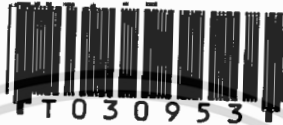


การออกแบบและพัฒนาเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิทัลสำหรับโครงข่ายบริการร่วมระบบดิจิทัล

DESIGNATION AND DEVELOPMENT OF DIGITAL  
TELEPHONE SUBSCRIBER FOR INTEGRATED  
SERVICE DIGITAL NETWORK



นายสุพจน์ องค์กรระดมกุล

MR.SUPHOT ONGSORANAKOMKUL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่.....

เลขทะเบียน..... 30953

กัน, เดือน, ปี 4 ก.ย. 2541

พ.ศ.2541

ISBN 974-622-124-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**DESIGNATION AND DEVELOPMENT OF DIGITAL  
TELEPHONE SUBSCRIBER FOR INTEGRATED  
SERVICE DIGITAL NETWORK**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE  
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**1998**

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การออกแบบและพัฒนาเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิทัลสำหรับ  
โครงข่ายบริการร่วมระบบดิจิทัล

นักศึกษา

นายสุพจน์ องค์กรณะคมกุล

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.ถวิล พึ่งมา

ระดับการศึกษา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.

2541

### บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอการออกแบบและพัฒนาเครื่องโทรศัพท์ระบบดิจิทัล ที่จะนำมาใช้กับโครงข่ายบริการร่วมระบบดิจิทัล (ISDN) ซึ่งจะเป็นโครงข่ายที่ใช้บริการการสื่อสารสมัยใหม่เพื่อให้มีบริการทางการสื่อสารมากยิ่งขึ้น เช่น โทรศัพท์ระบบดิจิทัล โทรสารระบบดิจิทัล เป็นต้น โดยเครื่องโทรศัพท์ที่จะทำการพัฒนาขึ้นนี้ จัดเป็นอุปกรณ์สื่อสารปลายทาง(Terminal Equipment) ของโครงข่าย ISDN โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญสองส่วน คือ ส่วนของการเชื่อมต่อของอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตของสัญญาณอนาล็อก(Analogue I/O Interface) และอีกส่วนหนึ่งเป็นส่วนของ ISDN โปรโตคอล ซึ่งจะออกแบบให้มีการส่งและรับสัญญาณตามมาตรฐานของ CCITT การตรวจสอบการทำงานของเครื่องจะใช้เครื่องโปรโตคอลอนาลิเซอร์ เป็นตัววิเคราะห์สัญญาณเพื่อกำหนดให้การส่งและรับเป็นไปตามมาตรฐานของ CCITT

<b>Thesis Title</b>	Designation and Development of Digital Telephone Subscriber for Integrated Service Digital Network
<b>Student</b>	Mr.Suphot Ongsoranakomkul
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc.Prof.Dr.Tawil Paungma
<b>Level of Study</b>	Master of Engineering in Electrical Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
<b>Year</b>	1998

### Abstract

This thesis described the Designation and Development of Digital Telephone Subscriber for in Integrated Service Digital Network (ISDN). ISDN is the new communication network for multi-user service such as digital telephone, digital facsimile, etc. This digital telephone is Terminal Equipment (TE) of ISDN. The construct of subscriber are devices into main part which is the part of analogue I/O interface and the part of ISDN protocol. The working functions and feature have been to confirmed by connected with ISDN protocol analyzer and match with CCITT standard.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถจัดทำสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ก็เพราะได้รับความเมตตา  
กรุณาจากท่าน รศ.ดร.ถวิล พึ่งมา และท่าน ศ.มนูญ สุขเกษม ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำผู้วิจัย  
มาโดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างมาก และขอกราบ  
ขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจและให้โอกาสบุตรได้รับการศึกษา  
ในระดับต่างๆจนกระทั่งถึงการศึกษาในระดับปริญญาโทมาบัดนี้ รวมทั้งท่านอาจารย์ทุกท่าน  
ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และสั่งสอนให้กับผู้วิจัยในทุกๆระดับชั้น ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสามารถ  
มีวันนี้ได้

ขอขอบพระคุณ มูลนิธิเพื่อการสื่อสารและคอมพิวเตอร์ (C&C) รวมทั้งการสื่อสารแห่งประเทศไทย  
ที่ได้มอบทุนการศึกษาให้กับผู้วิจัยในขณะที่ทำการศึกษายู่ จนทำให้วิทยานิพนธ์  
ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคนในห้อง T-201 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบังและที่การสื่อสารแห่งประเทศไทย ที่เป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือในการ  
ทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มาโดยตลอด

ความรู้และประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุก  
ท่าน

สุพจน์ องค์กรณะคมกุล

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ .....	III
สารบัญ .....	IV
สารบัญตาราง .....	V
สารบัญภาพ .....	VII
คำย่อและสัญลักษณ์ .....	X
บทที่	
1. บทนำ .....	1
ความเป็นมาของการวิจัย .....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	1
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์แบบดิจิทัล .....	2
การให้บริการของโครงข่าย ISDN .....	8
แบบอ้างอิงการต่อระหว่างกันในระบบเปิด (Open System Interconnection) .....	10
คำจำกัดความในเทอมต่างๆของ ISDN .....	12
หน้าที่อุปกรณ์ ISDN และจุดอ้างอิง (reference point) .....	17
2. โพรโทคอลของโครงข่าย ISDN .....	20
สถาปัตยกรรมโปรโตคอล ISDN .....	20
การเชื่อมต่อในโครงข่าย ISDN .....	23
โปรโตคอลการเชื่อมต่อข้อมูลในช่องสัญญาณ D .....	36
โปรโตคอลชั้นที่ 3 บนช่องสัญญาณ D .....	45
ลักษณะการเข้าสู่โครงข่าย ISDN .....	51
มาตรฐานต่างๆของ ISDN .....	54
3. การออกแบบวงจร .....	56

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) และหน่วยความจำ (MEMORY) .....	57
ภาคแสดงผล (DISPLAY) .....	58
การออกแบบวงจร อินพุท/เอาต์พุท อนาล็อก .....	60
การออกแบบวงจรมัลติเพล็กซ์ ดิโอดีเคอร์ (Multiplexing Decoder) .....	63
การออกแบบวงจร I-Interface .....	65
การออกแบบวงจร DC to DC Converter .....	68
การออกแบบ INPUT/OUTPUT PORT .....	69
การออกแบบโปรแกรมการทำงาน .....	70
4. การทดลองและผลการทดลอง .....	74
การขิมมูลเลขโครงข่าย ISDN ด้วยเครื่องโปรโตคอลนาไลเซอร์ .....	75
การวิเคราะห์เครื่องโทรศัพท์แบบดิจิทัลด้วยเครื่องโปรโตคอลนาไลเซอร์ .....	82
5. สรุปผลและวิจารณ์ .....	87
บรรณานุกรม .....	89
ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ .....	91
ภาคผนวก .....	92
ภาคผนวก (ก) .....	93
ภาคผนวก (ข) .....	97
ภาคผนวก (ค) .....	102
ประวัติผู้เขียน .....	116

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การแบ่งลำดับชั้น TDM ตามมาตรฐานอเมริกาเหนือของ AT&T .....	7
2 การแบ่งลำดับชั้น TDM ตามมาตรฐานขององค์การบริหารการสื่อสารและ ไปรษณีย์แห่งยุโรป (CEPT) .....	8
3 ชนิดของช่องสัญญาณ ISDN .....	13
4 การเชื่อมต่อแบบ primary rate และ basic rate ของ ISDN .....	16
5 แสดงตำแหน่งขาคอนเนคเตอร์ตามมาตรฐาน I.430 .....	26
6 โครงสร้างมัลติเฟรมของ PRI ในการเชื่อมต่อแบบ 1.544 Mbps .....	31
7 ตัวอย่างของการกำหนดช่วงเวลาเมื่อใช้งานเป็นช่องสัญญาณ HO ใน PRI .....	35
8 แสดงชนิดของเฟรม LAPD โดยสังเขป .....	39
9 ค่าของตัวบ่งชี้จุดทางเข้าของบริการ (SAPI) .....	44
10 ค่าของตัวบ่งชี้จุดสุดท้ายของอุปกรณ์ (TEI) .....	45
11 การเข้ารหัสโปรโตคอลดิสคริมิเนเตอร์ .....	47
12 แสดงตำแหน่งหน่วยความจำของแต่ละตัวอักษรภายใน LCD โมดูล .....	60
13 แสดงตำแหน่งการถอยรหัสของไอซีดีโค๊ดเคอร์ .....	64
14 แสดงตำแหน่งพอร์ตและแอดเดรสของ 8255 .....	69

# สารบัญญภาพ

หน้า

1 แสดงรูปแบบการส่งสัญญาณเสียง .....	3
2 แสดงคุณสมบัติของคอมแพนเดอร์ .....	4
3 แสดงการแบ่งความถี่แบบ FDM .....	5
4 แสดงการแบ่งเวลาแบบ TDM .....	6
5 แสดงให้เห็นถึงโครงข่ายแบบเก่าที่แยกการทำงานของแต่ละชุมสาย .....	9
6 แสดงโครงข่ายแบบบริการร่วม (ISDN) ที่รวมการติดต่อสื่อสารทุกชนิดไว้ในโครง ข่ายเดียว .....	9
7 แสดงการจัดแบ่งโครงสร้างสถาปัตยกรรม 7 ชั้นของ OSI .....	10
8 แสดงหน้าที่ของอุปกรณ์และจุดอ้างอิงของ ISDN .....	18
9 แสดงจุดอ้างอิงโปรโตคอลและสถาปัตยกรรมสำหรับช่องสัญญาณ D .....	21
10 แสดงความสัมพันธ์ของสถาปัตยกรรมโปรโตคอลช่องสัญญาณ B และ D .....	22
11 แสดงรูปแบบการต่อชนิดจุดต่อจุด .....	23
12 แสดงรูปแบบการต่อชนิดจุดต่อหลายจุดแบบ short passive bus .....	24
13 แสดงรูปแบบการต่อชนิดจุดต่อหลายจุดแบบ extended passive bus .....	24
14 แสดงรูปแบบอ้างอิงทางไฟฟ้าในการต่อระหว่าง NT และ TE .....	25
15 ตัวอย่างของสัญญาณ pseudo-ternary .....	27
16 แสดงเฟรมการส่งของ I.430 .....	28
17 โครงสร้างเฟรม PRI ในการเชื่อมต่อแบบ 1.544 เมกกะบิตต่อวินาที .....	30
18 แสดงการเข้ารหัสแบบ AMI .....	32
19 แสดงการเข้ารหัสแบบ B8ZS .....	32
20 โครงสร้างเฟรม PRI ในการเชื่อมต่อแบบ 2.048 เมกกะบิตต่อวินาที .....	33
21 แสดงการเข้ารหัสแบบ HDB3 .....	34
22 แสดงรูปแบบเฟรมของ LAPD .....	37
23 แสดงรูปแบบฟิลด์ควบคุม LAPD .....	38

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
24 แสดงรูปแบบแบบฟิลด์แอคแตรส LAPD .....	40
25 แบบอ้างอิงชั้นเชื่อมข้อมูลและจุดทางเข้าบริการ .....	41
26 แสดงจุดทางเข้าหลายๆบริการภายใน TE มีความต้องการการต่อทางลจจกคอล LAPD หลายๆตัวไปยัง LE .....	42
27 แสดงบริการหลายๆสิ่งและ TE หลายตัวต้องการการเชื่อมต่อทางลจจกคอลของ LAPD ที่ถูกอ้างอิง .....	43
28 แสดงรูปแบบแบบของข้อความ Q.931 .....	46
29 แสดงรูปแบบส่วนประกอบข้อความชนิดออกเตทเดี่ยว .....	48
30 แสดงรูปแบบส่วนประกอบข้อความที่เปลี่ยนแปลงความยาวได้ .....	49
31 แสดงการโต้ตอบข้อความในการเรียกแบบเซอร์กิตโหมค .....	50
32 แสดงการยกเลิกการติดต่อ .....	50
33 แสดงลักษณะการจัดการเชื่อมต่อทางกายภาพแบบต่างๆ .....	52
34 แสดงตัวอย่างการทำงานของอุปกรณ์ NT1 และ NT2 แบบต่างๆ .....	53
35 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิทัล .....	56
36 วงจรของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) และหน่วยความจำ (MEMORY) .....	58
37 ภาพแสดงส่วนที่เป็น LCD โมดูลและบัสต่างๆที่ต่อเข้ากับหน่วยประมวลผลกลาง	59
38 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ MT9094 .....	61
39 วงจรอินพุท/เอาต์พุท อนาล็อก .....	62
40 วงจรของไอซี ดีโคเดอร์ .....	64
41 แสดงจุดที่นำอุปกรณ์โทรศัพท์ดิจิทัลไปเชื่อมต่อ .....	65
42 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ MT8931 .....	66
43 วงจร I-Interface .....	67
44 แสดงวงจร DC to DC Converter .....	68
45 วงจรของส่วนอินพุท/เอาต์พุท พอร์ท .....	70

## VIII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
46 แสดงการทำงานของโปรแกรม .....	72
47 แสดงวงจรของเครื่องโทรศัพท์ระบบดิจิทัล .....	73
48 แสดงเครื่องต้นแบบของโทรศัพท์ระบบดิจิทัล .....	74
49 แสดงจุดต่อใช้งานของพอร์ต A และพอร์ต B .....	76
50 แสดงการใช้งานของพอร์ตในการเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN .....	76
51 แสดงการกำหนดรายละเอียดโปรโตคอลของพอร์ต A และพอร์ต B .....	77
52 แสดงการกำหนดรายละเอียด Basic Rate Interface ของพอร์ต A และ B .....	78
53 แสดงรูปการเลือกการประยุกต์ใช้งาน .....	78
54 แสดงการเรียกไฟล์ INS64 .....	79
55 แสดงเมนูของการเชื่อมต่อโครงข่าย INS64 .....	80
56 แสดงการกำหนดลักษณะการทำงานของชั้นกายภาพของการเชื่อมต่อแบบ Basic Rate ของการเชื่อมต่อโครงข่าย INS64 .....	80
57 แสดงการกำหนดลักษณะการทำงานของชั้นเชื่อมต่อและชั้นโครงข่ายของการเชื่อมต่อโครงข่าย INS64 .....	81
58 แสดงจอภาพของ INS64 เมื่อเริ่มเข้าสู่การใช้งาน .....	82
59 แสดงตำแหน่งการต่อเครื่องโทรศัพท์ดิจิทัลเข้ากับเครื่องโปรโตคอลนาไลเซอร์ .....	83
60 แสดงผลการติดต่อของเครื่องโทรศัพท์ระบบดิจิทัลจากมอนิเตอร์ของเครื่องโปรโตคอลนาไลเซอร์ .....	84
61 แสดงผลการติดต่อของเครื่องโทรศัพท์ระบบดิจิทัลช่วงยกเลิกการเรียกจากมอนิเตอร์ของเครื่องโปรโตคอลนาไลเซอร์ .....	85
62 แสดงข้อมูลที่อุปกรณ์ปลายทางทั้ง 2 ด้านติดต่อกับโครงข่าย .....	86

## คำย่อและสัญลักษณ์

AMI	Alternating mark inversion
ANSI	American National Standards Institute
B-ISDN	Broadband ISDN
bps	bits per second
BRI	Basic rate interface
B8ZS	Bipolar 8 Zero Substitution
ITU	International Telecommunication Union
CEPT	Conference of European Postal and Communications Administrations
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 System No. 1
DTMF	Dual-tone multifrequency
EPROM	Erasable Programable 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-level Data Link Control
Hz	Hertz (cycle per second)

## คำย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

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
ms	millisecond
NT	Network termination
NT1	Network termination type 1
NT2	Network termination type 2
OAM	Operations, administration, and maintenance
OSI	Open System Interconnection
PABX	Private automatic branch exchange
PAM	Pulse Amplitude Modulation
PBX	Private branch exchange

## คำย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

PCM	Pulse Code Modulation
PD	Protocol Discriminator
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 Endpoint Identifier
TE1	Terminal equipment type 1
TE2	Terminal equipment type 2
$\mu$ s	Microsecond
ETSI	European Telecom Standards Institute
DASS	Digital Access Signalling System
DPNSS	Digital Private Network Signalling System
INS	Information Network System
DMS	Digital Multiplex System

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาของการวิจัย

ปัจจุบันนี้วิวัฒนาการทางการติดต่อสื่อสารได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วทุกรูปแบบ และแทบทุกชนิด การสื่อสารทางด้านโทรศัพท์ก็เช่นกัน ได้พัฒนาเข้าสู่ระบบดิจิทัลสมบูรณ์แบบ และมีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงขึ้นส่งไปในโครงข่ายแบบดิจิทัล ซึ่งโครงข่ายนี้มีชื่อเรียกว่า โครงข่ายบริการร่วมแบบดิจิทัล หรือ Integrated Service Digital Network (ISDN) โดยโครงข่าย บริการร่วมแบบดิจิทัลนี้ สามารถรองรับการให้บริการการสื่อสารได้หลายชนิด ทั้งโทรศัพท์ดิจิทัล (Digital telephone) โทรภาพ (Video phone) หรือ โทรสาร (Facsimile) เป็นต้น การส่ง ข้อความหรือข้อมูลแต่ละชนิดก็จะมีโปรโตคอล (Protocol) ในการรับและการส่งที่แตกต่างกันอยู่ในวิทยานิพนธ์นี้จะศึกษาเกี่ยวกับระบบโทรศัพท์ดิจิทัล และโครงข่ายการให้บริการร่วมแบบดิจิทัลหรือ ISDN เพื่อพัฒนาเครื่องโทรศัพท์ดิจิทัลขึ้นมาใช้ภายในประเทศ รองรับบริการเปิดให้บริการของโครงข่ายบริการร่วมแบบดิจิทัลที่องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย และการสื่อสารแห่งประเทศไทยนำมาให้บริการ ทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศ

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เนื่องจากขณะนี้เทคโนโลยีของโครงข่ายบริการร่วมแบบดิจิทัลหรือ ISDN ยังเป็นของใหม่ในบ้านเรา และยังไม่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ทำให้อุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ ต้องนำเข้ามาจากที่อื่นอยู่ตลอดเวลา ไม่สามารถทำการสร้างและพัฒนาเองได้ การวิจัยเครื่องโทรศัพท์ดิจิทัลนี้ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถทำให้เราสร้างเครื่องโทรศัพท์ ISDN หรือโทรศัพท์ดิจิตอลขึ้นมาใช้เองภายในได้ และเป็นการเพิ่มพูนความรู้ ประสพการณ์ และเป็นแนวทางในการพัฒนาที่จะทำให้ดียิ่งขึ้นไปในอนาคตได้

## ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์แบบดิจิตอล

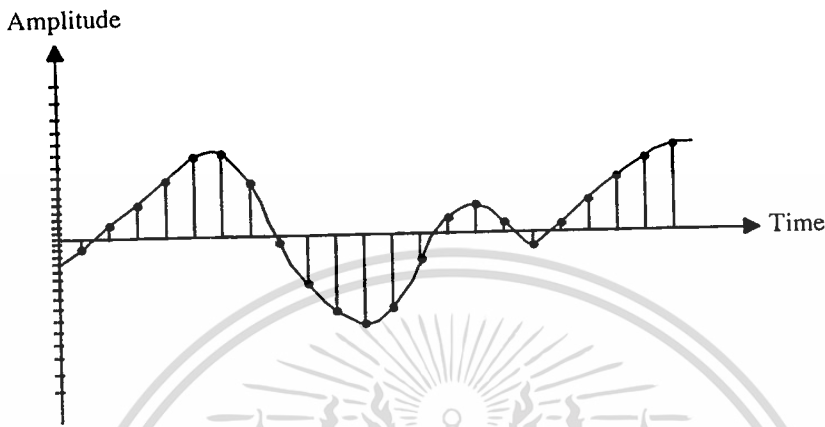
โทรศัพท์แบบดิจิตอลนี้จะมีการทำงานแตกต่างจากโทรศัพท์แบบอนาล็อกที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบันนี้ ซึ่งการทำงานในส่วนของตัวเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิตอลที่จะส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์จะเป็นการเปลี่ยนเสียงพูดไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าแบบอนาล็อกโดยไมโครโฟน แล้วก็จะทำการสุ่มสัญญาณนั้นเป็นช่วงๆ หลังจากนั้นก็จะทำการดิจิไตซ์ให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอล ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้เป็นขั้นตอนของการเข้ารหัสแบบ Pulse Code Modulation (PCM) ก่อนจะทำการส่งออกไปในคู่สาย ในทางกลับกันเมื่ออยู่ในสถานะการรับ เครื่องโทรศัพท์แบบดิจิตอลจะแปลงข้อมูลสัญญาณดิจิตอล PCM ที่รับมาจากชุมสายโทรศัพท์ไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าแบบอนาล็อก ขั้นตอนสุดท้ายก็จะทำการขยายสัญญาณให้แรงเพื่อส่งออกลำโพงหรือหูฟัง

สัญญาณเสียงพูดในโทรศัพท์ทั่วไปจะมีแบนด์วิธกว้างประมาณ 4 กิโลเฮิร์ต (kHz) และจากทฤษฎีของ Harry Nyquist การที่จะนำสัญญาณดิจิตอลกลับมาเป็นสัญญาณอนาล็อกได้นั้น จะต้องมีการสุ่มตัวอย่าง (sampling) อย่างน้อยที่สุดเป็น 2 เท่าของสัญญาณที่สุ่ม ในที่นี้จะได้ความถี่ในการสุ่มสัญญาณเท่ากับ 8 กิโลเฮิร์ต (kHz) และแต่ละครั้งของการสุ่มสัญญาณจะถูกเข้ารหัสข้อมูลดิจิตอลที่มีขนาด 8 บิต (256 ระดับ) ทำให้ได้อัตราบิตของช่องสัญญาณเสียงดิจิตอลหนึ่งช่องเป็น 64 กิโลบิตต่อวินาที (kbps) บางแห่งอาจจะกล่าวถึงเป็น Digital Signaling ระดับ 0 หรือ DS0 ซึ่งข้อมูล 256 ระดับนี้จะอยู่ในช่วง -127 ถึง +128

ภาพที่ 1 แสดงการสุ่มสัญญาณและการดิจิไตซ์สัญญาณเสียง สัญญาณเสียงถูกสุ่มตัวอย่างทุกๆ 125 ไมโครวินาที ( $\mu\text{s}$ ) หรือสุ่มหนึ่งครั้งในเวลา  $1/8000$  วินาที การสุ่มตัวอย่างนี้จะทำการหารระดับสัญญาณด้วยวิธี Pulse Amplitude Modulation (PAM) ระดับสัญญาณอนาล็อกที่หามาได้นี้จะถูกเข้ารหัสของสัญญาณให้อยู่ในรูปของดิจิตอลอีกทีหนึ่ง ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนของวิธีการ Pulse Code Modulation (PCM)

ความไม่สม่ำเสมอของสเกลความสูง (Amplitude) ดังในภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าถูกกำหนดให้มีค่าใกล้เคียงที่ค่าต่ำๆ และค่อยๆ ห่างออกไปที่ค่าสูงๆ สิ่งนี้ถูกเรียกว่าการ companding สาเหตุ

ภาพที่ 1



แสดงรูปแบบการสุ่มสัญญาณเสียง

ที่ใช้สเกลแบบไม่สมมาตรนี้ ก็เพราะว่าในการพูดคุยทางโทรศัพท์ขณะใช้งานปกติ นั้น ระดับการพูดของเสียงมีความสม่ำเสมอเสียส่วนใหญ่ และมีความแตกต่างของสัญญาณไม่มากนักในช่วงระดับต่ำๆ การกระทำเช่นนี้ทำให้สามารถแยกแยะสัญญาณในช่วงนี้ได้มากขึ้นกว่าเดิม

การ companding นั้นมี 2 แบบใหญ่ๆด้วยกันที่ใช้ในโทรศัพท์แบบดิจิทัลคือแบบ  $\mu$ -Law ถูกใช้แรกเริ่มในอเมริกาเหนือและญี่ปุ่น ส่วนแบบที่ 2 คือแบบ A-Law มีใช้มากในแถบยุโรปและถูกใช้มากที่สุดในโลก ส่วนในประเทศไทยก็ใช้งานในแบบที่สองนี้ด้วย

### 1. รูปแบบการ Companding ที่ใช้ในระบบโทรศัพท์ดิจิทัล

การ companding เป็นกระบวนการซึ่งทำการบีบอัดสัญญาณก่อนแล้วจึงตามด้วยการขยายสัญญาณ การบีบอัดสัญญาณเป็นกระบวนการซึ่งควบคุมอัตราขยายสัญญาณให้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของสัญญาณที่ถูกป้อนเข้ามา อัตราขยายจะมีค่ามากที่ระดับแรงดันอินพุตต่ำ และจะมีค่าน้อยที่ระดับแรงดันสูง กระบวนการนี้ได้ถูกนำมาใช้กับการจัดระดับควอนไทซ์แบบไม่คงที่ ดังนั้น ITU จึงกำหนดรูปแบบของฟังก์ชันการบีบอัดสัญญาณให้มีลักษณะเป็นลอการิทึม (logarithm) และให้ผู้ผลิตแต่ละรายทำตามข้อกำหนดเพื่อสร้างความเป็นมาตรฐาน ลักษณะกราฟความสัมพันธ์ของการบีบอัดสัญญาณแบบลอการิทึมที่ใช้กันอยู่เกิดจากการประมาณค่า โดยแบ่งส่วนหนึ่งของกราฟออกเป็นช่วงย่อยๆ 13 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งเป็นชนิด A-law โดยกำหนดเอกสตรัมของกราฟออกเป็นช่วงย่อยๆ 13 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งเป็นชนิด A-law โดยกำหนดไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า A เท่ากับ 87.6 การจัดระดับควอนไดซ์โดยยึดตามกราฟ A-law จะเพิ่มค่า S/N ขึ้นอีกถึง 26 dB ในกรณีที่ใช้การแทนค่า 8 บิต โคนสมการกำหนดคุณลักษณะของ compander แบบ A-law จะมีลักษณะดังนี้คือ

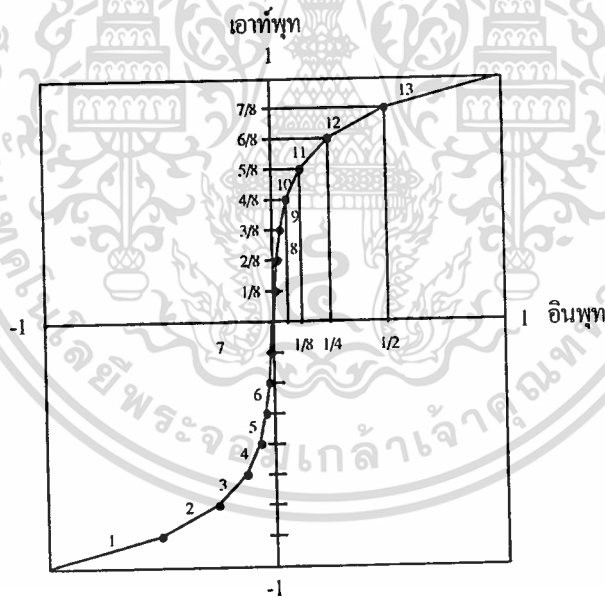
$$Y = \frac{1 + \ln Ax}{1 + \ln A} \quad \text{เมื่อ } 1/A < x < 1$$

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

โดยที่ x เป็นระดับสัญญาณก่อนเข้าสู่วงจรบีบอัดสัญญาณ

Y เป็นระดับสัญญาณหลังจากผ่านวงจรบีบอัดสัญญาณแล้ว

ภาพที่ 2



ภาพแสดงคุณสมบัติของคอมเพนเดอร์ โดยแบ่งความสัมพันธ์ระหว่างระดับสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทเป็น 13 ช่วง ตามมาตรฐาน A-law

นอกจากรูปแบบการบีบอัดข้อมูลแบบ A-law ซึ่งใช้กันในวงการสื่อสารของหลายประเทศ ในแถบยุโรปแล้ว ยังมีมาตรฐานแบบ  $\mu$ -Law ที่ใช้กันมากในทวีปอเมริกาเหนือและญี่ปุ่น สามารถเขียนเป็นสมการแทนการบีบอัดสัญญาณได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวงนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Y = \operatorname{sgn}(x) \frac{\ln(1+\mu x)}{\ln(1+\mu)}$$

โดยที่  $x$  เป็นระดับสัญญาณก่อนเข้าสู่วงจรบีบอัดสัญญาณ

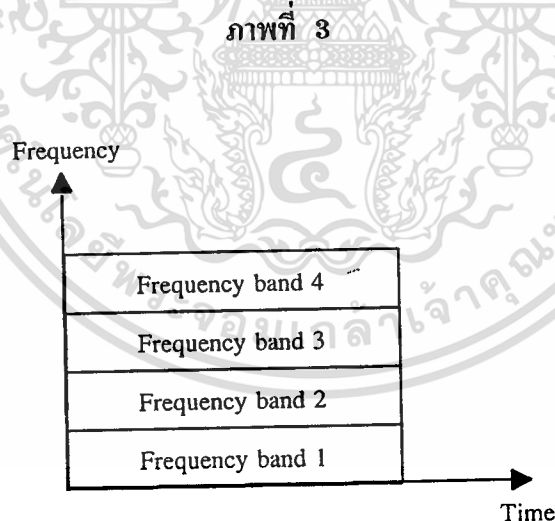
$Y$  เป็นระดับสัญญาณหลังจากผ่านวงจรบีบอัดสัญญาณแล้ว

$\operatorname{sgn}(x)$  เป็นฟังก์ชันแทนค่าเครื่องหมายแสดงขั้วของแรงดันเข้า  $x$

$\mu$  เป็นค่าครรชนีการบีบอัด

## 2. การมัลติเพล็กซ์ ( Multiplex )

การมัลติเพล็กซ์ในโครงข่ายเป็นการยอมให้วิธีการติดต่อสื่อสารแบบเดียวกันถูกแบ่งใช้โดยผู้ใช้งานหลายคนได้ ลักษณะที่สำคัญของตัวมัลติเพล็กซ์ในโครงข่ายโทรศัพท์ จะยอมให้การสนทนาด้วยเสียงจำนวนมากถูกนำไปบนสายส่งเส้นเดียวกันได้



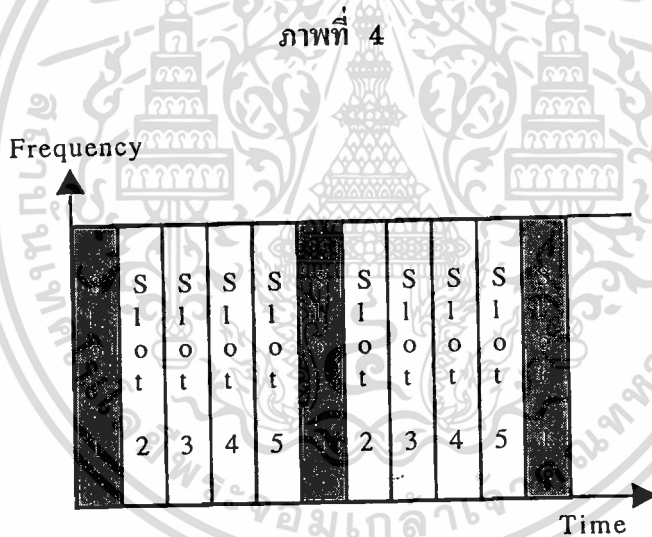
แสดงการแบ่งความถี่แบบ FDM

ภาพที่ 3 นี้เป็นตัวอย่างแสดงการมัลติเพล็กซ์แบ่งย่านความถี่ออกเป็น 4 ย่านให้ผู้ใช้งาน 4 รายด้วยกันและสามารถใช้งานไปในเวลาเดียวกันได้

ในการติดต่อสื่อสารแบบอนาล็อกส่วนมากจะใช้วิธีการแบ่งความถี่แบบนี้ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Frequency division multiplexing (FDM) มารองรับการใช้งานจำนวนมาก ๆ โดย FDM นี้จะแบ่งการคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ตามจำนวนของผู้ใช้งานทั้งหมด และผู้ใช้แต่ละรายได้ถูกกำหนดช่องความถี่สำหรับการส่งไว้ ดังตัวอย่างในภาพที่ 3 ในกรณีของเสียงแต่ละคู่สนทนาจะถูกเลื่อนความถี่ที่เป็นพาหะไปในย่านที่แตกต่างกันด้วยแบนวิธค้อย่างน้อย 3.1 กิโลเฮิร์ตเพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนกันระหว่างช่องความถี่ที่อยู่ติดกัน ความถี่ 3.1 กิโลเฮิร์ตนี้เป็นผลมาจากความถี่ของเสียงพูดของมนุษย์ขณะสนทนากันจะมีย่านความถี่อยู่ในช่วงนี้

แต่ในการส่งสัญญาณที่เป็นแบบดิจิทัลนั้น มักจะถูกมัลติเพล็กซ์ด้วยการแบ่งเวลาหรือ TDM (Time division multiplexing) ซึ่งจะแตกต่างกับของ FDM ในขณะที่ FDM นั้นจะจัดการแบ่งสรรให้กับผู้ใช้แต่ละรายด้วยส่วนของความถี่ ตลอดเวลาทั้งหมดที่ผู้ใช้ต้องการ แต่ในแบบของ TDM จะจัดการแบ่งการใช้งานให้กับผู้ใช้แต่ละรายด้วยช่วงเวลาเล็กๆสลับกันไป ดังภาพที่ 4 ในภาพเป็นตัวอย่างการแบ่งเวลาให้ผู้ใช้ 5 รายใช้งานไม่ซ้ำเวลากัน



แสดงการแบ่งเวลาแบบ TDM

### 3. การจัดแบ่งลำดับชั้น TDM

ตัวพาหะ T1 (T1 carrier) เป็นตัวพาหะตัวแรกที่ใช้ในอเมริกา ตัวพาหะ T1 จะมัลติเพล็กซ์ช่องสัญญาณเสียงออกเป็น 24 ช่อง บนสายส่งหนึ่งเส้นโดยใช้การแบ่งเวลา หน่วยพื้นฐานของการส่งถูกเรียกว่า เฟรม ที่ซึ่งมีการสุ่มมาจากแต่ละ 24 ช่องสัญญาณ การสุ่มแต่ละครั้งถูกแทนด้วยข้อมูลขนาด 8 บิต ในหนึ่งเฟรมจะบรรจุข้อมูลของผู้ใช้งานไว้ 192 บิต โดยแต่ละเฟรมถูกนำหน้าด้วยบิตเริ่มต้นเฟรม (framing bit) ดังนั้นใน T1 เฟรมเดียวจะประกอบด้วยบิตจำนวนทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

193 บิต ซึ่งแต่ละเฟรมจะบรรจุการสุ่มสัญญาณหนึ่งครั้งของแต่ละช่องสัญญาณเสียง รวมแล้วจะได้ 8,000 เฟรมต่อวินาทีบนช่อง T1 นี้ เป็นผลให้อัตราบิตเท่ากับ 1.544 เมกะบิตต่อวินาที (Mbps) ซึ่งจะเหมือนกับดิจิทัลซิกนอลลิ่งระดับ 1 หรือ DS-1 (Digital Signaling level 1) จำนวนบิตทั้งหมด 1.544 เมกะบิตนี้ จะเป็นบิตเริ่มต้นเฟรม 8,000 บิต และอัตราข้อมูลของผู้ใช้งานก็จะ เป็น 1.536 เมกะบิตต่อวินาที (Mbps)

ตัวพาหะ T1 จะทำการมัลติเพล็กซ์ 24 ช่องสัญญาณเสียงโดยการใช้เทคนิค TDM จำนวนของช่องที่มัลติเพล็กซ์เข้าด้วยกันถูกกำหนดโดยการแบ่งลำดับชั้นดิจิทัล TDM ซึ่งในระบบของ T1-carrier นี้ใช้วิธีการแบ่งลำดับชั้นของ AT&T ที่ถูกใช้ในอเมริกาเหนือ ญี่ปุ่น ไต้หวัน และเกาหลีใต้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1  
การแบ่งลำดับชั้น TDM ตามมาตรฐานอเมริกาเหนือของ AT&T

ระดับสัญญาณดิจิทัล	จำนวนของช่องสัญญาณเสียง	อัตราบิต (เมกะบิตต่อวินาที)
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

ตารางแสดงให้เห็นถึงการแบ่งระดับชั้นต่างๆเป็น 6 ระดับ รวมทั้งจำนวนช่องสัญญาณเสียงและอัตราบิตของแต่ละระดับชั้นตามมาตรฐานที่ใช้ในอเมริกาเหนือ

ส่วนในที่อื่น ๆ นั้นใช้การแบ่งลำดับชั้น TDM ที่เป็นพื้นฐานบนมาตรฐานของการบริหาร การสื่อสารและไปรษณีย์แห่งยุโรป (CEPT) ดังตารางที่ 2 โดยระดับแรกของการแบ่งแบบ CEPT จะมัลติเพล็กซ์ช่องสัญญาณออกเป็น 32 ช่อง เป็นผลให้ได้อัตราบิตเท่ากับ 2.048 เมกะบิตต่อวินาที (Mbps) โดยแต่ละช่องจะมีอัตราบิตเท่ากับ 64 กิโลบิตต่อวินาที (Kbps) ถูกใช้งานสำหรับเป็นช่องซิกนอลลิ่งอยู่หนึ่งช่อง อีกหนึ่งช่องสำหรับใช้เป็นเฟรมอะลายเม้นท์ (Frame alignment)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และที่เหลืออีก 30 ช่องถูกใช้สำหรับส่งข้อมูลของผู้ใช้งาน รูปแบบนี้บางทีอาจมีการกล่าวถึงว่าเป็นรูปแบบของเฟรม E1

## ตารางที่ 2

การแบ่งลำดับชั้น TDM ตามมาตรฐานขององค์การบริหารการสื่อสาร  
และไปรษณีย์แห่งยุโรป (CEPT)

หมายเลขระดับ	จำนวนของช่องสัญญาณ	อัตราบิท (เมกะบิตต่อวินาที)
	เสียง	
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

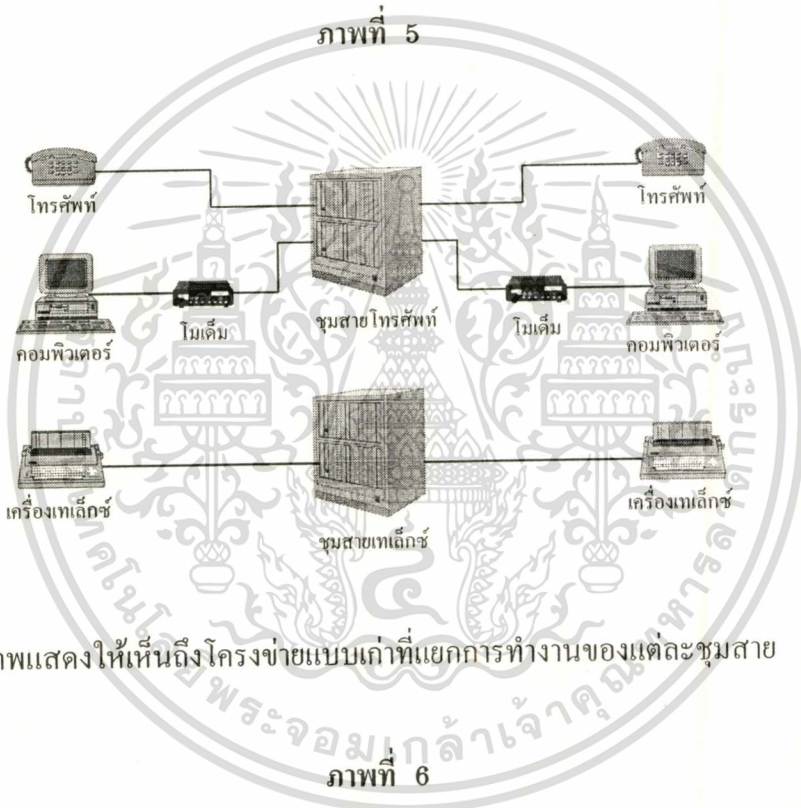
ตารางแสดงให้เห็นถึงการแบ่งระดับชั้นต่างๆเป็น 6 ระดับ รวมทั้งจำนวนช่องสัญญาณเสียงและอัตราบิทของแต่ละระดับชั้นตามมาตรฐานที่ใช้ในแถบยุโรป ซึ่งมีความแตกต่างกับที่ใช้ในอเมริกาเหนือ

### การให้บริการของโครงข่าย ISDN

ในโครงข่ายการติดต่อสื่อสารสมัยแรกๆ ไม่มีการกำหนดมาตรฐานการใช้งานร่วมกันของโครงข่าย เมื่อต้องการใช้งานโครงข่ายไหนก็จะทำการรับ-ส่งข้อมูลกันระหว่างโครงข่ายนั้น เช่น การติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์ ก็จะใช้งานผ่านชุมสายโทรศัพท์ หรือระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยกันก็ต้องติดต่อผ่านโมเด็ม (Modem) ก่อนแล้วจึงต่อผ่านชุมสายโทรศัพท์ได้ ส่วนการติดต่อสื่อสารผ่านเครื่องเทเล็กซ์ ก็จะต้องใช้งานผ่านเฉพาะชุมสายของเทเล็กซ์เท่านั้น ดังตัวอย่างในรูปที่ 5 ซึ่งการใช้งานในทำนองนี้จะเห็นว่าไม่ค่อยสะดวกสบายและไม่มีความยืดหยุ่นเท่าที่ควร ไม่ว่าจะเป็นใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

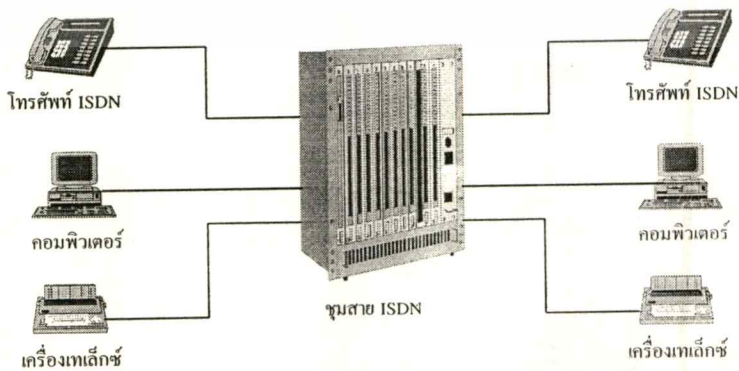
ส่วนของชุมสาย ISDN ซึ่งเป็นชุมสายยุคใหม่สำหรับการให้บริการร่วม จะทำการรวมหน้าที่การทำงานของแต่ละบริการมาอยู่รวมกันเป็นชุมสายเดี่ยวดังรูปที่ 6 โดยใช้โปรโตคอลทำการติดต่อและแยกแยะการทำงานของแต่ละบริการได้ ทำให้บริการของ ISDN นี้มีความสะดวกสบายมากขึ้นและมีความยืดหยุ่นสูงกว่าโครงข่ายแบบเดิม จะเห็นได้ว่าทั้งโทรศัพท์ คอมพิวเตอร์ หรือเครื่องเทเล็กซ์ ฯลฯ จะมีการใช้งานผ่านเพียงโครงข่าย ISDN โครงข่ายเดี่ยว รวมทั้งบริการเสริมอื่นๆที่จะมีเพิ่มขึ้นมาภายหลังก็สามารถทำได้ง่ายกว่าโครงข่ายแบบเก่า

ภาพที่ 5



ภาพแสดงให้เห็นถึงโครงข่ายแบบเก่าที่แยกการทำงานของแต่ละชุมสาย

ภาพที่ 6



ภาพแสดงโครงข่ายโทรศัพท์แบบบริการร่วม (ISDN) ที่ได้รับรวมการติดต่อสื่อสารทุก

**ชนิดไว้ในโครงข่ายเดี่ยว**

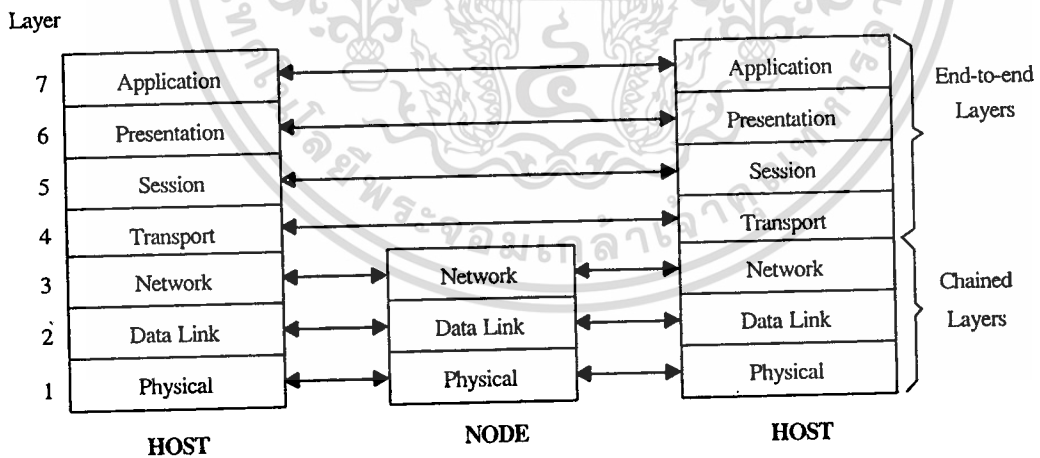
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบอ้างอิงการต่อระหว่างกันในระบบเปิด (OPEN SYSTEM INTERCONNECTION)

ปลายปี 1970 องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Organization for standardization) หรือ ISO ได้พัฒนารูปแบบอ้างอิงสำหรับการเชื่อมต่อระบบเปิด (Open System Interconnection) หรือ OSI ประกอบด้วยสถาปัตยกรรม 7 ชั้น ที่ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับระบบโครงข่ายเปิดในอนาคต โดยการยอมให้อุปกรณ์ที่มาจากผู้ผลิตต่างกัน สามารถติดต่อสื่อสารกันได้

ภาพที่ 7 แสดงลักษณะชั้นต่างๆของรูปแบบ OSI ที่มี 7 ชั้น จะเห็นว่าชั้นตามขวางในโครงข่ายติดต่อสื่อสารกันได้โดยใช้โปรโตคอล (Protocol) ชั้นข้างเคียงในอุปกรณ์เดียวกันจะติดต่อกันได้โดยผ่านการเชื่อมต่อ (Interface) สถาปัตยกรรมโครงข่าย เช่น ISDN จะให้คุณสมบัติหน้าที่ของแต่ละชั้น ขั้นตอนโปรโตคอลสำหรับมองการติดต่อ และการติดต่อสื่อสารข้ามการเชื่อมต่อระหว่างชั้นโปรโตคอลที่อยู่ติดกัน

ภาพที่ 7



ภาพแสดงการจัดแบ่งโครงสร้างสถาปัตยกรรม 7 ชั้นของ OSI

ระดับชั้นของ OSI ทั้ง 7 ชั้นจะมีรายละเอียดย่อยๆเพื่อเป็นตัวอย่างให้เกิดความเข้าใจได้ดังข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.) ชั้น Physical (ชั้นที่ 1) : หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าชั้นกายภาพ เป็นการกำหนดคุณสมบัติทางไฟฟ้าและทางกลของอุปกรณ์ ที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัวที่อยู่ในโครงข่าย ตัวอย่างของชั้นนี้ก็จะมี 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 ตัวอย่างง่าย ๆ ก็มี โปรโตคอล SDLC (Synchronous Data Link Control) โปรโตคอล DDCMP (Digital Data Communications Message Protocol) 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 (ชั้นที่ 3) : หรือชั้นโครงข่าย ให้คุณสมบัติโปรโตคอลสำหรับหน้าที่ดังเช่น การกำหนดเส้นทาง ควบคุมสภาพความแออัดของการใช้งาน ตั้งค่าการเรียกและสิ้นสุดการเรียก และการติดต่อสื่อสารของโครงข่ายผู้ใช้
- 4.) ชั้น Transport (ชั้นที่ 4) : ให้คุณสมบัติโปรโตคอลและชั้นของบริการสำหรับการติดต่อสื่อสารที่ไม่มีผิดพลาดระหว่าง hosts ผ่านโครงข่ายย่อย
- 5.) ชั้น Session (ชั้นที่ 5) : ให้คุณสมบัติการติดต่อสื่อสารที่มีการประมวลผลกัน การกู้ความผิดพลาดที่เกิดขึ้น และ Session Synchronization
- 6.) ชั้น Presentation (ชั้นที่ 6) : เป็นการตั้งค่าทั่วไปดังเช่น การบีบอัดข้อความ
- 7.) ชั้น Application (ชั้นที่ 7) : กำหนดคุณสมบัติการเชื่อมต่อของผู้ใช้ไปยังโครงข่าย และตั้งคุณสมบัติการประยุกต์ใช้งานของผู้ใช้ เช่น จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ การบริหารโครงข่าย หรือ บริการถ่ายโอนไฟล์ข้อมูล

สามชั้นล่างของ OSI ถูกเรียกว่าชั้นลูกโซ่และประกอบด้วยขั้นตอนสำหรับการสื่อสารของ host ไป node และ node ไป node ผู้ใช้ปลายทาง (hosts) เป็นเหมือนกับอุปกรณ์สวิทช์ทั้งหมด ส่วน node ที่ไปตามเส้นทางระหว่าง Hosts ต้องปฏิบัติตามชั้น โปรโตคอลเหล่านี้

สี่ชั้นบนนี้ถูกเรียกว่าชั้นปลายทางไปยังปลายทาง หรือ end-to-end

โปรโตคอล ISDN ตามมาตรฐานของ ITU ใช้เพียงชั้นลูกโซ่เท่านั้น (3 ชั้นล่างสุด) ขณะที่โครงข่าย ISDN เองนั้นสามารถจัดหาบริการได้หลายชนิดโดยการใช้โปรโตคอลหลายๆ แบบ การเชื่อมต่อโครงข่ายผู้ใช้ของ ISDN ถูกออกแบบเพื่อให้การตั้งค่าโปรโตคอลมีความง่ายสำหรับผู้ใช้ที่จะเข้าไปยังโครงข่าย ดังนั้นโปรโตคอล ISDN ที่ประกอบขึ้นสำหรับการเชื่อมต่อโครงข่าย

ของผู้ใช้ถูกทำตามเพียงขั้นที่ 1 ถึง 3 เท่านั้น โพรโทคอลเหล่านี้จะมีการกล่าวถึงรายละเอียดในบทที่ 2

## คำจำกัดความในทอมต่างๆของ ISDN

ISDN เป็นโครงข่ายดิจิทัลที่สามารถจัดหาบริการได้หลายชนิด การเพิ่มของมาตรฐาน ISDN ไม่ได้อยู่ที่ว่าโครงข่ายเป็นอย่างไร และการเข้าหาบริการของโครงข่าย มาตรฐานของ ISDN ได้กำหนดการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้และโครงข่ายไว้ การเชื่อมต่ออยู่ในรูปแบบของการตั้งโปรโตคอล รวมทั้งการตั้งข้อความที่ถูกใช้เพื่อร้องขอบริการ

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

### 1. ช่องสัญญาณ ISDN

ในการสื่อสารข้อมูล ช่องสัญญาณจะเป็นเสมือนช่องทางของข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร ช่องสัญญาณโดยทั่วไปสามารถที่จะนำพาสัญญาณอนาล็อกหรือสัญญาณดิจิทัลก็ได้ ที่ประกอบด้วยข้อมูลซิกแนลลิงของโครงข่ายหรือข้อมูลของผู้ใช้งานที่ใช้ติดต่อสื่อสารเพื่อให้เกิดความเข้าใจระหว่างกัน

แต่ช่องสัญญาณในโครงข่าย ISDN จะนำพาแต่สัญญาณดิจิทัลเพียงอย่างเดียว นอกไปยิ่งกว่านั้นช่องสัญญาณของ ISDN จะประกอบด้วยช่องสัญญาณที่เป็นดิจิทัลหลายๆช่อง สำหรับใช้เป็นช่องสัญญาณซิกแนลลิงและช่องสัญญาณข้อมูลของผู้ใช้งาน โดยมีช่องสัญญาณพื้นฐานอยู่ 3 ชนิด ที่ถูกกำหนดขึ้นมาใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารในโครงข่าย ISDN จะแตกต่างกันก็ตรงหน้าที่และอัตราการส่งข้อมูลของมันที่ไม่เหมือนกัน ดังแสดงในตารางที่ 3 ช่องสัญญาณที่ว่ามีช่องสัญญาณ B ช่องสัญญาณ D และช่องสัญญาณ H รายละเอียดของแต่ละช่องสัญญาณจะมีการกล่าวในหัวข้อต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 3**  
**ชนิดของช่องสัญญาณ ISDN**

ช่องสัญญาณ	จุดประสงค์	อัตราการส่งข้อมูล
B	บริการ Bearer	64 กิโลบิตต่อวินาที
D	ซิกแนลลิงและแพ็คเกจโทมด ข้อมูล	16 กิโลบิตต่อวินาที (BRI) 64 กิโลบิตต่อวินาที (PRI)
H0	ช่องสัญญาณ B 6 ช่อง	384 กิโลบิตต่อวินาที
H1	เป็นการรวมช่องสัญญาณ H0	
	H11 (24 B)	1.536 เมกกะบิตต่อวินาที
	H12 (30 B)	1.920 เมกกะบิตต่อวินาที
H2	บรอดแบนด์ ISDN	
	H21	32.768 เมกกะบิตต่อวินาที
	H22	43-45 เมกกะบิตต่อวินาที
H4	บรอดแบนด์ ISDN	132-138.240 เมกกะบิตต่อวินาที

ตารางแสดงให้เห็นถึงชนิดต่างๆของช่องสัญญาณ ISDN ที่มีใช้งาน รวมทั้งวัตถุประสงค์และความเร็วในการส่งข้อมูลของช่องต่างๆ

- ช่องสัญญาณ D (D-channel) : นำพาสัญญาณข้อมูลซิกแนลลิงที่ติดต่อกันระหว่างผู้ใช้และโครงข่าย และอาจจะนำพาข้อมูลที่มีลักษณะเป็นกลุ่มด้วย (data paket)
- ช่องสัญญาณ B (B-channel) : นำพาข้อมูลสำหรับให้บริการผู้ใช้ รวมทั้งเสียงพูด เสียงเพลง ภาพและข้อมูลดิจิทัล ทำงานที่อัตราการส่งข้อมูล 64 กิโลบิตต่อวินาที หรืออัตราของ DS-0
- ช่องสัญญาณ H (H-channel) : มีหน้าที่เหมือนกับช่องสัญญาณ B แต่ทำงานที่อัตราการส่งข้อมูลมากกว่า DS-0

1.1 ช่องสัญญาณ D (D-channel) อุปกรณ์ ISDN ทั้งหมดติดต่อกับโครงข่ายโดยการใช้อุปกรณ์การต่อทางกายภาพ (physical) และแลกเปลี่ยนข่าวสารข้อมูลกับโครงข่ายเพื่อร้องขอบริการ เนื้อหาของข้อความซิกแนลลิงจะเปลี่ยนตามชนิดของอุปกรณ์ ตัวอย่างเช่น โทรศัพท์

เอกรังของเอกสารนี้ให้ถึงมือประชาชนฟรีโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายใด ๆ ทั้งสิ้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISDN จะร้องขอการใช้บริการแตกต่างจากโทรภาพ อุปกรณ์ของผู้ใช้จะแลกเปลี่ยนบริการที่ร้องขอ และข้อความซิกแนลสิ่งอื่นๆ กับโครงข่ายบนช่องสัญญาณ D

หน้าที่ขั้นแรกของช่องสัญญาณ D เป็นการนำพาข้อความซิกแนลสิ่งของโครงข่ายผู้ใช้ แต่การแลกเปลี่ยนข้อความซิกแนลสิ่งจะไม่ค่อยถูกใช้เต็มเวลาทั้งหมดบนช่องสัญญาณ D แบบวิคส์ที่กว้างมากทำให้สามารถใช้ส่งข้อมูลแพ็คเก็ตของผู้ใช้งานได้อีก การนำพาข้อมูลแบบแพ็คเก็ตนี้เป็นหน้าที่อันดับสองของช่องสัญญาณ D

ช่องสัญญาณ D ทำงานที่อัตราความเร็วทั้ง 16 หรือ 64 กิโลบิตต่อวินาที ขึ้นอยู่กับการเชื่อมต่อทางด้านของผู้ใช้ว่าจะเป็นแบบเบสิกรีดหรือพรีมารีเรตซึ่งจะกล่าวต่อไปในบทหลัง

**1.2 ช่องสัญญาณ B (B-channel)** สัญญาณข้อมูลที่ถูกแลกเปลี่ยนในช่องสัญญาณ D มีรายละเอียดคุณลักษณะของบริการที่ผู้ใช้กำลังมีการร้องขอ ตัวอย่างเช่น โทรศัพท์ ISDN อาจจะมีร้องขอการต่อเซอร์กิตโหมด ซึ่งทำงานที่ความเร็ว 64 กิโลบิตต่อวินาที สำหรับรองรับการประยุกต์ใช้งานทางด้านเสียงพูด โครงสร้างของคุณสมบัตินี้ให้รายละเอียดว่าสิ่งไหนถูกเรียกว่าเป็นบริการ bearer และบริการ bearer มีการใช้งานโดยการจัดสรรช่องสัญญาณ bearer หรือช่องสัญญาณ B

จุดประสงค์แรกของช่องสัญญาณ B เป็นการนำพาเสียงพูด เสียงเพลง ข้อมูลหรือสัญญาณภาพของผู้ใช้ จะไม่มีการร้องขอบริการใดๆจากผู้ที่ถูกส่งบนช่องสัญญาณ B ช่องสัญญาณ B ทำงานที่อัตราความเร็ว 64 กิโลบิตต่อวินาทีเสมอ ซึ่งอัตราเร็วนี้เป็นอัตราเร็วบิตที่ความต้องการสำหรับการประยุกต์ใช้งานของเสียงทางดิจิทัล

ช่องสัญญาณ B ยังสามารถประยุกต์ใช้งานทางด้าน เซอร์กิตสวิตชิง และ แพ็คเก็ตสวิตชิงได้ด้วย การต่อแบบเซอร์กิตโหมดสามารถจัดการติดต่อจากผู้ใช้แห่งหนึ่งไปยังอีกผู้ใช้อีกแห่งหนึ่งได้ หรือการต่อเพื่อต้องการบริการชนิดใดชนิดหนึ่ง เช่น โทรศัพท์ หรือ เสียงเพลง การต่อแบบแพ็คเก็ต สามารถที่จะรองรับอุปกรณ์แพ็คเก็ตสวิตชิงที่มีการใช้โปรโตคอลในการติดต่อกันดังเช่น คำแนะนำของ ITU ที่ใช้กับ X.25

จุดที่สำคัญที่สุดเป็นการจำถึงความสัมพันธ์ของการใช้งานช่องสัญญาณ B และ D คือว่าอุปกรณ์ ISDN ใช้ช่องสัญญาณ D เพื่อแลกเปลี่ยนข้อความซิกแนลสิ่งที่ทำเป็นเพื่อร้องขอบริการที่จะมีการใช้งานบนช่องสัญญาณ B

**1.3 ช่องสัญญาณ H (H-channel)** ให้บริการกับผู้ใช้งานด้วยความเร็วอัตราบิตที่สูงกว่า 64 กิโลบิตต่อวินาที อาจจะหาได้โดยการร้องขอช่องสัญญาณที่มีอัตราบิตสูงกว่า หรือ ช่องสัญญาณ H ที่ซึ่งมีการจัดหาแบนวิคส์เป็นกลุ่มของช่องสัญญาณ B ความต้องการการประยุกต์ใช้

งานที่อัตราบิตสูงกว่า 64 กิโลบิตต่อวินาทีก็มี เช่น โทรสารความเร็วสูง การส่งข้อมูลความเร็วสูง เสียงที่มีคุณภาพสูงเช่นเสียงระดับไฮไฟ และบริการด้านภาพ

ช่องสัญญาณแรกที่สูงขึ้นไปถัดจากช่องสัญญาณ B เป็นช่องสัญญาณ H0 ที่ซึ่งมีอัตราการส่งของข้อมูลเป็น 384 กิโลบิตต่อวินาที มีแบนวิธเท่ากับช่องสัญญาณ B 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 เมกกะบิตต่อวินาที และมีรูปแบบเหมือนช่องสัญญาณ H0 จำนวน 4 ช่อง ( 24 ช่องสัญญาณ B ) สำหรับที่จะให้เข้ากันได้กับการแบ่งลำดับชั้นดิจิทัลในอเมริกาเหนือ (อัตราของ T1) และช่องสัญญาณ H12 ทำงานที่ 1.920 เมกกะบิตต่อวินาทีและมีรูปแบบเหมือนช่องสัญญาณ H0 จำนวน 5 ช่อง สำหรับที่จะให้เข้ากันได้กับการแบ่งลำดับชั้นดิจิทัลของ CEPT (ที่อัตรา E1)

มาตรฐาน ISDN ในอนาคตจะกำหนดช่องสัญญาณด้วยอัตราบิตที่สูงกว่าเป็นจำนวนเท่าของที่มีอยู่ สำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านบรอดแบนด์ ISDN (B-ISDN) กำหนดให้ช่องสัญญาณ B-ISDN ทั้งหมดทำงานที่ความเร็วมากกว่า H1 โดยจะเรียกว่าช่องสัญญาณ H2 และ H4 ซึ่งได้ถูกให้ข้อเสนอไว้ในคำแนะนำของ ITU แล้ว

ข้อเสนอแนะของช่องสัญญาณ H2 จะมีการทำงานในช่วง 32 ถึง 45 เมกกะบิตต่อวินาที และมีรูปแบบคร่าว ๆ ที่ตรงกับอัตราซิกแนลระดับ 3 ของการแบ่งลำดับชั้นดิจิทัลที่ถูกให้รายละเอียดไว้ในตอนต้น สำหรับการที่จะให้เข้ากันได้กับอัตราซิกแนลระดับ 3 ของ CEPT ที่ 34.368 เมกกะบิตต่อวินาที ช่องสัญญาณ H21 ได้ถูกเสนอแนะว่าจะให้มีการทำงานที่อัตราข้อมูล 32.768 เมกกะบิตต่อวินาที ส่วนช่องสัญญาณ H22 ถูกเสนอแนะว่าจะให้ทำงานในย่าน 43-45 เมกกะบิตต่อวินาที สำหรับการที่จะให้เข้ากันได้กับอัตรา DS-3 ของอเมริกาเหนือที่ 44.736 เมกกะบิตต่อวินาที และข้อเสนอแนะของอัตราช่องสัญญาณ H4 จะอยู่ในช่วง 132 ถึง 138.24 เมกกะบิตต่อวินาที

## 2. รูปแบบการเชื่อมต่อเข้า ISDN

การเชื่อมต่อเข้าสู่ ISDN มีบางอย่างแตกต่างจากการเชื่อมต่อเข้าโครงข่ายโทรศัพท์ทุกวันนี้ เป้าหมายอันที่หนึ่งของ ISDN เป็นการจัดหาบริการทั้งหมดบนการต่อทางเข้าโครงข่ายเพียงโครงข่ายเดียว ไม่ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์หรือชนิดของบริการ ข้อเสนอ การเชื่อมต่อทางเข้า ISDN ประกอบด้วยช่องสัญญาณ D สำหรับซิกแนลและบางช่องของช่องสัญญาณ B สำหรับการส่งข้อมูลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม อีกรั้วห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ใช้ การออกแบบแบบนี้ทำให้ข้อมูลหลายๆข้อมูลไหลบนการเชื่อมต่อทางกายภาพ (physical) เส้นเดียวกันได้ และยอมให้ผู้ใช้ทำการเลือกระหว่างบริการต่างๆ ที่โครงข่ายสามารถบริการได้ตามความต้องการ

มาตรฐาน ISDN ในปัจจุบันกำหนดการเชื่อมต่อเข้าไปยังโครงข่ายแตกต่างกันอยู่ 2 แบบ มีชื่อเรียกว่า แบบ basic rate interface (BRI) และแบบ primary rate interface (PRI) การเชื่อมต่อทางเข้าเหล่านี้ให้คุณสมบัติอัตราที่ตัวกลางทางกายภาพ (physical) จะทำงานได้ และจำนวนของช่องสัญญาณ B,D และ H ที่สามารถใช้ได้ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4  
การเชื่อมต่อแบบ primary rate และ basic rate ของ ISDN

การเชื่อมต่อ	โครงสร้าง	อัตรารวม	อัตราข้อมูลผู้ใช้
การเชื่อมต่อเบสิกเรต (BRI)	2B+D16	192 กิโลบิตต่อวินาที	144 กิโลบิตต่อวินาที
การเชื่อมต่อไพมารีเรต (PRI)	23B+D64	1.544 เมกกะบิตต่อวินาที	1.536 เมกกะบิตต่อวินาที
	30B+D64	2.048 เมกกะบิตต่อวินาที	1.984 เมกกะบิตต่อวินาที

ตารางแสดงให้เห็นถึงชนิดของการเชื่อมต่อใน ISDN รูปแบบโครงสร้างรวมทั้งอัตราความเร็วของข้อมูล

2.1 การเชื่อมต่อแบบเบสิกเรต การเชื่อมต่อแบบนี้จะประกอบด้วยช่องสัญญาณ B จำนวน 2 ช่อง และช่องสัญญาณ D จำนวน 1 ช่อง (2B+D) ที่การเชื่อมต่อแบบเบสิกเรตช่องสัญญาณ D จะทำงานที่อัตราความเร็ว 16 กิโลบิตต่อวินาทีเสมอ

ปกติ BRI สามารถใช้งานได้สองแบบ แบบแรกมันสามารถจัดหาวิธีการต่อโครงข่าย ISDN ระหว่างลูกค้าตามที่พักอาศัยและชุมสาย ISDN ในแบบที่สองมันสามารถจัดหาการต่อโครงข่าย ISDN ระหว่างอุปกรณ์ของผู้ใช้และ PBX ที่ใช้กับ ISDN ในสภาพแวดล้อมเชิงธุรกิจ เช่น แฟลต โรงแรม หรือ อพาตเมนต์ เป็นต้น

อัตราข้อมูลของผู้ใช้บน BRI คือ 144 กิโลบิตต่อวินาที (2X64kbps+16kbps) เมื่อบวกเพิ่มซิกแนลสำหรับการต่อทางกายภาพ (physical) แล้ว ทำให้ BRI ทำงานที่อัตรารวมเท่ากับ

192 กิโลบิตต่อวินาที วนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การเชื่อมต่อแบบไพมารีเรต (PRI) มีจำนวนหลายแบบที่สามารถกำหนดได้ การออกแบบอย่างธรรมดาที่สุดที่ใช้ในอเมริกาเหนือคือแบบ 23B+D หมายความว่า การเชื่อมต่อจะประกอบด้วย ช่องสัญญาณ B 23 ช่อง บวกกับช่องสัญญาณ D อีก 1 ช่อง ทำงานที่ 64 กิโลบิตต่อวินาที บางครั้งช่องสัญญาณ D ที่ให้ไว้อาจจะไม่ได้ถูกใช้งาน โดยการยอมให้ช่องเวลานั้นถูกใช้งานเหมือนกับช่องสัญญาณ B อื่น ๆ ทำให้กลายเป็น 24B ไป 23B+D PRI เป็นพื้นฐานบนการแบ่งลำดับชั้นตัวพาหะดิจิทัลในอเมริกาเหนือ โดยทำงานที่อัตราบิตรวมเท่ากับ 1.544 เมกกะบิตต่อวินาที (เป็นการกำหนดโดย ITU) ที่ซึ่งมีอัตรา 1.536 เมกกะบิตต่อวินาที เป็นข้อมูลของผู้ใช้

30B+D PRI ถูกกำหนดขึ้นบนพื้นฐานการแบ่งลำดับชั้นทางดิจิทัลในแถบยุโรป การเชื่อมต่อแบบนี้ประกอบด้วยช่องสัญญาณ B จำนวน 30 ช่อง และช่องสัญญาณ D ที่มีความเร็ว 64 กิโลบิตต่อวินาทีอีก 1 ช่อง ทำให้มีการทำงานที่อัตราบิตรวมเท่ากับ 2.048 เมกกะบิตต่อวินาที ซึ่งเป็นข้อมูลของผู้ใช้ที่อยู่ในอัตรา 1.984 เมกกะบิตต่อวินาที

PRI จะมีช่องสัญญาณมากกว่าอุปกรณ์ที่ผู้ใช้ปลายทางสามารถใช้ได้ตามปกติ ในความจริงแล้ว PRI มีเจตนาเพื่อจัดการต่อเข้ากับโครงข่ายโดยอุปกรณ์สวิตชิงของลูกค้านางชนิด ดังเช่น PBX หรือ host คอมพิวเตอร์

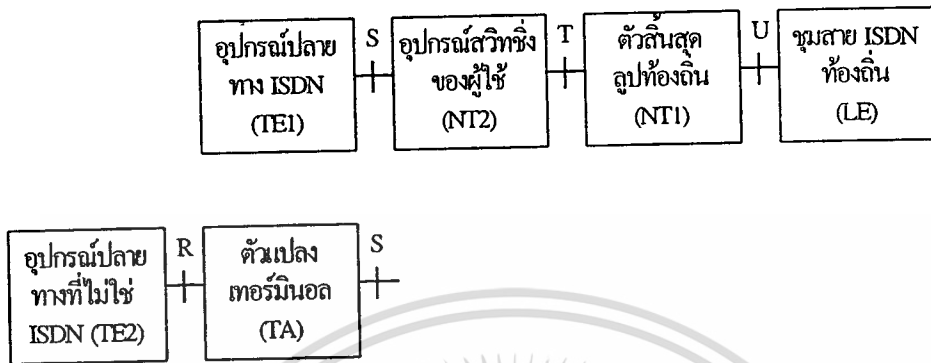
### หน้าที่อุปกรณ์ ISDN และจุดอ้างอิง (reference point)

คำแนะนำเกี่ยวกับ ISDN ได้ให้รายละเอียดชนิดอุปกรณ์ไว้หลายหน้าที่ มีการเชื่อมต่อกันหลายอุปกรณ์แต่ละอันก็ต้องการโปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร แต่ละการเชื่อมต่อของอุปกรณ์เหล่านี้ถูกเรียกว่า จุดอ้างอิง (reference point)

หัวข้อต่อไปจะเป็นรายละเอียดอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ต่าง ๆ กัน และจุดอ้างอิงที่ซึ่งถูกแสดงไว้ในภาพที่ 8

1. หน้าที่ของอุปกรณ์ ISDN ออฟฟิศกลางของ ISDN ถูกเรียกว่าชุมสายท้องถิ่น หรือ LE (Local Exchange) โปรโตคอล ISDN เป็นส่วนหนึ่งอยู่ใน LE ซึ่งก็คือด้านโครงข่ายของอุปกรณ์ ISDN หน้าที่ของ LE ในด้านอื่น ๆ ก็มีทั้งการรักษาชุมสาย การทำงานเพื่อเชื่อมต่อทางด้านกายภาพ และการจัดหาบริการที่ผู้ใช้ร้องขอ

ภาพที่ 8



ภาพแสดงหน้าที่ของอุปกรณ์และจุดอ้างอิงของ ISDN

บางแห่งอาจจะแบ่งหน้าที่ของ LE ลงอยู่ในรูปกลุ่มย่อย 2 กลุ่ม เรียกว่า local termination (LT) และ exchange termination (ET) โดย LT จะมีหน้าที่ช่วยเหลือการเทอร์มินเนตของ local loop ขณะที่ ET จะมีหน้าที่ทางด้านสวิตชิง ในที่นี้จะกล่าวโดยรวมเป็น LE อย่างเดียว

อุปกรณ์ Network Termination ชนิดที่ 1 (NT1) แทนการเทอร์มินเนตของการต่อทางกายภาพระหว่างด้านผู้ใช้และชุมสาย มอนิเตอร์การทำงานบนสาย เวลา การส่งถ่ายกำลัง และการมัลติเพล็กซ์ช่องสัญญาณ B และ D เป็นการกระทำที่ NT1

อุปกรณ์ Network Termination ชนิดที่ 2 (NT2) เป็นตัวจัดการอุปกรณ์สวิตชิงทางด้านของผู้ใช้ การมัลติเพล็กซ์และ concentration รวมทั้ง PBXs LANs คอมพิวเตอร์เมนเฟรม ตัวควบคุมเทอร์มินอล และอุปกรณ์อื่นๆสำหรับการสวิตชิงด้านเสียงและข้อมูล NT2 อาจจะไม่มีในบางสถานะดังเช่น บริการ ISDN ตามที่อยู่อาศัยทั่วไป โดย NT1 กับ NT2 จะรวมอยู่ในบล็อกเดียวกัน

อุปกรณ์ปลายทาง หรือ terminal equipment (TE) เป็นอุปกรณ์ของผู้ใช้ปลายทาง คล้ายกับเครื่องโทรศัพท์อนาล็อกหรือโทรศัพท์ดิจิตอล อุปกรณ์ปลายทางข้อมูลแบบ X.25 (DTE) work-station แบบ ISDN หรือเทอร์มินอลที่รวมข้อมูลและเสียงเข้าไว้ด้วยกัน อุปกรณ์ปลายทางชนิดที่ 1 (TE1) คืออุปกรณ์ที่ใช้โปรโตคอล ISDN และรองรับบริการของ ISDN เช่น โทรศัพท์แบบดิจิตอล โทรสารกลุ่ม 4 เป็นต้น ส่วนอุปกรณ์ปลายทางชนิดที่ 2 (TE2) เป็นอุปกรณ์ที่ไม่สามารถเข้ากับ ISDN ได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เช่น โทรศัพท์แบบอนาล็อก หรือ โทรสารกลุ่มที่ 3 เป็นต้น อุปกรณ์จำพวกนี้จำเป็นต้องมีตัวแปลงโปรโตคอลเพื่อให้

ใช้งานกับโครงข่าย ISDN ได้ มีชื่อเรียกตามสากลว่า terminal adaptor (TA) ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปลงจุดเชื่อมต่อ หรือ terminal adaptor (TA) จะยอมให้อุปกรณ์ที่ไม่เป็น ISDN สามารถติดต่อสื่อสารกับโครงข่าย ISDN ได้ ตัวแปลงจุดเชื่อมต่อมีความสำคัญเฉพาะงาน เพราะทุกวันนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารหรือข้อมูลส่วนมากมีลักษณะเป็น TE2 ตัวแปลงจุดเชื่อมต่อ (TA) จะแปลงโปรโตคอลที่มีความจำเป็นในการติดต่อสื่อสารกับโครงข่าย ISDN ให้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น โทรศัพท์อนาล็อก X.25 DTEs หรือ PCs เป็นต้น

2. จุดอ้างอิงใน ISDN ในหัวข้อก่อนเป็นการให้รายละเอียดอุปกรณ์ ISDN ส่วนหัวข้อนี้จะกล่าวถึงจุดอ้างอิงของ ISDN จุดอ้างอิง ISDN กำหนดการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ความแตกต่างของแต่ละจุดอ้างอิงคือว่า โปรโตคอลที่แตกต่างกันอาจถูกใช้ที่แต่ละจุดอ้างอิง จุดอ้างอิงมี 4 แบบที่ถูกกำหนดขึ้นสำหรับ ISDN คือ R, S, T และ U

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

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

จุดอ้างอิง T อยู่ระหว่างอุปกรณ์สวิตช์ทางด้านผู้ใช้ (NT2) และ local loop termination (NT1) ITU มีการให้คุณสมบัติโปรโตคอลสำหรับจุดอ้างอิง S และ T อยู่ ถ้าหากไม่มี NT2 การเชื่อมต่อของผู้ใช้จะถูกเรียกว่าจุดอ้างอิง S/T เสมอ

จุดอ้างอิง U ในมาตรฐานของ ITU พิจารณาว่าอุปกรณ์ NT1 เป็นส่วนหนึ่งของทางด้านโครงข่าย และมองว่าจุดอ้างอิง S และ T อยู่ในขอบเขตของโครงข่ายด้านผู้ใช้ ITU ไม่ได้ทำการกำหนดแอดแดรสการทำงานภายในโครงข่าย ดังนั้นจึงไม่มีมาตรฐานสำหรับการส่งผ่านชุมสายที่จุดอ้างอิง U โดย ITU โดยปล่อยให้เป็นที่ของผู้ผลิตชุมสาย ISDN แต่ละราย อย่างไรก็ตาม FCC ไม่ได้มองว่า NT1 นี้้อยู่ทางด้านโครงข่ายโดยพิจารณาว่ามันเป็น CPE ตัวหนึ่งที่อยู่บนด้านของผู้ใช้งาน โดยมีจุดอ้างอิง U เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายและผู้ใช้งาน ซึ่งผู้ที่ทำการกำหนดมาตรฐานที่จุดนี้คือ ANSI (American National Standards Institute) จนทำให้มาตรฐานนี้กลายมาเป็นมาตรฐานนานาชาติไป

## บทที่ 2

### โปรโตคอลของโครงข่าย ISDN

#### สถาปัตยกรรมโปรโตคอล ISDN

หากต้องการรู้ถึงการเชื่อมต่อโครงข่ายให้กับผู้ใช้งานใน ISDN จำเป็นที่จะต้องเข้าใจโปรโตคอลที่ใช้เชื่อมต่อจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง โปรโตคอลไม่มีอะไรยุ่งยากมากไปกว่ากลุ่มของกฎเกณฑ์ที่ทำให้การติดต่อสื่อสารสะดวกราบรื่น ทุกสิ่งทุกอย่างต้องมีกฎเกณฑ์ตั้งไว้ อุปกรณ์ ISDN ก็เช่นกันใช้โปรโตคอลชนิดหนึ่งเป็นกฎเกณฑ์ในการสื่อสารกันให้เข้าใจ

หัวข้อนี้จะให้รายละเอียดสถาปัตยกรรมโปรโตคอล ISDN อย่างกระชับรัด ดั่งเช่นโปรโตคอลชั้นฟิสิกคอล (OSI ชั้นที่ 1) สำหรับการเชื่อมต่อแบบเบสิกเรตและไพมารีเรต และโครงสร้างเฟรมชนิดต่างๆ

โปรโตคอล ISDN สำหรับช่องสัญญาณ D ถ้าจะเปรียบเทียบอย่างคร่าว ๆ ก็คือ 3 ชั้นล่างสุดของ OSI หรือ ชั้นลูกโซ่ โปรโตคอลเหล่านี้ให้รายละเอียดเพียงการเชื่อมต่อโครงข่ายของผู้ใช้แต่จะไม่ทำการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้งาน 3 ชั้นโปรโตคอลของช่องสัญญาณ D นี้คือ

1. ชั้นที่ 1 (หรือ Layer ที่ 1) : 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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

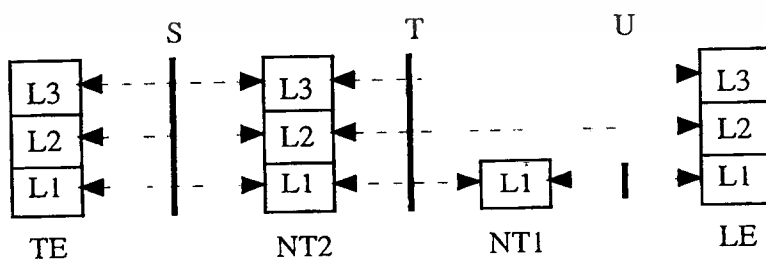
2. ชั้นที่ 2 (หรือ Layer ที่ 2) : มีชื่อเรียกว่า Data link layer จะให้รายละเอียดลำดับขั้นตอนในการทำให้การติดต่อสื่อสารบนฟิสิกคอลลิงค์ (physical link) ไม่ให้มีความผิดพลาดเกิดขึ้น และกำหนดการต่อทางลอจิกคอล (logical) ระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย โปรโตคอลจะจัดระเบียบการมัลติเพล็กซ์อุปกรณ์ปลายทางหลาย ๆ ตัวบนช่องสัญญาณทางกายภาพของเคเบิลใน BRI ส่วนของโปรโตคอลชั้นที่ 2 และ LAPD (Link Access Procedure on D Channel) จะกล่าวรายละเอียดในภายหลัง

3. ชั้นที่ 3 (หรือ Layer ที่ 3) : มีชื่อเรียกว่า Network layer จะกำหนดการเชื่อมต่อโครงข่ายให้ผู้ใช้และข้อความซิกเนลลิง (Signaling) ที่ใช้เพื่อร้องขอบริการจากโครงข่าย โปรโตคอลชั้นที่ 3 จะมีการกล่าวรายละเอียดในหัวข้อต่อไปภายหลังเช่นกัน

ถ้าเรามองเปรียบเทียบบทบาทที่มีต่อกันและกันดู จะเห็นว่าระหว่างชั้นโปรโตคอลทั้งสามจะคงที่ด้วยรูปแบบ OSI โดยข้อความซิกเนลลิงถึงชั้นที่ 3 ถูกนำมาในข้อมูลของเฟรมชั้นที่ 2 ซึ่งถูกส่งผ่านโดยฟิสิกคอลลิงค์ชั้นที่ 1

ก่อนจะกล่าวถึงรายละเอียดในชั้นโปรโตคอล จะทำการพูดถึงปัญหาถึงจุดวางที่แต่ละชั้นโปรโตคอลใน ISDN ก่อน โปรโตคอล ISDN ของ ITU ได้ให้รายละเอียดการเชื่อมต่อโครงข่ายผู้ใช้โดยช่องสัญญาณ D ที่จุดอ้างอิง S และ T ดังภาพที่ 9 ชั้นที่แตกต่างกันของโปรโตคอลจุดอ้างอิงเหล่านี้แตกต่างกัน

ภาพที่ 9

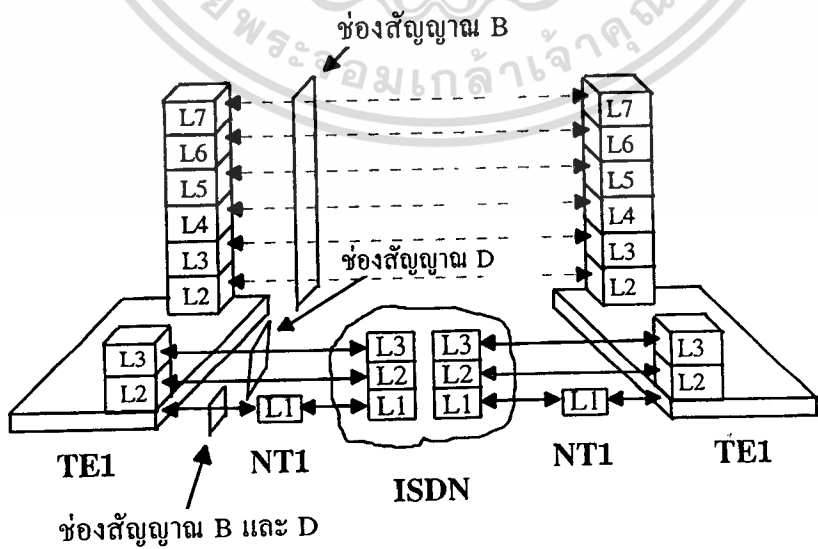


แสดงจุดอ้างอิงโปรโตคอลและสถาปัตยกรรมสำหรับช่องสัญญาณ D

โปรโตคอลชั้นที่ 1 ของ ISDN กำหนดการต่อทางฟิสิกส์ระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง ISDN (ISDN terminal equipment) (TE1 หรือ TA) และอุปกรณ์การต่อโครงข่าย (Network termination equipment) (NT2 หรือ NT1) ดังที่กล่าวมาตั้งแต่ต้น กำหนดนำ ISDN ของ ITU ไม่ได้ให้รายละเอียดการต่อทางกายภาพระหว่าง NT1 และชุมสายท้องถิ่น (Local exchange) เพราะว่าสายส่งถูกพิจารณาเป็นส่วนหนึ่งอยู่ในโครงข่าย ดังนั้นในทุกๆกรณีของการสื่อสารผ่านลูปท้องถิ่น (local loop) ที่จุดอ้างอิง U จะเป็นการติดต่อที่ชั้นกายภาพเพียงอย่างเดียว

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

ภาพที่ 10



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การเชื่อมต่อในโครงข่าย ISDN

ลักษณะของการเชื่อมต่อในโครงข่าย ISDN นี้จะมีอยู่สองแบบคือ แบบแรกเป็นแบบเบสิกเรต (Basic Rate) ส่วนแบบที่สองนั้นเป็นแบบไพมารีเรต (Primary Rate) ซึ่งทั้งสองแบบนี้จะมีการเชื่อมต่อและการเข้ารหัสในสายที่แตกต่างกัน

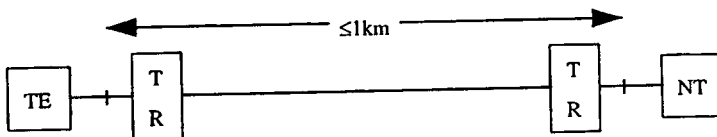
### 1. การเชื่อมต่อแบบเบสิกเรต (Basic Rate Interface หรือ BRI)

โปรโตคอลชั้นที่ 1 ในการเชื่อมต่อแบบเบสิกเรตเป็นคุณสมบัติตามคำแนะนำของ ITU I.430 ตามคำแนะนำ I.430 นั้นกำหนดให้การติดต่อสื่อสารระหว่าง TE และ NT ต้องผ่านจุดอ้างอิง S/T

การเชื่อมต่อแบบเบสิกเรต (BRI) ประกอบด้วยช่องสัญญาณ B จำนวนสองช่อง และช่องสัญญาณ D จำนวนหนึ่งช่อง เรียกรวมอีกแบบหนึ่งว่า 2B+D แม้ว่าจะสามารถจัดแบ่งเป็นช่องสัญญาณ 1B+D หรือช่องสัญญาณ D เพียงช่องเดียวได้ก็ตาม

จุดต่ออุปกรณ์ทางเข้าของเบสิกเรตจะมีอยู่ 2 แบบคือ เป็นแบบจุดต่อจุดหรือจุดเดียวไปยังจุดต่อหลายจุด โดยในรูปแบบทางกายภาพของจุดต่อจุดซึ่งเป็นแบบแรกนั้น อุปกรณ์ NT1 หรือ NT2 และอุปกรณ์ TE หรือ TA สามารถต่อไปได้ไกลประมาณ 3,300 ฟุต หรือ 1 กิโลเมตร ดังแสดงในภาพที่ 11

ภาพที่ 11



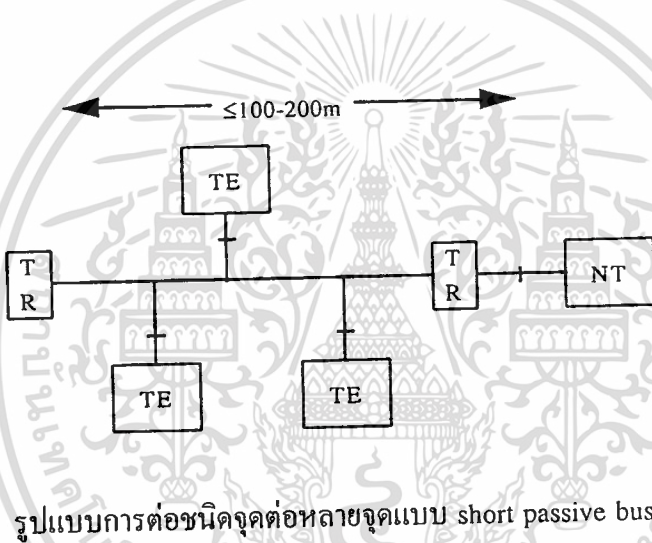
แสดงรูปแบบการต่อชนิดจุดต่อจุด

ภาพบนแสดงระยะทางสูงสุดในการต่อจาก NT ถึง TE แบบจุดต่อจุด จะเห็นว่าสามารถต่อได้ระยะทางไกลถึง 1 กิโลเมตร

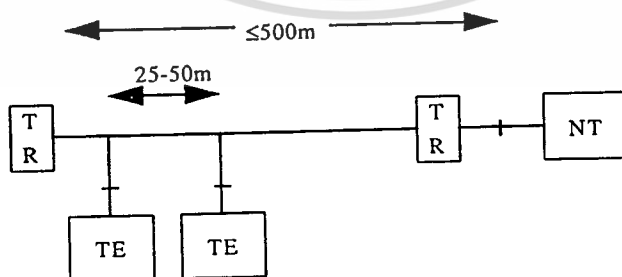
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการต่อแบบจุดเดียวไปยังจุดต่อหลายจุดยังมีการแบ่งย่อยออกเป็น 2 ลักษณะอีก คือ ในแบบแรกเป็นแบบ short passive bus เราสามารถใช้ TEs จำนวน 8 ตัวต่อไปยัง NT หนึ่งตัว บนสายได้ไกลประมาณ 500 ฟุตหรือ 150 เมตร TEs และ NT อาจจะอยู่ได้ทุกที่บนสายส่งคือ อาจจะกระจายกันอยู่ตลอดสาย ดังในภาพที่ 12 ส่วนอีกแบบหนึ่งเป็นแบบ extended passive bus TEs หลายๆตัวต่อรวมอยู่เป็นกลุ่มด้วยกันที่จุดปลายของสาย ดังในภาพที่ 13 ทำให้การต่อแบบนี้สามารถต่ออุปกรณ์ปลายทาง (TE) ไปได้ไกล ประมาณ 500 เมตรจาก NT

ภาพที่ 12



ภาพที่ 13



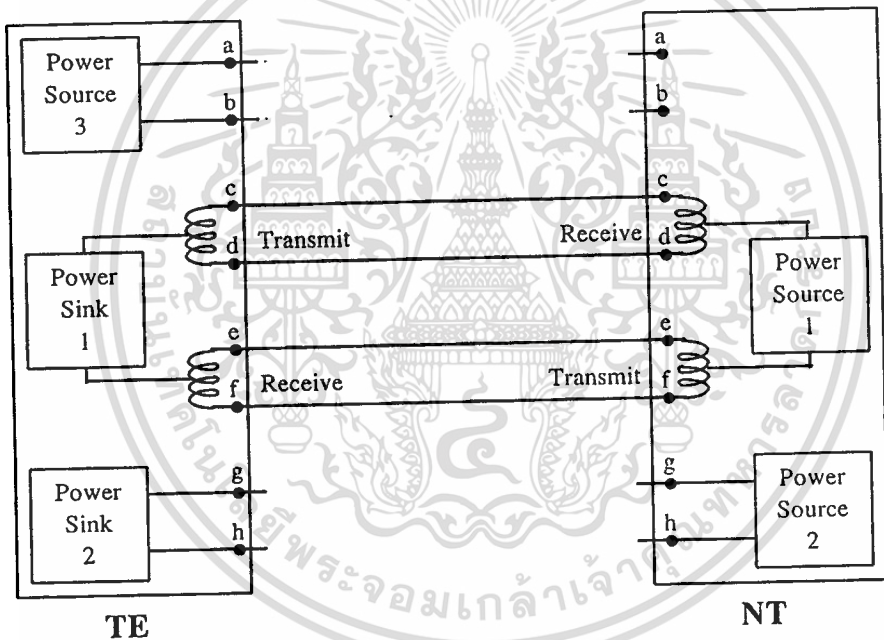
ในภาพที่ 12 นี้จะแสดงรูปแบบและระยะทางของการต่อชนิดจุดต่อหลายจุดที่อุปกรณ์ TE

กระจายอยู่บนส่วนต่างๆของสาย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนภาพที่ 13 จะแสดงรูปแบบและระยะทางของการต่อชนิดจุดต่อหลายจุดที่อุปกรณ์ TE รวมอยู่เป็นกลุ่มที่ส่วนปลายของสายห่างกันไม่เกิน 50 เมตร

การต่อทางกายภาพระหว่าง TE และ NT ต้องการคู่สายอย่างน้อยที่สุด 2 คู่ คู่หนึ่งสำหรับใช้ในการส่งและอีกหนึ่งคู่สำหรับใช้ในด้่านรับ ดังภาพที่แสดงรูปการส่งและรับตามคุณสมบัติ power source/sink 1 ในภาพที่ 14

ภาพที่ 14



ภาพแสดงรูปแบบอ้างอิงทางไฟฟ้าในการต่อระหว่าง TE และ NT

ตัวคอนเนคเตอร์สำหรับการเชื่อมต่อแบบ BRI จะมีลักษณะเป็น modular plug และ jack ชนิด 8 ขาคู่สายๆกับปลั๊กของโทรศัพท์หรือในทางวิศวกรรมมีชื่อเรียกว่า RJ-45 ขนาดและรูปร่างเป็นพื้นฐานตามมาตรฐานขององค์การกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศ ISO 8877 ส่วนการกำหนดขาและหน้าที่ต่างๆ ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 5 โดยจะเป็นขาสำหรับการส่งสัญญาณหนึ่งคู่ สำหรับการรับสัญญาณหนึ่งคู่ ส่วนที่เหลืออีกสองคู่เป็น power source และ power sink ที่ 2 และ 3 ซึ่งอุปกรณ์ปลายทางโทรศัพท์ดิจิทัลไม่นำมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากเราดูจากตารางจะทราบได้ว่าขาที่ 4 และ 5 ในอุปกรณ์ปลายทางจะใช้งานเป็นขารับสัญญาณ แต่ถ้าหากเป็นอุปกรณ์ NT แล้วจะใช้เป็นตัวส่งสัญญาณ ในทำนองเดียวกันขาที่ 3 และ 6 ในอุปกรณ์ปลายทางจะใช้งานเป็นขาส่งสัญญาณ แต่ถ้าหากเป็นอุปกรณ์ NT แล้วจะใช้เป็นจุดรับสัญญาณ

### ตารางที่ 5

แสดงตำแหน่งขาคอนเนคเตอร์ตามมาตรฐาน I.430

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

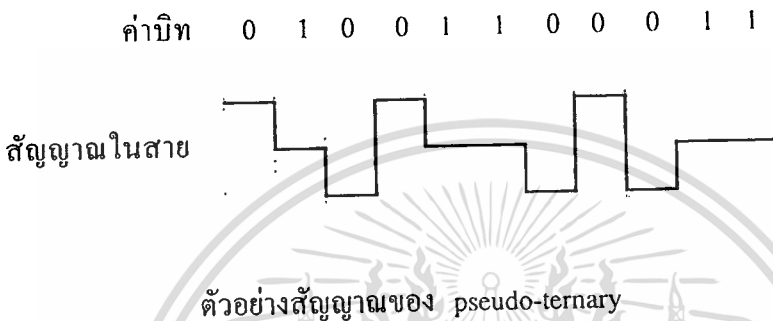
ตารางที่ 5 เป็นการแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งหน้าที่ของแต่ละขา ขั้วทางไฟฟ้า และความจำเป็นในการใช้งาน ทั้งของอุปกรณ์ TE และ NT

## 2. การเข้ารหัสในสาย (line coding) ที่ใช้ใน Basic Rate Interface

การเข้ารหัสในสาย (line coding) ที่ใช้บน BRI มีชื่อเรียกว่า pseudo-ternary signaling แสดงดังภาพที่ 15 สัญญาณ pseudo-ternary signaling นี้ บิต 0 จะถูกแทนด้วยการให้มีสัญญาณในสาย (line signal) ประมาณ 750 mv ขึ้นไป ที่สลับกันไปมาระหว่างขั้วบวกและลบ บิต 1 ถูกแทนด้วยการหยุดไปของโวลต์เตจในสาย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อมีความแตกต่างระหว่างขั้วของสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากบิต 0 สลับกันไปมา ทำให้รูปแบบของสัญญาณในสายส่งมีความสมดุลทางไฟตริช (dc balanced) ได้ คือไม่มีกระแสไฟตรงไหลอยู่บนสาย สิ่งนี้จะเป็นผลดีคือทำให้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถใช้สายส่งได้ยาวขึ้น ง่ายต่อการเหนี่ยวนำและส่งถ่ายสัญญาณ และยังช่วยลดปัญหาทางด้านไฟฟ้าสถิตย์ได้อีกด้วย

ภาพที่ 15



ภาพที่ 15 เป็นการแสดงการเข้ารหัสสัญญาณในสายส่งแบบ pseudo-ternary เปรียบเทียบกับข้อมูลไบนารี

การส่งข้อมูลบนสายใน BRI มีการจัดกลุ่มของบิตให้รวมกันเรียกว่า เฟรม I.430 แต่ละเฟรมจะบรรจุด้วยข้อมูลจำนวน 48 บิต ซึ่งภาพที่ 16 แสดงให้เห็นถึงรูปร่างหน้าตาของ เฟรม I.430 ที่ซึ่งระดับสัญญาณ pseudo-ternary มีโอกาสเกิดขึ้นได้สำหรับแต่ละบิต (เช่น ไฟบวก , ศูนย์ และ ลบ ที่ถูกแทนด้วย 0,1 หรือ 0 ตามลำดับ) เฟรม I.430 จำนวนสี่เฟรมจะถูกส่งในหลายๆ หนึ่งวินาที (หนึ่งเฟรมใช้เวลาในการส่งเท่ากับ 250  $\mu$ s ) ทำให้ได้อัตราบิตของการเชื่อมต่อแบบ BRI เท่ากับ 192 กิโลบิตต่อวินาที (kbps) แต่ละเฟรมประกอบด้วยบิตข้อมูล 16 บิต ที่มาจากช่องสัญญาณ B จำนวน 2 ช่องและอีก 4 บิตที่มาจากช่องสัญญาณ D ซึ่งแต่ละช่องมีความเร็วในการส่งของอัตราข้อมูลเป็น 64 กิโลบิตต่อวินาที (kbps) และ 16 กิโลบิตต่อวินาที (kbps) ตามลำดับ รูปแบบการวางบิตช่องสัญญาณ B และ D ในหนึ่งเฟรมบน BRI เป็นดังนี้

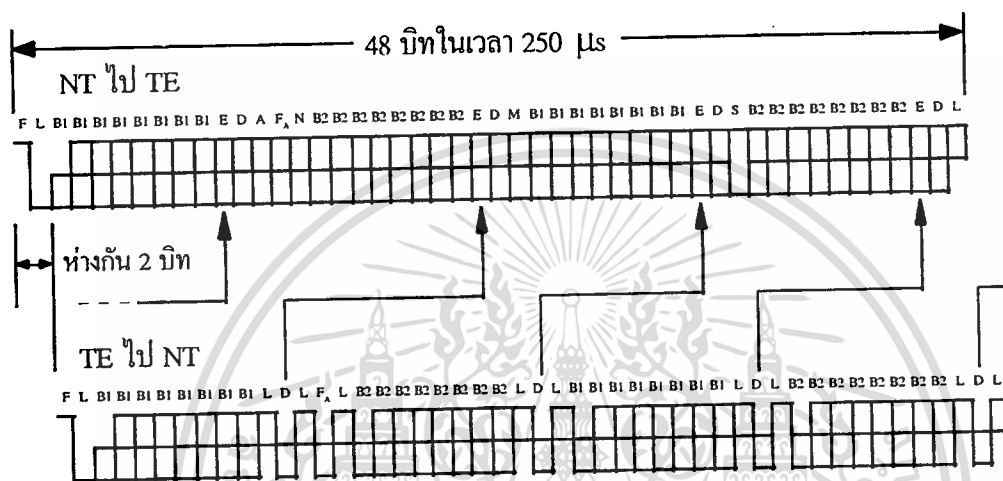
ช่องสัญญาณ :	B1	D	B2	D	B1	D	B2	D
จำนวนบิต :	8	1	8	1	8	1	8	1

จุดเริ่มต้นของเฟรมที่ส่งจาก TE ไป NT จะห่างกันอยู่ 2 บิต ของการเริ่มต้นเฟรมที่ส่งจาก NT ไป TE เฟรมที่ส่งทั้ง 2 ทิศทางนี้มีพื้นฐานที่เหมือนกัน แต่จะมีข้อยกเว้นที่เด่นชัด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟรมที่ส่งจาก NT ไป TE จะมีบิต echoed D-channel (หรือบิต E) ซึ่งจะซ้ำกับบิตที่ถูกส่งบนช่องสัญญาณ D ในทิศทาง TE ไป NT ดังแสดงในภาพที่ 16

ภาพที่ 16



เฟรมการส่งของ I.430

สุดท้ายคำแนะนำ I.430 กำหนดรูปแบบสัญญาณที่แตกต่างกัน 5 แบบ เรียกว่า สัญญาณ INFO ซึ่งแสดงสถานะของ physical BRI link ในสายส่ง รูปแบบสัญญาณเหล่านี้ถูกกำหนดด้วยหัวข้อข้างล่าง :

1. INFO 0 : แสดงการที่ไม่มีสัญญาณในสายส่ง ; อาจจะถูกส่งจาก NT ไป TE
2. INFO 1 : เป็นสัญญาณที่มีความต่อเนื่องที่อัตรา 192 กิโลบิตต่อวินาที , เป็นการซ้ำกันของแพทเทิร์น 0 (ชั่วบวก) , 0 (ชั่วลบ) และ 1 (หกบิตติดต่อกัน) ถูกส่งไปในทิศทาง TE ไป NT เท่านั้น
3. INFO 2 : เฟรม I.430 ที่บิต B,D,E และ A ถูกเซ็ทเป็น 0 และบิตอื่น ๆ ทั้งหมดถูกเซ็ทตรงตามกฎเกณฑ์เฟรมมิ่งที่เหมาะสม ส่งในทิศทาง NT ไป TE 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 กับบิต A ถูกเซ็ทเป็น 1 ส่งเพียงในทิศทาง NT ไป TE เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

1. ถ้า TE ต้องการเริ่มต้นการทำงาน มันต้องเริ่มส่งสัญญาณ INFO 1 ที่ประกอบไปด้วย + '0' , - '0' แล้วตามด้วย 'i' จำนวนหกตัว
2. หาก NT มีการตรวจจับสัญญาณ INFO 1 ได้ก็จะส่งสัญญาณ INFO 2 ที่ประกอบด้วยเฟรม S-bus ด้วยค่าบิต 0 ในช่วงสัญญาณ B และ D และบิต Activation (บิต A) เซ็ทเป็น 0
3. TE ทำการซิงโครไนส์กับสัญญาณ INFO 2 ด้วยการส่งสัญญาณ INFO 3 เพื่อแสดงว่าได้สร้างเฟรมอะลายเมนต์แล้วและยอมให้ใช้งานได้ด้วยข้อมูลในช่วงสัญญาณ B1 , B2 และ D
4. NT ก็จะส่งเฟรมที่สามารถใช้งานได้ด้วยข้อมูลในช่วงสัญญาณ B1 , B2 และ D และจะเซ็ทบิต Activation (บิต A) ไปบิต 1 หนึ่งครั้ง เพื่อเป็นการซิงโครไนส์กับสัญญาณ INFO 3

### 3. การเชื่อมต่อแบบไพมารีเรต (Primary Rate Interface หรือ PRI )

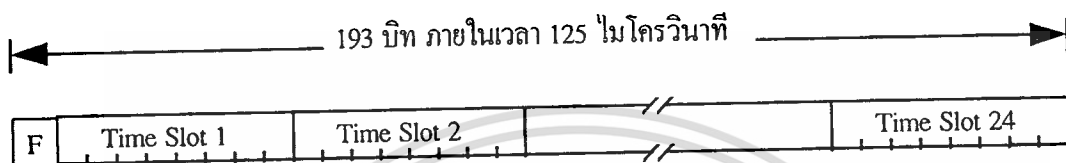
คำแนะนำ ITU I.431 มีการกำหนดโปรโตคอลชั้นกายภาพสำหรับการเชื่อมต่อแบบไพมารีเรต (PRI) โดย PRI นั้นมีการส่งข้อมูลสวนทางกันได้แบบ full-duplex อนุกรมแบบจุดต่อจุด รูปแบบการซิงโครไนส์ใช้ช่องทางกายภาพ 2 ช่อง ซึ่งคำแนะนำของ I.431 นี้จะมีทั้งอัตราข้อมูล 1.544 และ 2.048 เมกกะบิตต่อวินาที รูปแบบเฟรมและสัญญาณไฟฟ้าของ PRI มีพื้นฐานตามคำแนะนำของ ITU G.703 และ G.704 ตามลำดับ

#### 3.1 การเชื่อมต่อแบบ 1.544 เมกกะบิตต่อวินาที (1.544 Mbps interface)

รูปแบบของเฟรม ซิกแนลลิ่ง และการมัลติเพล็กซ์ที่ใช้ในอเมริกาเหนือ จะใช้การเชื่อมต่อแบบ 1.544 เมกกะบิตต่อวินาทีนี้ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของเฟรม T1 ดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนแรก รูปภาพที่ 17 จะสามารถทำให้เข้าใจในรูปแบบเฟรม T1 นี้มากยิ่งขึ้น การเชื่อมต่อแบบ 1.544 เมกกะบิตต่อวินาทีใน PRI นี้จะแบ่งช่องสัญญาณ 64 กิโลบิตต่อวินาทีเป็น 24 ช่องเวลา ทำให้ภายในหนึ่งเฟรม PRI ประกอบไปด้วย 1 เฟรมมิงบิต (F) กับข้อมูลของผู้ใช้งานอีก 8 บิตจากแต่ละ 24 ช่องเวลา รวมจำนวนบิตทั้งหมดเป็น 193 บิตต่อเฟรม โดยมีอัตราความเร็วของการส่งอยู่ที่ 8,000

เฟรมต่อวินาที ทำให้ได้อัตราบิตรวมเท่ากับ 1.544 เมกกะบิตต่อวินาที ซึ่งในจำนวนนี้เป็นบิตข้อมูลของผู้ใช้งานอยู่ 1.536 เมกกะบิต

ภาพที่ 17



โครงสร้างเฟรม PRI ในการเชื่อมต่อแบบ 1.544 เมกกะบิตต่อวินาที

ในภาพนี้จะแสดงตำแหน่งบิตเริ่มต้นเฟรม ช่องเวลาของแต่ละช่องสัญญาณ และจำนวนบิตทั้งหมดในหนึ่งเฟรมที่เกิดขึ้นภายในเวลา 125 ไมโครวินาที

จะเห็นว่า 23 ช่องเวลาแรกของแต่ละเฟรมในการเชื่อมต่อแบบ PRI ถูกกำหนดให้เป็นช่องสัญญาณ B1 ถึง B23 ส่วนช่องเวลาสุดท้ายอาจจะถูกใช้เป็นส่วนช่องสัญญาณ D (ในรูปแบบแบบ 23 B+D) หรือเป็นส่วนช่องสัญญาณ B ช่องที่ 24 (ในรูปแบบแบบ 24 B) โดยในรูปแบบ 24B ซิกแนลลิงในช่องสัญญาณ D ต้องมีการจัดหาบิต PRI อื่น เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อโครงข่ายของผู้ใช้งานได้

เฟรมมีบิต หรือบิต F เพียงบิตเดียวที่มีในส่วนหัวของแต่ละเฟรมจะไม่สามารถนำพาข้อมูลซิกแนลลิงจำนวนมากๆ ไปในโครงข่ายที่ต้องการได้ ดังนั้นจึงต้องมีการจัดกลุ่มของเฟรมเข้าด้วยกันให้อยู่ในรูปแบบของมัลติเฟรมตามตารางที่ 6 โดยในหนึ่งมัลติเฟรมจะมี 24 เฟรมมีบิต 6 เฟรมมีบิตภายใน 24 บิตนี้มีรูปแบบที่ถูกเรียกว่า frame alignment sequence (FAS) ถูกใช้เพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าเฟรมมีการซิงโครไนส์อย่างถูกต้องและที่ด้านรับสามารถรับข้อมูลได้ครบ อีก 6 เฟรมมีบิตถูกใช้เพื่อคำนวณอันดับการตรวจสอบเฟรม (frame check sequence : FCS) โดยการใช้ 6 บิตนี้ เป็น cyclic redundancy check (CRC) เพื่อใช้ตัดสินใจถ้าหากข้อมูลเกิดผิดพลาดขึ้นมาในการส่งและรับระหว่างต้นทางและปลายทาง รูปแบบอีก 12 บิตที่เหลือถูกใช้สำหรับการบำรุงรักษา (maintenance) โครงข่ายและข่าวสาร

ตารางที่ 6 แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของบิตต่างๆ ที่เป็นบิตเริ่มต้นเฟรมของแต่ละเฟรมภายในหนึ่งมัลติเฟรม ซึ่งภายในหนึ่งมัลติเฟรมจะมีอยู่ 24 เฟรม และภายในหนึ่งเฟรมจะมีจำนวนบิตอยู่ 193 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 6

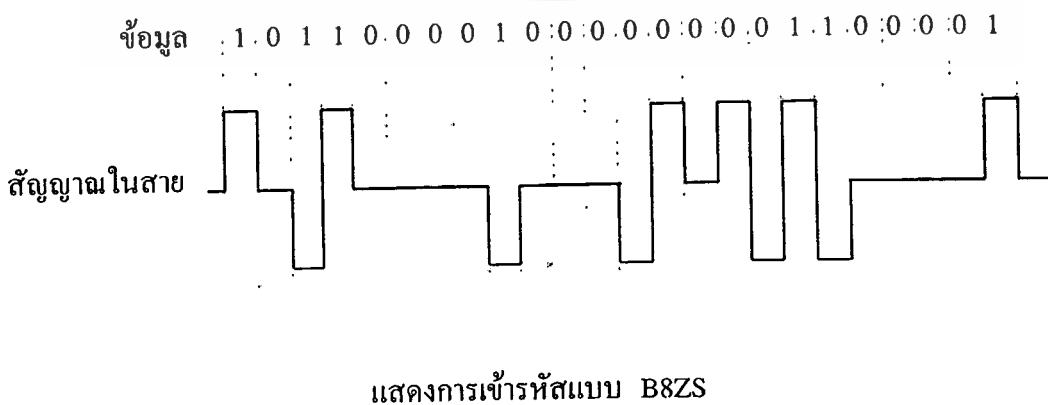
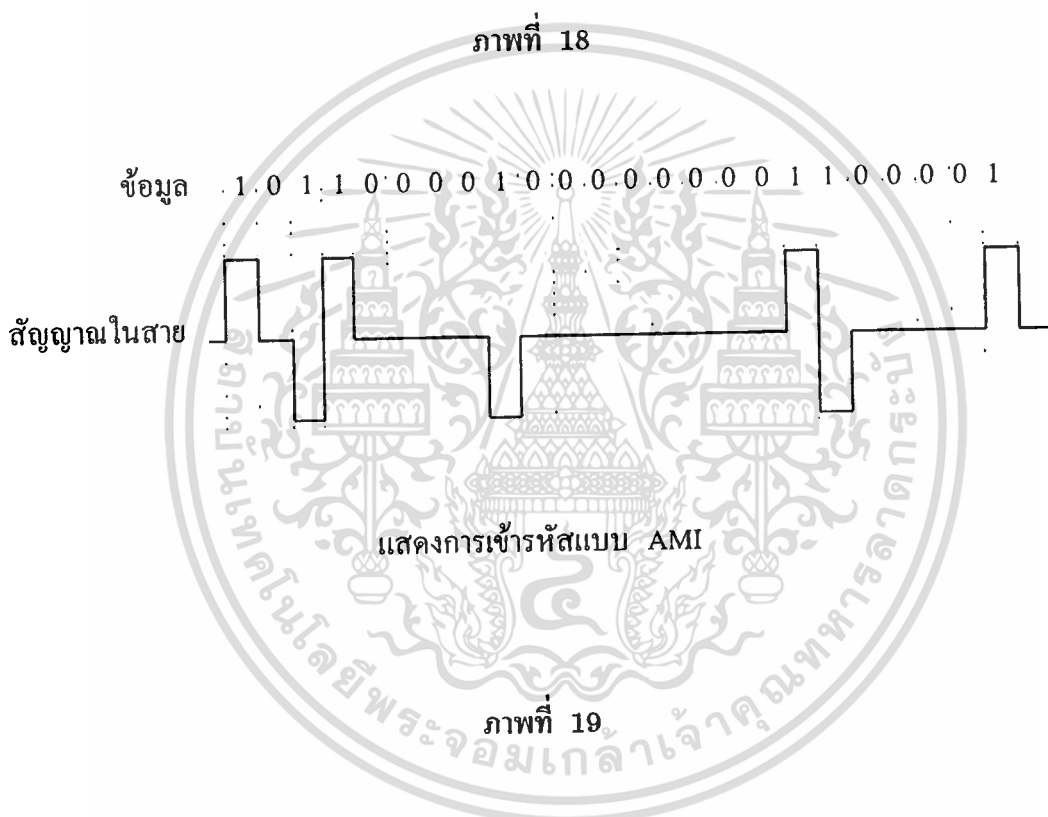
โครงสร้างมัลติเฟรมของ PRI ในการเชื่อมต่อแบบ 1.544 Mbps

หมายเลขเฟรม	การกำหนดบิต 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	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การเข้ารหัสในสายที่ใช้กับ PRI แบบ 1.544 Mbps

1.544 Mbps PRI จะใช้สัญญาณซิกแนลถึงการกลับเครื่องหมายให้สลับกัน (alternating mark inversion) หรือ AMI โดยการเข้ารหัสสัญญาณของ AMI นั้น บิต '0' ถูกแทนโดยการที่ไม่มีศักดาไฟฟ้าในสายและบิต '1' จะถูกแทนโดยพัลส์ (pulse) ศักดาไฟฟ้าที่มีการสลับขั้วกันไปมาระหว่างขั้วบวกและขั้วลบดังในภาพที่ 18



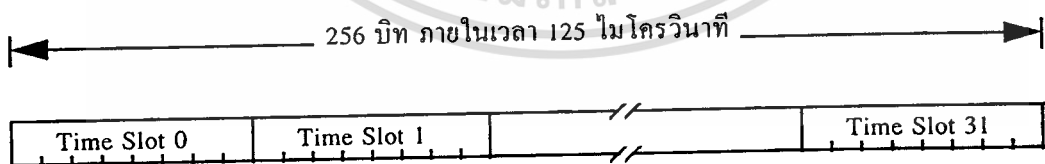
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bipolar 8 Zero Substitution (B8ZS) ถูกแนะนำสำหรับให้ใช้กับการเชื่อมต่อแบบ 1.544 Mbps เพื่อจัดหาจำนวนบิต '1' ที่จำเป็นในสายส่ง ลักษณะของ B8ZS นั้นมีลักษณะดังภาพที่ 19 คือเมื่อมีออกเตทใดเป็น '0' ทั้งหมด ออกเตทนั้นจะถูกแทนด้วยข้อมูล 00011011 ที่ code violation จะเกิดขึ้นในตำแหน่งบิตที่ 4 และ 7 ถ้าการเกิดบิต '1' ตัวสุดท้ายเป็นขั้วบวก ออกเตทที่เป็น '0' ทั้งหมดจะถูกแทนด้วย 000+0-+ ถ้าบิต '1' ก่อนหน้านั้นเป็นลบ ออกเตทที่เป็น '0' ทั้งหมดจะถูกแทนด้วย 000-0+0- จาก code violation ที่เกิดขึ้นในลักษณะคู่แบบนี้ ทำให้ B8ZS มีความสมดุลทางดีซีได้ ไม่เกิดปัญหาเกี่ยวกับทางด้านส่งหรือสายส่งมากนัก

### 3.3 การเชื่อมต่อแบบ 2.048 เมกกะบิตต่อวินาที (2.048 Mbps Interface)

การเชื่อมต่อไฟเบอร์แบบ 2.048 เมกกะบิตต่อวินาที ( Mbps) มีพื้นฐานอยู่บน CEPT E1 ที่ได้กล่าวถึงตั้งแต่ต้น การเชื่อมต่อแบบ 2.048 Mbps จะแบ่งช่องสัญญาณ 64 kbps เป็น 32 ช่อง ทำให้หนึ่งเฟรมของ PRI ประกอบด้วย 32 ช่องเวลา จาก 0 ถึง 31 ดังภาพที่ 20 ช่องเวลาที่ 0 (time slot 0) ถูกสำรองไว้ใช้สำหรับ physical layer framing การซิงโครไนส์และซิกแนลลิง ช่องเวลาที่ 1 ถึง 15 และ 17 ถึง 31 ถูกใช้สำหรับช่องสัญญาณ B 30 ช่อง ขณะที่ช่องเวลาที่ 16 ถูกสำรองไว้สำหรับช่องสัญญาณ D แต่ถ้าไม่มีการใช้ช่องสัญญาณ D ก็จะเอาช่องสัญญาณนี้ไว้ใช้สำหรับการศึกษาในอนาคต

ภาพที่ 20



### โครงสร้างเฟรม PRI ในการเชื่อมต่อแบบ 2.048 เมกกะบิตต่อวินาที

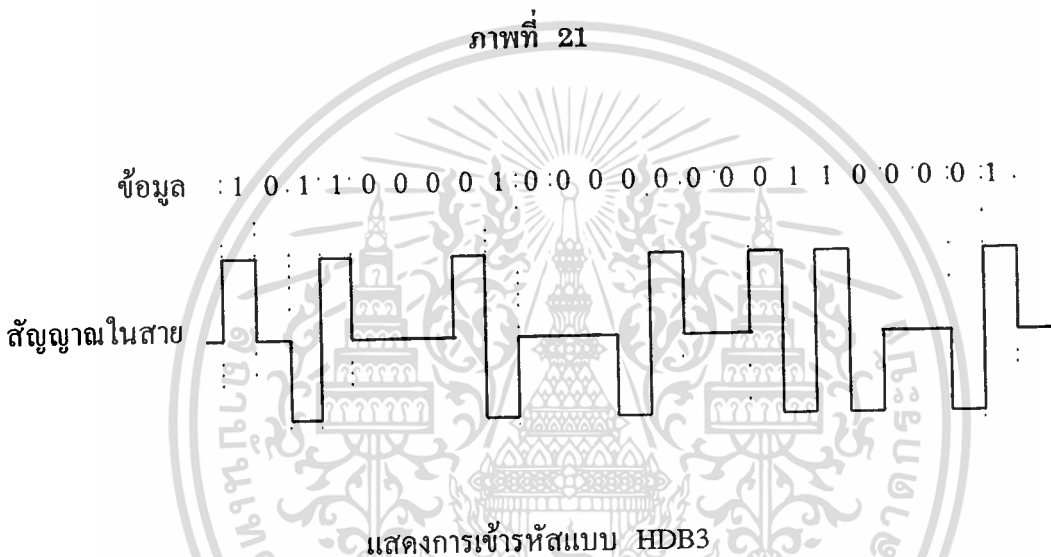
แต่ละเฟรมในการเชื่อมต่อแบบ 2.048 Mbps PRI ประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 8 บิตจากแต่ละช่องเวลา รวมกันแล้วจะได้เป็น 256 บิตต่อเฟรมที่ความเร็วในการส่ง 8,000 เฟรมต่อวินาที ทำให้ได้อัตราข้อมูลรวมทั้งหมดเป็น 2.048 เมกกะบิตต่อวินาที และอัตราข้อมูลของผู้ใช้จะอยู่ที่

1.984 เมกกะบิตต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การเข้ารหัสในสายที่ใช้กับ PRI แบบ 2.048 Mbps

ในการเชื่อมต่อโครงข่ายแบบ 2.048 Mbps PRI จะใช้การเข้ารหัสในสายเป็นแบบ High-Density Bipolar 3 (HDB3) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับการเข้ารหัสแบบ B8ZS โดยการเข้ารหัสแบบ HDB3 นี้จะมีความสมดุลย์ทางไฟคิซีและใช้ code violation เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีจำนวนบิต '0' ติดต่อกันยาวมากเกินไปในสายส่งดังตัวอย่างในภาพที่ 21



การเข้ารหัสแบบ HDB3 มีจุดประสงค์เพื่อลดจำนวนบิต '0' ที่ติดกันเป็นแถวไม่ให้เกิน 3 ตัว HDB3 เป็นข้อกำหนดตามมาตรฐานของ ITU G.703 วิธีการเข้ารหัสแบบนี้จะไม่ส่งผลให้เกิดองค์ประกอบของแรงดันไฟตรงขึ้นเช่นเดียวกับวิธีการเข้ารหัสแบบ AMI สำหรับข้อบ่งชี้ในการเข้ารหัสแบบ HDB3 มีดังนี้ ในกรณีที่บิตข้อมูลเป็น '0' ต่อเนื่องกันไม่เกิน 3 บิตการเข้ารหัสจะเป็นไปตามกฎของ AMI แต่เมื่อมีการส่งบิต '0' ต่อเนื่องกันเกิน 3 บิตวงจรเข้ารหัสจะแทนบิต '0' ที่เป็นบิตที่ 4 ด้วยลจิก '1' แต่พัลส์ดังกล่าวจะไม่สลับขั้วกับลจิก '1' ก่อนหน้านั้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการแยกความแตกต่างระหว่างการเข้ารหัสแบบ HDB3 กับ AMI ดังในรูปที่ 21 สำหรับ code violation ที่อยู่ใกล้กันจะต้องมีขั้วตรงข้ามกัน หากไม่สามารถทำได้คือพัลส์ถูกบังคับให้มีขั้วเดียวกับ code violation pulse เดิมการเข้ารหัสจะทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยกำหนดให้บิต '0' บิตแรกในกรณีมีบิต '0' มากกว่า 3 บิตติดต่อกันเป็นพัลส์ลจิก '1' โดยมีขั้วตามการเข้ารหัสแบบ AMI เพื่อให้บิตที่ 4 ของอนุกรมชุดดังกล่าวเป็น code violation ที่มีขั้วกลับกันกับ code violation ก่อนหน้านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. ความสามารถของ PRI ในการรองรับช่องสัญญาณ H

ช่องสัญญาณ H เป็นช่องสัญญาณที่มีแบนวิธกว้างกว่าช่องสัญญาณ B การเชื่อมต่อแบบ PRI สามารถจัดสรรช่องสัญญาณ H0 และ H1 โดยการรวมกันของช่องสัญญาณ B ซึ่งช่องสัญญาณ H0 จะมีย่านความกว้างเท่ากับช่องสัญญาณ B จำนวน 6 ช่อง ในตารางที่ 7 จะแสดงการกำหนดช่วงเวลาบางช่องสำหรับการจัดสรรช่องสัญญาณ H0 เมื่อช่องสัญญาณ H0 ถูกใช้งานบน PRI ตามคำแนะนำ I.431 โดย 1.544 Mbps PRI สามารถรองรับช่องสัญญาณ H0 ได้จำนวน 3 ช่อง เมื่อมีการใช้งานช่องสัญญาณ D ด้วย หรือใช้เป็นช่องสัญญาณ H0 ได้ถึง 4 ช่อง เมื่อช่องสัญญาณ D ไม่ได้ใช้งานอย่างอื่น และ 2.048 Mbps PRI สามารถรองรับช่องสัญญาณ H0 ได้ถึง 5 ช่องสัญญาณ ในการรวมช่องสัญญาณ D เข้ามาด้วย

ตารางที่ 7

ตัวอย่างของการกำหนดเวลาที่แน่นอนเมื่อใช้งานเป็นช่องสัญญาณ H0 ใน PRI

	ช่องสัญญาณ H <sub>n</sub>				
	a	b	c	d	e
ช่วงเวลาของ 1.544 Mbps	1-6	7-12	13-18	19-24	-
ช่วงเวลาของ 2.048 Mbps	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15
	17-19	20-22	23-25	26-28	29-31
	1-6	7-12	13-15 17-19	20-25	36-31

ตารางแสดงให้เห็นถึงการจัดสรรช่องสัญญาณมาใช้งานในช่องสัญญาณ H

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรโตคอลการเชื่อมต่อข้อมูลในช่องสัญญาณ D

หน้าที่แรกของชั้นเชื่อมต่อข้อมูล (Data Link Layer) ตามการอ้างอิงของ OSI คือการจัดหาการเชื่อมต่อข้อมูลการสื่อสารไม่ให้เกิดการผิดพลาดขึ้นระหว่างอุปกรณ์ที่อยู่ติดกัน โปรโตคอลเชื่อมต่อข้อมูลช่องสัญญาณ D เป็นโปรโตคอลที่มีชื่อเรียกว่า LAPD มีความคล้ายกับ LAPB ของ X.25 โดยทั้งคู่เป็นกลุ่มย่อยของโปรโตคอลควบคุมการเชื่อมต่อข้อมูลระดับสูงของ OSI ที่มีชื่อเรียกว่า HDLC (High-level Data Link Control)

### 1. ลำดับขั้นตอนการเข้าเชื่อมบนช่องสัญญาณ D (LAPD)

โปรโตคอลชั้นเชื่อมต่อข้อมูลของ ISDN ถูกเรียกว่า Link Access Procedures on D Channel หรือ LAPD โปรโตคอลนี้เป็นตัวกำหนดการต่อทางลอจิกระหว่างผู้ใช้ (TE) และโครงข่าย (NT หรือ LE) ข้ามจุดอ้างอิง S และหรือ T บนช่องสัญญาณ D โดยรองรับการสื่อสารแบบอนุกรมและสวนทางกันได้ ข้ามการต่อเชื่อมทางกายภาพทั้งแบบจุดต่อจุดหรือจุดเดียวไปหลายๆจุดที่มีใช้งาน

หลักการต่างๆไปของ LAPD มีรายละเอียดอยู่ในคำแนะนำ ITU Q.920 (I.440) และขั้นตอนการทำงานถูกให้รายละเอียดในคำแนะนำ Q.921 (I.441) LAPD มีการอ้างอิงคล้ายกับระบบซีแกนลิ่งลูกข่ายทางดิจิทัล หมายเลข 1 (DSS1) ในชั้นเชื่อมต่อข้อมูล (Data Link Layer)

#### 1.1 เฟรมของ LAPD

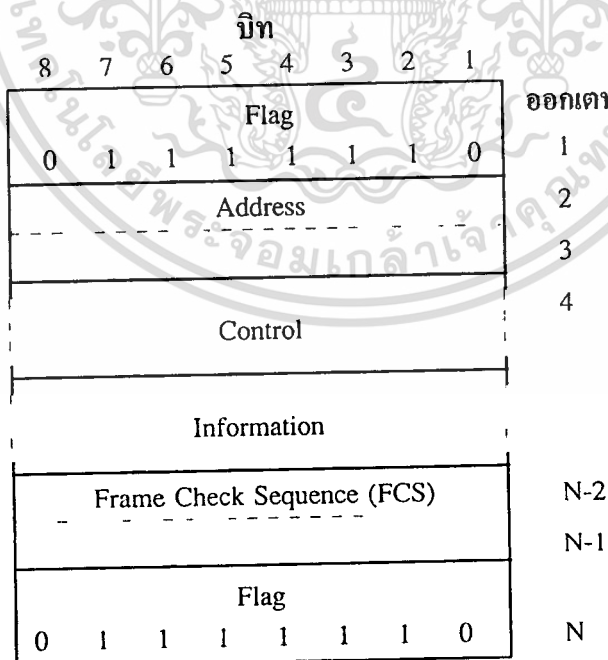
หน่วยในการส่งของ LAPD เป็นเฟรมดังภาพที่ 22 ซึ่งประกอบด้วยฟิลด์ต่างๆดังนี้

\* แฟล็ก : มีรูปแบบบิต เป็น 0111110 สัญญาณแฟล็กจะมีที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเฟรม

\* แอดแตรส : เป็นตัวชี้อุปกรณ์ของผู้ใช้และบริการ ที่ถูกส่งหรือรับ มี 2 ออกเตทเสมอ

- \* คอนโทรล : เป็นตัวชี้ชนิดของเฟรมและอาจจะนำพาซีแควนและการรับรู้จำนวน ใช้หนึ่งหรือสองออกเตท อย่างไรก็ตามหนึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเฟรม
- \* ข้อมูล : บรรจุข้อมูลการจัดการระดับ 3 หรือข้อมูลของผู้ใช้ หรือ ข้อมูลการทำงานระดับ 2 มีความยาวที่เปลี่ยนแปลงได้แต่ต้องเป็น octet-aligned ; ฟิลด์นี้อาจจะไม่มีในบางเฟรม
- \* ซีแควนตรวจสอบเฟรม (FCS) : บรรจุตัวที่เหลืออยู่ 16 บิต จากการคำนวณของ cyclic redundancy check (CRC) CRC ถูกใช้เพื่อตรวจสอบว่ามีบิตข้อมูลเกิดผิดพลาดขึ้นในเฟรมหรือไม่

ภาพที่ 22



แสดงรูปแบบเฟรมของ LAPD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 ชนิดของเฟรม LAPD และฟิลด์ควบคุม (Control field)

ฟิลด์ควบคุมจะกำหนดคุณสมบัติชนิดของเฟรมที่กำลังถูกส่ง LAPD (และโปรโตคอล bit-oriented ทั้งหมด) มีคำจำกัดความแต่ละชนิดของรูปแบบเฟรมโดยทั่วไป 3 แบบ ที่มีอยู่ในฟิลด์ควบคุม ดังภาพที่ 23

ภาพที่ 23

	บิต								ออกเตท
	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

รูปแบบฟิลด์ควบคุม LAPD

1.2.1 เฟรมข้อมูล (I) : นำพาข้อมูลที่ใช้ในการจัดการระดับ 2 หรือข้อมูลจากชั้นที่สูงกว่า (รวมทั้งข้อมูลของผู้ใช้) ฟิลด์ชนิดนี้มีจำนวน 2 ออกเตท จะบรรจุจำนวนซีเควนของเฟรม I นี้ แสดงด้วย 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 : จะควบคุมสถานะของการเชื่อมต่อลจิก และยอมให้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ไม่มีการนับจำนวน ไม่มีซีเควนที่คอยช่วยเหลือเฟรม U นี้ และฟิลด์ควบคุมนี้เป็นออกเตทเดียว เฟรมเหล่านี้ถูกใช้เพื่อเป็นการเริ่มต้นหรือสิ้นสุดการเชื่อมต่อลจิก การแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ไม่เป็นซีเควน เจริญต่อรองพารามิเตอร์ชั้นเชื่อมข้อมูลและแสดงสถานะความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการส่งข้อมูล บิต M M M M M จะให้คุณสมบัติของเฟรม U ว่าเป็นชนิดใด

## ตารางที่ 8

แสดงชนิดของเฟรม LAPD โดยสังเขป

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	●		ใช้ในการบริการถ่ายโอนข้อมูลที่ไม่ต้องการตอบรับ
	UA Unnumbered Acknowledgement		●	เป็นการตอบรับเฟรม SABME และ DISC
	DM Disconnected Mode		●	ไม่สามารถที่จะทำการสร้างการเชื่อมต่อได้ หรือไม่สามารถคงสภาพการเชื่อมต่อไว้ได้
	FRMR Frame REject		●	เป็นการบันทึกเฟรมที่ไม่สามารถรับได้
	XID Exchange Identification	●	●	เป็นการแลกเปลี่ยนข้อมูลในการแสดงการทำงาน

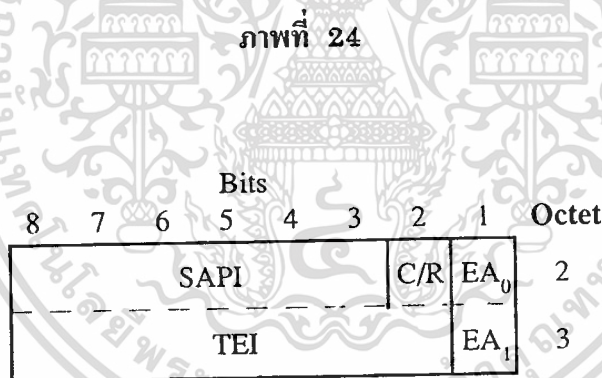
ตารางที่ 8 แสดงเฟรม I,S และ U ที่ใช้ใน LAPD และรายละเอียดหน้าที่ของมันโดยย่อ เฟรมบางชนิดอาจจะถูกใช้เป็นตัวส่ง บางชนิดก็อาจถูกใช้เป็นตัวตอบ และบางชนิดก็ใช้เป็นได้ทั้ง ตัวส่งหรือตัวตอบอย่างใดอย่างหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอุปกรณ์ ISDN ถ้าไม่มีข้อมูลถูกส่งบนช่องสัญญาณ D เลข จะมีการส่งแฟล็กอย่างต่อเนื่อง ยกเว้นเมื่อมี TEs บน BRI แบบจุดเดียวต่อไปยังหลายจุด ที่ซึ่งจะส่งบิต 1 แทนการขาดหายไปของข้อมูลหรือไม่มีข้อมูลนั่นเอง จึงทำให้การเชื่อมทางลจิกกลายเป็นไอเดิล

### 1.3 LAPD Addressing

สิ่งหนึ่งของจุดเด่นหลักของ LAPD คือ โครงสร้างของฟิลด์แอดเดรสดังภาพที่ 24 และความสามารถการมัลติเพล็กซ์ logical link ทั่วไปบนช่องสัญญาณทางกายภาพที่เหมือนกัน (physical channel) แอดเดรสจะเป็นตัวชี้การควบคุมการเชื่อมต่อข้อมูล (Data Link Control Identifier) หรือเรียกย่อว่า DLCI มีความยาว 13 บิต และประกอบด้วยฟิลด์ย่อยจำนวน 2 ฟิลด์ คือ Terminal Endpoint Identifier (TEI) และ Service Access Point Identifier (SAPI) TEI และ SAPI มีรายละเอียดดังภาพที่ 24



- EA      บิตขยายฟิลด์แอดเดรส (0 หรือ 1)
- C/R    บิตคำสั่ง/คำตอบ
- SAPI   ตัวชี้จุดทางเข้าของบริการ
- TEI    ตัวชี้จุดสุดท้ายของอุปกรณ์

ภาพแสดงรูปแบบฟิลด์แอดเดรส LAPD ตำแหน่งของบิตต่างๆในฟิลด์แอดเดรส และความหมายของแต่ละบิต

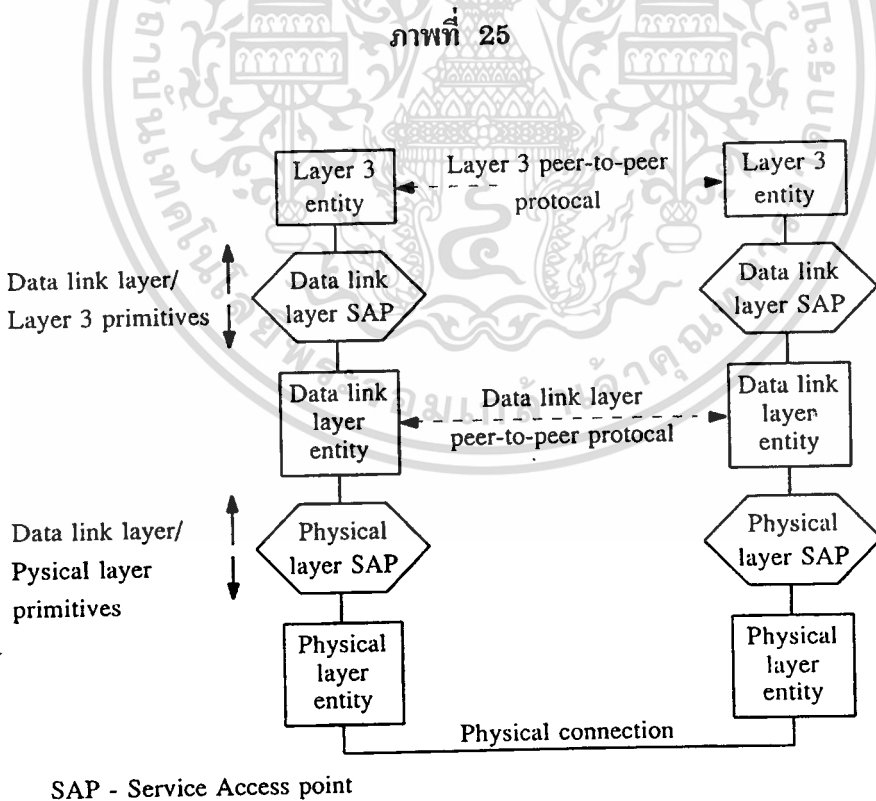
บิตคำสั่ง / คำตอบ (C/R) ในฟิลด์แอดเดรสถูกใช้ต่างกันระหว่างเฟรมคำสั่งและเฟรมคำตอบเหมือนคำจำกัดความในตารางที่ 8 ทางด้านผู้ใช้งานของ logical link จะเซ็ทบิตนี้เป็น 0 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับคำสั่งและเป็น 1 สำหรับคำตอบ ด้านโครงข่ายจะทำงานตรงกันข้ามคือเซ็ทบิตนี้เป็น 1 สำหรับคำสั่งและ 0 สำหรับคำตอบ บิต C/R ทำหน้าที่คล้ายกับฟิลด์แอดแควสใน LAPB

บิตอันดับต่ำของแต่ละออกเตท ถูกเรียกว่าบิตขยายฟิลด์แควส บิตที่ 1 ของออกเตทแควสแรก ถูกเซ็ทเป็น 0 และบิตที่ 1 ของออกเตทที่สองถูกเซ็ทเป็น 1 โดยทำตามกฎของ HDLC สำหรับหลายๆออกเตทแควส

#### 1.4 การมัลติเพล็กซ์ TEIS และ SAPIS

การเชื่อมต่อแบบ BRI ขอมให้อุปกรณ์ปลายทาง ISDN หลายๆตัว ถูกต่อในรูปแบบจุดเดียวไปยังหลายๆจุดได้ แต่ LAPD นั้นยังสามารถจัดการการเชื่อมทางลจิกแบบจุดต่อจุดได้ มันมีกลไกในการวางตั้งที่โปรโตคอลระดับ 2 ทำการมัลติเพล็กซ์หลายๆการเชื่อมต่อทางลจิก



#### แบบอ้างอิงชั้นเชื่อมข้อมูลและจุดทางเข้าบริการ

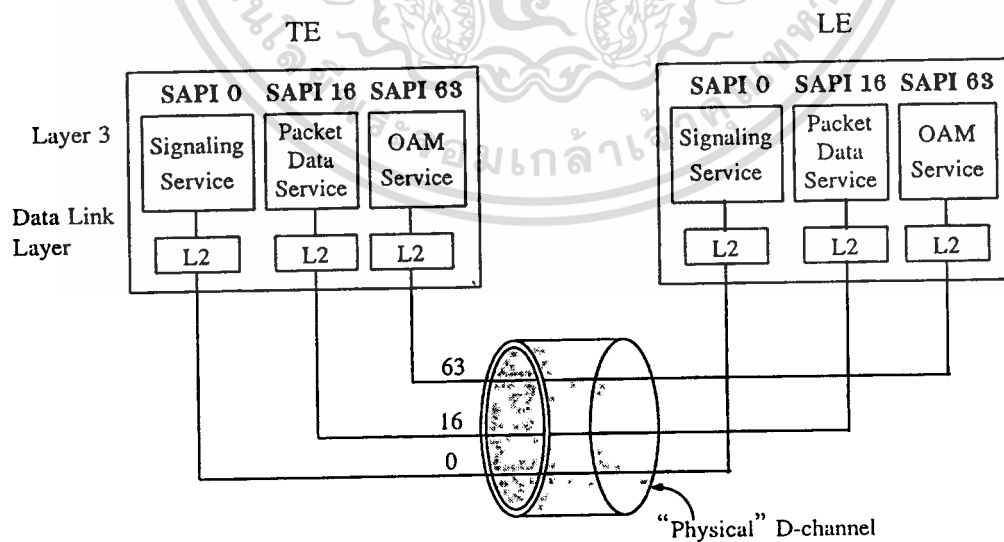
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 25 แสดงการต่อแบบจุดต่อจุดระหว่าง 2 สถานี เนื้อหาข้อความของระดับ 3 ในสถานีหนึ่งถูกต่อทางลจิกไปที่ระดับ 3 เหมือนกันของอีกสถานีหนึ่ง ข่าวสารระดับ 3 ที่ผ่านระหว่าง 2 สถานีนี้ จะถูกนำพามาในฟิลด์ข้อมูลของเฟรมระดับ 2 (LAPD)

จุดทางเข้าบริการ (Service Access Point : SAP) เป็นแนวทางการเชื่อมต่อระหว่างชั้นโพรโตคอลที่อยู่ติดกัน ในยุคแรกๆการแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่าน SAP เป็นโครงสร้างที่ยอมให้ชั้นโพรโตคอลที่อยู่ติดกันที่สถานีเดียวกันแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน

ในความเป็นจริงการต่อทางลจิกระหว่างผู้ใช้และโครงข่ายไม่ได้เป็นเหมือนตัวอย่างนี้ทีเดียว ทุกๆ TEs ของ ISDN มีความสามารถในการรองรับมากกว่าหนึ่งการประมวลผลของบริการในระดับ 3 สิ่งหนึ่งที่ต้องการในบริการระดับ 3 คือ ความสามารถในการส่งข้อความซิกแนลิ่ง ISDN ส่วนบริการที่จำเป็นอื่นๆ ก็มีความสามารถของการประมวลผลข้อความ ผลการทำงาน (Operations) การบริหาร (Administrations) และการบำรุงรักษา (Maintenance) หรือเรียกโดยรวมว่า OAM การประมวลผลอันที่สามเป็นความสามารถส่งข้อมูลของผู้ใช้ในโหมดแพคเกจ แต่ละการประมวลผลในระดับ 3 เหล่านี้ที่ TE ต้องทำการติดต่อสื่อสารด้วยการประมวลผลในระดับเดียวกันกับใน LE

ภาพที่ 26



ภาพแสดงจุดทางเข้าหลายๆบริการภายใน TE มีความต้องการการต่อทางลจิกคอล LAPD

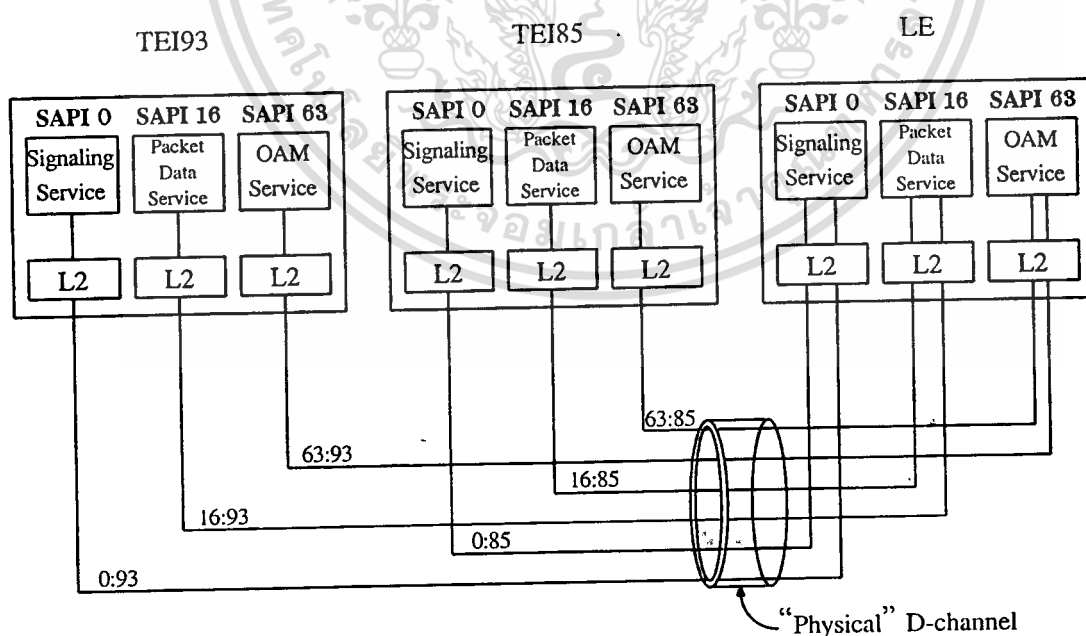
หลายๆตัวไปยัง LE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละการประมวลผลในระดับ 3 ที่ TE จะมีการแยกการเชื่อมทางลอจิกบนช่องสัญญาณ D เพื่อการประมวลผลในระดับเดียวกันใน LE (ดูภาพที่ 26) แต่ละการประมวลผลที่ระดับ 3 เป็นบริการที่ถูกกำหนดโดย SAPI คือว่าหลายๆการเชื่อมต่อทางลอจิกแบ่งการใช้งานบนช่องสัญญาณ D เพียงช่องเดียว และ LAPD สามารถทำการมัลติเพล็กซ์สิ่งที่ต้องการเหล่านี้ ซึ่งเป็นคุณลักษณะเฉพาะที่ไม่เหมือนใครของโปรโตคอลนี้ การเลือกค่าของ SAPI จะทำการเลือกแบบเดาสุ่มไม่ได้ การเลือกค่าต่างๆจะมีการกล่าวรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

ปัญหาของการมัลติเพล็กซ์หลายๆการเชื่อมทางลอจิกระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง TE และ LE มีความยุ่งยากมากในรูปแบบจุดเดียวไปหลายจุดที่ยอมให้มีขึ้นได้ใน BRI ดูภาพที่ 27 บริการบางอย่างที่หาได้ใน TE ตัวหนึ่ง จะเหมือนกับบริการที่หาได้ใน TE ตัวอื่นๆ ดังนั้น SAPI อย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะให้ความแตกต่างของการเชื่อมทางลอจิกจากที่อื่นๆ ตัวอย่างในภาพที่ 27 แสดงให้เห็นว่า TEIs ของ 93 และ 85 ถูกกำหนดเป็นเทอร์มินอล ISDN 2 อัน นำพามาในสายส่งเส้นเดียวกัน รูปแบบ SAPI และ TEI จะบ่งชี้แอดแควสซึ่งมีลักษณะเฉพาะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติการเชื่อมทางลอจิก เพื่อให้ทราบว่าบริการอันไหนเป็นของอุปกรณ์ตัวใด (การเลือกค่าของ TEI ในภาพนี้เป็นการกำหนดให้ดูเป็นตัวอย่าง ค่าต่างๆของ TEI จะมีรายละเอียดในหัวข้อต่อไป)

ภาพที่ 27



ภาพแสดงบริการหลายสิ่งและ TE หลายตัวต้องการการเชื่อมทางลอจิกของ LAPD ที่ถูก

เอก อ่างอิง เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.5 คำจำกัดความของ SAPI

SAPI ย่อมาจากคำว่า Service Access Point Identifier เป็นตัวบ่งชี้จุดทางเข้าของบริการ มีรูปแบบเป็นฟิลด์ย่อย (subfield) จำนวน 6 บิตที่ถูกนำมาในออกเตทแรกของฟิลด์แอดแตรส แม้ว่า SAPI จะมีคำจำกัดความมากถึง 64 แต่ ITU มีคำจำกัดความในปัจจุบันเพียงแค่ 4 ดังตารางที่ 9 SAPI ถูกใช้สำหรับขั้นตอนควบคุมการเรียก (call control) โดยใช้ข้อความจากโปรโตคอล ISDN ระดับ 3 ตามคำแนะนำ ITU Q.931 (I.451) SAPI 1 สำหรับการติดต่อสื่อสารในโหมดแพ็คเก็ตโดยการใช่โปรโตคอล Q.931 (I.451) ขณะที่ SAPI 16 สำหรับข้อมูลแพ็คเก็ตของผู้ใช้ตรงตามลำดับขั้นตอนของ X.25 ระดับ PLP SAPI 63 ถูกใช้สำหรับ OAM และการทำงานการจัดการระดับ 2 ค่าที่เหลือสำรองไว้สำหรับในอนาคตหรือมาตรฐานภายในประเทศนั้นๆ

ตารางที่ 9  
ค่าของตัวบ่งชี้จุดทางเข้าของบริการ (SAPI)

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

ตารางแสดงให้เห็นถึงค่าต่างๆของ SAPI และความสัมพันธ์ของการทำงาน

### 1.6 การกำหนดและคำจำกัดความของ TEI

TEI เป็นฟิลด์ย่อยจำนวน 7 บิต ที่ถูกนำมาในออกเตทที่สองของฟิลด์แอดแตรส สามารถกำหนดให้ขึ้นไปได้ถึงค่า 127 TEIs ซึ่งเป็นผลมาจากฟิลด์ย่อยจำนวน 7 บิตนี้ และค่า TEI เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

127 ถูกสำรองไว้ใช้สำหรับข้อความบรอดคาสต์ ใน ISDN นั้นมีการแบ่งชนิดของ TEI ที่แตกต่างกันอยู่ 3 แบบ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10  
ค่าของตัวบ่งชี้จุดสุดท้ายของอุปกรณ์ (TEI)

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

ตารางแสดงการกำหนดค่า TEI และชนิดของผู้ใช้งานต่างๆ

### โปรโตคอลชั้นที่ 3 บนช่องสัญญาณ D

หัวข้อนี้จะมีรายละเอียดอย่างกว้างๆของ โปรโตคอล ชิกลเนลลิ่ง ที่ถูกใช้ระหว่างเทอร์มินอลของผู้ใช้และบริการ ISDN โครงสร้างของโปรโตคอลและรูปแบบข้อความจะมีการกล่าวถึงด้วย ขั้นตอนสำหรับการต่อและเลิกติดต่อของการเรียกในโหมดเบสิก จะถูกกล่าวในรายละเอียดเพื่อให้เข้าใจถึงขบวนการชิกลเนลลิ่งในโครงข่ายผู้ใช้

หัวข้อเหล่านี้ทั้งหมดมีรายละเอียดในคำแนะนำ ITU โดยคำแนะนำ Q.930 (I.450) จะให้รายละเอียดหลักการทั่วไปของชิกลเนลลิ่งในโครงข่ายผู้ใช้ คำแนะนำ Q.931 (I.451) จะให้รายละเอียดข้อความของโครงข่ายผู้ใช้สำหรับควบคุมการเรียกขั้นพื้นฐานใน ISDN และคำแนะนำ Q.932 (I.452) จะให้รายละเอียดข้อความสำหรับบริการเสริม

#### 1. ชิกลเนลลิ่งโครงข่ายผู้ใช้ชั้นที่ 3

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนชิกลเนลลิ่งในโครงข่ายผู้ใช้ชั้นที่ 3 สำหรับควบคุมการเรียกขั้นพื้นฐาน และสำหรับการควบคุมและการร้องขอบริการเสริม การวิเคราะห์ชิกลเนลลิ่งจะทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรโตคอลซิกแนลลิงของ ISDN ขึ้นอยู่กับการแลกเปลี่ยนของข้อความดิจิทัล ระหว่างเทอร์มินอลของผู้ใช้และโครงข่าย แต่ละข้อความประกอบด้วยอนุกรมของบิตข้อมูล ชั้นส่วนข้อมูลในการเรียกติดต่อประกอบด้วยฟิลด์ที่ซึ่งถูกเข้ารหัสด้วยข้อมูลซิกแนลลิงที่จำเป็น

มีข้อความซิกแนลลิงของ ISDN แตกต่างกัน 25 แบบ ที่ถูกแสดงใน Q.931 และอีก 8 แบบถูกกำหนดใน Q.932 แต่ละชนิดของข้อความมีคุณสมบัติจุดประสงค์ที่แตกต่างกัน และชื่อของข้อความมักจะแสดงให้เห็นถึงจุดประสงค์นั้น สำหรับตัวอย่างบางข้อความ เช่น ข้อความ SETUP , CONNECT และ DISCONNECT เป็นต้น รายละเอียดของข้อความต่างๆอยู่ในภาคผนวก

## 2. รูปแบบของข้อความที่ใช้ในระดับชั้นที่ 3

ในกระบวนการสร้างการเชื่อมต่อ การควบคุม และการยกเลิกการเชื่อมต่อ จะเกิดขึ้นจากผลของข้อความในการควบคุมที่มีการแลกเปลี่ยนระหว่างผู้ใช้กับโครงข่ายบนช่องสัญญาณ D ข้อความชั้นที่ 3 ของ ISDN ถูกนำพามาในฟิลด์ข้อมูล ของเฟรมข้อมูล LAPD ในชั้นที่ 2 รูป

ภาพที่ 28

Bits								Octet
8	7	6	5	4	3	2	1	
Protocol Discriminator (I.451)								1
0	0	0	0	1	0	0	0	
0	0	0	0	ความยาวของ CRV				2
CRF		ค่าอ้างอิงการเรียก (CRV)						3
0		ชนิดของข้อความ						
ชั้นส่วนข้อมูลอื่นๆตามต้องการ								

CRF Call Reference Flag

แบบของข้อความจะมีพื้นฐานในการใช้เหมือนกันทั้งหมด ซึ่งมีการกำหนดไว้ใน REC.I.451 (Q: 931) รูปแบบของข้อความในระดับชั้นที่ 3 นี้แสดงไว้ในภาพที่ 28 แล้ว ส่วนหัวข้อนี้จะให้รายละเอียดอย่างย่อของรูปแบบข้อความเหล่านี้

2.1 โปรโตคอลดิสคริมิเนเตอร์ (PD - Protocol Discriminator) จะใช้ในการแบ่งแยกข้อความควบคุม สำหรับควบคุมการเรียกระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย ออกจากข้อความอื่น ๆ เช่นหากมีโปรโตคอลชั้นที่ 3 สองตัวถูกใช้งานบนช่องสัญญาณ D คือ Q.931 และ X.25 จะเห็นว่าการเข้ารหัสของแพ็คเก็ต X.25 นั้น บิตที่ 5 และ 6 ของออกเตทแรกจะไม่เป็น 0 ทั้งคู่ ดังนั้นทุกออกเตทของโปรโตคอลดิสคริมิเนเตอร์ที่เป็น 0 ในบิตที่ 5 และ 6 ทำให้สามารถรู้ทันทีว่าไม่ใช่โปรโตคอลของ X.25 แต่จะเป็นข้อความของ Q.931

ตารางที่ 11  
การเข้ารหัสโปรโตคอลดิสคริมิเนเตอร์

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

ตารางแสดงค่าและคำอธิบายของโปรโตคอลดิสคริมิเนเตอร์

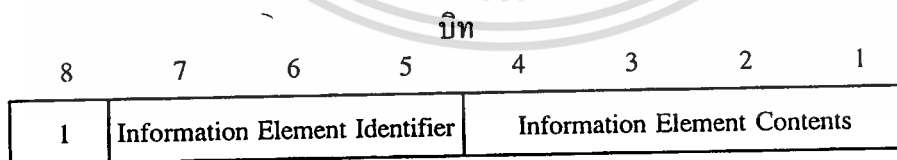
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ค่าอ้างอิงในการเรียก (CRV - Call Reference Value) เป็นค่าที่ถูกใช้โดยผู้ใช้ และโครงข่าย เพื่ออ้างอิงถึงการเรียกที่กระทำอยู่ CRV ถูกกำหนดที่จุดเริ่มต้นของการเรียกและคง อยู่จนกระทั่งการเรียกถูกเทอร์มินेट ค่าอ้างอิงในการเรียกจะประกอบด้วยฟิลด์ย่อย 3 ฟิลด์ด้วยกัน ฟิลด์ย่อยส่วนแรกจะเป็นการบอกความยาวของฟิลด์ค่าอ้างอิงในการเรียกที่จะตามมา ฟิลด์ย่อยอีก ส่วนจะเป็นค่าแฟล็กอ้างอิงการเรียก (Call Reference Flag) ซึ่งจะเป็บิตอันดับสูงของค่าอ้างอิง ในการเรียก บิตนี้ถูกใช้เพื่อห้จุดสุดท้ายของการเชื่อมทางลจิกที่เกิดจากการอ้างอิงการเรียก โดย ถ้าค่าแฟล็กเป็น 1 แสดงว่าเป็นผู้ถูกเรียก หากเป็นค่า 0 แสดงว่าเป็นผู้เรียก ฟิลด์ย่อยสุดท้ายจะเป็น ส่วนรายละเอียดของค่าอ้างอิงในการเรียก

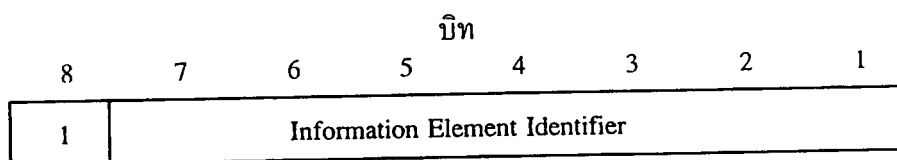
2.3 ชนิดของข้อความ (Message Type) จะเป็นการใช้ข้อความที่อ้างถึงใน Q.931 (I. 451) เพื่อทำการส่งระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย ส่วนรายละเอียดของข้อความต่าง ๆ จะใช้ในการ ควบคุมการทำงานทางผู้ใช้และทางโครงข่าย ซึ่งรายละเอียดของข้อความจะขึ้นอยู่กับชนิดของ ข้อความนั้นในภาคผนวกจะเป็นการแสดงข้อความต่าง ๆ ตามข้อกำหนด Q.931 (I.451)

ชนิดของข้อความจะมีรายละเอียดว่าเป็นคำสั่งหรือตอบรับ และมีรายละเอียดส่วน ประกอบของข้อความ (Information Element) โดยรูปแบบส่วนประกอบของข้อความจะมีอยู่ 2 แบบด้วยกัน คือ รูปแบบส่วนประกอบข้อความชนิดออกเตทเดี่ยว เหมือนดังในภาพที่ 29 และรูปแบบส่วนประกอบข้อความที่ความยาวเปลี่ยนแปลงได้ ดังในภาพที่ 30

ภาพที่ 29



(แบบที่ 1)



(แบบที่ 2)

ภาพที่ 30

8	7	6	5	4	3	2	1	Octet
0	Information Element Identifier							1
Length of contents of Information Element								2
contents of Information Element								3 etc.

รูปแบบส่วนประกอบข้อความที่เปลี่ยนแปลงความยาวได้

### 3. การติดต่อแบบเบสิกเซอร์กิตโหมด

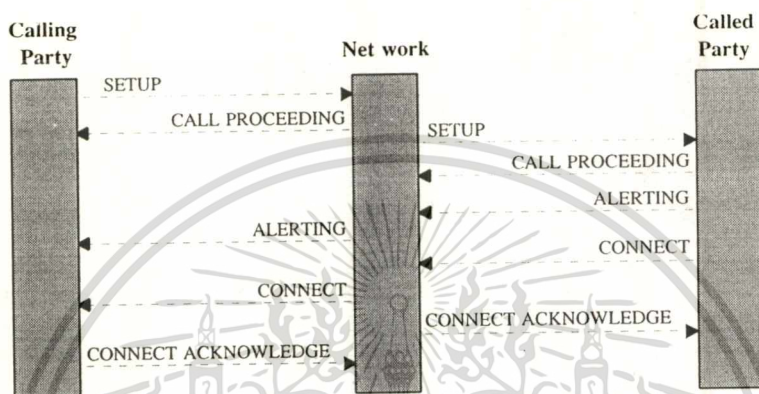
ข้อความที่ใช้ในการโต้ตอบเพื่อการเริ่มต้นการเรียกแบบเซอร์กิตโหมดถูกแสดงดังในภาพที่ 31 และมีรายละเอียดดังนี้

เมื่อผู้เรียกเริ่มการเรียกโดยส่งข้อความ SETUP ไปยังโครงข่าย ในข้อความ SETUP นี้จะมีข้อมูลที่โครงข่ายต้องการเพื่อต่อการเรียกให้ เช่น หมายเลขผู้เรียก หมายเลขปลายทาง และข้อความแสดงความต้องการของ Bearer Service โครงข่ายจะตรวจสอบให้แน่ใจว่าเนื้อหาของข้อความมีความถูกต้องสมบูรณ์ ก็จะส่งข้อความ CALL PROCEEDING กลับไปยังผู้เรียกเพื่อแสดงว่าการร้องขอการเรียกได้มีการกระทำอยู่ โครงข่ายจะทำการต่อช่องสัญญาณ B ให้ด้วยและเริ่มการ SETUP ไปยังปลายทาง ที่อุปกรณ์ปลายทางโครงข่ายจะส่งข้อความ SETUP ไปยังผู้ถูกเรียกด้วย ข้อความ SETUP นี้ไม่ได้เหมือนกับที่ผู้เรียกส่งไปยังโครงข่ายเพราะว่าแต่ละโปรโตคอลของการเชื่อมต่อรองรับการเชื่อมต่อแบบ local ค่าที่แตกต่างกันก็มีเช่น ค่าอ้างอิงการเรียก (CRV) และคุณสมบัติบางอย่างของการเชื่อมต่อแบบเบสิกเรตหรือไพนารีเรตใน ISDN ผู้ถูกเรียกก็จะส่งข้อความ ALERT เป็นการบอกโครงข่ายว่าอุปกรณ์ของผู้ถูกเรียกรับรู้แล้ว โครงข่ายจะสร้างข้อความ ALERT ส่งไปยังผู้เรียกอีกที เมื่ออุปกรณ์ผู้ถูกเรียกยอมรับการเรียกก็จะส่งข้อความ CONNECT ไปให้โครงข่าย และเมื่อโครงข่ายรับข้อความ CONNECT นี้จะทำให้ทางเดินเซอร์กิตสวิตซ์ในช่องสัญญาณ B มีความสมบูรณ์และส่งข้อความ CONNECT ไปยังผู้เรียก ส่วนข้อความ CONNECT ACKNOWLEDGE ก็จะส่งกลับไปให้ผู้ถูกเรียก ทางด้านผู้เรียกก็มีข้อความ CONNECT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACKNOWLEDGE ไปยังโครงข่ายเช่นกัน ทำให้การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ปลายทางทั้งสองสามารถสื่อสารกันได้

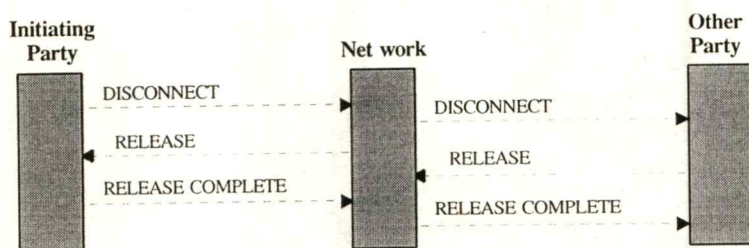
ภาพที่ 31



แสดงการโต้ตอบข้อความในการเรียกแบบเซอร์กิต โหมด

ส่วนการยกเลิกการเรียกนั้นมีความง่ายกว่าการ SETUP มาก ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังภาพที่ 32 โดยเริ่มต้นจากเมื่ออุปกรณ์ปลายทางด้านหนึ่งส่งข้อความ DISCONNECT ไปยังโครงข่ายและยกเลิกการต่อตัวมันเองจากช่องสัญญาณ B โครงข่ายจะส่งข้อความ RELEASE กลับไปยังอุปกรณ์ที่เริ่มยกเลิกการต่อและส่งข้อความ DISCONNECT ไปยังคู่สนทนาอีกด้านหนึ่ง อุปกรณ์ปลายทางด้านนี้จะตอบด้วยข้อความ RELEASE เป็นการปลดปล่อยช่องสัญญาณ B เช่นกัน

ภาพที่ 32



แสดงการยกเลิกการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านผู้ยกเลิกการเรียกจะส่งข้อความ RELEASE COMPLETE ไปยังโครงข่ายและโครงข่ายก็มีข้อความเดียวกันไปยังอีกด้านหนึ่ง ที่เวลานี้โครงข่ายปลดปล่อยช่องสัญญาณ B อย่างสมบูรณ์

### ลักษณะการเข้าสู่โครงข่าย ISDN

จะอาศัยนิยามของการแบ่งกลุ่มหน้าที่และจุดอ้างอิง เพื่อใช้ในการจัดลักษณะความเป็นไปได้ต่างๆ ในการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย ทาง ITU ได้ทำการกำหนดลักษณะต่างๆ ได้ดังภาพที่ 33 จะสังเกตเห็นได้ว่าทางด้านของผู้ใช้จะมีการเชื่อมต่อที่จุด S และ T การเชื่อมต่อที่จุด S (โดยไม่มีจุด T) การเชื่อมต่อที่จุด T (โดยไม่มีจุด S) หรือการเชื่อมต่อรวมทั้งจุด S-T

ในกรณีแรกการเชื่อมต่อที่จุด S และ T ดังภาพที่ 33 (a) และ (b) เป็นวิธีการที่ตรงที่สุดตามโครงสร้างของการเชื่อมต่อ ซึ่งจะมีอุปกรณ์หนึ่งตัวหรือมากกว่าที่สามารถใช้ในแต่ละกลุ่มหน้าที่

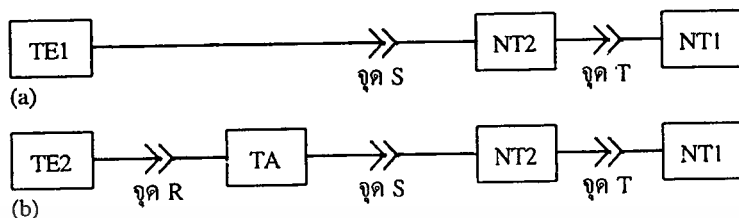
ในกรณีที่ 2 การเชื่อมต่อที่จุด S (โดยไม่มีจุด T) ดังภาพที่ 33 (c) และ (d) หน้าที่ของ NT1 และ NT2 จะถูกนำมารวมกัน ซึ่งเป็นการรวมหน้าที่ของการเชื่อมต่อคู่สายเข้ากับฟังก์ชันในการเชื่อมต่อ ISDN อื่นๆ

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

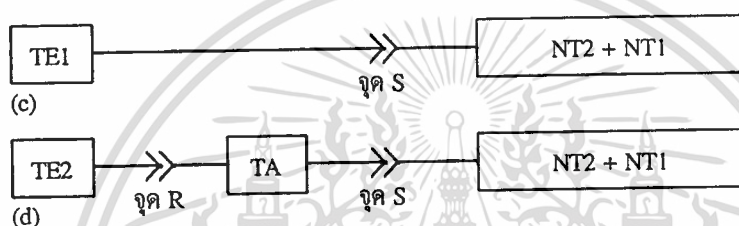
ในกรณีที่ 4 การเชื่อมต่อที่จุด S-T ดังภาพที่ 33 (g) และ (h) จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะสำคัญของการเชื่อมต่อใน ISDN ที่สามารถเข้ากันได้ทางด้านอุปกรณ์ของผู้ใช้ เช่น โทรศัพท์ที่สามารถที่จะต่อโดยตรงเข้ากับจุดต่อของอุปกรณ์ผู้ใช้ หรือใน PBX หรือ LAN โดยการใช้การเชื่อมต่อที่มีลักษณะเหมือนกัน

จากในภาพที่ 34 เป็นตัวอย่างของการจัดการทำงานของผู้ใช้ใน NT1 และ NT2 ตัวอย่างนี้จะแสดงให้เห็นถึงฟังก์ชันของ ISDN สามารถที่จะดำเนินการได้โดยใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างกัน และฟังก์ชันต่างๆ นั้นสามารถที่จะรวมไว้ในอุปกรณ์เพียงตัวเดียวได้ ตัวอย่างเช่นในภาพที่ 34 (c) แสดงให้เห็นว่าระบบ LAN สามารถเชื่อมต่อกับ ISDN ได้ โดยการใช้การเชื่อมต่อแบบเบสิกเรตหรือไพมารีเรตก็ได้ ขณะที่อุปกรณ์ของผู้ใช้มีการใช้การเชื่อมต่อที่แตกต่างกัน

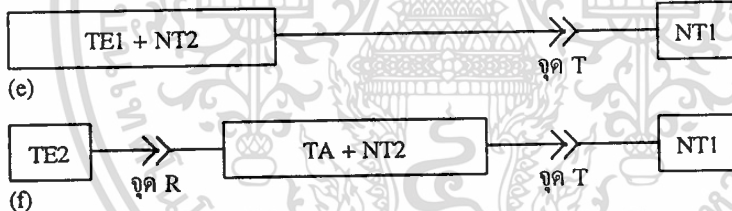
ภาพที่ 33



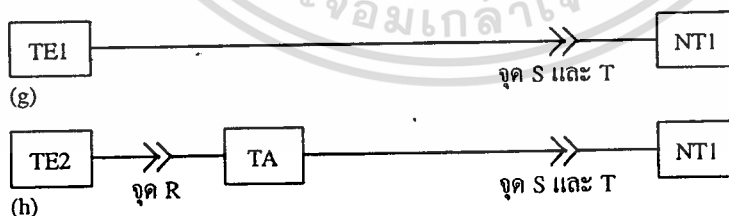
ลักษณะการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDN ที่จุดอ้างอิง S และ T



ลักษณะการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDN ที่จุดอ้างอิง S เพียงอย่างเดียว



ลักษณะการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDN ที่จุดอ้างอิง T เพียงอย่างเดียว



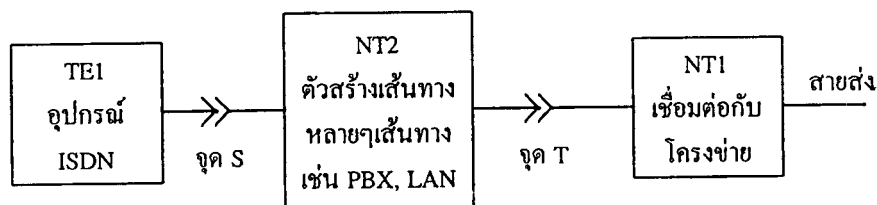
ลักษณะการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDN ในขอบเขตของจุดอ้างอิงทั้งสองคือ S และ T

- >>> การเชื่อมต่อทางกายภาพที่จุดอ้างอิงต่างๆ
- แสดงหน้าที่ของอุปกรณ์ที่ใช้

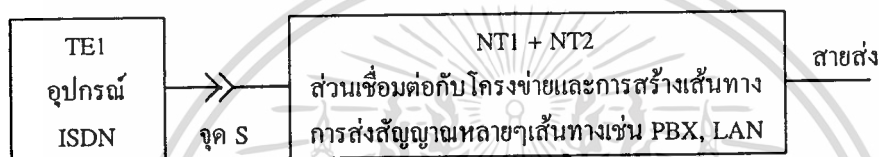
แสดงลักษณะการจัดการเชื่อมต่อทางกายภาพแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

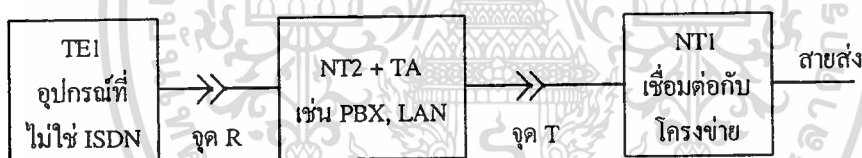
ภาพที่ 34



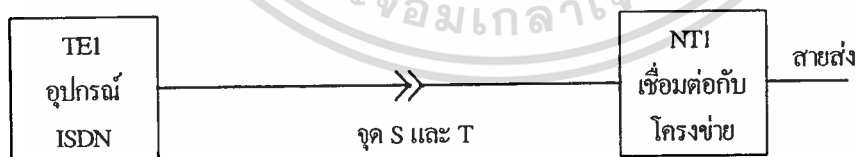
(a) เป็นการแสดงตัวอย่างการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDN ที่จุด S และ T



(b) เป็นการแสดงตัวอย่างการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDN ที่จุด S โดยไม่มีจุด T



(c) เป็นการแสดงตัวอย่างการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDN ที่จุด T โดยไม่มีจุด S



(d) เป็นการแสดงตัวอย่างการเชื่อมต่อทางกายภาพของ ISDN ที่ขอบเขตของ S และ T ร่วมกัน

»» การเชื่อมต่อทางกายภาพที่จุดอ้างอิงต่างๆ



แสดงหน้าที่ของอุปกรณ์ที่ใช้

แสดงตัวอย่างการทำงานของอุปกรณ์ NT1 และ NT2 แบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## มาตรฐานต่างๆของ ISDN

มีอยู่หลายๆประเทศที่ได้กำหนดมาตรฐานของ ISDN ขึ้นมาใช้งานเองเป็นการภายใน โดยมีรายละเอียดปลีกย่อยแตกต่างกันไปเช่น

1. ETSI โปรโตคอล ETSI นี้ได้กลายมาเป็นโปรโตคอล ISDN มาตรฐานที่ถูกใช้มากในแถบยุโรป และหลายๆประเทศกำลังปรับเปลี่ยนมาใช้มาตรฐานนี้ ETSI (European Telecom Standards Institute) เป็นสถาบันการกำหนดมาตรฐานด้านการสื่อสารของยุโรป คำแนะนำเกี่ยวกับ Q.921 และ Q.931 ของ ITU ก็มีอ้างอิงถึงโปรโตคอล ETSI นี้
2. ITR6 โปรโตคอล ITR6 เป็นโปรโตคอล ISDN ภายในประเทศเยอรมัน มีการใช้งานกับอุปกรณ์ ISDN ที่ผลิตขึ้นมาใช้งานภายในประเทศ
3. VN4 เป็นโปรโตคอลของประเทศฝรั่งเศส และถูกใช้กับอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาใช้ในประเทศ VN4 มีหลายอย่างคล้ายกับโปรโตคอล ETSI ที่แตกต่างกันเป็นโครงสร้างของข้อความชั้นที่ 3 และชิ้นส่วนข้อมูล และมีการแนะนำชนิดของข้อความใหม่ๆบางอย่าง
4. DASS & DPNSS ได้ถูกนำมาใช้ให้บริการ ISDN แบบเบสิกเรต (BRI) และถูกใช้ต่อเนื่องมายังบริการแบบไพมารีเรต (PRI) ภายในประเทศอังกฤษ DASS มีพื้นฐานมาจากรูปแบบอ้างอิง OSI เหมือนกัน แต่ที่ชั้นที่ 2 มีการใช้ฟิลด์แอดเดรสและฟิลด์ควบคุมที่แตกต่างกันอยู่ และโครงสร้างของข้อความในชั้นที่ 3 ต่างกัน
5. INS-64 NTT เป็นผู้กำหนดมาตรฐาน ISDN นี้ขึ้นมาใช้ในประเทศญี่ปุ่น
6. AT&T โปรโตคอลนี้เป็นโปรโตคอลของผู้ใช้ ISDN สำหรับใช้กับชุมสาย SESS ของ AT&T ทั้ง BRI และ PRI โปรโตคอลนี้ปฏิบัติตามคำแนะนำของ ITU และมาตรฐานของ Bellcore
7. Nortel เป็นคุณสมบัติโปรโตคอล ISDN ที่สำหรับใช้กับผลิตภัณฑ์ของ Northern Telecom DMS
8. National ISDN (NI) เริ่มต้นพัฒนาโดย Bell Communication Research (Bellcore) ในสหรัฐอเมริกา National ISDN มีพื้นฐานบนมาตรฐานของ ANSI และ NUI
9. TPH1962 เป็นมาตรฐาน ISDN แบบเบสิกเรตที่ใช้ในประเทศออสเตรเลีย โดยมีข้อความในชั้นที่ 3 แตกต่างออกไป
10. Siemens เป็นผู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างของมาตรฐานต่างๆที่แสดงไว้ จะมีความแตกต่างกันในชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ของ OSI บางแห่งจะมีความแตกต่างกันที่ชนิดของข้อความเพียงอย่างเดียว ที่มีการจัดรหัสไม่เหมือนกันอยู่

การที่จะปรับแต่งให้เครื่องโทรศัพท์แบบดิจิทัลที่สร้างขึ้นสามารถใช้งานได้กับมาตรฐานในที่อื่นๆนั้น สามารถที่จะทำได้โดยการเขียนโปรแกรมของเครื่องให้ทำการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลในชั้นที่ 2 และ 3 ให้เป็นไปตามโปรโตคอลของมาตรฐานนั้นๆ รวมทั้งลำดับขั้นตอนในการประมวลผลระหว่างเทอร์มินอลกับโครงข่าย ISDN

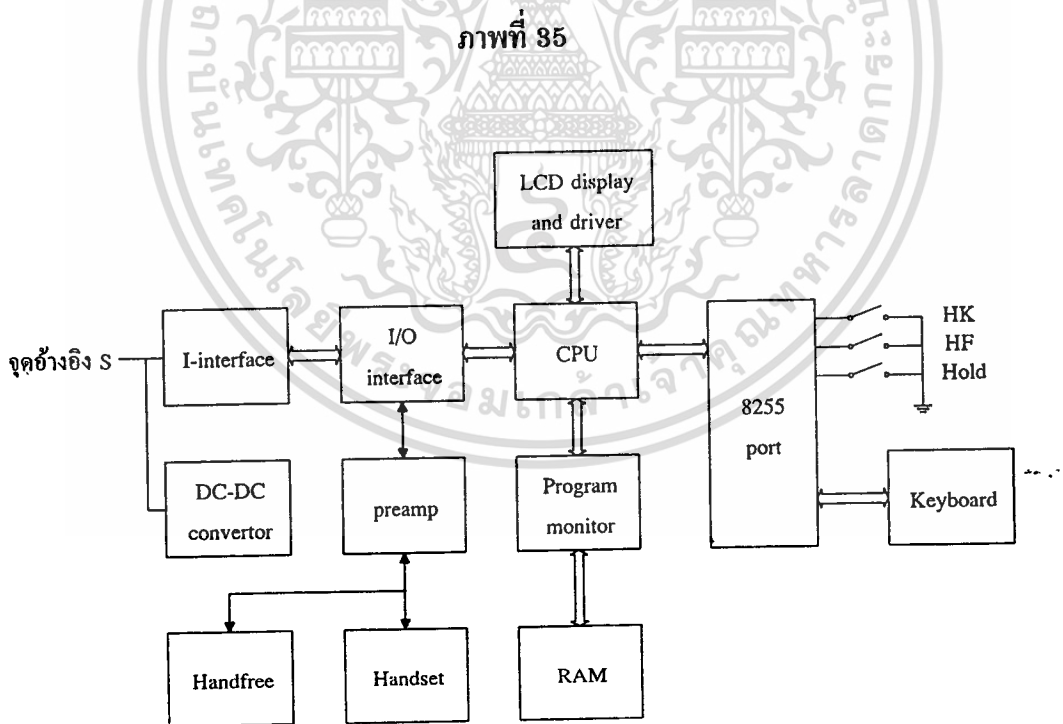


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### การออกแบบวงจร

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบวงจรโทรศัพท์ดิจิทัลที่นำมาใช้งานกับโครงข่ายบริการร่วมระบบดิจิทัลหรือ ISDN หลักการออกแบบวงจรโทรศัพท์ดิจิทัลเครื่องนี้ จะมีโครงสร้างดังบล็อกไดอะแกรมในภาพที่ 35 ซึ่งในภาพจะเป็นส่วนหลักๆ ของเครื่อง ส่วนในรายละเอียดของบล็อกต่างๆจะกล่าวในหัวข้อต่อไป



#### บล็อกไดอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิทัล

ภาพที่ 35 นี้แสดงให้เห็นถึงบล็อกต่างๆ และหน้าที่โดยสังเขปของแต่ละบล็อกของเครื่อง

โทรศัพท์แบบดิจิทัลที่ได้ทำการออกแบบซึ่งเป็นส่วนของฮาร์ดแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

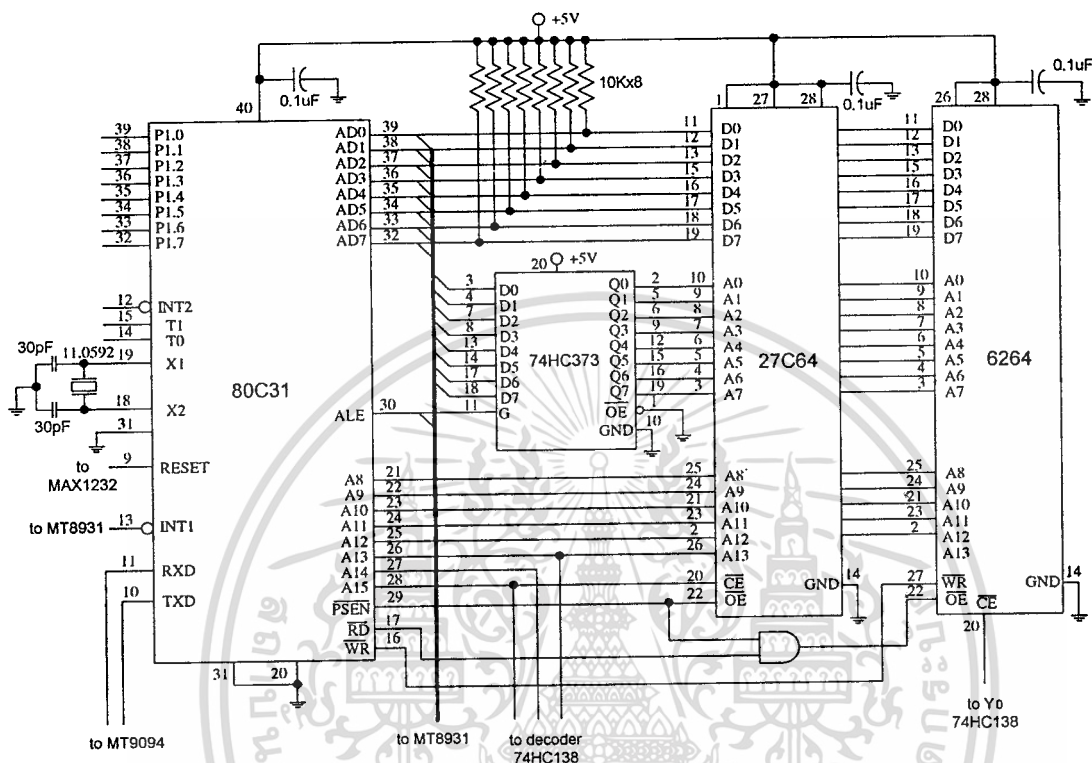
## ภาคหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) และหน่วยความจำ (MEMORY)

หน่วยประมวลผลกลางจะใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 80C31 ทำงานร่วมกับหน่วยความจำ RAM เบอร์ 6264 ซึ่งเป็น RAM ขนาด  $8 \times 8192$  บิต หรือ 8 กิโลไบต์ (8KB) และหน่วยความจำถาวรที่เป็นมอนิเตอร์โปรแกรมใช้ไอซีแบบ EPROM เบอร์ 27C64 ซึ่งมีหน่วยความจำ 8 กิโลไบต์เช่นกันเก็บโปรแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิทัลนี้ไว้ ส่วนไอซีหน่วยประมวลผลกลางนี้จะทำงานร่วมกับไอซีดีโคเดออร์ (จะกล่าวในภาคต่อไป) ทำการเลือกและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภาคต่างๆ แล้วนำมาประมวลผล หน้าที่หลักอีกอย่างหนึ่งของหน่วยประมวลผลกลางก็คือ ทำการตรวจสอบซิกแนลลิ่ง และ ควบคุมการสร้างซิกแนลลิ่ง ที่จำเป็นต้องใช้ในเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิทัลนี้ขึ้นมาใช้งาน เช่น คอยตรวจสอบการยกหู (off hook) วางหู (on hook) หรือการสร้างสัญญาณกระดิ่ง (ringing tone) สัญญาณสายไม่ว่าง (busy) เป็นต้น รวมทั้งซิกแนลลิ่งที่ใช้ติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิทัลกับโครงข่ายบริการร่วมแบบดิจิทัล (ISDN) ที่เคยกล่าวไว้ในบทที่ 2 วงจรของภาคหน่วยประมวลผลกลางหรือ CPU แสดงไว้ในภาพที่ 36

ที่ตำแหน่งขา AD0-AD7 ของ CPU จะมีการมัลติเพล็กซ์ระหว่างบัสแอดแอดเรส A0-A7 และบัสข้อมูล D0-D7 สลับกันไปมาเพราะฉะนั้นจึงต้องมีการ latch บัสแอดแอดเรสไว้ชั่วคราวเพื่อให้มีช่วงจังหวะเวลาเท่ากันโดยใช้ไอซีเบอร์ 74HC373 ทำหน้าที่เป็นตัว latch บัสแอดแอดเรส ส่วนความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้งานกับวงจรนี้ถูกควบคุมโดยคริสตอลออสซิลเลเตอร์ขนาด 11.0592 MHz ที่ต่ออยู่กับขา 18 และ 19 ของ CPU ซึ่งภายในชิพจะมีวงจรออสซิลเลเตอร์อยู่ (on chip oscillator) สามารถใช้เป็นตัวสร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับ CPU ได้และต้องต่อตัวเก็บประจุ 33 pF ลงกราวด์เพื่อกรองความถี่ด้วย

ที่ขา TXD และ RXD (ขา 10 และ 11) จะมีหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบอนุกรมติดต่อกับไอซี MT 9094 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ อินพุท/เอาต์พุท อนาล็อก โดยจะใช้โหมดการทำงานในโหมด 0 ของ CPU ควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล การทำงานของพอร์ทสื่อสารแบบอนุกรมในโหมดนี้จะไม่มีบิตเริ่มต้นของข้อมูล (start bit) และบิตสิ้นสุดของข้อมูล (stop bit) เนื่องจากจังหวะการรับและส่งข้อมูลถูกกำหนดจากสัญญาณ shift clock ที่ขา TXD แล้วและที่ขา A13-A15 จะส่งข้อมูลไปยังไอซีดีโคเดออร์ (74HC138) ทำหน้าที่ถอดรหัสเลือกอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องการติดต่อใช้งาน ยกเว้นที่ไอซี 27C64 ที่เป็นโปรแกรมมอนิเตอร์จะถูกเลือกจาก CPU โดยผ่านขา  $\overline{PSEN}$

ภาพที่ 36



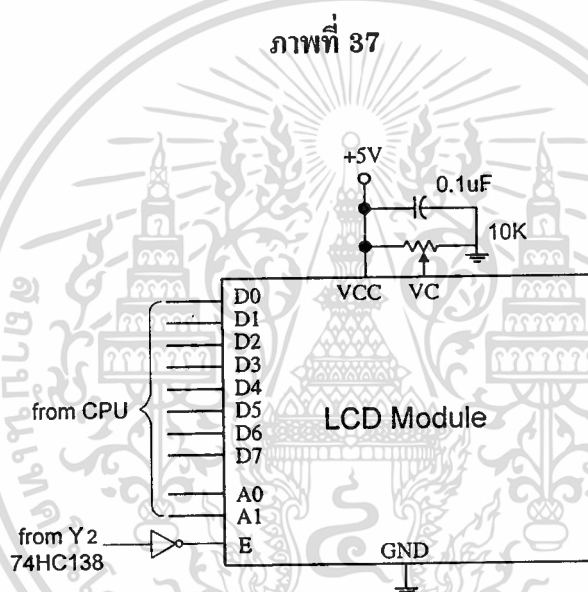
วงจรของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) และหน่วยความจำ (MEMORY)

ภาพวงจรข้างบนแสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบต่างๆ ในวงจรของหน่วยประมวลผลกลาง และหน่วยความจำที่ใช้ในเครื่องที่ได้ทำการออกแบบ

### ภาคแสดงผล (DISPLAY)

ภาคนี้จะใช้ LCD (Liquid Crystal Display) โมดูลเป็นตัวแสดงผลการทำงานและสถานะต่าง ๆ ของเครื่อง เนื่องจาก LCD จะกินกระแสไฟน้อยและมีน้ำหนักเบา รวมทั้งทำงานได้ด้วยระดับไฟเลี้ยงเพียง 5V เท่านั้น โดยแสดงผลเป็นแบบ dot matrix ขนาด 5\*7 จุด จำนวน 16\*4 ตัวอักษร ใช้ไอซีแบบ LSI ของฮิตาชิ เบอร์ HD44780A00 และ HD44100FS ทำหน้าที่เป็นตัวเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุม (controller) และขับตัวแสดงผล (driver) อีกทีหนึ่ง ซึ่งจะทำการรับข้อมูลมาจากหน่วยประมวลผลกลางหรือ CPU ที่ส่งข้อมูลออกมาทางบัสข้อมูลแบบขนาน โดยควบคุมการอ่านหรือการเขียนข้อมูลที่ขา A0 และ A1 ส่วนที่ขา VC จะมีตัวต้านทานปรับค่าได้ทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งแรงดันจากไฟ Vcc ไปไบอัสให้กับจอ LCD เป็นการปรับความเข้มของจอด้วย ดังในภาพที่ 37 และที่ขา E ต้องมี inverter เพื่อกลับลอจิกที่ส่งมาจาก 74HC138 เนื่องจาก LCD โมดูลนี้อนุญาตให้อ่านหรือเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำของตัวคอลโทรลเลอร์ HD44780A00 ด้วยลอจิก high (+5V)



ภาพแสดงส่วนที่เป็น LCD โมดูลและบัสต่างๆที่ต่อเข้ากับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU)

การต่อของ LCD โมดูลจะต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ 2 ลักษณะ คือแบบ MEMORY MAP โดย CPU จะมองเห็น LCD เป็นอุปกรณ์รอบข้างตัวหนึ่งที่สามารถอ่านและเขียนข้อมูลลงไปได้ ทำให้การต่อแบบนี้เสียพื้นที่ที่สามารถทำเป็นหน่วยความจำไปส่วนหนึ่ง และแบบ I/O Port โดยผ่านอุปกรณ์อินพุท/เอาต์พุทเช่น ไอซีเบอร์ 82C55 ทำให้แบบที่สองนี้สามารถเขียนข้อมูลให้ LCD module ได้อย่างเดียวไม่สามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงต้องใช้การหน่วงเวลาของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เองเพื่อรอให้ LCD module กระทำขบวนการต่างๆภายในให้เสร็จสิ้นก่อน ซึ่งทั้งสองแบบนี้จะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป วงจรที่ออกแบบนี้จะเป็นการต่อใช้งานในแบบแรกคือแบบ MEMORY MAP ดังในภาพที่ 37 ซึ่งจะมีความรวดเร็วในการแสดงผลมากกว่า

แบบที่สอง เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 12

แสดงตำแหน่งหน่วยความจำของแต่ละตัวอักษรภายใน LCD โมดูล

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

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

โดยตำแหน่งของตัวอักษรในบรรทัดแรกอยู่ที่ 4000H ถึง 400FH  
 ตำแหน่งของตัวอักษรในบรรทัดที่สองอยู่ที่ 4040H ถึง 404FH  
 ตำแหน่งของตัวอักษรในบรรทัดที่สามอยู่ที่ 4010H ถึง 401FH  
 ตำแหน่งของตัวอักษรในบรรทัดที่สี่อยู่ที่ 4050H ถึง 405FH  
 ซึ่งแต่ละบรรทัดจะมีจำนวนตัวอักษรอยู่ 16 ตัว จำนวน 4 บรรทัด

### การออกแบบวงจร อินพุท/เอาต์พุท อนาล็อก

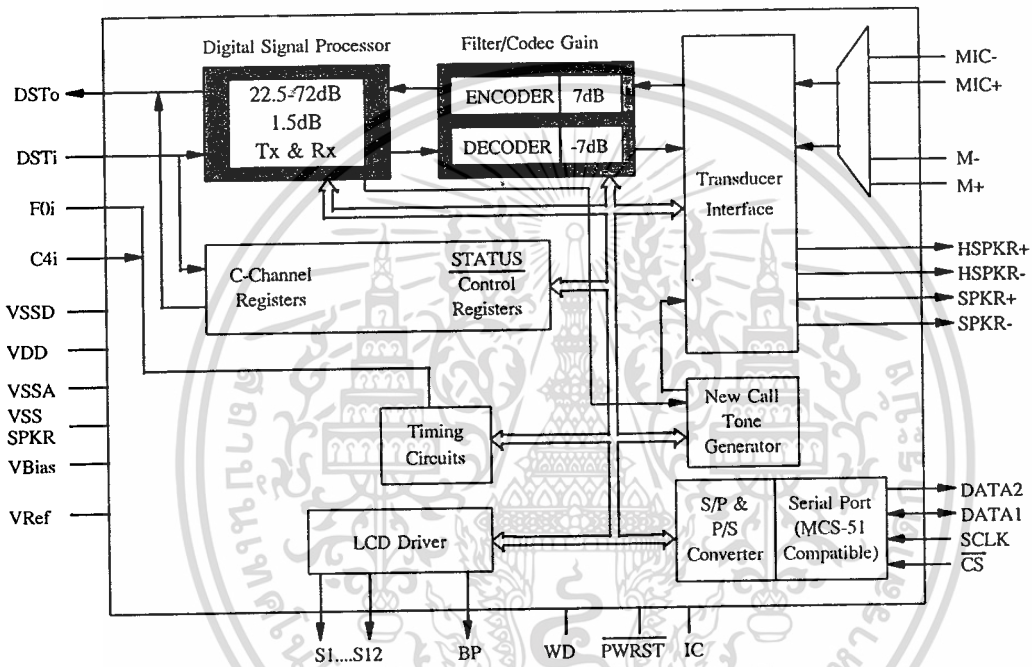
การออกแบบวงจร อินพุท/เอาต์พุท อนาล็อก ในส่วนนี้จะใช้ไอซีทรยศพ์ทดิจิตอลของ MITEL เบอร์ MT9094 มาทำการออกแบบวงจร เนื่องจากอุปกรณ์ตัวนี้ได้รวบรวมหน้าที่ต่างๆ ของทรยศพ์ทดิจิตอลไว้จำนวนมากและมีความง่ายต่อการออกแบบ บล็อกไดอะแกรมของไอซี MT9094 ได้แสดงไว้ในภาพที่ 38 ทำให้สามารถเข้าใจโครงสร้างภายในได้ง่ายขึ้น

วงจรอินพุท/เอาต์พุท อนาล็อก จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงที่มาจากไมโครโฟนให้มีระดับสูงขึ้นทั้งไมโครโฟนของแฮนด์เซ็ท และไมโครโฟนในตัวเครื่องโทรศัพท์ที่นำมาใช้ในระบบ Handfree (แฮนด์ฟรี) โดยผ่านปริแอมป์ (pre-amp.) ที่ใช้ไอซี Op-Amp เบอร์ MC3458 จัดวงจร

เป็นแบบ non-inverting มีเกนการขยายประมาณ 10 เท่า แล้วส่งไปให้ภาคการเข้ารหัส (Encoder) ไม่ว่าการณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายใน IC MT9094 ทำการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบ PCM (Pulse Code Modulation) โดยผ่าน Digital Signal Processor ภายในชิพอีกที ซึ่งจะสามารถควบคุมเกนการขยาย (gain) ของสัญญาณด้านรับและด้านส่งได้ตั้งแต่ -72 dB ถึง +22.5 dB

ภาพที่ 38



แสดงบล็อกไดอะแกรมของ MT9094

จากภาพที่ 39 จะเป็นวงจรสมบูรณ์ของภาค อินพุท/เอาต์พุท อนาล็อก เห็นได้ว่า ไมโครโฟนของแฮนด์เซ็ทและของแฮนด์ฟรี จะมีอินพุทอยู่คนละตำแหน่ง ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกในการใช้งานที่สามารถเลือกได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ควบคุมรีจิสเตอร์ที่อยู่ในตัวไอซี MT9094 ผ่านพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C31 ว่าจะให้ใช้งานเป็นแฮนด์เซ็ทหรือแฮนด์ฟรี

วงจรส่วนที่เป็นภาคของ อินพุท/เอาต์พุท อนาล็อก เอาต์พุทของไอซีที่จะไปต่อกับลำโพงเพื่อใช้งานเป็นแฮนด์ฟรี สปีคเกอร์โฟน (speaker phone) ที่ขา 39 จะผ่านไอซีสำหรับขยายเสียง อีกตัวหนึ่งเพื่อให้มีความดังพอที่จะได้ยินเสียงขณะสนทนาได้ชัดเจน ส่วนเอาต์พุทของแฮนด์เซ็ทสามารถต่อโดยตรงเข้ากับหูฟังได้เลย โดยผ่านตัวต้านทานค่า 75 โอห์ม 2 ตัว และมีตัวเก็บประจุคอยกรองความถี่สูงอีก 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



พืที่ใช้ในการเลือกชิพตัวนี้ การเขียนข้อมูลลงรีจิสเตอร์ภายในจะกระทำผ่านขาเหล่านี้ โดยจะมองไอซีตัวนี้เป็นอุปกรณ์รอบข้างตัวหนึ่งเหมือนกัน โหมดของการติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อินพุท/เอาต์พุท อนาล็อก จะอยู่ในการสื่อสารแบบอนุกรมโหมด 0 และเป็นแบบซิงโครไนส์

การทำงานในโหมด 0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะใช้ขาที่ 10 และ 11 ซึ่งสามารถกำหนดเป็นพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมได้ถึง 4 โหมด โดยขาที่ 10 (Rx) จะใช้เป็นช่องทางสำหรับรับหรือส่งข้อมูลแบบอนุกรม ส่วนขาที่ 11 (Tx) ใช้งานในการสร้างสัญญาณนาฬิกาเพื่อกำหนดจังหวะในการรับหรือส่งข้อมูล (data shift clock) ข้อมูลที่ส่งออกไปจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์หรือข้อมูลที่ได้รับจากภายนอกจะมีจังหวะเท่ากับสัญญาณนาฬิกา ในโหมดนี้การรับส่งข้อมูลจะเป็นแบบ 8 บิต โดยเริ่มรับหรือส่งด้วยบิตที่มีความหมายต่ำสุดก่อน และอัตราความเร็วในการรับ-ส่งของสัญญาณนาฬิกาถูกกำหนดไว้ที่  $1/2$  ของความถี่ออสซิลเลเตอร์

ด้านไอซีขยายสัญญาณเสียงสำหรับไว้ใช้งานขณะเป็นแฮนด์ฟรี จะใช้ไอซีเบอร์ LM386 ซึ่งเป็นไอซีขยายสัญญาณเสียงขนาดเล็กใช้ไฟได้ตั้งแต่ 5 ถึง 15 โวลต์ และที่อินพุทจะมีเมทซิงทรานสฟอเมอร์ผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้หนึ่งตัว เพื่อปรับความดังของสัญญาณเสียงให้พอเหมาะแก่การใช้งาน อีกทั้งยังสามารถกำหนดเกณฑ์การขยายของไอซีเบอร์นี้ได้ด้วยการต่อตัวเก็บประจุที่ขา 1 กับขา 8 ดังภาพ ซึ่งในวงจรนี้ใส่ตัวเก็บประจุค่า  $10\mu\text{F}$  ทำให้ได้เกณฑ์การขยายเป็น 20 เท่าของอินพุท

### การออกแบบวงจรมัลติเพล็กซ์ ดีโค้ดเดอร์ (Multiplexing Decoder)

การดีโค้ดเดอร์นี้จะทำการเลือกอุปกรณ์รอบข้างต่างๆในวงจรมาใช้งาน โดยการกำหนดแอดเดรสและเขียนโปรแกรมมอนิเตอร์ควบคุมได้ ไอซีที่นำมาเป็นตัวดีโค้ดเดอร์นี้จะใช้ไอซีเบอร์ 74HC138 ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่ถอดรหัสอินพุทที่เข้ามา 3 หลักให้ออกไปตัวใดตัวหนึ่งใน 8 เอาต์พุท โดยสามารถทำการเลือกอุปกรณ์ที่กำหนดไว้ได้ 8 ตัว

ตารางที่ 13 เป็นการแสดงตำแหน่งการถอดรหัสไปยังเอาต์พุทแต่ละขาของไอซีเบอร์ 74HC138 ที่ใช้งาน โดยขา A13 ของ CPU ต่อตรงเข้ากับอินพุท A ของไอซีและขา A14 ของ CPU ต่อตรงกับอินพุท B ส่วนขา A15 ตรงเข้ากับอินพุท C โดยเรียงจากค่าที่มีความหมายน้อยสุดไปยัง

ค่าที่มีความหมายมากที่สุด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

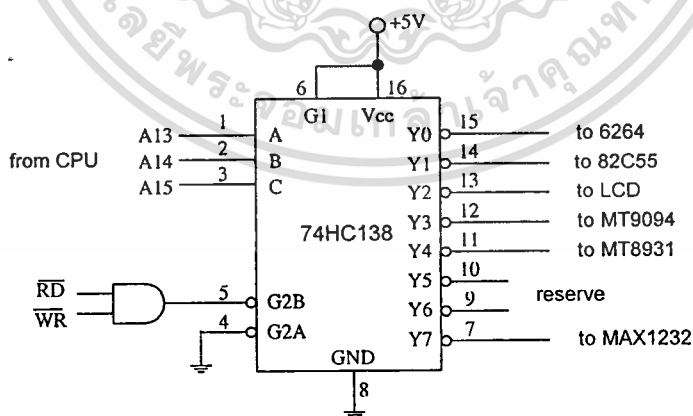
## ตารางที่ 13

ตำแหน่งการถอดรหัสของไอซีดีโค์เคอร์

C	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

ตารางแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งเอาต์พุต ที่มีการถอดรหัสโดยให้ระดับลอจิกเป็น 0 ในจุดที่ต้องการ

ภาพที่ 40



แสดงวงจรของไอซีดีโค์เคอร์

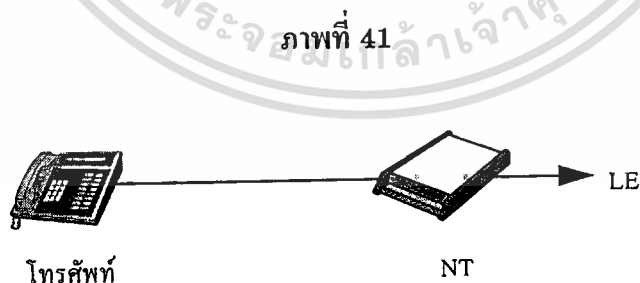
ส่วนวงจรที่ใช้งานจริงและตำแหน่งอินพุตและเอาต์พุตของไอซีเบอร์นี้ แสดงไว้ในภาพที่ 40 รวมทั้งจุดต่อไปยังส่วนต่างๆของภาคอื่นที่มีความต้องการเลือกมาใช้งาน ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งการกำหนดแอดเดรสจะเป็นดังนี้

ที่ตำแหน่ง 0000H - 1FFFFH	จะเป็นของหน่วยความจำ RAM
2000H - 3FFFFH	จะเป็นของพอร์ทัลอินพุท/เอาต์พุท (8255)
4000H - 5FFFFH	จะเป็นจอแสดงผล LCD
6000H - 7FFFFH	จะเป็นชิพไอซีโทรศัพท์ดิจิทัล MT9094
8000H - 9FFFFH	จะเป็นชิพไอซีอินเทอร์เฟซ MT8931C
A000H - BFFFFH	ไม่ได้ใช้งาน
C000H - DFFFFH	ไม่ได้ใช้งาน
E000H - FFFFFH	จะเป็นตำแหน่งของวงจร Watchdog

#### การออกแบบวงจร I-Interface (MT8931C)

การออกแบบวงจร I-Interface จะออกแบบให้ใช้ในการเชื่อมต่อที่จุดอ้างอิง S ได้ ซึ่งจุดนี้จะเป็นจุดที่อุปกรณ์ ISDN มีความเร็วในการส่งสัญญาณดิจิทัล 64 กิโลบิตต่อวินาที สำหรับใช้กับช่องสัญญาณ B และ 16 กิโลบิตต่อวินาทีสำหรับช่องสัญญาณ D ที่เป็นชนิด 2B+D (BRI) ดังภาพที่ 41



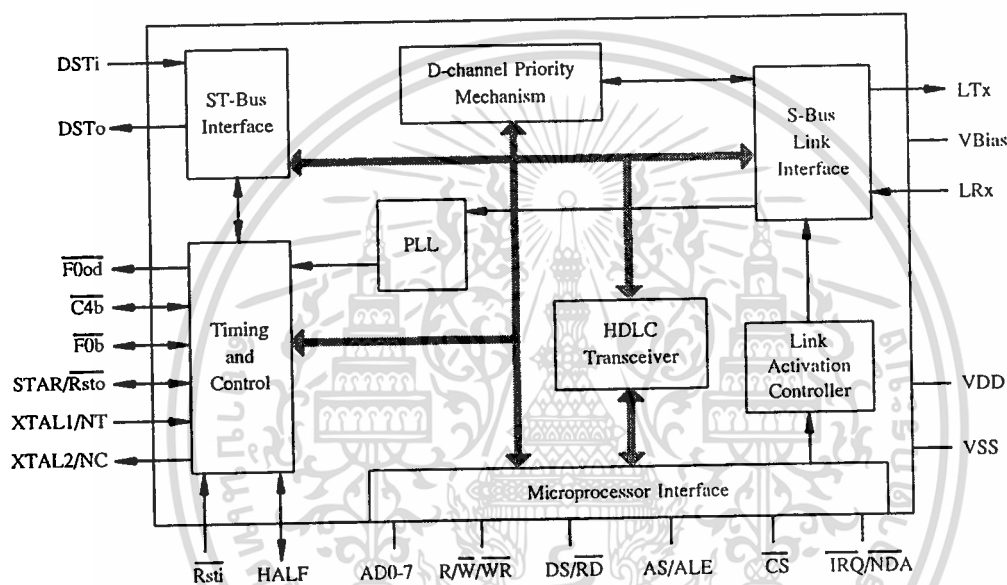
จุดที่นำอุปกรณ์โทรศัพท์ดิจิทัลไปเชื่อมต่อ

ภาพที่ 41 แสดงการนำเครื่องโทรศัพท์ดิจิทัลไปเชื่อมต่อกับโครงข่าย โดยจะทำการเชื่อมต่อที่จุดอ้างอิง S เท่านั้นโดยใช้ RJ-45 โมดูลาร์ปลั๊กและแจ็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่จะนำมาออกแบบในส่วนนี้จะต้องสามารถใช้งานร่วมกันได้กับอุปกรณ์ อินพุท/เอาต์พุท อนุาล็อกที่เลือกใช้งานในหัวข้อที่ผ่านมา ดังนั้นจึงเลือกใช้ไอซีเบอร์ MT 8931C ของ MITEL ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดมาทำการออกแบบ โครงสร้างภายในของไอซีเบอร์นี้แสดงไว้ในบล็อกไดอะแกรมดังภาพที่ 42

ภาพที่ 42



แสดงบล็อกไดอะแกรมของ MT8931C

ขาอินพุทการรับสัญญาณจากสายจะมีอินพีแดนซ์สูง สำหรับสัญญาณแบบ Pseudoternary ที่ส่งมาถูกต่อผ่านทรานสเฟอเมอร์ที่มีอัตราส่วน 2:1 ดังภาพที่ 43 ที่เป็นวงจรใช้งานจริง การใช้งานทรานสเฟอเมอร์ก็พลั้งนั้นก็เพื่อให้การต่ออุปกรณ์ปลายทางหลายๆตัวไม่มีผลกระทบต่อกัน ในกรณีที่อุปกรณ์ปลายทางตัวใดตัวหนึ่งไม่มีพลังงานจ่ายให้หรือไฟฟ้าที่จ่ายให้อุปกรณ์ตัวนั้นดับไป ประกอบกับระดับไฟไบอัสที่อินพุทนี้จะต้องเท่ากับ Vbias ด้วย ส่วนทางด้านเอาต์พุทถูกออกแบบเป็นลักษณะแหล่งจ่ายกระแสเพื่อให้สามารถขับโหลดปกติ 50 โอห์มได้และส่งสัญญาณออกไปยังคู่สาย ISDN ผ่านทรานสเฟอเมอร์อัตราส่วน 2:1 เช่นกัน

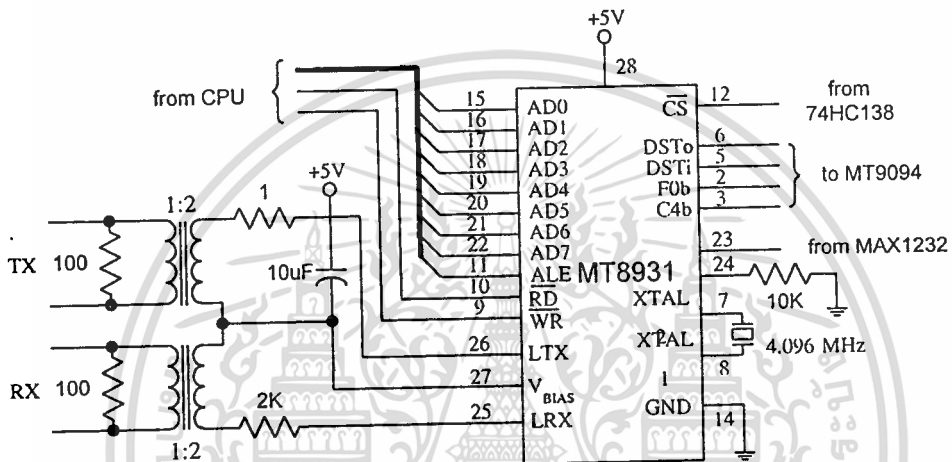
การใช้งานของไอซีเบอร์นี้สามารถออกแบบให้เป็นอุปกรณ์ NT หรือ TE ก็ได้ ในกรณีที่ใช้งานไอซี MT8931C เป็นโหมด TE สำหรับใช้งานเป็นโทรศัพท์ดิจิทัล จึงจำเป็นต้องต่อ X-tal 4.096 MHz เข้ากับขา XTAL1 (ขา 8) และ XTAL2 (ขา 7) ของไอซีด้วยเพื่อสร้างสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาฬิกาให้ภายในตัวไอซี ส่วนตำแหน่งขา DSTi และ DSTo ซึ่งเป็นอินพุตและเอาต์พุตของข้อมูลที่ ST Bus ต้องต่อไปยังส่วนของวงจรรภาค อินพุต/เอาต์พุต อนุาล็อก ที่ใช้ไอซี MT9094 รวมทั้งขา 2 ที่เป็นสัญญาณนาฬิกา 4.096 MHz และขา 3 ที่เป็น Frame Pulse output

ภาพที่ 43



วงจรร I-Interface

คอนเนคเตอร์ที่ใช้เชื่อมต่อทางกายภาพ (Physical) กับคู่สาย ISDN ที่จุดอ้างอิง S เป็นคอนเนคเตอร์แบบ RJ-45 ซึ่งมีตำแหน่ง TX-RX ดังตารางที่ 5 ตำแหน่งขาเหล่านี้เป็นไปตามมาตรฐาน ISO 8877 ดังนั้นหากเกิดการต่อผิดตำแหน่งขึ้นมาก็จะทำให้เครื่องโทรศัพท์ที่ดิจิทัลและโครงข่ายไม่สามารถรับ-ส่งสัญญาณกันได้ ตำแหน่งที่ต่อใช้งานจริงคือตำแหน่งขาที่ 3-6 ส่วนขา 1-2 และ 7-8 นั้นไม่ได้ใช้งาน

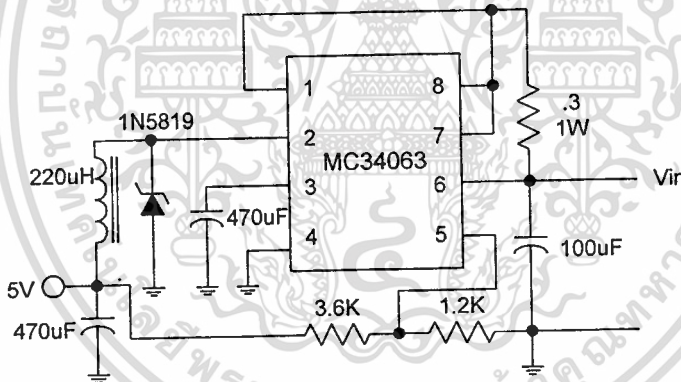
การอ่านและเขียนข้อมูลรีจิสเตอร์ภายในไอซี 8931C นี้ กระทำผ่านพอร์ตที่เชื่อมต่อตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขา AD0-AD7, WR, RD, ALE และ CS ไปยังไอซี 80C31 อีกที โดยจะมีหน้าที่กำหนดช่องสัญญาณ Bว่าจะใช้งานที่ B1 หรือ B2 ส่งสัญญาณซิกแนลสิ่งต่าง ๆ ไปในช่องสัญญาณ D ที่ตำแหน่งขา AD0-AD7 นี้จะมีการมัลติเพล็กซ์สัญญาณระหว่างข้อมูลและแอดแควสกันอยู่ ดังนั้นภายในตัวไอซีจึงต้องมีการ latch แอดแควสไว้เพื่อรอข้อมูลที่จะส่งมาภายหลังเช่นเดียวกับบริเวณหน่วยความจำถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การออกแบบวงจร DC to DC Converter

ในการต่อโทรศัพท์ดิจิตอลไปกับคู่สาย ISDN จะต้องมียังวงจร DC to DC Converter เพื่อแปลงไฟ DC ประมาณ 60 โวลต์จากคู่สายที่มาจาก NT ให้เป็นไฟ DC 5 โวลต์ไปเลี้ยงส่วนต่างๆของวงจรด้วยดั่งบล็อกไดอะแกรมในภาพที่ 3.1 โดยในคู่สาย ISDN ที่ต่อมาจาก NT จะมีความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ขั้ว Tx และ Rx อยู่ เราจะนำความต่างศักย์นี้มาควบคุมชุด converter ให้จ่ายไฟไปควบคุมวงจร ในกรณีที่ NT เสียหายหรือชำรุดไม่มีศักย์ไฟฟ้าที่จุดนี้ ตัว converter ก็จะไม่ทำงานและหยุดจ่ายไฟไปให้กับวงจรเป็นการประหยัดพลังงานไปในตัวด้วย

ภาพที่ 44



แสดงวงจร DC to DC Converter

ภาพที่ 44 เป็นวงจรใช้งานของภาค DC to DC Converter โดยจะทำการดีเทกสัญญาณจากคู่สาย ISDN ที่มาจาก NT แล้วสร้างวงจรสวิทช์ซึ่งขึ้นทำการสวิทช์เพื่อลดแรงดันจากคู่สาย โดยความถี่ที่ใช้ในการสวิทช์จะอยู่ประมาณ 100 kHz ทำให้ได้พัลซออกมาที่เอาท์พุทโดยผ่านทรานซิสเตอร์ขับกระแสภายในตัวไอซี ซึ่งสามารถจ่ายกระแสได้ถึง 1 แอมแปร์ จากนั้นจึงทำการกรองไฟให้เรียบอีกทีหนึ่งโดยวงจรกรองความถี่ซึ่งใช้ทรานสเฟอร์เมอร์ 220 µH และตัวเก็บประจุขนาด 470 µF ทำให้ได้แรงดันไฟกระแสตรงขนาด 5 Volts มาใช้งานป้อนให้ส่วนต่างๆภายในเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิตอลนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟเอาต์พุตที่ต้องการนั้นสามารถกำหนดได้จากตัวต้านทานสองตัวที่ต่ออยู่กับขา 5 ของไอซี ทำหน้าที่แบ่งแรงดันจากเอาต์พุตนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง 1.25 โวลต์ภายในตัวไอซี ดังนั้นจากการคำนวณจึงทำให้ได้ค่าของตัวต้านทานเป็น 3.6K และ 1.2K ตามลำดับ

## การออกแบบ INPUT/OUTPUT PORT

การออกแบบ อินพุต/เอาต์พุต พอร์ต จะใช้ไอซีเบอร์ 82C55 มาต่อใช้งานกับคีย์บอร์ด และสวิทช์ฟังก์ชันต่างๆ ดังภาพที่ 45 ตำแหน่งแอดเดรสของ 82C55 จะจัดอยู่ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูล (data memory) โดยใช้ตำแหน่งดังตารางที่ 14 นี้

ตารางที่ 14  
แสดงตำแหน่งพอร์ตและแอดเดรสของ 8255

พอร์ต	ตำแหน่ง
A	2000H
B	2001H
C	2002H
Control	2003H

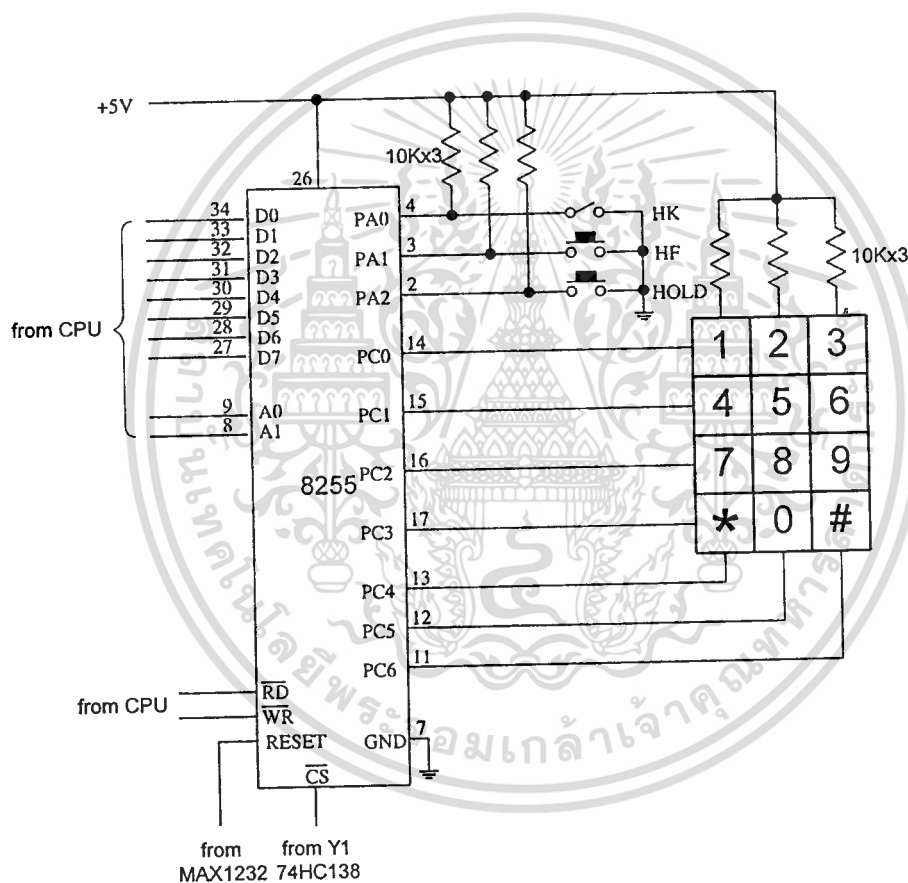
ตารางแสดงให้รู้ว่าที่ตำแหน่งของพอร์ตต่างๆ ใน 82C55 มีแอดเดรสอยู่ที่ใด เพื่อให้สะดวกในการเขียนโปรแกรมควบคุม

การใช้งาน 82C55 นี้จำเป็นต้องส่ง Control code ไปยัง Control port ก่อนเสมอ ซึ่งจะเป็นการกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ของพอร์ต A,B,C การออกแบบใช้งานในที่นี้เป็นการใช้งานในโหมด 0 ซึ่งเป็นโหมดที่ใช้กันเป็นส่วนใหญ่ โดยจะสามารถกำหนดให้พอร์ต A,B,C เป็นอินพุตหรือเอาต์พุตได้ตามต้องการ แต่ในที่นี้กำหนดให้พอร์ต A เป็นอินพุต พอร์ต B เป็นเอาต์พุต ส่วนพอร์ต C จะแบ่งเป็นสองส่วนคือ 4 บิตบน (PC4-PC7) และ 4 บิตล่าง (PC0-PC3) โดยให้ 4 บิตบนเป็นอินพุตและ 4 บิตล่างเป็นเอาต์พุตไว้ใช้งานสำหรับการสแกนคีย์บอร์ดขนาด 4X4 การไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดพอร์ทให้ใช้งานตามนี้ทำได้ด้วยการส่งค่า 98H ไปยัง Control port ก่อน การกำหนดค่า code นี้กระทำเพียงครั้งเดียวที่ต้น โปรแกรมก็พอ เพราะ 82C55 จะคงสภาพที่กำหนดนี้ไว้จนกว่า จะไม่มีไฟเลี้ยงตัวไอซี

ข้อมูลที่ใช้ในการส่งออกไปหรือรับเข้ามานั้นถูกควบคุมโดยผ่าน CPU 80C31 อีกทีหนึ่ง ที่ ขาข้อมูล D0-D8 และขา A0-A1

ภาพที่ 45



### วงจรของส่วนอินพุท/เอาต์พุท พอร์ท

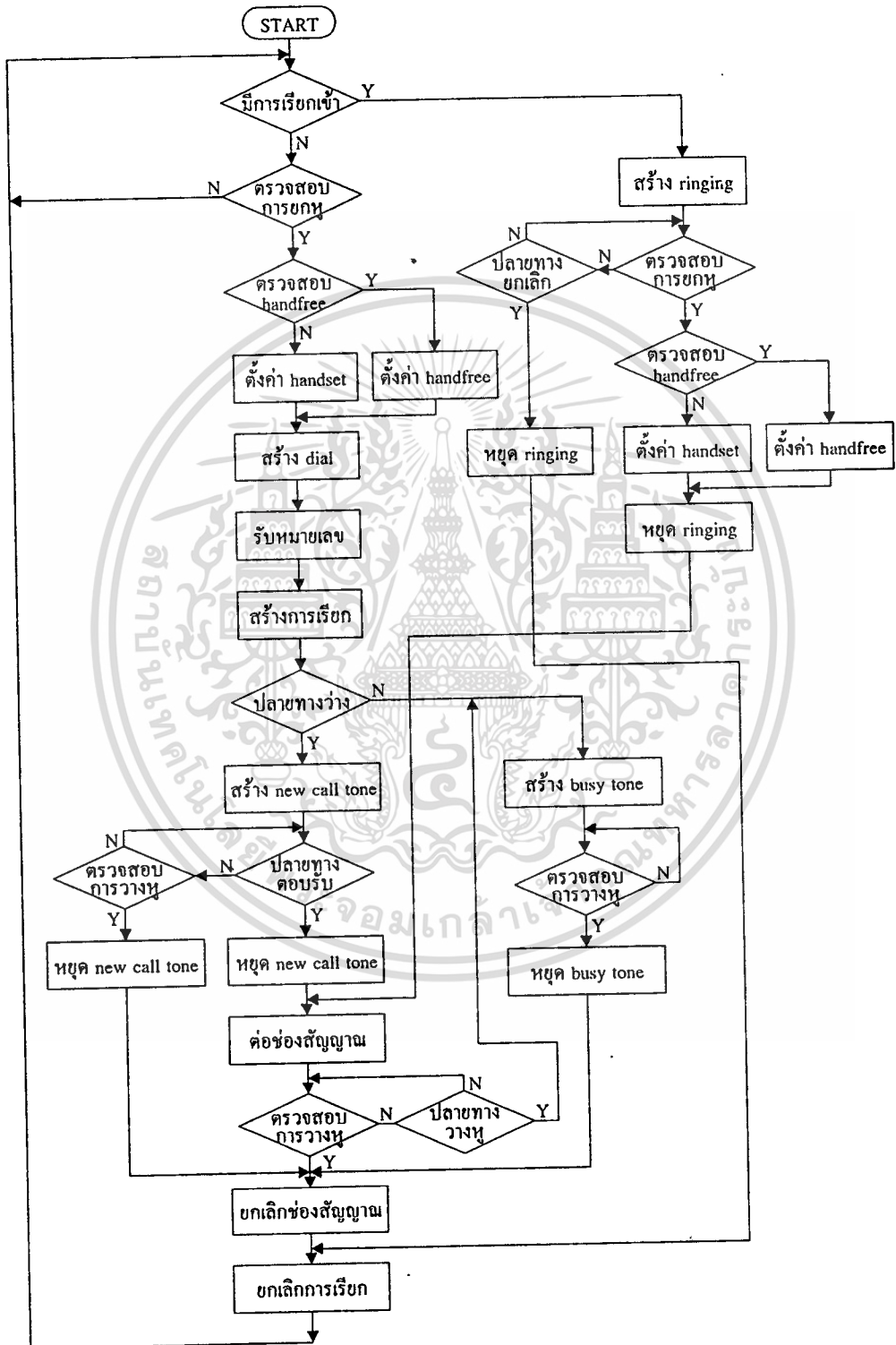
ภาพบนแสดงวงจรของ 82C55 อินพุท/เอาต์พุท พอร์ท ที่ต่ออยู่กับคีย์บอร์ดและสวิทช์ควบคุมต่างๆ

การทำงานของโปรแกรมสามารถดูได้จาก flow chart ในภาพที่ 46 โดยเมื่อโปรแกรมเริ่มทำงานจะมีการตรวจสอบว่ามีการเรียกเข้ามาหรือไม่ ซึ่งจะสังเกตจากสัญญาณ SETUP ที่ส่งมาจากโครงข่าย ถ้ามีสัญญาณ SETUP เข้ามาแสดงว่ามีการเรียกเข้ามาจากภายนอก โปรแกรมก็จะไปทำงานในส่วนของการเรียกเข้าที่จะกล่าวในภายหลัง หากตรวจสอบดูแล้วไม่มีสัญญาณเรียกเข้าก็จะไปตรวจสอบการยกหูโทรศัพท์ ถ้าไม่มีการยกหูโทรศัพท์ก็จะวนกลับไปตรวจสอบการเรียกเข้าที่ต้นโปรแกรมใหม่ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์แสดงว่ามีความต้องการที่จะโทรออก ก็จะไปตรวจสอบว่าการยกหูโทรศัพท์นั้นเป็นแบบ handset หรือแบบ handfree แล้วจึงตั้งค่าในรีจิสเตอร์ให้ตามที่ต้องการ ต่อจากนั้นจึงสร้าง dial tone ให้ผู้ใช้ทราบเพื่อรอรับหมายเลขที่ต้องการติดต่อ หลังจากรับหมายเลขแล้วจะทำการสร้างเส้นทางการเรียกไปยังปลายทางแล้วคอยตรวจสอบสัญญาณตอบกลับ ถ้าปลายทางไม่ว่างจะมีการสร้างสัญญาณสายไม่ว่าง (busy) บอกให้ทราบและตรวจสอบการวางหูเพื่อยกเลิกการเรียกนั้น เมื่อปลายทางว่างโปรแกรมในตัวเครื่องก็จะสร้างสัญญาณ new call tone ขึ้นมาภายในเป็นสัญญาณบอกให้รู้อีกครั้งหนึ่ง

ขั้นต่อไปก็จะคอยการตอบรับของปลายทางถ้ายังไม่มีการตอบรับก็จะไปตรวจสอบการวางหูโทรศัพท์ของเครื่อง ถ้ามีการวางหูโทรศัพท์ก็จะหยุดสัญญาณเรียก new call tone ที่สร้างขึ้นมา ซึ่งก็คือสัญญาณ ringback tone ในโครงข่ายโทรศัพท์แบบเก่าแล้วทำการยกเลิกค่าการเรียกต่างๆที่มีอยู่ หากยังไม่มีการวางหูเพื่อยกเลิกก็จะมีการวนกลับไปตรวจสอบการรับสายของปลายทางอีกครั้ง เมื่อปลายทางยกหูตอบรับโปรแกรมจะหยุดสัญญาณ new call tone ลงและทำการต่อช่องสัญญาณให้ทำการติดต่อสื่อสารกันในช่องสัญญาณ B หลังจากนั้นก็จะคอยตรวจสอบการวางหูเพื่อเลิกติดต่อว่าทางด้านไหนเป็นฝ่ายวางหูก่อน หากเครื่องนี้เป็นฝ่ายวางหูก่อนก็จะส่งสัญญาณ DISC เพื่อยกเลิกช่องสัญญาณและค่าการเรียกต่างๆ แล้วกลับไปเริ่มต้นใหม่ แต่ถ้าเป็นปลายทางอีกด้านหนึ่งวางหูยกเลิกก่อน โปรแกรมก็จะสร้างสัญญาณ busy บอกผู้ใช้เพื่อให้วางหูแจ้งยกเลิกการติดต่อไปยังโครงข่าย แล้วจึงกลับไปเริ่มที่ต้นโปรแกรมใหม่

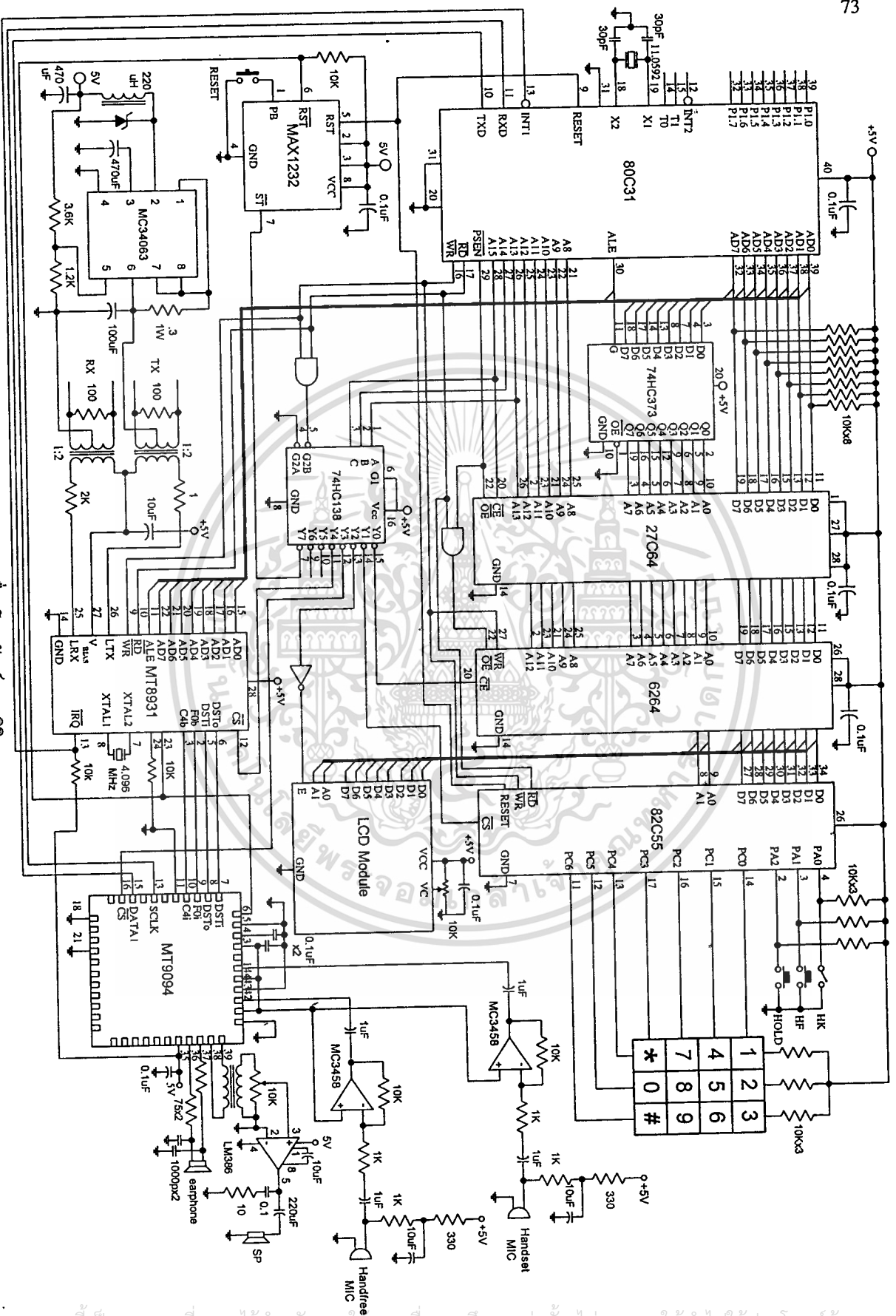
ในช่วงของการเรียกเข้า หากตรวจสอบพบว่ามี การเรียกเข้ามาโปรแกรมจะทำการสร้างสัญญาณกระดิ่ง (ringing) ก่อนแล้วจึงตรวจสอบการยกหูโทรศัพท์ตอบรับหรือการยกเลิกจากอีกด้านหนึ่ง เมื่อมีการยกเลิกจากด้านตรงข้ามก็จะหยุดสัญญาณกระดิ่งแล้วยกเลิกการเรียกเข้ากลับไปตั้งต้นใหม่ ในกรณีที่มีการยกหูก็จะส่งสัญญาณตอบรับกับโครงข่าย จากนั้นจึงตั้งค่าการใช้งานของเครื่องว่าเป็นแบบ handset หรือ handfree แล้วจึงหยุดสัญญาณกระดิ่งพร้อมกับต่อช่องสัญญาณให้ใช้งานติดต่อสื่อสารกัน ช่วงนี้ก็จะคอยตรวจสอบการยกเลิกการติดต่อว่ามาจากทางไหน จึงทำการยกเลิกช่องสัญญาณและค่าต่างๆในการเรียก

ภาพที่ 46



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... ภาพแสดงการทำงานของโปรแกรม  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 47



วงจรเครื่องโทรศัพท์แบบมือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

จากการทำงานของส่วนต่าง ๆ ของเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิทัลในบทที่แล้ว ทำให้เราสามารถออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบโทรศัพท์ระบบดิจิทัลมาทดลองใช้งานได้ ซึ่งเครื่องต้นแบบในการวิจัยนี้จะมีลักษณะดังในภาพที่ 48 เราจะเห็นส่วนประกอบหลักๆของเครื่องได้ เช่น ตัวแสดงผล, keypad, handset และส่วนประกอบภายในที่เป็นวงจรรวมขนาดใหญ่ ( IC แบบ LSI ) อยู่บนแผ่นวงจร

ภาพที่ 48



#### แสดงเครื่องต้นแบบของโทรศัพท์ระบบดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบเราได้นำเครื่องโทรศัพท์ระบบดิจิทัลนี้มาทดสอบการทำงานโดยการนำไปเชื่อมต่อกับโครงข่าย ISDN ที่ได้จำลองขึ้นมา โดยใช้เครื่องโปรโตคอลอานาไลเซอร์ของ TEKELEC รุ่น CHAMELEON 32 ซึ่งเครื่องโปรโตคอลอานาไลเซอร์นี้ สามารถทำงานแทนโครงข่าย ISDN จริงได้

การทดลองจะมี 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการขมิมูลเลขโครงข่าย ISDN ที่จะใช้ในการวิเคราะห์ขึ้นมาด้วยเครื่องโปรโตคอลอานาไลเซอร์ และส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์การทำงานของเครื่องโทรศัพท์นี้ด้วยเครื่องโปรโตคอลอานาไลเซอร์เช่นกัน

### การขมิมูลเลขโครงข่าย ISDN ด้วยเครื่องโปรโตคอลอานาไลเซอร์

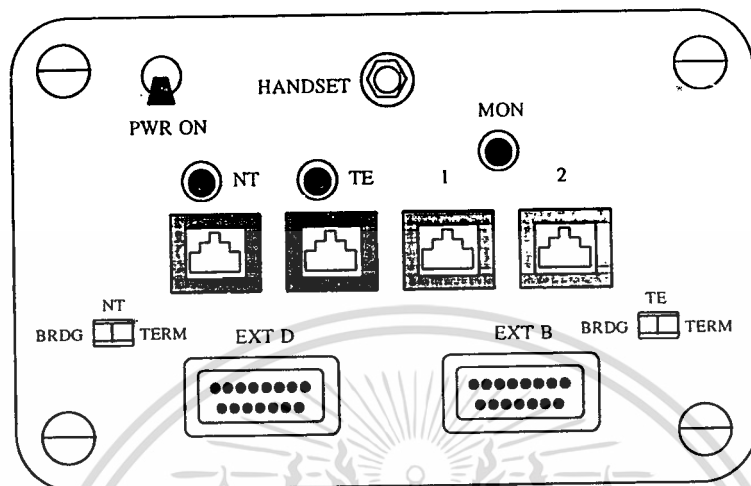
เครื่องโปรโตคอลอานาไลเซอร์ที่จะนำมาทำการขมิมูลเลขโครงข่าย ISDN นี้ จะเป็นของ TEKELEK รุ่น CHAMELOEN 32 เครื่องรุ่นนี้สามารถทำการขมิมูลเลขโครงข่าย INS (Information Network System) ซึ่งเป็นโครงข่าย ISDN ที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ BRI (2B+D) การกำหนดการขมิมูลเลขใช้งานเครื่องโปรโตคอลอานาไลเซอร์สามารถทำได้ดังนี้

#### 4.1 การต่อพอร์ทสำหรับใช้งาน

ที่ด้านหลังของเครื่องโปรโตคอลอานาไลเซอร์ จะมีพอร์ทสำหรับต่อใช้งานอยู่ 2 พอร์ท คือ พอร์ท A และ พอร์ท B ซึ่งเป็นชนิด Basic Rate Interface โดยทั้งพอร์ท A และ พอร์ท B จะมีลักษณะเหมือนกันโดยมีรูปร่างดังภาพที่ 49 พอร์ททั้งสองนี้มีลักษณะเป็นโมดูลที่สามารถเลือกใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งาน

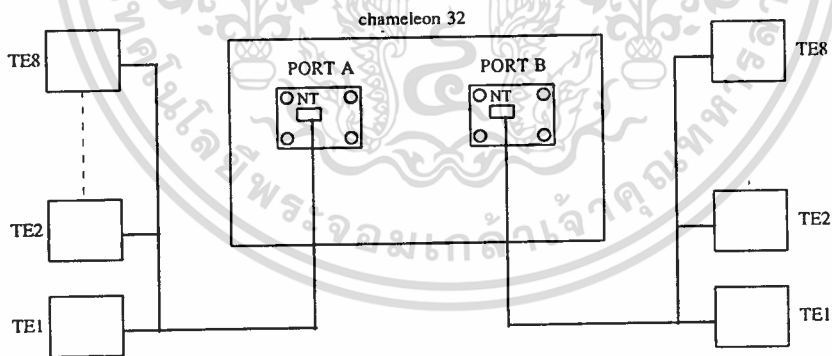
การใช้เครื่องโปรโตคอลอานาไลเซอร์ เพื่อขมิมูลเลขการทำงานของโครงข่าย ISDN จะต้องนำอุปกรณ์บริการปลายทาง (TE) มาต่อที่พอร์ท A และ พอร์ท B ตรงจุด NT เท่านั้น ดังไดอะแกรมในภาพที่ 50 ในการทดลองของบทนี้จะนำเครื่องโทรศัพท์ดิจิทัลมาต่อเข้ากับเครื่องโปรโตคอลเพื่อทำการวิเคราะห์การทำงาน ซึ่งเปรียบเสมือนจุดที่อยู่ระหว่างเครื่องโทรศัพท์ดิจิทัลกับเครื่องโปรโตคอลอานาไลเซอร์นั้นเป็นจุดอ้างอิง S และเครื่องโปรโตคอลอานาไลเซอร์ก็จะ

ภาพที่ 49



แสดงจุดต่อใช้งานของ พอร์ต A และ พอร์ต B

ภาพที่ 50



แสดงการใช้งานของพอร์ตในการซิมมูลตโครงข่าย ISDN

#### 4.2 ขั้นตอนการซิมมูลต

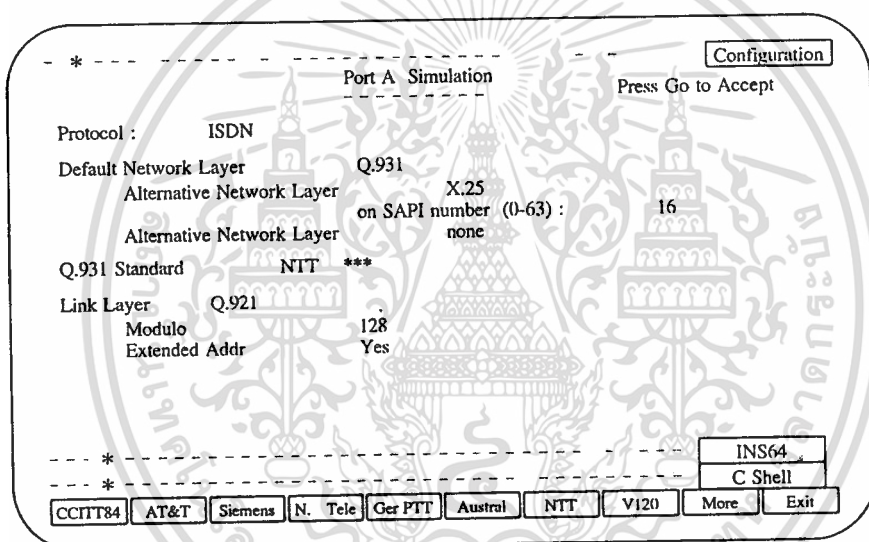
หลังจากเปิดสวิตช์เพาเวอร์ เมื่อเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์บูทระบบซอฟต์แวร์เรียบร้อย แล้วจะปรากฏหน้าจอเป็นไฟล์ต่าง ๆ ของการเซ็ทเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ ทำการกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การชิมมูเลทได้จากเมนูของการกำหนดลักษณะการใช้งานของพอร์ต A และ พอร์ต B ให้การชิมมูเลทของการเชื่อมต่อทางกายภาพนั้นเป็นแบบ Basic Rate โปรโตคอลให้เป็นแบบ ISDN

การกำหนดชนิดของโปรโตคอลให้กด F6 จะเข้าสู่จอภาพการกำหนดของพอร์ต A ชิมมูเลชัน ทำการกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ดังภาพที่ 51 จากนั้นกดคีย์ GO จะเข้าสู่จอภาพการกำหนดของพอร์ต B ชิมมูเลชัน ให้กำหนดรายละเอียดต่าง ๆ เหมือนพอร์ต A จากนั้นกดคีย์ GO อีกที จะเข้าสู่เมนูหลักของการเซ็ทการใช้งานอีกครั้ง

ภาพที่ 51



แสดงการกำหนดรายละเอียดโปรโตคอลของพอร์ต A และ พอร์ต B

เมื่อกลับเข้าสู่เมนูของการเซ็ทใช้งานแล้วจึงเข้าไปกำหนดรายละเอียดในส่วนของการเชื่อมต่อทางกายภาพ โดยกดปุ่มฟังก์ชัน F7 จะปรากฏที่หน้าจอ ดังในภาพที่ 52 ซึ่งเป็นการแสดงการกำหนดค่าของการเชื่อมต่อ ISDN แบบ Basic Rate ในพอร์ต A ทำการกำหนดค่าต่าง ๆ ดังรูป จากนั้นกด GO จะปรากฏภาพในลักษณะเดียวกันแต่เป็นของเพอร์ท B กำหนดรายละเอียดต่าง ๆ เหมือนกับพอร์ต A แล้วกด GO จะกลับเข้าสู่จอภาพของเมนูโหมดการเซ็ทอัพ

เมื่อทำการเซ็ททุกอย่างพร้อมสำหรับการใช้งานชิมมูเลทโครงข่าย INS แล้ว จึงกดคีย์ GO เพื่อเข้าสู่เมนูของการประยุกต์ใช้งาน และเลือกโหมดการ Analysis เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณ โดยเลื่อนลูกศรไปที่ Analysis เราสามารถจะเลือกวิเคราะห์เฉพาะพอร์ต A หรือ พอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาพที่ 52

Configuration

\* - Setup

ISDN Basic Rate Interface (V1.65) Board-A

Mode	Simulate	Device	NTT ***
Channel Selection	D	Layer 1	Interactive
Channel B1	Idle	Channel B2	Idle
Bit INVersion	Off	NT Power	Off

DTMF number 0

After making selection Press GO

NT TE

แสดงการกำหนดรายละเอียด Basic Rate Interface ของพอร์ต A และ B

## ภาพที่ 53

Configuration

Applications Selection Menu

LEDS : PORT A

Use SHIFT Arrow to Change Window

```

* Acquisition Mode Running *
*-----*
* Monitoring * Ports * Monitoring * Ports *
*-----*
* BASIC * * * DIRTDSK * * *
* TRIGGER * * * EVENT * * *
* ** ANALYSIS * A+B * Q921STAT * * *
*-----*

```

History AB  
Real Time AB  
C Shell

Load A Load B Stop AB Reset Menu Save Set T.0 Exit

แสดงรูปการเลือกการประยุกต์ใช้งาน

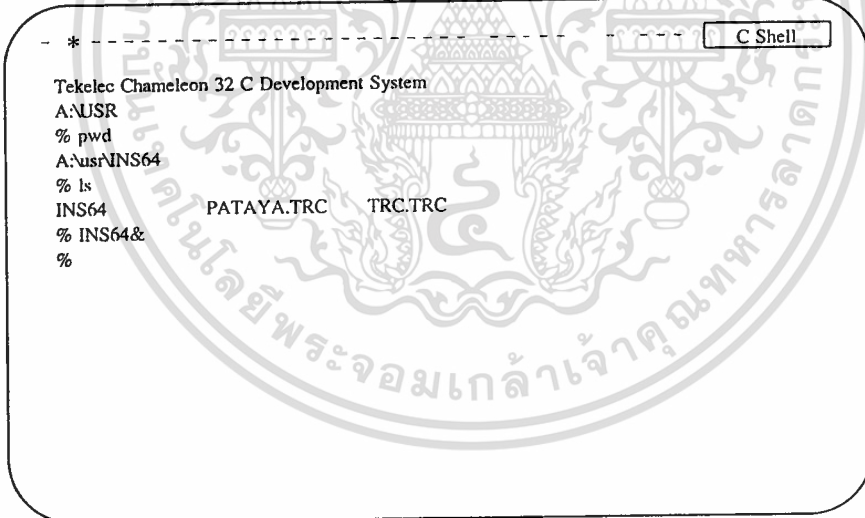
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B หรือ ทั้งสองพอร์ตพร้อมกันโดยการกด F1,F2 หรือ F3 ตามลำดับ จากนั้นกด GO จะปรากฏ banner ของ History AB และ Real Time AB ที่ด้านล่างของจอภาพดังภาพที่ 53

#### 4.3 การเข้าสู่โปรแกรมการซิมมูลาทรอนิกส์โครงข่าย INS-64

การเข้าสู่โปรแกรมการซิมมูลาทรอนิกส์โครงข่าย INS-64 โดยการใช้จากใน c-shell จากนั้นเข้าสู่ไดเรกทอรีของ A:\USR หลังจากนั้นจึงเข้าสู่ไดเรกทอรีของ A:\USR\INS64 แล้วเรียกไฟล์ INS64& (เครื่องหมาย & เพื่อใช้ในการสร้างส่วนของหน้าจอใหม่ แทนที่จะใช้ใน C-Shell) กดคีย์ Return จะทำการเรียกโปรแกรมของการซิมมูลาทรอนิกส์โครงข่าย INS64 ขึ้นตอนการเรียกโปรแกรมนี้จะมีขั้นตอนดังในภาพที่ 54

ภาพที่ 54



```

* ----- C Shell
Tekelec Chameleon 32 C Development System
A:\USR
% pwd
A:\usr\INS64
% ls
INS64 PATAYA.TRC TRC.TRC
% INS64&
%
  
```

แสดงการเรียกไฟล์ INS64

หลังจากเรียกโปรแกรมการซิมมูลาทรอนิกส์โครงข่าย INS64 จะมีหน้าจอแสดงดังแสดงในภาพที่ 55 ซึ่งจะมีการเลือกจากฟังก์ชันคีย์ 4 ฟังก์ชัน

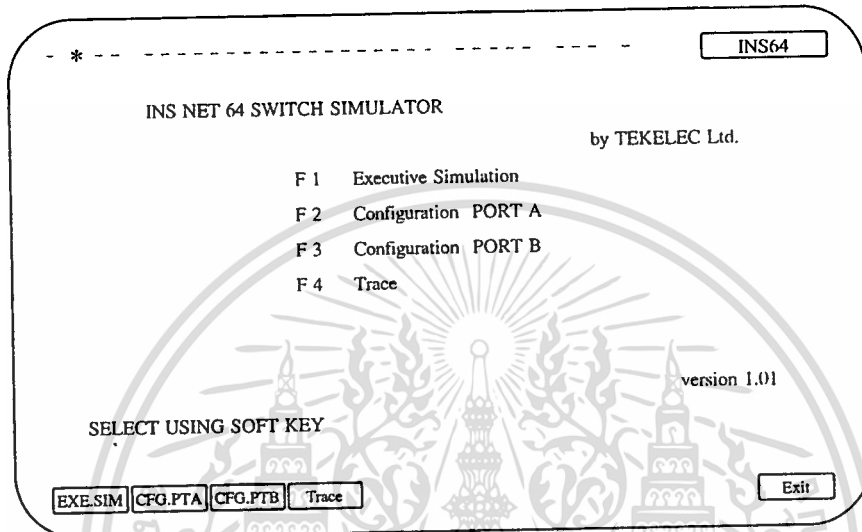
F1 จะเป็นการซิมมูลาทรอนิกส์โครงข่าย INS64

F2 จะเป็นการกำหนดลักษณะการใช้งานของพอร์ต A

F3 จะเป็นการกำหนดลักษณะการใช้งานของพอร์ต B

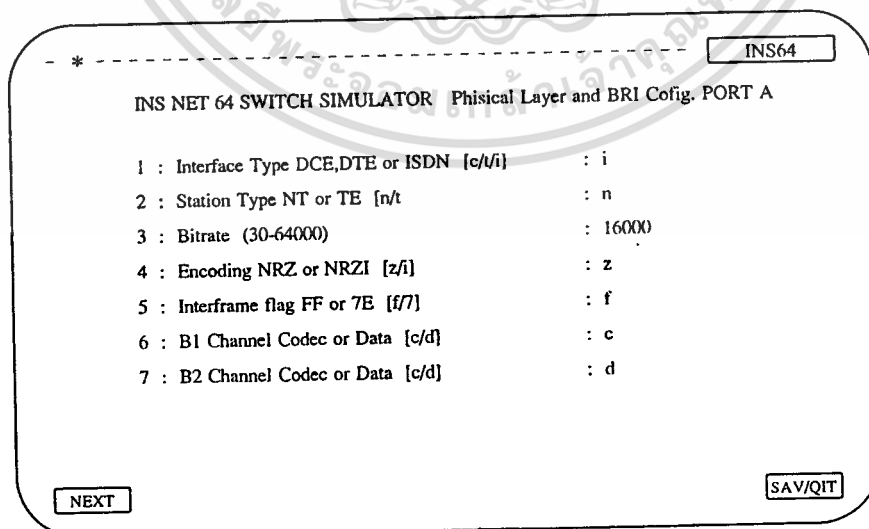
F4 เป็นการแสดงการรับ-ส่ง ข้อมูลระหว่างพอร์ต A และพอร์ต B

ภาพที่ 55



แสดงเมนูของการซิมูเลทโครงข่าย INS64

ภาพที่ 56



แสดงการกำหนดลักษณะการทำงานของชั้นกายภาพและการเชื่อมต่อ

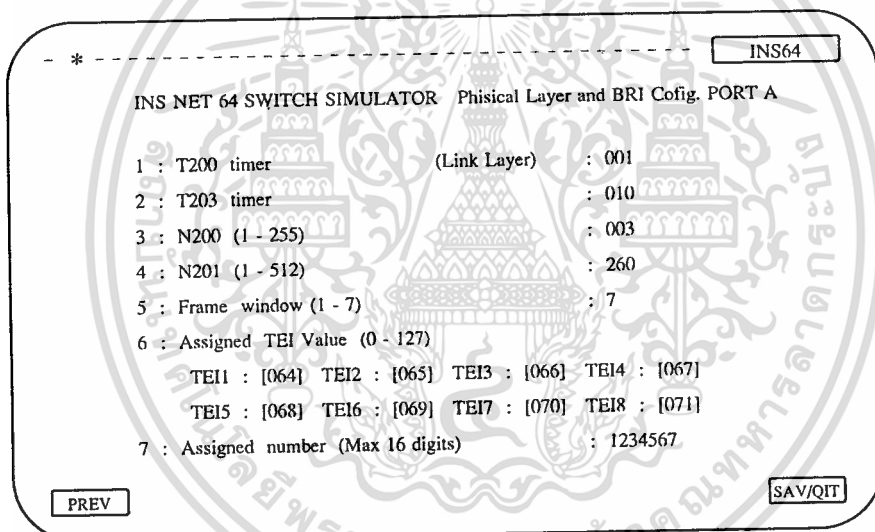
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน **แบบ Basic Rate** ของการซิมูเลทโครงข่าย INS64 โดยผู้ดูแลให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเมนูของ INS64 เราจะต้องเข้าไปกำหนดลักษณะการทำงานของแต่ละพอร์ทก่อน โดยกดคีย์ F2 จะเป็นการกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ท A ซึ่งจะมีอยู่ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกเป็นการกำหนดลักษณะการทำงานของชั้นกายภาพ (Physical Layer) และการเชื่อมต่อแบบ Basic Rate ดังภาพที่ 56

เมื่อกำหนดรายละเอียดของส่วนแรกเรียบร้อยแล้ว กด F1 (Next) จะเข้าสู่ส่วนที่สองเป็นการกำหนดลักษณะการทำงานของชั้นเชื่อมต่อ (Link layer) และชั้นโครงข่าย (Network Layer) ดังภาพที่ 57

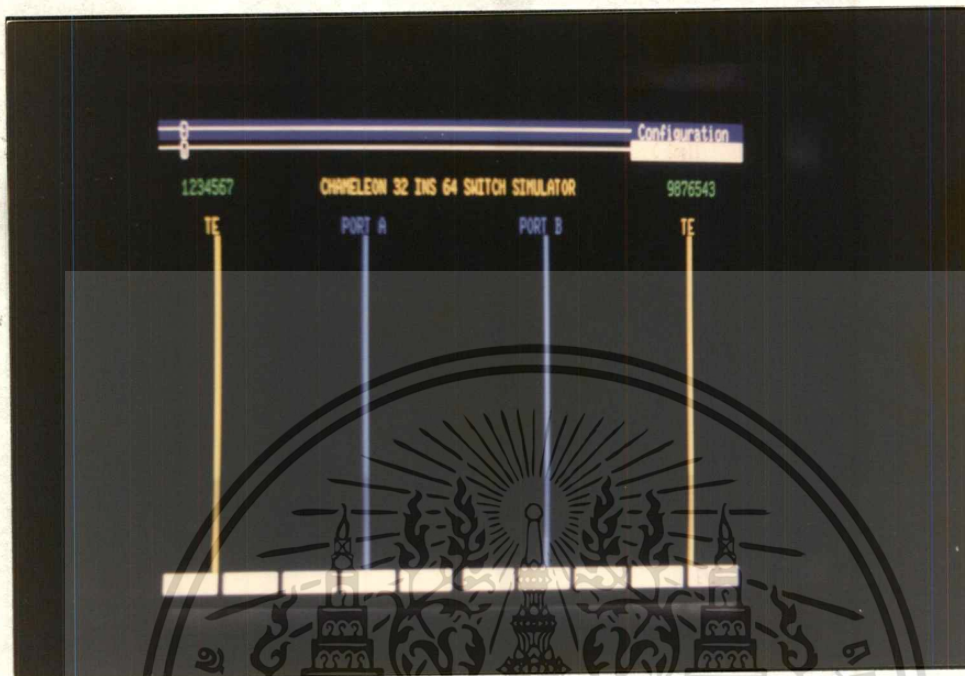
ภาพที่ 57



การกำหนดลักษณะการทำงานของชั้นเชื่อมต่อและชั้นโครงข่าย  
ของการซิมูเลทโครงข่าย INS-64

หลังจากกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ท A ทั้ง 2 ส่วนแล้ว กด F10 (SAV/QIT) จะกลับไปสู่เมนูของ INS 64 เดิม จากนั้นเข้าไปกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ท B โดยกด F3 จะปรากฏส่วนของชั้นกายภาพและการเชื่อมต่อ Basic Rate กับส่วนของชั้นเชื่อมต่อและชั้นโครงข่าย สำหรับรายละเอียดในการกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ท B ก็ทำเช่นเดียวกันกับพอร์ท A จากนั้นกด F10 (SAV/QIT) จะกลับเข้าสู่เมนูของ INS 64 อีกครั้งหนึ่ง เมื่อกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ท A และพอร์ท B แล้วก็สามารถเข้าสู่การใช้งาน INS 64 ได้โดยกดคีย์ F1 (EXE.SIM) จะปรากฏจอภาพดังภาพที่ 58 ศึกษาคำนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 58



แสดงจอภาพของ INS 64 เมื่อเริ่มเข้าสู่การใช้งาน

### การวิเคราะห์เครื่องโทรศัพท์แบบดิจิทัลด้วยเครื่องโปรโตคอลนาไลเซอร์

ภาพที่ 59 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของการต่อเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิทัลซึ่งเป็นอุปกรณ์ปลายทางชนิดหนึ่งเข้ากับเครื่องโปรโตคอลนาไลเซอร์เพื่อวิเคราะห์การทำงานของตัวเครื่องโทรศัพท์กับโครงข่าย ISDN ที่ได้ทำการจำลองขึ้นมา

ลักษณะการต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองจะมีลักษณะดังในภาพที่ 59 หลังจากต่อเครื่องโทรศัพท์ระบบดิจิทัลเข้ากับเครื่องโปรโตคอลนาไลเซอร์แล้ว เราจะต้องทำการกำหนดคุณสมบัติขั้นต้นในชั้นกายภาพ (Physical layer) ต่าง ๆ ของการเชื่อมต่อแบบเบสิกรेट (Basic rate) ก่อนทำการทดสอบ ดังต่อไปนี้

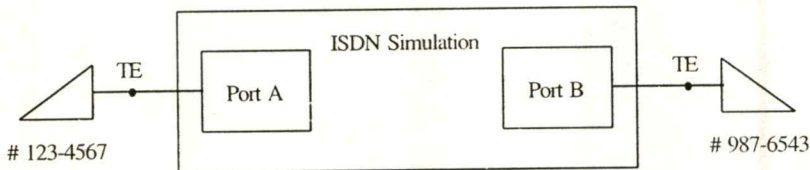
1. กำหนดให้พอร์ตที่ใช้เชื่อมต่อเป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อโครงข่าย NT (Network Terminator)

2. กำหนดความเร็วในการส่งข้อมูลบนช่องสัญญาณ B มีค่าเป็น 64 กิโลบิตต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาพที่ 59



เครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์

( Chameleon 32 )

ตำแหน่งการต่อเครื่องโทรศัพท์ดิจิทัลเข้ากับเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์

3. กำหนดให้เป็นโครงข่าย ISDN แบบ Basic Rate หรือ 2B+D

4. กำหนดหมายเลขโทรศัพท์ทั้งสองเครื่องที่ต่ออยู่กับพอร์ต A และ พอร์ต B โดยให้เครื่องที่ต่ออยู่กับพอร์ต A เป็นหมายเลข # 123-4567 และให้เครื่องที่ต่ออยู่กับพอร์ต B เป็นหมายเลข #987-6543

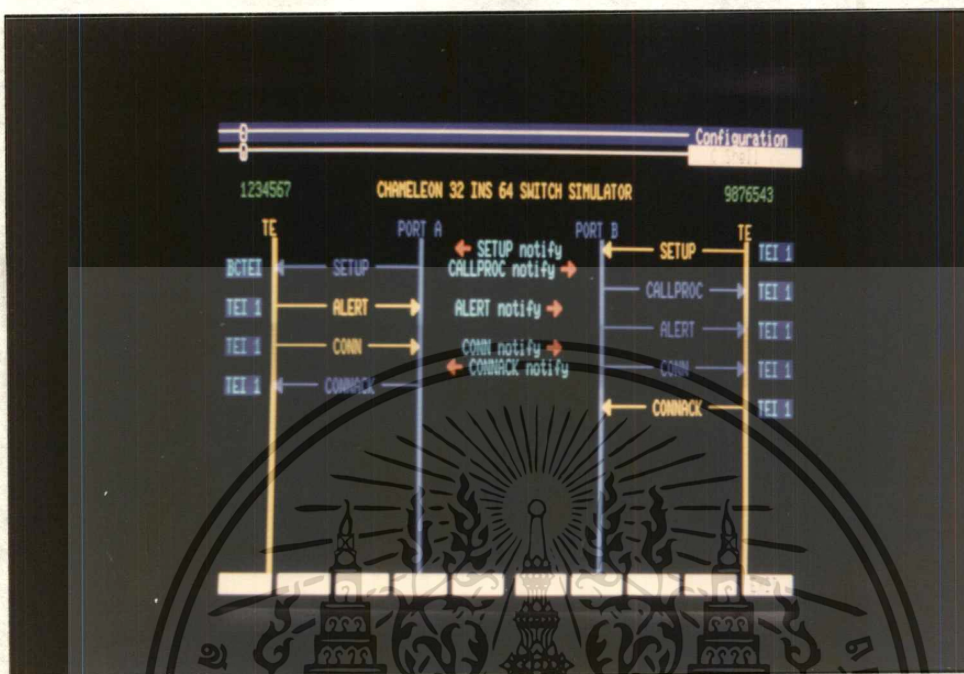
จากนั้นทำการทดลองใช้งานเครื่องโทรศัพท์ระบบดิจิทัลนี้ โดยการเรียกโทรศัพท์จากเครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง เพื่อสนทนากันจนกระทั่งสิ้นสุดการเรียก หลังจากวางแฮนด์เซ็ทของเครื่องโทรศัพท์แล้ว เราสามารถที่จะวิเคราะห์การทำงานของเครื่องโทรศัพท์ดิจิทัลตั้งแต่เริ่มแรก ถึงตอนสนทนากันจนสิ้นสุดการสนทนาคือการวางหูโทรศัพท์ ได้จากเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ ดังแสดงในภาพที่ 59

จากภาพที่ 59 เป็นลักษณะการเรียกของเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #987-6543 ไปยังเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #123-4567 เมื่อขงโทรศัพท์แล้วกดหมายเลขจะมีการส่งสัญญาณ SETUP จากเครื่องไปยังส่วน NT ของพอร์ต B ในเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ก็จะทราบการเรียกและส่งสัญญาณ SETUP นั้นออกไปยัง NT ของ พอร์ต A เพื่อให้เครื่องโทรศัพท์หมายเลข 123-4567 ได้รับรู้ หลังจากนั้นก็จะอยู่ในขบวนการเรียกของเครื่องวิเคราะห์โปรโตคอล ISDN โดยจะส่งสัญญาณ CALL PROC ไปยังพอร์ต B ออกไปให้เครื่องโทรศัพท์หมายเลข #987-6543 ส่วนเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #123-4567 เมื่อได้รับสัญญาณ SETUP แล้วก็จะสร้างสัญญาณ ALERT ตอบกลับมา เครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ก็จะส่งสัญญาณ ALERT กลับไปให้เครื่องโทรศัพท์หมายเลข #123-4567 เมื่อส่งสัญญาณ ALERT แล้วก็จะส่งสัญญาณ CONN ตามออกมาเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการติดต่อสนทนา ทางด้านพอร์ต B ก็จะได้รับสัญญาณ CONN ด้วยจากเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ จากนั้นเครื่องโปรโตคอลอนาไลเซอร์ ก็ทำการตอบรับการต่อคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาพที่ 60



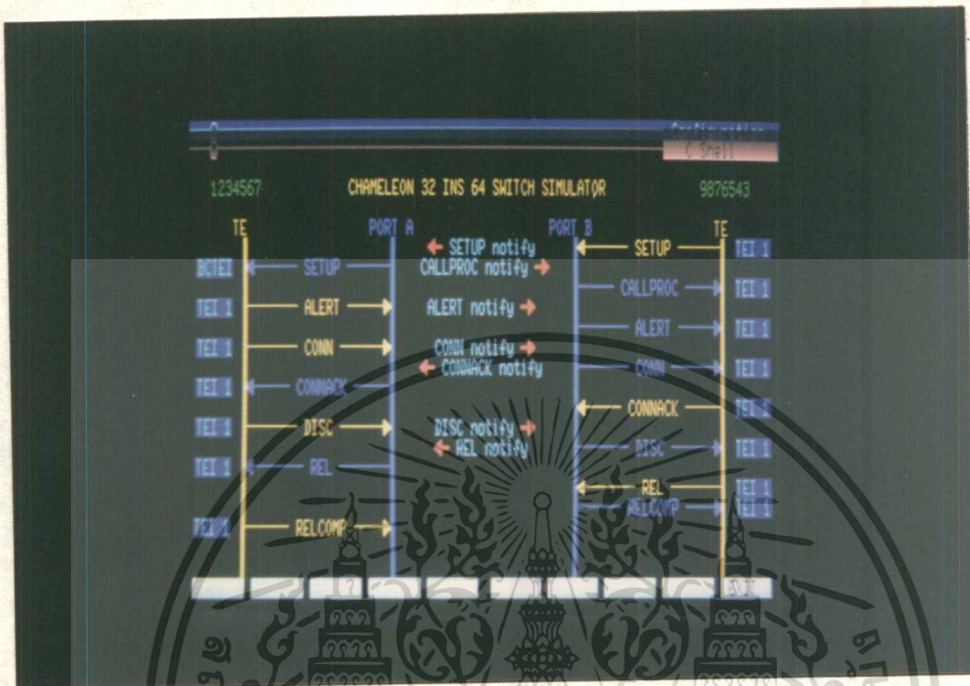
แสดงผลการติดต่อของเครื่องโทรศัพท์ระบบดิจิทัลในช่วงการเรียก  
จากอนินเตอร์ของเครื่องโปรโตคอลอนาลิเชอร์

สายให้กับเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #123-4567 สักพักเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #987-6543 ก็จะส่งสัญญาณ CONN ACK ตอบกลับมาเช่นกัน เครื่องโปรโตคอลอนาลิเชอร์ ก็จะจัดการให้เครื่องโทรศัพท์ทั้งสองเครื่องได้ติดต่อสนทนากันได้ตามเป้าหมาย หลังจากนั้นจะเป็นช่วงของการสนทนาระหว่างกัน

เมื่อมีการยกเลิกการติดต่อโดยทางเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #123-4567 เป็นผู้วางหูโทรศัพท์เพื่อยกเลิกการสนทนาก่อน ก็จะมีการส่งสัญญาณ DISC ออกมาเพื่อส่งไปยังเครื่องโปรโตคอลอนาลิเชอร์ให้ได้รับทราบ ต่อจากนั้นเครื่องโปรโตคอลอนาลิเชอร์จะส่งสัญญาณ DISC ออกพอร์ต B ไปยังเครื่องโทรศัพท์หมายเลข #987-6543 ให้ได้รับทราบเช่นกัน จากนั้นจะมีสัญญาณ REL ออกมาจากเครื่องโปรโตคอลอนาลิเชอร์ ส่งไปให้เครื่องโทรศัพท์หมายเลข #123-4567 เพื่อยกเลิกการติดต่อ พร้อมกับเครื่องหมายเลข #987-6543 จะตอบรับการยกเลิกการติดต่อด้วยสัญญาณ REL เช่นกัน เครื่องโปรโตคอลอนาลิเชอร์ก็จะยกเลิกช่องสัญญาณอย่างสมบูรณ์ด้วยการส่งสัญญาณ RELCOM ไปยังเครื่องโทรศัพท์ทั้งสอง เป็นการสิ้นสุดกระบวนการ โดยขั้นตอนต่างๆ สามารถดูได้จากภาพที่ 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

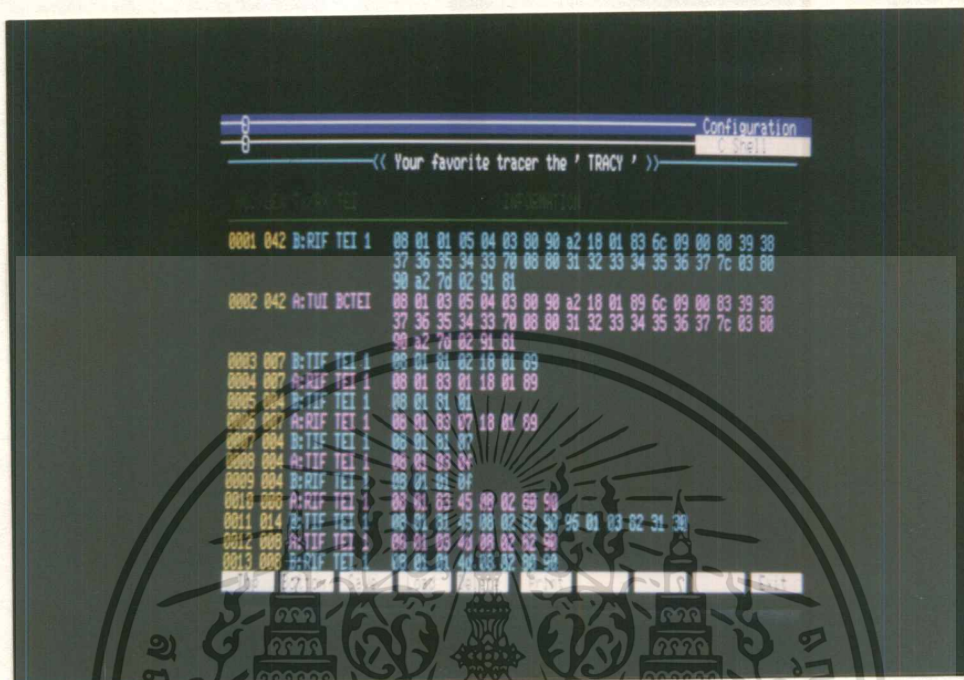
ภาพที่ 61



แสดงผลการติดต่อของเครื่องโทรศัพท์ระบบดิจิทัลในช่วงยกเลิกการเรียก  
จากมอนิเตอร์ของเครื่องโปรโตคอลอนาล็อกเซอร์

ภาพที่ 62 นั้นเป็นรหัสข้อมูลที่มีการรับส่งกันในชั้นที่ 3 (Network layer) ที่อุปกรณ์โทรศัพท์ดิจิทัลใช้ติดต่อกับโครงข่ายจำลอง โดยรูปแบบข้อมูลจริงที่ส่งในสายนั้นเป็นสัญญาณดิจิทัลและมีการเข้ารหัสแล้วดังกล่าวไว้ในบทที่ 2 แต่ในภาพนี้เครื่องโปรโตคอลอนาล็อกเซอร์ได้ทำการแปลงข้อมูลดิจิทัลนั้นให้อยู่ในรูปของเลขฐานสิบหกเพื่อให้ง่ายต่อการอ่าน โดยในบรรทัดที่เป็นการติดต่อระหว่างเครื่องโปรโตคอลกับพอร์ต B ที่ถูกกำหนดให้เป็นหมายเลข #987-6543 และบรรทัดคู่เป็นการติดต่อระหว่างเครื่องโปรโตคอลกับพอร์ต A ที่ถูกกำหนดให้เป็นหมายเลข #123-4567

## ภาพที่ 62



แสดงข้อมูลที่อุปกรณ์ปลายทางทั้ง 2 ด้านติดต่อกับโครงข่าย

## บทที่ 5

### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การออกแบบเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิทัลสำหรับโครงข่ายบริการร่วมระบบดิจิทัล (ISDN) ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ประสบผลสำเร็จได้ด้วยดีในขั้นต้น เพราะจากการทดลองที่ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องโปรโตคอลนาไลเซอร์นั้น ทำให้เรารู้ขั้นตอนการทำงานของเครื่องโทรศัพท์ดิจิทัลกับโครงข่าย ISDN ที่เป็นไปตามขั้นตอนการติดต่อเพื่อให้เครื่องโทรศัพท์ดิจิทัลที่ต้นทาง (ผู้เรียก) สามารถพูดคุยกับเครื่องโทรศัพท์อีกเครื่องหนึ่งที่อยู่ปลายทาง (ผู้ถูกเรียก) ได้ และการพูดคุยสนทนาเป็นปกติดังเช่นเครื่องโทรศัพท์ทั่วไป แต่เครื่องโทรศัพท์ดิจิทัลนี้ประดิษฐ์ขึ้นมาเป็นเครื่องต้นแบบทำให้รูปร่างมีลักษณะใหญ่ไม่ค่อยเรียบร้อยนัก และเนื่องจากการออกแบบนี้จะมีปัญหาในการหาซื้ออุปกรณ์บางชนิด จะต้องทำการสั่งจากต่างประเทศเข้ามา ดังนั้นอุปกรณ์ชนิดไหนที่สามารถนำมาแทนกันได้ และหาได้ภายในประเทศก็จะนำมาใช้งาน ดังเช่น ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ไอซีหน่วยความจำ หน่วยแสดงผล LCD เป็นต้น นอกจากนี้จะเป็นอุปกรณ์ที่หาง่ายและมีจำหน่ายในประเทศแล้ว โปรแกรมรองรับการทำงานต่าง ๆ เช่น X-talk Editor หรือ Compiler เป็นต้น ก็สามารถนำมาใช้งานได้สะดวก

ดังนั้นหากต้องการลดขนาดและราคาลงจำเป็นต้องใช้หลักวิชาของทางด้านเศรษฐศาสตร์บ้าง คือ ต้องใช้อุปกรณ์ให้น้อยขึ้น และทำเป็นอุตสาหกรรมที่มีจำนวนมาก ดังเช่น ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ หน่วยความจำ อาจจะใช้ของบริษัทอื่นๆ ที่รวมอยู่ในตัวเดียวกันก็สามารถทำได้ แต่สิ่งที่ได้กล่าวมาแล้วโปรแกรมรองรับการทำงานต่างๆ จะหาได้ลำบากถ้าไม่อยู่ในขั้นอุตสาหกรรม ลักษณะของตัวอุปกรณ์ก็เช่นกัน ส่วนใหญ่จะอยู่ใน รูปร่างแบบตีนตะขาบ (DIP) ซึ่งเป็นการง่ายต่อการประกอบวงจรและทดลอง ยกเว้นไอซีเบอร์ MT9094 ที่มีตัวถังแบบ PLCC 44 ขา ต้องใช้ความระมัดระวังมากในการต่อวงจรและบัดกรี ถ้าหากเรามีเทคโนโลยีและเครื่องมือที่ทันสมัยปัญหาเหล่านี้ก็จะหมดไป เราสามารถที่จะใช้อุปกรณ์ทุกตัวเป็นแบบ อุปกรณ์ที่แปะผิวหน้า (Surface mount) ได้ ทำให้เครื่องโทรศัพท์ดิจิทัลนี้มีขนาดที่เล็กลงได้มาก กระทั่งลดนำใช้งาน

มากยิ่งขึ้น เอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นเป็นปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) ส่วนทางด้านซอฟต์แวร์ หรือ โปรแกรมนั้น เมื่อดูจากการติดต่อสื่อสารขั้นพื้นฐานพอสรุปได้ว่า โปรแกรมนี้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ขั้นต้น และสามารถทำงานตามคำแนะนำของ ITU ได้ แต่ในส่วนรายละเอียดปลีกย่อยอื่น ๆ นั้น โปรแกรมไม่ได้เขียนรองรับไว้ เช่น การประชุมร่วม 3 สาย การตอบรับอัตโนมัติ การแสดงหมายเลขโทรศัพท์ของกลุ่มสนทนา เป็นต้น ซึ่งฟังก์ชันพิเศษอันหลังเหล่านี้เป็นการให้บริการร่วมกับโครงข่าย ISDN ด้วย ดังนั้นหากต้องการให้เครื่องโทรศัพท์ดิจิทัลทำงานให้สมบูรณ์ทุกฟังก์ชันจริงๆ ต้องศึกษารายละเอียดการให้บริการของโครงข่าย ISDN ตามคำแนะนำของ ITU เกี่ยวกับการให้บริการเสริมอื่นๆ และทำการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่มีอยู่ให้รองรับหมดทุกหน้าที่

เนื่องจากการทดลองต่างๆ ที่กระทำนั้นเป็นการกระทำที่ห้องปฏิบัติการวิจัยภายในภาควิชาโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และทดลองกับเครื่องโปรโตคอลอนาล็อก ซึ่งยังไม่ได้ทดสอบกับกลุ่มสาย ISDN ที่ใช้งานจริงเพราะว่าบริเวณชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้งานอยู่ยังไม่ได้เปิดให้บริการโครงข่าย ISDN แต่ผลการทดลองที่ได้ ออกมานั้นเป็นที่น่าพอใจอย่างยิ่งและยังสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาขั้นต่อไป

## บรรณานุกรม

1. John Bellamy, Digital Telephone, A Wiley-Interscience Publication, JOHN & SONS, INC 1991.
  2. Gary C. Kessler, ISDN, Second edition, McGraw-Hill, Inc. 1991
  3. David R. Smith, Digital Transmission Systems, Second edition
  4. Roger L. Freeman, Telecommunication System Engineering, Second edition, JOHN WILEY & SONS, 1989
  5. Intel Corporation. MCS51 Family of single chip Microcomputer User's Manual. 1981
  6. Charles K. Summers, ISDN Implementor's Guide, McGraw-Hill, Inc. 1995
  7. Michael A. Miller, Introduction to Digital and Data communications, Info Access Distribution Pte Ltd. 1992
  8. MITEL SEMICONDUCTOR, MICROELECTRONICS DIGITAL/ANALOG COMMUNICATIONS HANDBOOK, MITEL Corporation 1993
  9. MOTOROLA, LINEAR AND INTERFACE INTEGRATED CIRCUITS, MOTOROLA INC., 1990
  10. Logic Integrated Circuits Division, MOTOROLA, High-Speed CMOS Data, MOTOROLA INC., 1993
  11. F.J Redmill and A.R. Vaider, SPC Digital Telephone Exchanges, Peter Peregrinus Ltd. United Kingdom, 1990
  12. รศ. มนูญ สุขเกษม และ รศ.ถวิด พึ่งมา, ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงข่ายบริการร่วมระบบดิจิทัล , ตำราเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2535
  13. รศ. มนูญ สุขเกษม และ รศ.ถวิด พึ่งมา, เทคโนโลยีการวิเคราะห์โปรโตคอลของโครงข่ายบริการร่วมระบบดิจิทัล , ตำราเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2536
  14. ประเมษฐ์ ประนายนันท์ และ ปิยพงศ์ เผ่าวานิช, คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พ.ศ.2536
  15. ศศ.สมยศ สุนทรวิเชียร, การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2535
- ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พศ.2537



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

1. การพัฒนาเครื่องโทรศัพท์ดิจิตอลสำหรับโครงข่ายบริการร่วมระบบดิจิตอล , สุพจน์ องค์กรสรณะคมกุล, พิชญ์ บุญตรา, อ.อิทธิชัย อรุณศรีแสงไชยและ รศ.ถวิล พึ่งมา, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 15 หน้า 2-5 ถึง 2-9 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2535
2. การออกแบบเซลล์ไซท์เพื่อแก้ปัญหาการเกิดโฮลของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูล่าในพื้นที่เป็นเนิน, สหะไชย วิชาสุวรรณ, สุพจน์ องค์กรสรณะคมกุล, รศ.ถวิล พึ่งมา, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 16 หน้า 143 - 148 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2536
3. การพัฒนาเครื่องโทรศัพท์แบบดิจิตอล , สุพจน์ องค์กรสรณะคมกุล, รศ. มนูญ สุขเกษม และ รศ.ถวิล พึ่งมา, การประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรม หน้า EE105-113 สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ. 2537
4. อิเล็กทรอนิกส์โอเพอร์เรเตอร์สำหรับชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติ , พิเชฐ ม่วงนวล, สุพจน์ องค์กรสรณะคมกุล, รศ. มนูญ สุขเกษม และ รศ.ถวิล พึ่งมา, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 17 หน้า 201 - 207 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พ.ศ. 2537
5. การพัฒนาโปรโตคอลที่ใช้สำหรับการส่งข้อมูลแบบเวอร์ชวลแพคเกจ , ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์ , สุพจน์ องค์กรสรณะคมกุล, รศ.ถวิล พึ่งมา, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 18 หน้า 264 - 268 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร พ.ศ. 2538



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก.

## ข้อกำหนดของ ISDN โดย CCITT ปี 1988

ข้อกำหนด	มีอยู่ในปี 1984	เพิ่มเติม ในปี 1988
<b>ส่วนที่ 1 ลักษณะโดยทั่วไป</b>		
I.100 บทนำและโครงสร้างโดยทั่วไปของข้อกำหนด I-Series	X	
I.111 ความสัมพันธ์ของข้อกำหนดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ISDN	X	
I.112 คำศัพท์ต่างๆ ในเทอมของ ISDN	X	
I.113 คำศัพท์ต่างๆ ในเทอมของ BISDN		X
I.120 ลักษณะของโครงข่าย ISDN	X	
I.121 ลักษณะของโครงข่าย BISDN		X
I.122 โครงร่างสำหรับการเพิ่มเติม โหมดของแพคเกจใน Bearer Service		X
I.130 วิธีการต่างๆ ที่มีคุณสมบัติที่สามารถรองรับการบริการ โทรคมนาคมโดยใช้โครงข่าย ISDN และโครงข่ายที่สามารถใช้กับ ISDN ได้	X	
I.140 เทคนิคที่มีประโยชน์สำหรับสนับสนุนการบริการ โทรคมนาคม โดยใช้โครงข่าย ISDN และโครงข่ายที่สามารถใช้กับ ISDN ได้		X
<b>ส่วนที่ 2 ลักษณะของการบริการ</b>		
I.200 เป็นการแนะนำข้อกำหนดใน I.200		X
I.210 พื้นฐานของการบริการ โทรคมนาคมที่ใช้โครงข่าย ISDN หรือโครงข่ายอื่นๆ ที่สามารถใช้กับโครงข่าย ISDN ได้	X	
I.220 รายละเอียดของการบริการร่วมกันแบบไดนามิกในพื้นฐานของการบริการ โทรคมนาคม		X
I.221 รายละเอียดของการบริการร่วมกัน และคุณสมบัติของการบริการต่างๆ		X
I.230 คำจำกัดความของการบริการของ Bearer Service		X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเชิงพาณิชย์อื่นใดที่ปรากฏบนเอกสารนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนด	มีอยู่ในปี 1984	เพิ่มเติม ในปี 1988
I.231 การบริการ Bearer Service ในโหมดเซอร์กิต		X
I.232 การบริการ Bearer Service ในโหมดแพ็คเก็ต		X
I.240 คำจำกัดความของ Teleservice		X
I.241 การบริการ Teleservice ที่สนับสนุนโดย ISDN		X
I.250 คำจำกัดความของ Supplementary Service		X
I.251 หมายเลขที่ใช้แยกแยะในการบริการ Supplementary Service		X
I.252 การเสนอการเรียกใน Supplementary Service		X
I.253 การเรียกที่สามารถทำการติดต่อได้ใน Supplementary Service		X
I.254 การร่วมใช้บริการจากผู้ให้หลายคนในการบริการ Supplementary Service		X
I.255 ผลประโยชน์ที่ผู้ใช้จะได้รับในการบริการ Supplementary Service		X
I.256 การคิดค่าบริการของ Supplementary Service		X
I.257 ข่าวสารที่เพิ่มเติมในการบริการ Supplementary Service		X
<b>ส่วนที่ 3 ลักษณะทั้งหมดของโครงข่ายและฟังก์ชันต่างๆ</b>		
I.310 ฟังก์ชันพื้นฐานของโครงข่าย ISDN	X	
I.320 โพรโตคอลที่ใช้ในโมเดลอ้างอิงของโครงข่าย ISDN	X	
I.324 สถาปัตยกรรมของโครงข่าย ISDN		X
I.325 การอ้างอิงสำหรับการเชื่อมต่อชนิดต่างๆ ในโครงข่าย ISDN		X
I.330 พื้นฐานการกำหนดหมายเลขผู้ใช้ในโครงข่าย ISDN	X	
I.332 การวางแผนการกำหนดหมายเลขผู้ใช้ระหว่างโครงข่าย		X
I.333 การเลือกเทอร์มินอล		X
I.334 พื้นฐานที่มีความเกี่ยวข้องเนื่องกับการกำหนดหมายเลขของผู้ใช้และ หมายเลขผู้ย่อย (subaddress) โดยอ้างอิงถึง OSI โมเดล		X
I.335 พื้นฐานการกำหนดเส้นทางในการส่งสัญญาณในโครงข่าย ISDN		X
I.340 ชนิดของการเชื่อมต่อต่างๆ ในโครงข่าย ISDN	X	

ข้อกำหนด	มีอยู่ในปี 1984	เพิ่มเติม ในปี 1988
<b>ส่วนที่ 4 การเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย</b>		
I.410 ลักษณะโดยทั่วไปของการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโครงข่ายและพื้นฐานต่างๆ ที่สัมพันธ์กัน	X	
I.411 ลักษณะของการอ้างอิงของการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย	X	
I.412 โครงสร้างของการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย	X	
I.420 การเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโครงข่ายในแบบ BRI (2B+D)	X	
I.421 การเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโครงข่ายในแบบ PRI (23B+D หรือ 30B+D)	X	
I.430 รายละเอียดของระดับชั้นที่ 1 (Physical) ของการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโครงข่ายในแบบ BRI	X	
I.431 รายละเอียดของระดับชั้นที่ 1 (Physical) ของการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโครงข่ายในแบบ PRI	X	
I.440 ลักษณะโดยทั่วไปของระดับชั้นที่ 2 (Data link layer) ของการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย	X	
I.441 รายละเอียดของระดับชั้นที่ 2 (Data link layer) ของการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย	X	
I.450 ลักษณะโดยทั่วไปของระดับชั้นที่ 3 (Network layer) ของการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย	X	
I.451 รายละเอียดของระดับชั้นที่ 3 (Network layer) ของการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย	X	
I.460 การมัลติเพล็กซ์ การปรับอัตราของข้อมูล และการรองรับบริการเดิมที่มีอยู่	X	
I.461 การสนับสนุนให้สามารถใช้ X.21 และ X.21 bis เป็นพื้นฐานของ DTE ใน ISDN	X	
I.462 การสนับสนุนให้สามารถใช้อุปกรณ์เทอร์มินอลในโหมดแพ็คเก็ตกับโครงข่าย ISDN	X	
I.463 การสนับสนุนให้สามารถใช้ DTE ที่มีการเชื่อมต่อชนิด V-	X	

ข้อกำหนด	มีอยู่ในปี 1984	เพิ่มเติม ในปี 1988
Series ใ้กับโครงข่าย ISDN		
I.464 การมัลติเพล็กซ์ การปรับอัตราของข้อมูล และการรองรับบริการเดิมที่มีอยู่ สำหรับลักษณะการถ่ายโอนข้อมูลที่อัตรา 64 kbps	X	
I.470 ความสัมพันธ์ของฟังก์ชันเทอร์มินอลต่างๆ ในโครงข่าย ISDN		X
<b>ส่วนที่ 5 การเชื่อมต่อระหว่างโครงข่าย</b>		
I.500 โครงสร้างโดยทั่วไปของข้อกำหนดการทำงานระหว่างโครงข่าย		X
I.510 พื้นฐานโดยทั่วไปของการทำงานระหว่างโครงข่าย		X
I.511 การเชื่อมต่อระหว่างโครงข่าย ISDN กับโครงข่าย ISDN ในระดับชั้นที่ 1 (Physical)		X
I.515 พารามิเตอร์ที่มีการสับเปลี่ยนเพื่อใช้ระหว่างโครงข่าย		X
I.520 ข้อตกลงโดยทั่วไปสำหรับการทำงานระหว่างโครงข่าย		X
I.530 การทำงานร่วมกันระหว่างโครงข่าย ISDN กับโครงข่าย PSTN		X
I.560 การทำงานร่วมกันกับโครงข่ายเทเล็กซ์		X
<b>ส่วนที่ 6 พื้นฐานของการบำรุงรักษา</b>		
I.601 พื้นฐานของการบำรุงรักษาโดยทั่วไปของการส่งข้อมูลเข้าไปสู่ผู้ใช้และการติดตั้งอุปกรณ์ผู้ใช้ปลายทาง		X
I.602 การประยุกต์ใช้งานจากพื้นฐานของการบำรุงรักษาเพื่อนำไปใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์ผู้ใช้ปลายทาง ISDN		X
I.603 การประยุกต์ใช้งานจากพื้นฐานของการบำรุงรักษาเพื่อนำไปใช้กับการเชื่อมต่อในแบบ BRI		X
I.604 การประยุกต์ใช้งานจากพื้นฐานของการบำรุงรักษาเพื่อนำไปใช้กับการเชื่อมต่อในแบบ PRI		X
I.605 การประยุกต์ใช้งานจากพื้นฐานของการบำรุงรักษาเพื่อนำไปใช้		X

เอกสารนี้เป็นการมัลติเพล็กซ์แบบ static ในการเชื่อมต่อแบบ BRI ไม่อนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ขออนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข.

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

1. ข้อความในการสร้างการเรียก (Call establishment message)
2. ข้อความในช่วงพักการส่งข้อมูล (Call information phase message)
3. ข้อความในการยกเลิกการเรียก (Call clearing message)
4. ข้อความ miscellaneous (miscellaneous message)

### ข้อความในการสร้างการเรียก

\* ALERTING : ส่งโดยผู้ถูกเรียกไปโครงข่ายและจากโครงข่ายไปยังผู้ที่ทำการเรียก เริ่มทำการแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่ามีกรเรียกเข้ามา และเป็นการแสดงว่าได้รับข้อความ SETUP แล้ว

\* CALL PROCEEDING : ส่งโดยผู้ถูกเรียกไปโครงข่าย หรือจากโครงข่ายไปยังผู้เรียก เพื่อแสดงว่าอยู่ในช่วงการสร้างการเชื่อมต่อการเรียก

\* CONNECT : เป็นการส่งจากผู้ถูกเรียกไปโครงข่าย และจากโครงข่ายไปยังผู้เรียก เพื่อแสดงว่าผู้ถูกเรียกยอมรับการเรียก

\* CONNECT ACKNOWLEDGE : ส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ถูกเรียก เพื่อแสดงการตอบรับการเชื่อมต่อจากข้อความ CONNECT

\* PROGRESS : ส่งโดยผู้ใช้หรือโครงข่ายเพื่อแสดงความคืบหน้าของการเรียก

\* SETUP : เป็นการส่งโดยผู้เรียกไปยังโครงข่ายและจากโครงข่ายไปยังผู้ถูกเรียกเพื่อร้องขอการเชื่อมต่อการเรียก

\* SETUP ACKNOWLEDGE : ส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ที่ทำการเรียกและจากผู้ถูกเรียกไปยังโครงข่าย เพื่อตอบรับข้อความ SETUP และการสร้างการเชื่อมต่อ ได้ถูกเริ่มต้นขึ้น

### ข้อความช่วงพักการส่งข้อมูล

\* RESUME : เป็นการส่งโดยผู้ใช้เพื่อร้องขอโครงข่ายให้กลับคืนไป การเรียกที่ได้ถูกพักไป ช่องสัญญาณ B และ CRV จะต้องถูกจัดสรรใหม่

\* RESUME ACKNOWLEDGE : ส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ใช้เพื่อแสดงให้รู้ว่าการเรียกที่หยุดไปได้กลับคืนมาแล้ว

\* RESUME REJECT : ส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ใช้เพื่อแสดงว่าโครงข่ายไม่สามารถทำตามการร้องขอให้การเรียกที่หยุดไปได้กลับคืนมาได้

\* SUSPEND : ส่งโดยผู้ใช้เพื่อร้องขอให้โครงข่ายพักสายไว้ ช่องสัญญาณ B และ CRV ที่มีส่วนร่วมในการเรียกถูกปลดปล่อยและอาจจะถูกใช้สำหรับการเรียกอื่นๆ ที่อาจมีขึ้น

\* SUSPEND ACKNOWLEDGE : ส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ใช้ เพื่อแสดงความสำเร็จ ของการร้องขอให้พักการเรียกไว้

\* SUSPEND REJECT : ส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ใช้ เพื่อแสดงว่าโครงข่ายไม่สามารถทำตามการร้องขอในการหยุดเรียกชั่วคราวได้

\* USER INFORMATION : ส่งโดยผู้ใช้ไปยังโครงข่ายเพื่อถ่ายโอนข้อมูล ไปยังอีกด้านหนึ่ง หรือส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ใช้เพื่อส่งต่อข้อมูลจากผู้ใช้อื่นๆ

\* HOLD : ถูกส่งโดยโครงข่ายหรือผู้ใช้ เพื่อร้องขอการพักสาย ช่องสัญญาณ B อาจจะยังอยู่หรือถูกปลดปล่อยขึ้นอยู่กับโครงข่าย และ CRV ยังเหลืออยู่สำหรับการกลับคืนสภาพเดิมของการเรียก

\* HOLD ACKNOWLEDGE : ถูกส่งโดยโครงข่ายหรือผู้ใช้ เพื่อแสดงว่าหน้าที่การพักสายชั่วคราว (hold) ได้ถูกกระทำเป็นผลสำเร็จ

\* HOLD REJECT : ส่งโดยโครงข่ายหรือผู้ใช้เพื่อแสดงว่าการร้อง ของการพักสายชั่วคราว (hold) ได้ถูกปฏิเสธไม่ยอมรับ

\* RETRIEVE : ส่งโดยโครงข่ายหรือผู้ใช้ เพื่อร้องขอการกลับคืนสภาพเดิมของการเรียกที่ถูกพักไว้ชั่วคราว ค่า CRV ของการเรียกที่กลับมาจะเหมือนกับสภาพก่อนที่จะถูกพักไว้ (hold)

\* RETRIEVE ACKNOWLEDGE : ส่งโดยโครงข่ายหรือผู้ใช้เพื่อแสดงว่า หน้าที่ที่ต้องการให้ได้กลับมานั้น ถูกกระทำจนประสบผลสำเร็จ

\* RETRIEVE REJECT : ส่งโดยโครงข่ายหรือผู้ใช้ เพื่อแสดงว่าไม่สามารถที่จะกระทำหน้าที่การกลับคืนสภาพเดิมตามที่ถูกร้องขอ

#### ข้อความการยกเลิกการเรียก (Call Clearing Message)

\* DISCONNECT : เป็นการส่งจากผู้ใช้ หรือ โครงข่าย เพื่อแสดงว่าสิ้นสุดการเรียกแล้วให้ทำการเคลียปลายทางหรือการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\* RELEASE : ส่งโดยผู้ใช้หรือโครงข่าย เพื่อแสดงว่าอุปกรณ์ปลายทางด้านส่งได้เลิกต่อช่องสัญญาณและมีความมุ่งหมายที่จะปลดปล่อยช่องสัญญาณและคำอ้างอิงการเรียก (CRV) และที่อุปกรณ์ด้านรับจะปลดปล่อยช่องสัญญาณและเตรียมการปลดปล่อย CRV หลังจากส่งข้อความ RELEASE COMPLETE ข้อความนี้อาจจะถูกส่งโดยโครงข่ายไปยังผู้ใช้เพื่อแสดงว่าการเข้าไปเชื่อมต่อที่ถูกให้บนช่องสัญญาณ D หรือการคงอยู่ของช่องสัญญาณนั้นที่โครงข่ายมีจุดประสงค์จะปลดปล่อย CRV.

\* RELEASE COMPLETE : ส่งโดยผู้ใช้หรือโครงข่าย เพื่อแสดงว่าอุปกรณ์ที่กำลังส่งข้อความได้ปลดปล่อยช่องสัญญาณและ CRV เรียบร้อยแล้ว

\* RESTART : ส่งโดยผู้ใช้หรือโครงข่าย เพื่อร้องขอการเริ่มต้นใหม่ ( เช่นกลับไปยังสถานะไอเคิล ) ของช่องสัญญาณหรือการเชื่อมต่อ

\* RESTART ACKNOWLEDGE : ส่งโดยผู้ใช้หรือโครงข่ายเพื่อยอมรับรู้การรับข้อความ RESTART และเพื่อแสดงว่าขั้นตอนการเริ่มต้นใหม่ที่ถูกร้องขอมีความสมบูรณ์

#### ข้อความ Miscellaneous

\* SEGMENT : ข้อความนี้ถูกกำหนดเป็นคุณสมบัติในคำแนะนำ Q.931 แต่การใช้และรูปแบบยังไม่ได้ถูกกำหนด

\* CONGESTION CONTROL : ส่งโดยผู้ใช้หรือโครงข่ายเพื่อแสดงการสร้างหรือการเทอร์มินेटของ flow control บนการส่งข้อความ USER INFORMATION

\* FACILITY : ส่งเพื่อร้องขอหรือรับรู้บริการเสริม

\* INFORMATION : ส่งโดยผู้ใช้หรือโครงข่ายเพื่อจัดหาข้อมูลเพิ่มเติม ดังเช่นข้อมูลสำหรับการสร้างการเรียก ( หมายเลขโทรศัพท์ ฯลฯ )

\* NOTIFY : ส่งโดยผู้ใช้หรือโครงข่ายเพื่อแสดงข้อมูลเกี่ยวกับการเรียก

\* STATUS : ส่งโดยผู้ใช้หรือโครงข่ายในการตอบรับกับข้อความ STATUS ENQUIRY

\* STATUS ENQUIRY : ส่งโดยผู้ใช้หรือโครงข่ายเพื่อขอทราบสถานะในชั้นที่ 3 ที่เท่าเทียมกันของอีกฝ่ายหนึ่ง

ตารางในหน้าถัดไปจะเป็นการแสดงให้เห็นถึงสถานะของข้อมูลที่ไบท์ต่างๆของแต่ละข้อความ

บิต								ข้อความ
8	7	6	5	4	3	2	1	
0	0	0	-	-	-	-	-	การก่อดังการเรียก
			0	0	0	0	1	ALERTing
			0	0	0	1	0	CALL PROCeeding
			0	0	0	1	1	PROGress
			0	0	1	0	1	SETUP
			0	0	1	1	1	CONNect
			0	1	1	0	1	SETUP ACKnowledge
			0	1	1	1	1	CONNect ACKnowledge
0	0	1	-	-	-	-	-	ข้อความช่วงพักการส่งข้อมูล
			0	0	0	0	0	USER INFOrmation
			0	0	0	0	1	SUSPend REJect
			0	0	0	1	0	RESume REJect
			0	1	0	0	0	HOLD ACKnowledge
			0	1	1	0	1	SUSPend ACKnowledge
			0	1	1	1	0	RESume ACKnowledge
			1	0	0	0	0	HOLD REJect
			1	0	0	0	1	RETRieve
			1	0	0	1	1	RETRieve ACKnowledge
			1	0	1	1	1	RETRieve REJect
0	1	0	-	-	-	-	-	ข้อความการยกเลิกการเรียก
			0	0	1	0	1	DISConnect
			0	0	1	1	0	REStart
			0	1	1	0	1	RELease
			0	1	1	1	0	REStart ACKnowledge
			1	1	0	1	0	RELease ACKnowledge
0	1	1	-	-	-	-	-	ข้อความ Miscellaneous
			0	0	0	0	0	SEGMENT
			0	0	0	1	0	FACility

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภายในงานเพื่อการศึกษารายงาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0	0	1	0	0	REGISTER
0	1	1	1	0	NOTIFY
1	0	1	0	1	STATUS ENquiry
1	1	0	0	1	CONgestion CONTROL
1	1	0	1	1	INFORmation
1	1	1	0	1	STATUS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค.

```

ORG      0000H
DIGIT    EQU    1000H
PORTA    EQU    2000H      ;HOOKSW
PORTB    EQU    2001H
PORTC    EQU    2002H      ;KEYBOARD
CONTROL  EQU    2003H      ;CONTROL
LCDWRC   EQU    4000H      ;LCD WRITE CONTROL
LCDRDC   EQU    4001H      ;LCD READ CONTROL
LCDWRD   EQU    4002H      ;LCD WRITE DATA
LCDRDD   EQU    4003H      ;LCD READ DATA
IOBUFF   EQU    8005H      ;TX RX FIFO
BUFFER   EQU    7FH        ;CHKEY BUFFER
BUFFER1  EQU    80H        ;NUMBER

```

```

; ***** MAIN *****

```

```

MOV      R2,#10H
LCALL   DELAY
SJMP    MAIN
ORG     0013H
LCALL   DCOLL
RETI

DCOLL:  MOV     DPTR,#MAINT3
        LCALL  LCDLDP
        MOV    R2,#50H
        LCALL  DELAY
        MOV    DPTR,#8004H
        MOVX   A,@DPTR
        ANL   A,#80H

```

```

        JB      ACC.7,DCOLL
        MOV     A,#01H
        LCALL  LCDWI
        RET
MAIN:   MOV     DPTR,#CONTROL      ;SET 8255 CONTROL
        MOV     A,#98H            ;A=in,B=out,C0-3=OUT,C4-7=in
        MOVX   @DPTR,A
        MOV     IE,#84H          ;INTERRUPT EN
        MOV     R4,#06H
MAINT:  MOV     A,#00111000B      ;FUNCTION SET
        LCALL  LCDWI
        MOV     A,#00001110B     ;DISPLAY ON/OFF
        LCALL  LCDWI
        MOV     A,#01H          ;CLEAR
        LCALL  LCDWI
        MOV     R2,#70H         ;DELAY
        LCALL  DELAY
        MOV     IE,#84H        ;INTERUPT EN.
MAINT1: MOV     DPTR,#MAINT2     ;FIRST DISPLAY
        LCALL  LCDLDP
        MOV     R2,#90H
        LCALL  DELAY
        DJNZ   R4,MAINT
        AJMP  SCANA
MAINT2: DB     '
        DB     '      ISDN      '
        DB     ' TELEPHONE     '
        DB     '
MAINT3: DB     '
        DB     '      BUSY      '

```

DB

; \*\*\*\*\* LCDWI SUB \*\*\*\*\*

; LCD WRITE INSTRUCTION

```

LCDWI:      PUSH    DPH
            PUSH    DPL
            MOV     DPTR,#LCDWRC
            MOVX   @DPTR,A
            MOV     DPTR,#LCDRDC
LCDWI1:     MOVX   A,@DPTR      ;WAIT FOR BF=0
            JB     ACC.7,LCDWI1
            POP     DPL
            POP     DPH
            RET

```

; \*\*\*\*\* LCDWD SUB \*\*\*\*\*

; LCD WRITE DATA

```

LCDWD:      PUSH    DPH
            PUSH    DPL
            MOV     DPTR,#LCDWRD
            MOVX   @DPTR,A
            MOV     DPTR,#LCDRDC
LCDWD1:     MOVX   A,@DPTR      ;WAIT FOR BF=0
            JB     ACC.7,LCDWD1
            POP     DPL
            POP     DPH
            RET

```

; \*\*\*\*\* LCDLDP SUB \*\*\*\*\*

; LOAD PMEM TO LCD MODULE

```

LCDLDP:     MOV     A,#80H      ;SET ADDRESS LINE 1
            LCALL  LCDLDPS
            MOV     A,#0C0H     ;SET ADDRESS LINE 2

```

```

LCALL LCDLDPS
MOV A,#90H ;SET ADDRESS LINE 3
LCALL LCDLDPS
MOV A,#0D0H ;SET ADDRESS LINE 4
LCALL LCDLDPS
RET
LCDLDPS: LCALL LCDWI ;LOAD ONE LINE
MOV R2,#16H
LCDLDPS1: CLR A
MOVC A,@A+DPTR ;PMEM=MOVC
LCALL LCDWD
INC DPTR
DJNZ R2,LCDLDPS1
RET
; ***** DELAY SUB *****
; DELAY SUBROUTINE
DELAY: MOV R3,#00H
DELAY1: MOV A,#00H
DELAY2: DEC A
JNZ DELAY2
DJNZ R3,DELAY1
DJNZ R2,DELAY
RET
; ***** SCANHOOK *****
SCANA: CLR A ;CLEAR BUFFER
MOV BUFFER,A
MOV DPTR,#PORTA ;CHECK HOOKKEY
MOVX A,@DPTR
MOV BUFFER,A
XRL A,#OFFH

```

```

JNZ     SCANB
SJMP    SCANA
SCANB:  LCALL   DELAY5MS           ;CHECK KEY AGAIN
        MOV     DPTR,#PORTA
        MOVX    A,@DPTR
        XRL    A,BUFFER
        JNZ    SETPARA
        SJMP    SCANA
DELAY5MS: MOV    R2,#10H
DELAY5MS1: MOV    R3,#00H
        DJNZ   R3,$
        DJNZ   R2,DELAY5MS1
        RET
; ***** SETPARAMETER *****
SETPARA: MOV    SCON,#00H           ;SERIAL MODE 0
        JNB    BUFFER.1,PARAHF
        MOV    R5,#12H           ;SET PARAMETER HANDSET
        MOV    DPTR,#TABHK
        LCALL  LOAD
        JMP    SCANNUM
PARAHF:  MOV    R5,#10H           ;SET PARAMETER HANDFREE
        MOV    DPTR,#TABHF
        LCALL  LOAD
        JMP    SCANNUM
LOAD     CLR    A                 ;LOAD PARAMETER
        MOVC   A,@A+DPTR
        ACALL  LOADPARA
        INC    DPTR
        DJNZ   R5,LOAD
        RET

```

```

LOADPARA:  MOV     SBUF,A
LOADPARA1: JNB     TI,$           ;CLEAR BIT SEND
           CLR     TI
           RET
TABHK:     DB     15H,04H
           DB     1EH,00H
           DB     1DH,70H
           DB     20H,30H
           DB     1EH,21H
           DB     0EH,99H
           DB     0BH,04H
           DB     0AH,00H
           DB     0FH,28H
TABHF:     DB     15H,04H
           DB     1EH,00H
           DB     1DH,38H
           DB     20H,30H
           DB     1EH,81H
           DB     0EH,1EH
           DB     0AH,00H
           DB     0FH,28H

SCANNUM:   LCALL  DIAL
           MOV   A,#01H           ;CLEAR DISPLAY
           LCALL LCDWI
           MOV   A,#05H
           LCALL LCDWI
           MOV   A,#0FH
           LCALL LCDWI

CHECKKEY:  MOV   A,#0FOH           ;CHECK KEY RELEASE

```

```

MOV     DPTR,#PORTC
MOVX    @DPTR,A
MOVX    A,@DPTR
CJNE    A,#0F0H,SCANKEY
SJMP    CHECKKEY
SCANKEY: MOV    R4,#04H
        CLR    C
        MOV    A,#0FFH
SCAN1:  RLC    A                ;SHECK KEY
        MOV    DPTR,#PORTC
        MOVX   @ DPTR,A
        MOVX   A,@DPTR
        MOV    R0,#BUFFER
        MOVX   @R0,A
        ANL   A,#0F0H
        CJNE   A,#0F0H,SCANII
        DJNZ   R4,SCAN1
        SJMP   SCANKEY
SCANII: LCALL  DELAY5MS
        MOVX   A,@DPTR
        CJNE   A,BUFFER,SCAN1
        LCALL  STOPTONE
        MOV    R0,#BUFFER1
I:      CJNE   A,#0EEH,II        ;CHECK NUMBER
        MOV    @R0,#31H
        AJMP   DISPLAY
II:     CJNE   A,#0DEH,III
        MOV    @R0,#32H
        AJMP   DISPLAY
III:    CJNE   A,#0BEH,IV

```

```

MOV    @R0,#33H
AJMP   DISPLAY
IV:    CJNE   A,#0EDH,V
MOV    @R0,#34H
AJMP   DISPLAY
V:     CJNE   A,#0DDH,VI
MOV    @R0,#35H
AJMP   DISPLAY
VI:    CJNE   A,#0BDH,VII
MOV    @R0,#36H
AJMP   DISPLAY
VII:   CJNE   A,#0EBH,VIII
MOV    @R0,#37H
AJMP   DISPLAY
VIII:  CJNE   A,#0DBH,IX
MOV    @R0,#38H
AJMP   DISPLAY
IX:    CJNE   A,#0BBH,ZERO
MOV    @R0,#39H
AJMP   DISPLAY
ZERO:  CJNE   A,#0D7H,STAR
MOV    @R0,#30H
AJMP   DISPLAY
STAR:  CJNE   A,#0E7H,SHARP
MOV    @R0,#2AH
AJMP   DISPLAY
SHARP: MOV    @R0,#23H
AJMP   DISPLAY

```

```

DISPLAY: MOV    A,#18H                ;SHIFT DATA LEFT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        LCALL    LCDWI                ;WRITE DATA TO LCD
        MOV     A,@R0
        MOV     DPTR,#DIGIT
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     DPTR,#0DFH
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     A,@R0
        MOV     DPTR,#LCDWRD
        MOVX    @DPTR,A
        LJMP    CHECKKEY
START:   MOV     A,#84H                ;EN MASTER CONTROL REG
        MOV     DPTR,#8000H
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     DPTR,#8001H          ;EN D CHANNEL
        MOV     A,#11H
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     R2,#18H
        MOV     DPTR,#TABIO
START1:  CLR     A                    ;READ DATA
        MOVC   A,@A+DPTR
        ACALL  SETUP
        INC    DPTR
        DJNZ   R2,START1
        AJMP  ALERT
SETUP:   PUSH   DPH                    ;LOAD DATA
        PUSH   DPL
        MOV    DPTR,#IOBUFF
        MOVX   @DPTR,A
        POP    DPL
        POP    DPH

```

```

MOV      A,#08H
MOVX     @DPTR,A
MOV      A,#01H
MOVX     @DPTR,A
MOV      A,#83H
MOVX     @DPTR,A
MOV      A,#5AH
MOVX     @DPTR,A
AJMP     CLRDCH
CONN:    MOV      DPTR,#IOBUFF      ;ACKNOWLEDGE
MOV      A,#08H
MOVX     @DPTR,A
MOV      A,#01H
MOVX     @DPTR,A
MOVX     @DPTR,A
MOV      A,#0FH
MOVX     @DPTR,A
AOFF:    MOV      DPTR,#PORTA      ;CHECK ON HOOK
MOVX     A,@DPTR
CJNE     A,#OFFH,BOFF
MOV      BUFFER,A
LCALL    DELAY5MS
MOV      DPTR,#PORTA
MOVX     A,@DPTR
XRL      A,BUFFER
JNZ      BOFF
DISC:    MOV      DPTR,#IOBUFF      ;DISCONNECT
MOV      A,#08H
MOVX     @DPTR,A
MOV      A,#01H

```

```

MOVX   @DPTR,A
MOV     A,#83H
MOVX   @DPTR,A
MOV     A,#45H
MOVX   @DPTR,A
DISC1: MOVX   A,@DPTR
        CJNE  A,#4DH,DISC1
        MOV   A,#5AH
        MOVX  @DPTR,A
CLRDC:  MOV   A,#00H
        MOV   DPTR,#8001H
        MOVX  @DPTR,A
CLRDISP: MOV   A,#01H
        LCALL LCDWI
        LJMP  MAINT1
BOFF:   MOV   DPTR,#IOBUFF
        MOVX  A,@DPTR
        CJNE  A,#01H,AOFF
        AJMP  NONCON
; ***** SETDIAL *****
DIAL:   MOV   R5,#0CH
        MOV   DPTR,#TABDIAL
        LCALL LOAD
        RET
TABDIAL: DB   23H,40H
         DB   24H,00H
         DB   26H,0AH
         DB   1EH,71H
         DB   0BH,00H
         DB   0FH,01H

```

; \*\*\*\*\* SETRING \*\*\*\*\*

```
RINGER:      MOV      R5,#10H
              MOV      DPTR,#TABRING
              LCALL   LOAD
              RET
```

```
TABRING:    DB      15H,04H
              DB      1EH,00H
              DB      1DH,70H
              DB      20H,30H
              DB      23H,60H
              DB      26H,10H
              DB      1EH,61H
              DB      0EH,82H
```

; \*\*\*\*\* STOPTONE \*\*\*\*\*

```
STOPTONE:   MOV      R5,02H
              MOV      DPTR,#TABSTOP
              LCALL   LOAD
              RET
```

```
TABSTOP:    DB      1EH,31H
```

; \*\*\*\*\* STOPRING \*\*\*\*\*

```
STOPRING:   MOV      R5,02H
              MOV      DPTR,#TABSTOPRING
              LCALL   LOAD
              RET
```

```
TABSTOPRING: DB      1EH,69H
```

END

## ประวัติผู้เขียน

นายสุพจน์ องค์กรณะคมกุล เกิดวันที่ 15 มิถุนายน 2507 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี อดศาหกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2534 เริ่มปฏิบัติงานในตำแหน่งช่างโทรคมนาคมระดับ 1 สังกัดกองวิทยุบริการ การสื่อสารแห่งประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2528 เคยปฏิบัติงานเป็นผู้ช่วยนักวิจัยในปี 2356 เป็นเวลา 1 ปี เคยได้รับทุนการศึกษาของมูลนิธิเพื่อการสื่อสารและคอมพิวเตอร์ (C&C) ในระหว่างที่ศึกษาอยู่เป็นเวลา 2 ปี ปัจจุบันปฏิบัติงานในตำแหน่งวิศวกร 5 ของการสื่อสารแห่งประเทศไทย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้