่อมต่อ(Link Layer) และชั้นโครงข่าย(Network Layer) ดังรูปที่5 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่5 3 การกำหนดลักษณะการทำงานของชั้นเชื่อมต่อและชั้นโครงข่ายของการซิมมูเลทโครงข่าย INS64

หลังจากกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ท A ทั้ง 2 ส่วน แล้ว กด F 10(SAV/QIT) จะกลับไปสู่เมนูของ INS 64เดิม จากนั้นเข้าไปกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ท B โดยกด F 3จะปรากฏส่วนของชั้นกายภาพและการเชื่อมต่อ Basic Rate Interface กับส่วนของชั้นเชื่อมต่อและชั้นโครงข่าย สำหรับรายละเอียดในการกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ท B ก็ทำเช่นเดียวกันกับพอร์ท A จากนั้นกด F 10(SAV/ QIT) จะกลับเข้าสู่เมนูของ INS 64อีกครั้งหนึ่ง เมื่อกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ท A และพอร์ท B แล้วก็สามารถเข้าสู่การใช้งาน INS 64ได้โดยกดคีย์ F1(EXE.SIM)จะปรากฏจอภาพดังรูปที่58



รูปที่ 54 แสดงจอภาพของ INS 64 เมื่อเริ่มเข้าสู่การใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์เครื่องโทรศัพท์แบบดิจิตอลด้วยเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์

รูปที่ 55 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของการต่อเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิตอลซึ่งเป็นอุปกรณ์ปลายทางชนิดหนึ่งเข้ากับเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์เพื่อวิเคราะห์การทำงานของตัวเครื่องโทรศัพท์กับโครงข่าย ISDN ที่ได้จำลองขึ้นมา

ลักษณะการต่อของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลองจะมีลักษณะดังรูปที่59หลังจากต่อเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิตอลเข้ากับเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์แล้วเราจะต้องทำการกำหนดคุณสมบัติขั้นต้นทางกายภาพ (Physical Layer) ต่างๆของการเชื่อมต่อแบบ Basic Rate Interface ก่อนทำการทดสอบดังต่อไปนี้

1. กำหนดให้พอร์ทที่ใช้เชื่อมต่อเป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อโครงข่าย NT (Network Terminator)
2. กำหนดความเร็วในการส่งข้อมูลบนช่องสัญญาณ B มีค่าเป็น 64 กิโลบิทต่อวินาที

รูปที่ 55 ตำแหน่งการต่อเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิตอลเข้ากับเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์

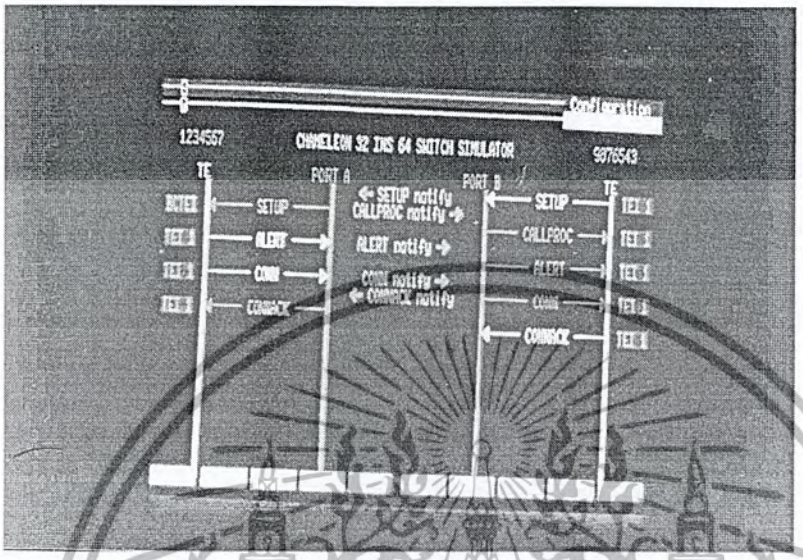
3. กำหนดให้เป็นโครงข่าย ISDN แบบ Basic Rate Interface หรือ2 B+D
4. กำหนดหมายเลขโทรศัพท์ทั้งสองเครื่องที่ต่ออยู่กับพอร์ท A และพอร์ท B โดยให้เครื่องที่ต่ออยู่กับพอร์ท Aเป็นหมายเลข #123-4567 และให้เครื่องที่ต่ออยู่กับพอร์ท B เป็นหมายเลข #987-6543

จากนั้นทำการทดลองใช้งานเครื่องโทรศัพท์ระบบดิจิตอลนี้ โดยการเรียกโทรศัพท์จากเครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง เพื่อสนทนากันจนกระทั่งสิ้นสุดการเรียก หลังจากการวางแฮนด์เซ็ทของเครื่องโทรศัพท์แล้วเราสามารถที่จะวิเคราะห์การทำงานของเครื่องโทรศัพท์ระบบดิจิตอลทั้งแต่เริ่มแรกถึงตอนสนทนากันจนสิ้นสุดคือการวางหูโทรศัพท์ได้จากเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ ดังแสดงในรูปที่5 5

จากรูปที่5 5 เป็นลักษณะการเรียกของเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #987-6543 ไปยังเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #123-4567 เมื่อทำการยกหูโทรศัพท์แล้วกดหมายเลขจะมีการส่งสัญญาณ SETUP จากเครื่องไปยังส่วน NT ของพอร์ท B ในเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ก็ทราบการเรียกเข้าและส่งสัญญาณ SETUP นั้นออกไปยัง NT ของพอร์ท A เพื่อให้เครื่องโทรศัพท์หมายเลข #123-4567 ได้รับรู้หลังจากนั้นก็จะอยู่ในขบวนการเรียกของเครื่องวิเคราะห์โปรโตคอล ISDN โดยจะส่งสัญญาณ CALL PROC ไปยังพอร์ท B ออกไปยังเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #987-6543 ส่วนเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #123-4567 เมื่อได้รับสัญญาณ SETUP แล้วจะสร้างสัญญาณ ALERT ตอบกลับมา เครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ก็จะส่งสัญญาณ ALERT กลับไปยังเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #123-4567 เมื่อส่งสัญญาณ ALERT แล้วก็จะส่งสัญญาณ CONN ตามออกเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตรียมพร้อมสำหรับการติดต่อสนทนา ทางด้านพอร์ทBก็จะได้รับสัญญาณ CONN ด้วยจากเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์จากนั้นเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ก็จะทำการตอบรับการต่อคู่สายให้กับเครื่องโทรศัพท์ #123-4567

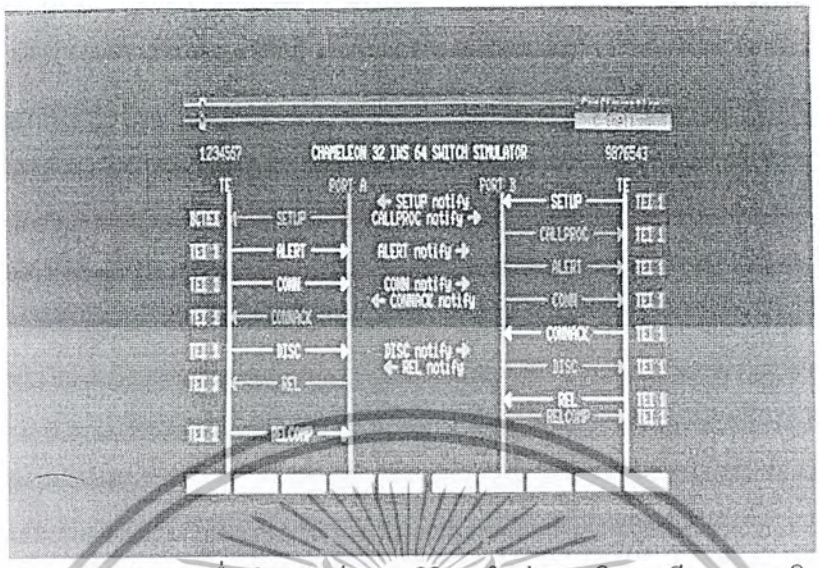


รูปที่56 แสดงผลการติดต่อของเครื่องโทรศัพท์ระบบดิจิตอลในช่วงการเรียกจากมอนิเตอร์ของเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์

สักพักเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #987-6543 ก็จะส่งสัญญาณ CONN ACK ตอบกลับมาเช่นกัน เครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ก็จะจัดการให้เครื่องโทรศัพท์ทั้งสองได้ติดต่อสนทนากันตามเป้าหมายหลังจากนี้เป็นช่วงสนทนาระหว่างกัน

เมื่อมีการยกเลิกการติดต่อโดยทางเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #123-4567 เป็นผู้วางหูโทรศัพท์เพื่อยกเลิกการสนทนาก่อน ก็จะมีการส่งสัญญาณ DISC ออกมาเพื่อส่งไปยังเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ให้ได้รับทราบต่อจากนั้นเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์จะส่งสัญญาณ DISC ออกพอร์ท B ไปยังเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #987-6543 ให้ได้รับทราบเช่นกัน จากนั้นจะมีสัญญาณ REL ออกมาจากเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ ส่งไปให้ยังเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #123-4567 เพื่อยกเลิกการติดต่อ พร้อมกับเครื่องหมายเลข #987-6543 จะตอบรับการยกเลิกการติดต่อด้วยสัญญาณ REL เช่นกัน เครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ก็จะยกเลิกช่องสัญญาณอย่างสมบูรณ์ด้วยการส่งสัญญาณ RELCOM ไปยังเครื่องโทรศัพท์ทั้งสองเป็นการสิ้นสุดกระบวนการ โดยขั้นตอนต่างๆสามารถดูได้จากรูปที่ 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 57 แสดงผลการติดต่อของเครื่องโทรศัพท์ ระบบดิจิตอลในช่วงยกเลิกการเรียกจากมอนิเตอร์ของเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์

2 (Network Layer) ที่อุปกรณ์โทรศัพท์ระบบดิจิตอลใช้ติดต่อกับโครงข่ายจำลอง โดยรูปแบบข้อมูลจริงส่งในสายนั้นเป็นสัญญาณดิจิตอลและมีการเข้ารหัสแล้วดังกล่าวไว้ในบทที่ 2 แต่ในภาพนี้เครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ได้ทำการแปลงข้อมูลดิจิตอลนั้นให้อยู่ในรูปของเลขฐานสิบหกเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ โดยบรรทัดคี่เป็นการติดต่อระหว่างเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์กับพอร์ท B ที่ถูกกำหนดให้เป็นหมายเลข #987-6543 และบรรทัดคู่เป็นการติดต่อกันระหว่างเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์กับพอร์ท A ที่ถูกกำหนดให้เป็นหมายเลข #123-4567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การออกแบบเครื่องโทรศัพท์ระบบดิจิตอลสำหรับโครงข่ายบริการร่วมระบบดิจิตอล(ISDN)ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ประสพผลสำเร็จได้ด้วยดีในขั้นต้นเพราะจากการทำการทดลองที่ได้วิเคราะห์ด้วยเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์นั้น ทำให้เรารู้ขั้นตอนการทำงานของเครื่องโทรศัพท์ดิจิตอลกับโครงข่าย ISDN ที่เป็นไปตามขั้นตอนการติดต่อเพื่อให้เครื่องโทรศัพท์ดิจิตอลที่ต้นทาง)ผู้เรียก(สามารถพูดคุยกับเครื่อง โทรศัพท์อีกเครื่องหนึ่งที่อยู่ปลายทาง) ผู้ถูกเรียก (ได้และการพูดคุยสนทนาเป็นปกติดังเช่นเครื่องโทรศัพท์ทั่วไปแต่เครื่องโทรศัพท์ดิจิตอลนี้ประดิษฐ์ขึ้นมาเป็นเครื่องต้นแบบทำให้ดูรูปร่างที่มีลักษณะใหญ่ไม่ค่อยเรียบร้อยนักและเนื่องจาการออกแบบนี้จะมีปัญหาในการหาซื้ออุปกรณ์บางชนิดจะต้องทำการสั่งซื้อจากต่างประเทศเข้ามาดังนั้นอุปกรณ์ชนิดไหนที่สามารถนำมาทดแทนได้ซึ่งหาได้ภายในประเทศก็นำประยุกต์ใช้แทน เช่น ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ไอซีหน่วยความจำ หน่วยแสดงผล LCD เป็นต้น นอกจากจะเป็นอุปกรณ์ที่หาง่ายและมีจำหน่ายในประเทศแล้ว โปรแกรมรองรับการทำงานต่างๆ เช่น RAD-51 , Emurator เป็นต้น ก็สามารถนำมาใช้งานได้สะดวก

ดังนั้นหากต้องการลดขนาดและราคาลงจำเป็นใช้หลักวิชาของทางด้านเศรษฐศาสตร์เข้ามาช่วยในการปรับปรุงคือต้องใช้อุปกรณ์ให้น้อยชิ้นและทำเป็นอุตสาหกรรมที่มีจำนวนมากเช่นตัวไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำอาจใช้ของบริษัทอื่นๆที่รวมอยู่ภายในตัวเดียวกันก็สามารถทำได้แต่ดังที่ได้กล่าวมาแล้วโปรแกรมรองรับการทำงานต่างๆจะหาได้ลำบากถ้าไม่อยู่ในขั้นอุตสาหกรรม ลักษณะของตัวอุปกรณ์ก็เช่นกันส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแบบตีนตะขาบ (DIP) ซึ่งเป็นการง่ายต่อการประกอบวงจรและทดลอง ยกเว้น ไอซีเบอร์ MT9094 ที่มีตัวถังแบบ PLCC 44 ขา

ดังที่กล่าวมาข้างต้นนั้นเป็นปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) ส่วนทางด้านซอร์ฟแวร์นั้น เมื่อดูจากการติดต่อสื่อสารขั้นพื้นฐานพอสรุปได้ว่า โปรแกรมนี้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์เบื้องต้น และสามารถทำงานตามคำแนะนำของ ITU ได้ แต่หากต้องการให้เครื่องโทรศัพท์ดิจิตอลทำงานให้สมบูรณ์นั้นจำเป็นต้องศึกษารายละเอียดการให้บริการของโครงข่าย ISDN ให้ละเอียดมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ภาคผนวกนี้จะสรุปรายละเอียดข้อความที่พบในคำแนะนำ Q.931 (I.451) และ Q.932 (I.452) และหน้าที่การใช้ข้อความเหล่านี้ ข้อความทั้งหมดจะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกันคือ

1.ข้อความในการสร้างการเรียก (Call establishment message)

2.ข้อความในช่วงการพักการส่งข้อมูล(Call information phase message)

3.ข้อความในการยกเลิกการเรียก (Call clearing message)

4.ข้อความ miscellaneous (Miscellaneous message)

ข้อความในการสร้างการเรียก (Call establishment message)

- ALERTING : ส่งโดยผู้ถูกเรียกไปโครงข่ายและจากโครงข่ายไปยังผู้ทำการเรียก เริ่มทำการแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่ามีการเรียกเข้ามา และเป็นการแสดงว่าได้รับข้อความ SETUP แล้ว
- CALL PROCEEDING : ส่งโดยผู้ถูกเรียกไปโครงข่าย หรือจากโครงข่ายไปยังผู้เรียก เพื่อแสดงว่าอยู่ในช่วงการสร้างการเชื่อมต่อการเรียก
- CONNECT : ส่งโดยผู้ถูกเรียกไปโครงข่าย และจากโครงข่ายไปยังผู้ถูกเรียก เพื่อแสดงว่าผู้ถูกเรียกยอมรับการเรียก
- CONNECT ACKNOWLEDGE : ส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ถูกเรียก เพื่อแสดงการตอบรับการเชื่อมต่อจากข้อความ CONNECT
- PROGRESS : ส่งโดยผู้ใช้หรือโครงข่ายเพื่อแสดงความคืบหน้าของการเรียก
- SETUP : ส่งโดยผู้เรียกไปยังโครงข่ายและจากโครงข่ายไปยังผู้ถูกเรียกเพื่อร้องขอการเชื่อมต่อการเรียก
- SETUP ACKNOWLEDGE : ส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ที่ทำการเรียกและจากผู้ถูกเรียกไปยังโครงข่ายเพื่อตอบรับข้อความ SETUP และการสร้างการเชื่อมต่อได้ถูกเริ่มต้นขึ้น

ข้อความในช่วงการพักการส่งข้อมูล(Call information phase message)

- RESUME : เป็นการส่งโดยผู้ใช้เพื่อร้องขอโครงข่ายให้กลับคืนไป การเรียกที่ได้ถูกพักไปช่องสัญญาณ B และ CRV จะต้องถูกจัดสรรใหม่
- RESUME ACKNOWLEDGE : ส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ใช้เพื่อแสดงให้รู้ว่าการเรียกที่หยุดไปได้กลับคืนมาแล้ว
- RESUME REJECT : ส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ใช้เพื่อแสดงว่าโครงข่ายไม่สามารถทำตามการร้องขอให้การเรียกที่หยุดไปกลับคืนมาได้
- SUSPEND : ส่งโดยผู้ใช้เพื่อร้องขอให้โครงข่ายพักสายไว้ ช่องสัญญาณ B และ CRV ที่มีส่วนรวมในการเรียกถูกปลดปล่อยและอาจจะถูกใช้สำหรับการเรียกอื่นๆที่อาจมีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- SUSPEND ACKNOWLEDGE : ส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ใช้ เพื่อแสดงความสำเร็จของการร้องขอให้พักการเรียกไว้
- SUSPEND REJECT : ส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ใช้ เพื่อแสดงว่าโครงข่ายไม่สามารถทำตามการร้องขอในการหยุดเรียกชั่วคราวได้
- USER INFORMATION : ส่งโดยผู้ใช้ไปยังโครงข่ายเพื่อถ่ายโอนข้อมูลไปยังอีกด้านหนึ่ง หรือส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ใช้เพื่อส่งต่อข้อมูลจากผู้ใช้อื่นๆ
- HOLD : ถูกส่งโดยโครงข่ายหรือผู้ใช้ เพื่อร้องขอการพักสาย ช่องสัญญาณ B อาจจะยังอยู่หรือถูกปลดปล่อยขึ้นอยู่กับโครงข่าย และ CRV ยังเหลืออยู่สำหรับการคืนสู่สภาพเดิมของการเรียก
- HOLD ACKNOWLEDGE : ถูกส่งโดยโครงข่ายหรือผู้ใช้ เพื่อแสดงว่าหน้าที่การพักสายชั่วคราว (hold) ได้ถูกกระทำเป็นผลสำเร็จ
- HOLD REJECT : ถูกส่งโดยโครงข่ายหรือผู้ใช้ เพื่อแสดงว่าการร้องขอการพักสายชั่วคราว (hold) ได้ถูกปฏิเสธไม่ยอมรับ
- RETRIEVE : ถูกส่งโดยโครงข่ายหรือผู้ใช้ เพื่อร้องขอการคืนกลับสภาพเดิมของการเรียกที่ถูกพักไว้ชั่วคราว ค่า CRV ของการเรียกที่กลับมาจะเหมือนกับสภาพก่อนที่จะถูกพักไว้
- RETRIEVE ACKNOWLEDGE : ถูกส่งโดยโครงข่ายหรือผู้ใช้เพื่อแสดงว่าหน้าที่ที่ต้องการให้ได้กลับมานั้น ถูกกระทำจนประสบผลสำเร็จ
- RETRIEVE REJECT : ถูกส่งโดยโครงข่ายหรือผู้ใช้ เพื่อแสดงว่าไม่สามารถที่จะกระทำหน้าที่การกลับคืนสภาพเดิมตามที่ถูกร้องขอ

ข้อความในการยกเลิกการเรียก (Call clearing message)

- DISCONNECT : เป็นการส่งโดยผู้ใช้ หรือโครงข่าย เพื่อแสดงว่าสิ้นสุดการเรียกแล้ว ให้ทำการเคลียร์ปลายทางหรือทำการเชื่อมต่อ
- RELEASE : เป็นการส่งโดยผู้ใช้ หรือ โครงข่าย เพื่อแสดงว่าอุปกรณ์ปลายทางทางด้านส่งได้เลิกต่อช่องสัญญาณและมีความมุ่งหมายที่จะปลดปล่อยช่องสัญญาณและค่าอ้างอิงการเรียก (CRV)และที่อุปกรณ์ด้านรับจะปลดปล่อยช่องสัญญาณและเตรียมการปลดปล่อย CRV หลังจากส่งข้อความ RELEASE COMPLETE ข้อความนี้อาจถูกส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ใช้เพื่อแสดงว่าการเข้าไปเชื่อมต่อที่ถูกให้บนช่องสัญญาณ D หรือการคงอยู่บนช่องสัญญาณนั้นที่โครงข่ายมีจุดประสงค์จะปลดปล่อย CRV
- RELEASE COMPLETE : เป็นการส่งโดยผู้ใช้ หรือ โครงข่าย เพื่อแสดงว่าอุปกรณ์ที่กำลังส่งข้อความได้ปลดปล่อยช่องสัญญาณและ CRV เรียบร้อยแล้ว
- RESTART : เป็นการส่งโดยผู้ใช้ หรือโครงข่าย เพื่อร้องขอการเริ่มต้นใหม่ ของช่องสัญญาณหรือการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RESTART ACKNOWLEDGE : เป็นการส่งโดยผู้ใช้ หรือโครงข่ายเพื่อยอมรับรู้การรับข้อความ RESTART และเพื่อแสดงว่าขั้นตอนการเริ่มใหม่ที่ถูกร้องขอมีความสมบูรณ์

ข้อความ miscellaneous (Miscellaneous message)

- SEGMENT : ข้อความนี้ถูกกำหนดเป็นคุณสมบัติในคำแนะนำQ.931 แต่การใช้และรูปแบบยังไม่ได้ถูกกำหนด
- CONGESTION CONTROL : เป็นการส่งโดยผู้ใช้ หรือโครงข่ายเพื่อแสดงการสร้างหรือการเทอร์มิเนตของ flow control บนการส่งข้อความ USER INFORMATION
- FACILITY : เพื่อร้องขอหรือรับรู้บริการเสริม
- INFORMATION : เป็นการส่งโดยผู้ใช้ หรือโครงข่ายเพื่อจัดหาข้อมูลเพิ่มเติม
- NOTIFY : เป็นการส่งโดยผู้ใช้ หรือโครงข่ายเพื่อแสดงข้อมูลเกี่ยวกับการเรียก
- STATUS : เป็นการส่งโดยผู้ใช้ หรือโครงข่ายในการตอบรับข้อความ STATUS ENQUIRY
- STATUS ENQUIRY : เป็นการส่งโดยผู้ใช้ หรือโครงข่ายเพื่อขอทราบสถานะในชั้นที่ 3 ที่เท่าเทียมกันของอีกฝ่ายหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

```
;*******************************************************************************
; Program              : ISDN DIGITAL PHONE
; For                  : AT89S52 MCS-51 Microcontroller
; Target               : Control Signalling Function by MCS-51
; Filename             : ISDN.ASM
;*******************************************************************************
; Define User Port&Pin
;*******************************************************************************
LCD_EN      BIT     P1.0        ; LCD Module Enable (Active High : Level)
LCD_RS      BIT     P1.1        ; LCD Module Register Select
SNIC_CS     BIT     P1.2        ; PCM MT9094 Chip Select
PCM_CS      BIT     P1.3        ; SNIC MT8930 Chip Select
HOOK_SW     BIT     P1.4        ; HOOK SWITCH
KPAD_ROW0   BIT     P2.0        ; Keypad Input ROW 0
KPAD_ROW1   BIT     P2.1        ; Keypad Input ROW 1
KPAD_ROW2   BIT     P2.2        ; Keypad Input ROW 2
KPAD_ROW3   BIT     P2.3        ; Keypad Input ROW 3
KPAD_COL2   BIT     P2.4        ; Keypad Input Column 2
KPAD_COL1   BIT     P2.5        ; Keypad Input Column 1
KPAD_COL0   BIT     P2.6        ; Keypad Input Column

;*******************************************************************************
; Define User Register
;*******************************************************************************
LCD_ADDR        EQU     030H        ; For keep LCD Address
LCD_DATA        EQU     031H        ; For keep LCD Data
KPAD_DATA       EQU     032H        ; For keep Keypad Data
SAPI_DATA       EQU     033H    ; For keep SAPI (Service Access Point Identifier)
TEI_DATA        EQU     034H    ; For keep TEI (Terminal Endpoint Identifier
NUM_SEND        EQU     035H    ; For keep Number Sending on I (Control field)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
NUM_RECEIVE     EQU   036H   ; For keep Number Received on I (Control field)
RR_DATA         EQU   037H   ; For keep Receive Ready

;*******************************************************************************
; Main Program.
;*******************************************************************************
                ORG         0000H
INITIAL:        MOV         P0,#00000000B
                MOV         P1,#11111110B
                MOV         P2,#11111111B
                MOV         P3,#11111111B
                MOV         SAPI_DATA,#0
                MOV         TEI_DATA,#0
                MOV         NUM_SEND,#0
                MOV         NUM_RECEIVE,#0
                MOV         RR_DATA,#0
                ACALL       INIT_LCD_1
                MOV         LCD_ADDR,#000H
                ACALL       SET_ADDR_LCD
                MOV         DPTR,#TITLE_1
                ACALL       WRLINE_LCD
                MOV         LCD_ADDR,#040H
                ACALL       SET_ADDR_LCD
                MOV         DPTR,#TITLE_2
                ACALL       WRLINE_LCD
                MOV         A,#10000001B
                CLR         SNIC_CS
                MOV         DPTR,#8000H
                MOVX        @DPTR,A
                SETB        SNIC_CS
                MOV         A,#0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CLR     SNIC_CS
        MOV     DPTR,#8010H
        MOVX    @DPTR,A
        SETB    SNIC_CS
        MOV     A,#11111100B
        CLR     SNIC_CS
        MOV     DPTR,#8002H
        MOVX    @DPTR,A
        SETB    SNIC_CS
        MOV     A,#0
        CLR     SNIC_CS
        MOV     DPTR,#8004H
        MOVX    @DPTR,A
        SETB    SNIC_CS
        MOV     A,#00000001B
        CLR     SNIC_CS
        MOV     DPTR,#8006H
        MOVX    @DPTR,A
        SETB    SNIC_CS
        MOV     A,#00000001B
        CLR     SNIC_CS
        MOV     DPTR,#8007H
        MOVX    @DPTR,A
        SETB    SNIC_CS
        MOV     A,#10010010B
        CLR     SNIC_CS
        MOV     DPTR,#8008H
        MOVX    @DPTR,A
        SETB    SNIC_CS
MAIN:   SETB    HOOK_SW
        JB      HOOK_SW,MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   DELAY_100ms
                JNB     HOOK_SW,CHK_SET_UP
                ACALL   HANDSET
                AJMP    CALLING
CHK_SET_UP:     MOV     DPTR,#8005H
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#005H,MAIN
CALLING:        MOV     R2,#03H
                MOV     DPTR,#ADDR_ASSIGN
                ACALL   SENDING
CHK_WAIT:       SETB    SNIC_CS
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005H
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#073H,CHK_WAIT
                SETB    SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005
                MOV     A,#00000010B
                ACALL   HDLC_REG2
                CLR     SNIC_CS
                MOV     A,SAPI_DATA
                MOVX    @DPTR,A
                SETB    SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005
                MOV     A,#00000010B
                ACALL   HDLC_REG2
                CLR     SNIC_CS
                MOV     A,NUM_SEND
                MOVX    @DPTR,A
                SETB    SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#00000010B
                ACALL   HDLC_REG2
                CLR     SNIC_CS
                MOV     A,NUM_RECEIVE
                MOVX    @DPTR,A
                SETB    SNIC_CS
                MOV     R2,#16
                MOV     DPTR,#SETUP_DATA
                ACALL   SENDING
                MOV     A,NUM_SEND
                ADDC    A,#002
                MOV     NUM_SEND,A
CHK_LOOP:       SETB    SNIC_CS
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005H
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#001H,CHK_LOOP
                SETB    SNIC_CS
                MOV     A,RR_DATA
                ADDC    A,#002
                MOV     RR_DATA,A
CHK_SETUP_ACK:  SETB    SNIC_CS
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005H
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#00DH,CHK_SETUP_ACK
                SETB    SNIC_CS
                MOV     A,NUM_RECEIVE
                ADDC    A,#002
                MOV     NUM_RECEIVE,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   INIT_LCD_2
                MOV     LCD_ADDR,#04FH
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                ACALL   LCD_BLINK
                ACALL   DIAL
CHK_WAIT_KEY:   ACALL   WAIT_KEY
                SETB    HOOK_SW
                JB      HOOK_SW,CHK_WAIT_KEY
                ACALL   DELAY_100ms
                JB      HOOK_SW,CHK_WAIT_KEY
                MOV     A,#00000010B
                ACALL   HDLC_REG2
                MOV     A,#002H
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005H
                MOVX    @DPTR,A
                SETB    SNIC_CS
                MOV     A,#00000010B
                ACALL   HDLC_REG2
                MOV     A,#TEI_DATA
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005H
                MOVX    @DPTR,A
                SETB    SNIC_CS
                MOV     A,#00000010B
                ACALL   HDLC_REG2
                MOV     A,#001H
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005H
                MOVX    @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SETB    SNIC_CS
MOV     A,#00000010B
ACALL   HDLC_REG2
MOV     A,RR_DATA
CLR     SNIC_CS
MOV     DPTR,#8005H
MOVX    @DPTR,A
SETB    SNIC_CS
MOV     A,#00000010B
ACALL   HDLC_REG2
MOV     A,#SAPI_DATA
CLR     SNIC_CS
MOV     DPTR,#8005H
MOVX    @DPTR,A
SETB    SNIC_CS
MOV     A,#00000010B
ACALL   HDLC_REG2
MOV     A,#TEI_DATA
CLR     SNIC_CS
MOV     DPTR,#8005H
MOVX    @DPTR,A
SETB    SNIC_CS
MOV     A,#00000010B
ACALL   HDLC_REG2
MOV     A,#NUM_SEND
CLR     SNIC_CS
MOV     DPTR,#8005H
MOVX    @DPTR,A
SETB    SNIC_CS
MOV     A,#00000010B
ACALL   HDLC_REG2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,NUM_RECEIVE
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005H
                MOVX    @DPTR,A
                SETB    SNIC_CS
                MOV     R2,#08
                MOV     DPTR,#DISC_DATA
                ACALL   SENDING
                MOV     A,NUM_SEND
                ADDC    A,#002
                MOV     NUM_SEND,A
CHK_LOOP1:      SETB    SNIC_CS
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005H
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#001H,CHK_LOOP1
                SETB    SNIC_CS
                MOV     A,RR_DATA
                ADDC    A,#002
                MOV     RR_DATA,A
CHK_RELEASE:    SETB    SNIC_CS
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005H
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#04DH,CHK_RELEASE
                SETB    SNIC_CS
                MOV     A,NUM_RECEIVE
                ADDC    A,#002
                MOV     NUM_RECEIVE,A
                MOV     A,#00000010B
                ACALL   HDLC_REG2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV     A,#002H
CLR     SNIC_CS
MOV     DPTR,#8005H
MOVX    @DPTR,A
SETB    SNIC_CS
MOV     A,#00000010B
ACALL   HDLC_REG2
MOV     A,#TEI_DATA
CLR     SNIC_CS
MOV     DPTR,#8005H
MOVX    @DPTR,A
SETB    SNIC_CS
MOV     A,#00000010B
ACALL   HDLC_REG2
MOV     A,#001H
CLR     SNIC_CS
MOV     DPTR,#8005H
MOVX    @DPTR,A
SETB    SNIC_CS
MOV     A,#00000010B
ACALL   HDLC_REG2
MOV     A,RR_DATA
CLR     SNIC_CS
MOV     DPTR,#8005H
MOVX    @DPTR,A
SETB    SNIC_CS
MOV     A,#00000010B
ACALL   HDLC_REG2
MOV     A,#SAPI_DATA
CLR     SNIC_CS
MOV     DPTR,#8005H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOVX    @DPTR,A
                SETB    SNIC_CS
                MOV     A,#00000010B
                ACALL   HDLC_REG2
                MOV     A,#TEI_DATA
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005H
                MOVX    @DPTR,A
                SETB    SNIC_CS
                MOV     A,#00000010
                ACALL   HDLC_REG2
                MOV     A,#NUM_SEND
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005H
                MOVX    @DPTR,A
                SETB    SNIC_CS
                MOV     A,#00000010B
                ACALL   HDLC_REG2
                MOV     A,NUM_RECEIVE
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005H
                MOVX    @DPTR,A
                SETB    SNIC_CS
                MOV     R2,#08
                MOV     DPTR,#REL_COM_DATA
                ACALL   SENDING
                MOV     A,NUM_SEND
                ADDC    A,#002
                MOV     NUM_SEND,A
CHK_LOOP2:      SETB    SNIC_CS
                CLR     SNIC_CS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     DPTR,#8005H
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#001H,CHK_LOOP2
                SETB    SNIC_CS
                MOV     A,RR_DATA
                ADDC    A,#002
                MOV     RR_DATA,A
                MOV     R2,#03H
                MOV     DPTR,#RD_DISC_DATA
                ACALL   SENDING
CHK_WAIT1:      SETB    SNIC_CS
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8005H
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#073H,CHK_WAIT1
                SETB    SNIC_CS
CLR_B1_CH:      MOV     A,#000H
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#8001H
                MOVX    @DPTR,A
                ACALL   LCD_CLR
                AJMP    INITIAL

;*******************************************************************************
; Sending data to MT8930
;*******************************************************************************
SENDING:        MOV     A,#00000010B
                ACALL   HDLC_REG2
                CLR     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                ACALL   SETUP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        INC     DPTR
        DEC     R2
        CJNE    R2,#01H,SENDING
        MOV     A,#00000011B
        ACALL   HDLC_REG2
        CLR     A
        MOVC    A,@A+DPTR
        ACALL   SETUP
        RET

;*************************************************************************
; Setup data to HDLC Control Register 2
;*************************************************************************
HDLC_REG2: PUSH    DPH
        PUSH    DPL
        CLR     SNIC_CS
        MOV     DPTR,#8003H
        MOVX    @DPTR,A
        SETB    SNIC_CS
        POP     DPL
        POP     DPH
        RET

;*************************************************************************
; Setup data to MT8930
;*************************************************************************
SETUP:  PUSH    DPH
        PUSH    DPL
        CLR     SNIC_CS
        MOV     DPTR,#8005H
        MOVX    @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETB    SNIC_CS
                POP     DPL
                POP     DPH
                RET

;*************************************************************************
; Wait keypad pressed and check key 0
;*************************************************************************
WAIT_KEY:       ACALL   GET_KPAD
                MOV     A,KPAD_DATA
                CJNE    A,#00,CHK_KEY_0
                RET
CHK_KEY_0:      MOV     A,KPAD_DATA
                CJNE    A,#011,CHK_KEY_STAR
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#2001H
                MOVX    @DPTR,A
                SETB    SNIC_CS
                MOV     KPAD_DATA,#030H
                ACALL   WRCHAR_LCD
                AJMP    WAIT_KEY
CHK_KEY_STAR:CJNEA,#010,CHK_KEY_SHAP
                CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#2001H
                MOVX    @DPTR,A
                SETB    SNIC_CS
                MOV     KPAD_DATA,#02AH
                ACALL   WRCHAR_LCD
                AJMP    WAIT_KEY
CHK_KEY_SHAP:CJNE       A,#012,CHK_NEXT_KEY
                CLR     SNIC_CS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     DPTR,#2001H
                MOVX    @DPTR,A
                SETB    SNIC_CS
                MOV     KPAD_DATA,#023H
                ACALL   WRCHAR_LCD
                AJMP    WAIT_KEY
CHK_NEXT_KEY:   CLR     SNIC_CS
                MOV     DPTR,#2001H
                MOVX    @DPTR,A
                SETB    SNIC_CS
                ADD     A,#030H
                MOV     KPAD_DATA,A
                ACALL   WRCHAR_LCD
                AJMP    WAIT_KEY
;*************************************************************************
; Keypad Scan key Subroutine
;*************************************************************************
GET_KPAD:       MOV     KPAD_DATA,#0
                MOV     P2,#0FFH
                ACALL   DELAY_100ms
CHK_COL0:       CLR     KPAD_COL0
                MOV     A,P2
                ANL     A,#00FH
                CJNE    A,#00FH,COL0_DETECT
                AJMP    CHK_COL1
COL0_DETECT:    MOV     KPAD_DATA,#01
                AJMP    GET_ROW
CHK_COL1:       SETB    KPAD_COL0
                CLR     KPAD_COL1
                MOV     A,P2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ANL     A,#00FH
                CJNE    A,#00FH,COL1_DETECT
                AJMP    CHK_COL2
COL1_DETECT:    MOV     KPAD_DATA,#02
                AJMP    GET_ROW
CHK_COL2:       SETB    KPAD_COL1
                CLR     KPAD_COL2
                MOV     A,P2
                ANL     A,#00FH
                CJNE    A,#00FH,COL2_DETECT
                RET
COL2_DETECT:    MOV     KPAD_DATA,#03
GET_ROW:        CLR     KPAD_COL0
                CLR     KPAD_COL1
                CLR     KPAD_COL2
                JB      KPAD_ROW0,CHK_ROW1
                RET
CHK_ROW1:       JB      KPAD_ROW1,CHK_ROW2
                MOV     A,KPAD_DATA
                ADD     A,#3
                MOV     KPAD_DATA,A
                RET
CHK_ROW2:       JB      KPAD_ROW2,CHK_ROW3
                MOV     A,KPAD_DATA
                ADD     A,#6
                MOV     KPAD_DATA,A
                RET
CHK_ROW3:       MOV     A,KPAD_DATA
                ADD     A,#9
                MOV     KPAD_DATA,A
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*****************************************************************************
; Set parameter for HANDSET
;*****************************************************************************
        HANDSET:        MOV         R5,#18
                        MOV         DPTR,#HANDSET_DATA
                        ACALL       TX_DATA
                        RET

;*****************************************************************************
;       Set parameter for DIAL
;*****************************************************************************
        DIAL:           MOV         R5,#12
                        MOV         DPTR,#DIAL_DATA
                        ACALL       TX_DATA
                        RET
;*****************************************************************************
; Serial port TX data
;*****************************************************************************
        TX_DATA:        MOV         SCON,#000
                        MOV         R0,#0
                        CLR         PCM_CS
        NEXT_DATA_1:    CLR         A
                        MOVC        A,@A+DPTR
                        MOV         SBUF,
        LOOP_1:         JNB         TI,LOOP_1
                        CLR         TI
                        INC         DPTR
                        INC         R0
                        CJNE        R0,#02,NEXT_DATA_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETB        PCM_CS
                DJNZ        R5,TX_DATA
                RET

;*****************************************************************************
; LCD Initialize
;*****************************************************************************
INIT_LCD_1:     ACALL       DELAY_100ms
                CLR         LCD_RS
                MOV         P0,#00111000B
                ACALL       LCD_CLK
                ACALL       DELAY_10ms
                MOV         P0,#00111000B
                ACALL       LCD_CLK
                ACALL       LCD_OFF
                ACALL       LCD_CLR
                MOV         P0,#00000110B
                ACALL       LCD_CLK
                ACALL       LCD_HOME
                ACALL       LCD_C
                RET

;*****************************************************************************
; LCD Initialize
;*****************************************************************************
INIT_LCD_2:     ACALL       DELAY_100ms
                MOV         P0,#00000101
                ACALL       LCD_CLK

;*****************************************************************************
; LCD Clear Display
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*******************************************************************************
LCD_CLR:        CLR         LCD_RS
                MOV         P0,#00000001B
                ACALL       LCD_CLK
                RET

;*******************************************************************************
; LCD Return Home
;*******************************************************************************
LCD_HOME:       CLR         LCD_RS
                MOV         P0,#00000010B
                ACALL       LCD_CLK
                RET

;*******************************************************************************
; LCD Display Off
;*******************************************************************************
LCD_OFF:        CLR         LCD_RS
                MOV         P0,#00001000B
                ACALL       LCD_CLK
                RET

;*******************************************************************************
; LCD Clk
;*******************************************************************************
LCD_CLK:        SETB        LCD_EN
                ACALL       LCD_DELAY
                CLR         LCD_EN
                ACALL       LCD_DELAY
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*******************************************************************************
;LCD Display On
;*******************************************************************************
LCD_ON:         CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#00001100B
                ACALL   LCD_CLK
                RET

;*******************************************************************************
; LCD Cursor On
;*******************************************************************************
LCD_BLINK:      CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#00001111B
                ACALL   LCD_CLK
                RET

;*******************************************************************************
; LCD Left Shift Display
;*******************************************************************************
LCD_LSHF:       CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#00011000B
                ACALL   LCD_CLK
                RET

;*******************************************************************************
; LCD Right Shift Display
;*******************************************************************************
LCD_RSHF:       CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#00011100B
                ACALL   LCD_CLK
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*******************************************************************************
; Set LCD Address
; I/P:              LCD_ADDR
;*******************************************************************************
SET_ADDR_LCD:     CLR         LCD_RS
                  MOV         A,LCD_ADDR
                  SETB        ACC.7
                  MOV         P0,A
                  ACALL       LCD_CLK
                  RET

;*******************************************************************************
; Write Character to show LCD
; I/P:              LCD_DATA
;*******************************************************************************
WRCHAR_LCD:       SETB        LCD_RS
                  MOV         P0,KPAD_DATA
                  ACALL       LCD_CLK
                  ACALL       LCD_ON
                  RET

;*******************************************************************************
; Write Line of 16 Character from ROM
; I/P:              DPTR : Locate ROM Address
;*******************************************************************************
WRLINE_LCD:       MOV         R0,#0
WRLINE_LCD_1:     SETB        LCD_RS
                  CLR         A
                  MOVC        A,@A+DPTR
                  MOV         P0,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   LCD_CLK
                INC     DPTR
                INC     R0
                CJNE    R0,#16,WRLINE_LCD_1
                ACALL   LCD_ON
                RET

;*************************************************************************
; Dummy Delay time LCD_DELAY, 10m, 100ms and 1s
;*************************************************************************
LCD_DELAY:      MOV     R7,#002
LCD_DELAY_1:    MOV     R6,#0E6H
LCD_DELAY_2:    NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                DJNZ    R6,LCD_DELAY_2
                DJNZ    R7,LCD_DELAY_1
                RET
DELAY_10ms:     MOV     R7,#010
DELAY_10ms_1:   MOV     R6,#0E6H
DELAY_10ms_2:   NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY_10ms_2
                DJNZ    R7,DELAY_10ms_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET

DELAY_100ms:    MOV     R7,#100
DELAY_100ms_1:  MOV     R6,#0E6H
DELAY_100ms_2:  NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY_100ms_2
                DJNZ    R7,DELAY_100ms_1
                RET
DELAY_1s:       MOV     R5,#100
DELAY_1s_1:     ACALL   DELAY_10ms
                DJNZ    R5,DELAY_1s_1
                RET

;*************************************************************************
; Define Constant < Store in Flash EEPROM Program Memory >
;*************************************************************************
;               0123456789ABCDEF
TITLE_1:        DB      '  ISDN  '
TITLE_2:        DB      ' TELEPHONE '
ADDR_ASSIGN:    DB      000H,001H,07FH
SETUP_DATA:     DB      008H,001H,002H,005H
                DB      004H,003H,080H,090H
                DB      0A3H,018H,001H,083H
                DB      07DH,002H,091H,081H
HANDSET_DATA:   DB      02AH,004H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้