หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

รายละเอียดของซอฟต์แวร์

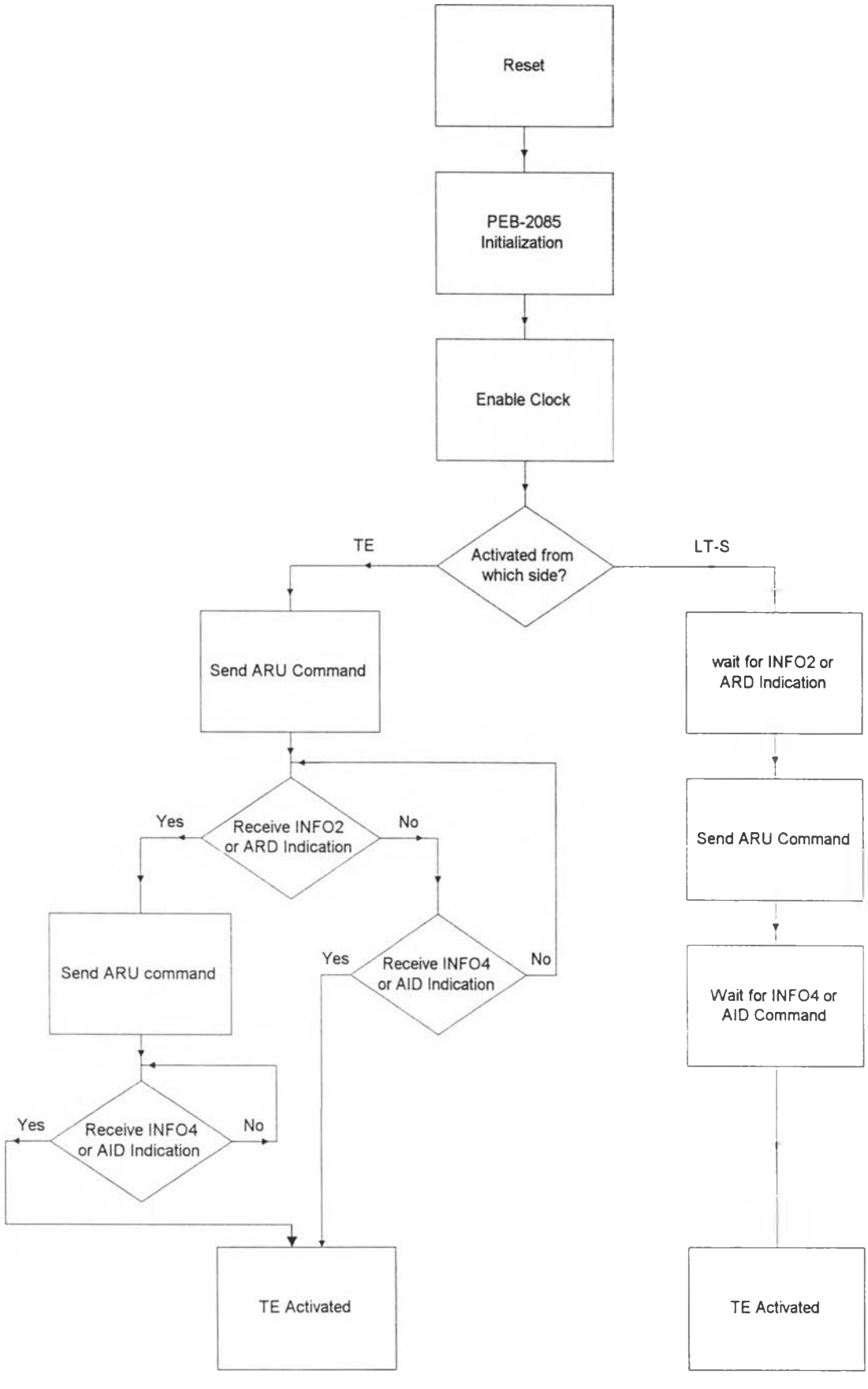
<u>รายละเอียดของซอฟต์แวร์ในส่วน Layer 1</u>

ก่อนที่จะทำการเขียนโปรแกรมซอฟต์แวร์เพื่อควบคุมการทำงานของวงจรที่ทำการออกแบบนั้น จะต้องศึกษารายละเอียดของไอซีเบอร์ PEB-2085 เพื่อให้ทราบถึงสถานะต่าง ๆ และคำสั่งที่ต้องใช้เพื่อทำให้ไอซีเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะที่เราต้องการและจะต้องศึกษารายละเอียดของหน่วยประมวลผล 8031 ตลอดจนถึงโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีสำหรับหน่วยประมวลผล 8031 เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจร

เนื่องจากในหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 ที่ออกแบบนั้นได้เลือกใช้ไอซีเบอร์ 8031 เป็นหน่วยประมวลผลในวงจร ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของวงจรจึงใช้ภาษาแอสเซมบลีสำหรับหน่วยประมวลผล 8031 ซึ่งมีข้อดีคือภาษาแอสเซมบลีนั้นเป็นภาษาที่ใช้เวลาในการทำงานตามคำสั่งแต่ละคำสั่งสั้นเมื่อเทียบกับภาษาอื่น ๆ ทำให้สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของไอซี PEB-2085 ได้ทันการเปลี่ยนสถานะของไอซี

เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนสถานะของไอซี PEB-2085 เพื่อตรวจสอบดูว่ามีการเปลี่ยนสถานะถูกต้องตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ จึงเขียนซอฟต์แวร์ให้หน่วยประมวลผล 8031 ส่งข้อความมาแสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม (RS232) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมอีกส่วนหนึ่งเพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์รอรับข้อมูลที่จะส่งมาจากหน่วยประมวลผล แล้วนำข้อมูลที่รับได้ขึ้นมาแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมในส่วนนี้เขียนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาซี เนื่องจากเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่มีฟังก์ชั่นและอินเตอร์รัฟ (Interrupt) ต่าง ๆ เกี่ยวกับการรับ-ส่งข้อมูลผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรมอย่างครบถ้วน

ซอฟต์แวร์ในส่วน Layer 1 ตามมาตรฐานของ ITU Recommendation เกี่ยวข้องกับการร้องขอการแอคติเวต (Activate) และการดีแอคติเวต (Deactivate) การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ปลายทางในโครงข่าย ISDN กับโครงข่าย ISDN โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ออกแบบอัลกอริทึมซึ่งใช้ควบคุมการทำงานของหน่วยเชื่อมโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 ในส่วน Layer 1 ตาม Flow Chart ที่แสดงในรูป 4.1



รูป 4.1 Flow Chart ของโปรแกรมที่เขียนในส่วน Layer 1

จาก Flow Chart ที่แสดงข้างต้น สามารถแบ่งขั้นตอนการแอคติเวตหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 ได้ดังนี้

1. ขั้นตอนการ Initialization ของไอซี PEB-2085

ก่อนที่จะสั่งให้ไอซี PEB-2085 ทำงานตาม OSI Model นั้น เราจะต้องทำการ Initialization และทำการเซ็ตบิตต่าง ๆ เพื่อให้ไอซี PEB-2085 ทำงานในโหมดที่เราต้องการ ดังแสดงในตาราง 4.1 โดยรีจิสเตอร์แต่ละตัวแสดงอยู่ในภาคผนวก ก.

ตาราง 4.1 ขั้นตอนการ Initialization ของไอซี PEB-2085

ชื่อรีจิสเตอร์	ชื่อบิต	ลักษณะการเซ็ตค่า
ADF2	IMS	เซ็ตเป็น 0 เพื่อเลือกให้โหมดการทำงานเป็น IOM-1
SPCR	SPU	เซ็ตเป็น 1 เพื่อให้สัญญาณนาฬิกาของ PEB-2085 เริ่มทำงาน หลังจากสัญญาณนาฬิกาทำงานแล้วจะเซ็ตให้เป็น 0
	SAC	เซ็ตเป็น 0 เพื่อเลือกให้พอร์ต SLD ไม่ทำงาน
	SPM	เซ็ตเป็น 0 เพื่อให้ PEB-2085 ทำงานในโหมด TE
ADF1	CFS	เซ็ตเป็น 1 เพื่อสัญญาณนาฬิกาภายใน PEB-2085 ไม่ทำงานในสถานะ Power Down
	FC2	เซ็ตเป็น 1 เพื่อให้สัญญาณนาฬิกา 8 kHz. ของขาสัญญาณ FSC2 มีค่าแรงดันต่ำในช่วงครึ่งแรกและมีค่าแรงดันสูงในช่วงครึ่งหลัง
	FC1	เซ็ตเป็น 0 เพื่อให้สัญญาณนาฬิกา 8 kHz. ของขาสัญญาณ FSC1 มีค่าแรงดันสูงในช่วงครึ่งแรกและมีค่าแรงดันต่ำในช่วงครึ่งหลัง
MODE	MDS2-0	เซ็ตเป็น 001 เพื่อให้ทำงานใน Auto-mcde และใช้จำนวน Address 2 ไบต์
	TMD	เซ็ตเป็น 1 เพื่อให้ใช้สัญญาณนาฬิกาภายใน PEB 2085 เป็นตัวจับเวลา
	DIM2-0	เซ็ตเป็น 001 เพื่อให้ PEB-2085 ทำงานในโหมด TE

ตาราง 4.1 (ต่อ)

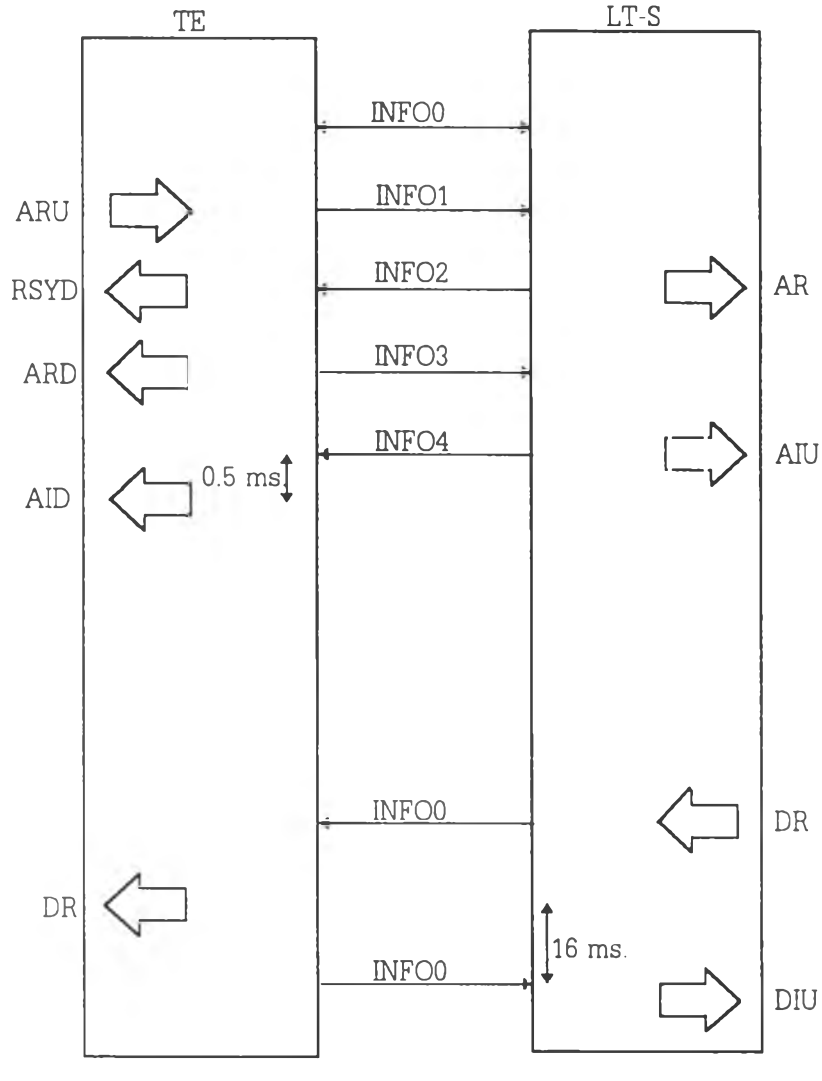
ชื่อรีจิสเตอร์	ชื่อบิต	ลักษณะการเซ็ตค่า
TIMR	CNT	เซ็ตเป็น 111 เพื่อให้ PEB-2085 ส่ง S-commands ให้ใหม่อย่างไม่จำกัด
	VALUE	เซ็ตเป็น 01111 เพื่อให้ PEB-2085 ส่ง S-commands ให้ใหม่หลังจากเวลาผ่านไป 1.024 วินาที
SAP2	-	เซ็ตเป็น 02H เพื่อกำหนดการอ้างอิงตำแหน่งแบบ 2 ไบต์ ตามมาตรฐาน LAPD
TEI2	-	เซ็ตเป็น 0FFH เพื่อให้ลักษณะการส่งข้อมูลเป็นแบบกระจายข้อมูล (Broadcast)
XAD1	-	เซ็ตเป็น 0FEH ตามมาตรฐานการกำหนดค่า SAPI ของ LAPD
XAD2	-	เซ็ตเป็น 0FFH ตามมาตรฐานการกำหนดค่า TEI ของ LAPD

หมายเหตุ รายละเอียดของรีจิสเตอร์แต่ละตัวสามารถศึกษาได้จากรายการอ้างอิง [14] และ [15]

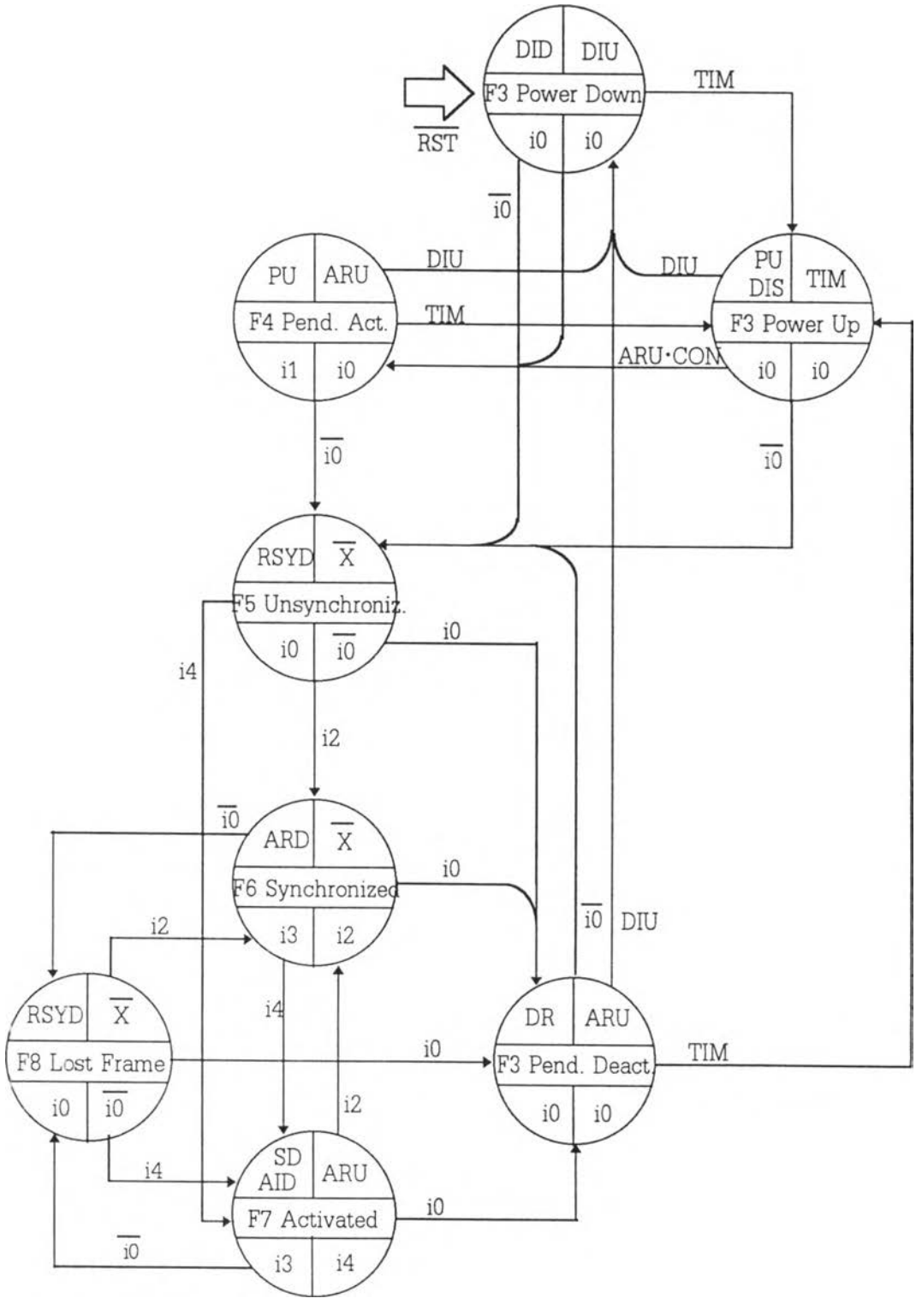
ภายหลังจากการ Initialization ไอซี PEB-2085 เรียบร้อยแล้ว ตัว PEB-2085 จะอยู่ในสถานะ Power Down ซึ่งเป็นสถานะ Deactivate ของโปรโตคอลในชั้น Physical layer ตาม OSI Model โดยในสถานะนี้สัญญาณนาฬิกาภายใน PEB-2085 จะไม่ทำงานซึ่งทำให้ PEB-2085 กินกำลังไฟเพียง 8 มิลลิวัตต์ เราสามารถทำให้สัญญาณนาฬิกาภายใน PEB-2085 เริ่มทำงานได้โดยการส่งคำสั่ง TIM (Timing) ในรีจิสเตอร์ CIXR (รีจิสเตอร์สำหรับส่งข้อมูลในส่วน Layer 1) ซึ่ง PEB-2085 จะได้รับคำชี้บอก PU (Power Up Indication) ตอบกลับมาในรีจิสเตอร์ CIRR (รีจิสเตอร์สำหรับรับข้อมูลในส่วน Layer 1) โดยในสถานะ Power Up นี้มีลักษณะคล้ายกับสถานะ Power Down เพียงแต่สัญญาณนาฬิกาภายใน PEB-2085 จะทำงาน ทำให้กินกำลังไฟ 80 มิลลิวัตต์

2. ขั้นตอนการแอคติเวตและการดีแอคติเวตของหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232

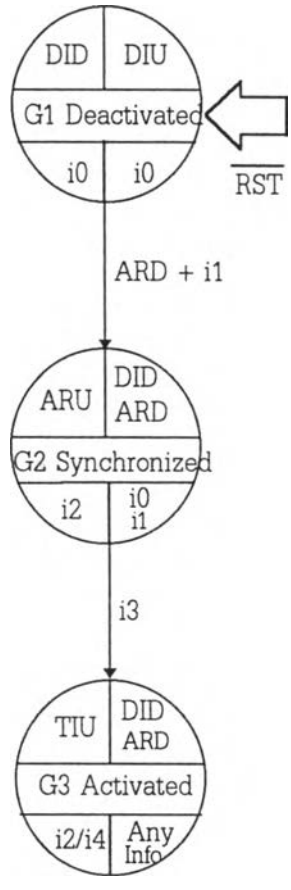
หลังจากหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทาง RS232 (ต่อไปเรียกว่า TE) อยู่ในสถานะ Power Up แล้ว จึงจะสามารถร้องขอการเชื่อมต่อในส่วน Layer 1 ไปยัง LT-S ได้ดังแสดงในรูป 4.2, 4.3 และ 4.4



รูป 4.2 ขั้นตอนการแอคติเวตในส่วน Layer 1



รูป 4.3 แผนภาพสภาวะของ TE



รูป 4.4 แผนภาพสภาวะของ LT-S

จากขั้นตอนการแอคติเวตในส่วน Layer 1 ในรูป 4.2 ที่แสดงในขั้นต้น และจากแผนภาพสภาวะของตัว TE และ LT-S ดังแสดงในรูป 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ สามารถสรุปขั้นตอนการแอคติเวต และการดีแอคติเวตของหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทาง RS232 ได้ดังนี้

2.1 กรณีที่ TE เป็นฝ่ายเริ่มต้นการเชื่อมต่อ

2.1.1 ในช่วงที่ไม่มีการติดต่อสื่อสารระหว่าง TE และ LT-S โดย TE อยู่ในสถานะ Power Up และ LT-S อยู่ในสถานะดีแอคติเวตนั้นสัญญาณที่รับ-ส่ง ภายใน S-bus จะเป็นสัญญาณ INFO0

2.1.2 ถ้าฝ่าย TE เป็นผู้ต้องการเริ่มการติดต่อ TE จะต้องส่งคำสั่ง ARU (Activate Request Upstream) ในรีจิสเตอร์ CIXR ซึ่งจะส่งผลให้ตัวไอซี PEB-2085 ส่งสัญญาณ INFO1 ออกไปทาง S-bus

โดย LT-S จะได้รับคำสั่งนี้ในรูปของคำชี้บอก AR (Activate Request) แล้วตัว LT-S จะเข้าไปอยู่ในสถานะ G2-Synchronized และตอบกลับไปด้วยสัญญาณ INFO2 ซึ่งถ้าทางฝาย TE ตอบกลับด้วยสัญญาณ INFO0 ตัว TE จะได้รับคำชี้บอก RSYD (Level Detect) และ TE จะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะ Unsynchronized แต่ถ้าทางฝาย TE ตอบกลับด้วยสัญญาณ INFO3 ตัว TE จะได้รับคำชี้บอก ARD (Activate Request Downstream) ซึ่งจะทำให้ตัว TE เข้าไปอยู่ในสถานะ Synchronized

2.1.3 เมื่อ TE เข้าไปอยู่ในสถานะ Synchronized แล้วจะส่งสัญญาณ INFO3 ไปให้ LT-S ซึ่งฝาย LT -S จะได้รับในรูปของคำชี้บอก AIU (Activate Indication Upstream) ซึ่งจะส่งผลให้ตัว LT-S เข้าไปอยู่ในสถานะ G3-Activated หลังจากนั้น LT-S จะส่งสัญญาณ INFO4 กลับไปยัง TE ซึ่งตัว TE จะได้รับในรูปของคำชี้บอก AID (Activated Indication) ซึ่งจะส่งผลให้ TE เข้าไปอยู่ในสถานะแอคติเวต

2.1.4 ถ้า TE อยู่ในสถานะ Unsynchronized เราจะต้องส่งคำสั่ง ARU ลงในรีจิสเตอร์ CIXR แล้วรอสัญญาณที่ตอบกลับมาจาก LT-S ถ้า LT-S ตอบกลับด้วยสัญญาณ INFO2 ตัว TE จะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะ Synchronized แต่ถ้า LT-S ตอบกลับด้วยสัญญาณ INFO4 ตัว TE จะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะแอคติเวต

2.1.5 ระหว่างที่ TE อยู่ในสถานแอคติเวต ถ้าสัญญาณที่รับได้จาก LT-S เป็นสัญญาณ INFO2 และ TE ยังคงตอบกลับด้วยสัญญาณ INFO3 แล้ว TE จะเปลี่ยนกลับไปอยู่ในสถานะ Synchronized โดยเราสามารถทำให้ TE เปลี่ยนกลับไปอยู่ในสถานะแอคติเวตได้โดยการส่งคำสั่ง ARU ในรีจิสเตอร์ CIXR และรอสัญญาณ INFO4 ซึ่งจะตอบกลับมาจาก LT-S

2.1.6 ระหว่างที่ TE อยู่ในสถานะแอคติเวต หรือ Synchronized ถ้าสัญญาณที่รับได้จาก LT-S ไม่ใช่สัญญาณ INFO0 แต่ TE ตอบกลับไปด้วยสัญญาณ INFO0 แล้ว TE จะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะ Lost Framing เราสามารถทำให้ TE เปลี่ยนกลับไปอยู่ในสถานะแอคติเวต หรือ Synchronize ได้โดยการส่งคำสั่ง ARU ในรีจิสเตอร์ CIXR ถ้า LT-S ตอบกลับด้วยสัญญาณ INFO2 ตัว TE จะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะ Synchronized แต่ถ้า LT-S ตอบกลับด้วยสัญญาณ INFO4 ตัว TE จะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะแอคติเวต

2.1.7 ระหว่างที่ TE อยู่ในสถานะแอคติเวต หรือ Synchronized ถ้าสัญญาณที่รับได้จาก LT-S เป็นสัญญาณ INFO0 และ TE ตอบกลับไปด้วยสัญญาณ INFO0 แล้ว TE จะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะ Pending Deactivation ซึ่งเราจะต้องทำให้ TE เปลี่ยนไปอยู่ในสถานะ Power Up ได้โดยการส่งคำสั่ง TIM ในรีจิสเตอร์ CIXR และรอคำชี้บอก PU ถ้า TE ยังคงต้องการที่จะเป็นฝายเริ่มต้นการติดต่อก็ดำเนินตามกระบวนการข้างต้นใหม่อีกครั้งหนึ่ง

2.2 กรณีที่ LT-S เป็นฝ่ายเริ่มต้นการเชื่อมต่อ

2.2.1 ถ้าฝ่าย LT-S เป็นฝ่ายเริ่มต้นการเชื่อมต่อ LT-S จะต้องส่งคำสั่ง ARD (Activate Request Downstream) ลงในรีจิสเตอร์ CIXR ซึ่งจะทำให้ LT-S ส่งสัญญาณ INFO2 ออกไปใน S-bus แล้ว LT-S จะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะ Synchronized

2.2.2 ฝ่าย TE เมื่อได้รับสัญญาณ INFO2 จาก LT-S ถ้าตอบกลับไปด้วยสัญญาณ INFO3 ตัว TE จะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะ Synchronized

2.2.3 เมื่อ LT-S ได้รับสัญญาณ INFO3 จาก TE แล้วจะตอบกลับไปด้วยสัญญาณ INFO4 แล้ว LT-S จะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะแอคติเวต

2.2.4. เมื่อ TE ได้รับสัญญาณ INFO4 จาก LT-S แล้ว ตัว TE จะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะแอคติเวต

หลังจากที่ทั้งฝ่าย TE และ LT-S อยู่ในสถานะแอคติเวต (สัญญาณที่ TE ส่งให้ LT-S คือ INFO3 และสัญญาณที่ LT-S ส่งให้ TE คือ INFO4 ตลอดเวลา) ก็จะเสร็จสิ้นตาม layer 1 ของแบบจำลองอ้างอิงมาตรฐาน OSI

รายละเอียดของสถานะในแต่ละขั้นของ TE และ LT-S สามารถศึกษาได้จากรายการอ้างอิง [12], [8] และ [10]

ในส่วนของคำสั่งและคำชี้บอก (Command/Indication) ต่าง ๆ ที่ทำการโปรแกรมลงในรีจิสเตอร์ CIXR ของ TE และ LT-S เพื่อส่งสัญญาณออกไปใน S-bus แสดงอยู่ในภาคผนวก ข.

<u>รายละเอียดของซอฟต์แวร์ในส่วน Layer 2</u>

ในส่วนของ layer 2 ตามแบบจำลองอ้างอิงมาตรฐาน OSI นั้น มีโปรโตคอลที่กำหนดขึ้นมาเพื่อควบคุมการติดต่อสื่อสาร คือ LAPD (Link Access Procedures on the D-channel) โดยหน้าที่ของโปรโตคอลในชั้นนี้มีดังนี้

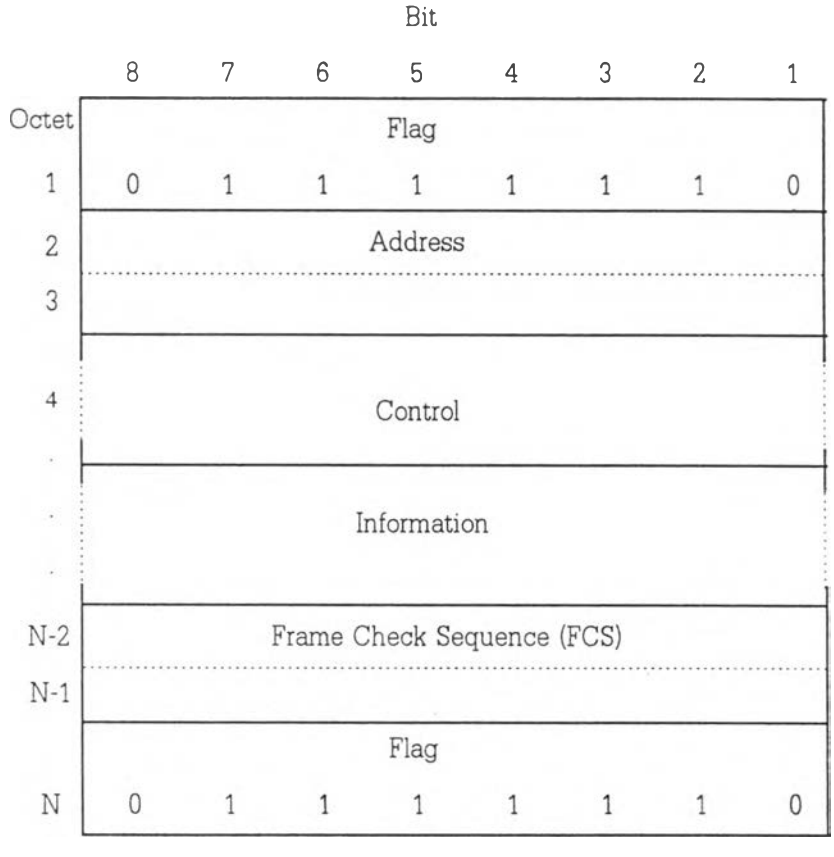
- เฟรมมิ่ง (Framing) กำหนดสัญญาณเริ่มต้นและสิ้นสุดการเชื่อมต่อ และการแบ่งข้อมูลของผู้ใช้ออกเป็นเฟรม
- ส่วนบอกตำแหน่ง (Address) เป็นตัวบอกว่าอุปกรณ์ปลายทางตัวใดเป็นผู้ส่งหรือรับเฟรมข้อมูล
- การจัดลำดับ (Sequencing) จัดการให้การส่งเฟรมข้อมูลเรียงไปอย่างมีลำดับ
- การตอบรับ (Acknowledgment) เพื่อให้ทราบว่าได้รับข้อมูลแล้ว

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การกำหนดเวลา (Time outs) ในกรณีที่ไม่มีสัญญาณตอบกลับมาภายในเวลาที่กำหนด
- ควบคุมการเกิดความผิดพลาด (Error control) ตรวจจับความผิดพลาดในระดับบิตข้อมูล เฟรมที่ส่งมาผิดลำดับ และแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้น
- ควบคุมอัตราการส่งข้อมูล (Flow control) โดยมีข้อกำหนดทางกล เพื่อให้ผู้รับสามารถรับข้อมูล จากผู้ส่งซึ่งมีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงกว่าได้อย่างถูกต้อง

3. รูปแบบของเฟรมตามมาตรฐาน LAPD (Link Access Procedures on the D-channel)

รูปแบบของเฟรมตามมาตรฐาน LAPD มีลักษณะดังแสดงในรูป 4.5



รูป 4.5 รูปแบบของเฟรมตามมาตรฐาน LAPD

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเฟรมข้างต้น มีดังนี้

- แฟล็ก (Flag) เป็นตัวบอกถึงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเฟรม โดยแฟล็กจะมีรูปแบบบิตเป็น 01111110 (7EH)

- ตำแหน่ง (Address) ประกอบด้วยข้อมูล 2 อ็อกเต็ด (octet) โดยตำแหน่งจะเป็นตัวบอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ปลายทางตัวใดซึ่งเชื่อมอยู่ในโครงข่ายจะเป็นตัวรับข้อมูลซึ่งจะตามมาภายหลัง
- สัญญาณควบคุม (Control) บอกชนิดของข้อมูลที่ส่ง อาจจะประกอบไปด้วยหมายเลขแสดงลำดับของเฟรมที่ส่งและสัญญาณตอบกลับ
- ข้อมูล (Information) ประกอบไปด้วยข้อมูลของผู้ใช้ โดยความยาวของส่วนนี้สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้
- บิตตรวจสอบความถูกต้อง (Frame Check Sequence) ใช้ตรวจจับความผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยบิตตรวจสอบความถูกต้องประกอบไปด้วยบิต 16 บิตซึ่งได้จากการคำนวณ CRC (Cyclic Redundancy check)

4. กระบวนการเติมและลบบิตศูนย์ (Zero-bit insertion and removal)

เนื่องจากแฟล็ก (Flag) ซึ่งมีรูปแบบบิตเป็น 01111110 จะเป็นตัวบอกถึงการเริ่มต้นและการสิ้นสุดของข้อมูลที่ส่ง ดังนั้นถ้าเกิดเหตุการณ์ที่ข้อมูลที่ส่งบังเอิญมีรูปแบบบิตตรงกับรูปแบบบิตของแฟล็ก อุปกรณ์ปลายทางฝ่ายรับจะรับทราบว่าข้อมูลที่ได้รับมานั้นสิ้นสุดแล้ว และปฏิเสธการรับข้อมูลในส่วนถัดไปซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการรับข้อมูล จึงจำเป็นต้องมีวิธีการแก้ปัญหาในส่วนนี้โดยฝ่ายส่งจะมีการแทรกบิต 0 เข้าไปในข้อมูลหลังจากที่มีบิตข้อมูล 1 ติดต่อกัน 5 บิต หลังจากนั้นเมื่อฝ่ายรับได้รับข้อมูลที่มีบิตข้อมูล 1 ติดต่อกัน 5 บิตจะทำการตัดบิตข้อมูลที่อยู่ถัดไปทิ้งไป 1 บิต ซึ่งกระบวนการนี้มีชื่อเรียกว่า Zero-bit insertion and removal หรือในบางกรณีอาจจะเรียกว่า bit stuffing and destuffing ซึ่งตัวไอซี PEB-2085 จะทำกระบวนการนี้ให้โดยอัตโนมัติเมื่อบิตข้อมูลที่ส่งมีบิตข้อมูล 1 ติดต่อกัน 5 บิต ซึ่งกระบวนการเติมบิตศูนย์ สามารถแสดงได้ดังรูป 4.6 โดย Q แทนบิตข้อมูล 0 ซึ่ง PEB 2085 ทำการแทรกเข้าไปในข้อมูล

บิตข้อมูลที่ส่ง	0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0
บิตข้อมูลภายหลังกระบวนการเติมบิตศูนย์	0 1 1 1 1 1 Q 1 1 1 1 1 Q 1 1 1 1 1 Q 0

รูป 4.6 กระบวนการเติมบิตศูนย์ (Zero bit insertion)

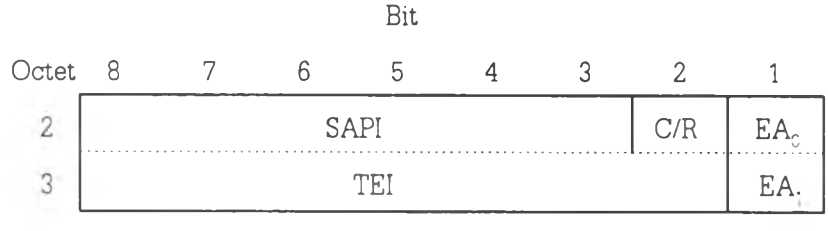
5. ชนิดของเฟรมตามมาตรฐาน LAPD

ส่วนควบคุม (Control field) ตามรูป 4.5 บอกถึงชนิดของเฟรมที่ทำการรับ-ส่ง ซึ่ง LAPD แบ่งรูปแบบของเฟรมออกเป็น 3 ชนิดด้วยกัน ดังนี้

- เฟรมข้อมูล (Information (I) frame) ประกอบไปด้วยข้อมูลของผู้ใช้ซึ่งส่งมาจาก Layer 3
- เฟรมควบคุม (Supervisory (S) frame) ใช้ควบคุมการส่งเฟรมข้อมูล โดย S-frame จะใช้สำหรับการส่งคำตอบกลับ (acknowledgment) เมื่อได้รับเฟรมข้อมูล
- เฟรมไม่มีหมายเลข (Unnumbered (U) frame) ใช้ในการสร้างและสิ้นสุดการเชื่อมต่อ แลกเปลี่ยนข้อมูลที่ไม่มีการเรียงลำดับ (nonsequenced information) เช่น ในกรณีที่เกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูลและไม่สามารถแก้ไขความผิดพลาดได้ นอกจากการให้ผู้ส่งส่งเฟรมข้อมูลนั้นมาใหม่ ผู้รับจะส่ง U-frame แจ้งไปให้ผู้ส่งทราบ เป็นต้น

6. การกำหนดตำแหน่ง (Address) ตามมาตรฐาน LAPD

ส่วนบอกตำแหน่ง (Address field) ในเฟรมข้อมูลตามมาตรฐาน LAPD ในรูป 4.5 มีชื่อเรียกว่า Data Link Connection Identifier (DLCI) ซึ่งมีความยาว 13 บิต โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ Terminal Endpoint Identifier (TEI) และ Service Access Point Identifier (SAPI) ดังแสดงในรูป 4.7



รูป 4.7 ส่วนบอกตำแหน่งของเฟรมข้อมูลตามมาตรฐาน LAPD

บิต C/R (Command/Response) ซึ่งเป็นบิตที่ 2 ในอ็อกเต็ดแรกของส่วนบอกตำแหน่งของเฟรมข้อมูลที่ส่งจากผู้ใช้ไปยังโครงข่ายจะถูกเซ็ตเป็น 0 หรือ 1 เพื่อให้เฟรมข้อมูลเป็นคำสั่งและคำตอบรับตามลำดับ ส่วนเฟรมข้อมูลที่ส่งจากโครงข่ายไปยังผู้ใช้บิต C/R จะถูกเซ็ตให้เป็น 0 หรือ 1 เพื่อให้เฟรมข้อมูลเป็นคำตอบรับและคำสั่งตามลำดับ

บิต EA มีชื่อเรียกว่า Address field extension โดยบิต EA_0 จะถูกเซ็ตเป็น 0 เพื่อให้ผู้รับทราบว่าอ็อกเต็ดนี้เป็นอ็อกเต็ดแรกของส่วนบอกตำแหน่ง (ในกรณีที่ตำแหน่งประกอบด้วย 2 อ็อกเต็ด) และบิต EA_1 จะถูกเซ็ตเป็น 1 เพื่อให้ผู้รับทราบว่าอ็อกเต็ดนี้เป็นอ็อกเต็ดสุดท้ายของส่วนบอกตำแหน่ง

การเชื่อมต่อแบบ BRI สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ปลายทางเข้ากับโครงข่าย ISDN ได้พร้อมกันถึงครั้งละ 8 อุปกรณ์ และเนื่องจาก LAPD เป็นโปรโตคอลสำหรับการติดต่อแบบจุดต่อจุด จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดตำแหน่งที่ทำให้สามารถมีเส้นทางติดต่อสื่อสารหลายเส้นทางในช่องสัญญาณ D ช่องเดียวกันได้ จึงทำให้ส่วนบอกตำแหน่งตามมาตรฐาน LAPD แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- Service Access Point Identifier (SAPI) เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างโปรโตคอล 2 ชั้นที่อยู่ติดกัน โดยเป็นจุดที่ Layer ที่อยู่สูงกว่ามาขอรับบริการจาก Layer ที่อยู่ต่ำกว่า
- Terminal Endpoint Identifier (TEI) เป็นตัวบอกจุดเชื่อมต่อปลายทางภายใน Service Access Point โดยหมายเลข TEI ของอุปกรณ์ปลายทางที่ต่ออยู่ในโครงข่ายจะถูกกำหนดโดยโครงข่าย ISDN

หมายเลขของ SAPI และ TEI ที่กำหนดในมาตรฐาน ITU-Recommendation Q.921 แสดงอยู่ในตาราง 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

ตาราง 4.2 หมายเลข SAPI ตามมาตรฐาน ITU-Recommendation Q.921

หมายเลข SAPI	กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับโปรโตคอลในส่วน Layer 3
0	สำหรับกระบวนการเริ่มต้นการเชื่อมต่อ
1	สงวนไว้สำหรับการสื่อสารแบบแพกเก็ตโดยใช้กระบวนการเริ่มต้นการเชื่อมต่อแบบ I.451
16	การสื่อสารแบบแพกเก็ต โดยใช้ X.25 PLP
63	ฟังก์ชั่นที่เกี่ยวกับการจัดการต่าง ๆ ในส่วน Layer 2

ตาราง 4.3 หมายเลข TEI ตามมาตรฐาน ITU-Recommendation Q.921

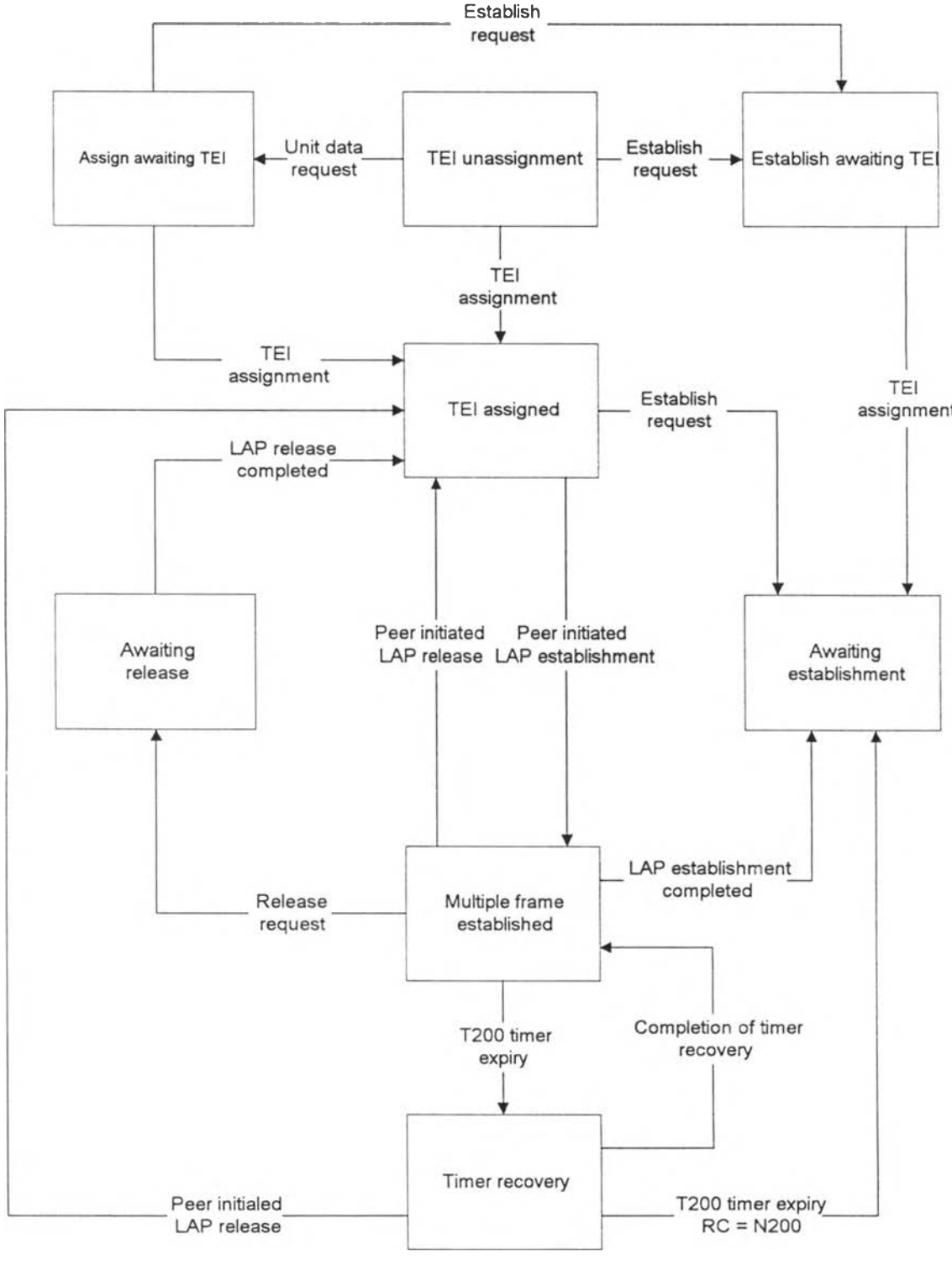
หมายเลข TEI	ชนิดของผู้ใช้
0-63	อุปกรณ์ปลายทางชนิดที่ไม่มีการกำหนดค่า TEI โดยอัตโนมัติ
64-126	อุปกรณ์ปลายทางชนิดที่มีการกำหนดค่า TEI โดยอัตโนมัติ
127	กำหนดหมายเลข TEI แบบกระจายข้อมูล (broadcast)

7. ขั้นตอนการร้องขอหมายเลข TEI (Terminal Endpoint Identifier) และเริ่มสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ D

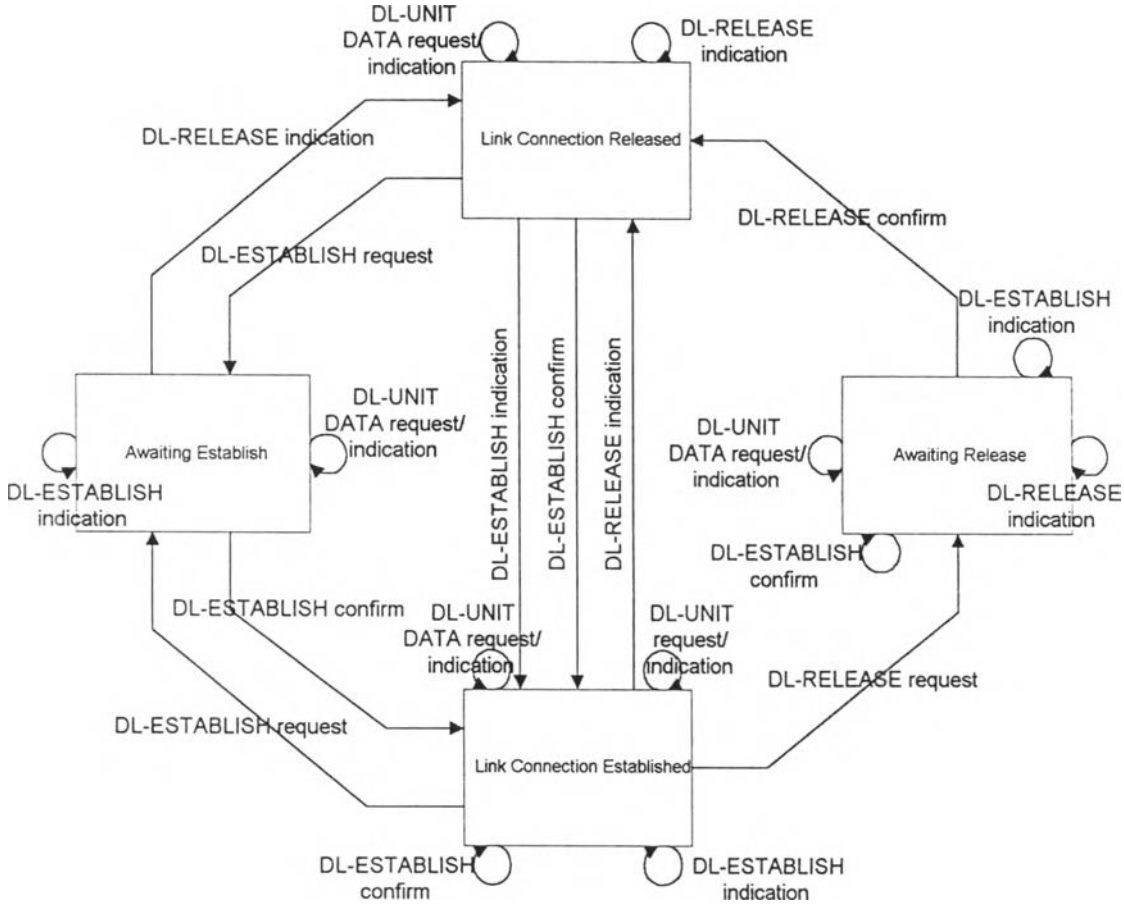
ภายหลังจากเสร็จสิ้นตามกระบวนการ Activation ในส่วน Layer 1 ดังที่ได้กล่าวในบทที่ 4 โดย TE และ LT-S อยู่ในสถานะ Activated ต่อจากนั้น TE และ LT-S จะดำเนินการติดต่อสื่อสารตามแผนภาพสภาวะในส่วน Layer 2 ที่กำหนดโดย ITU-Recommendation Q.920-921 ดังที่แสดงอยู่ในรูป 4.8 และ 4.9 ตามขั้นตอนดังนี้

1. TE อยู่ในสถานะ TEI Unassigned นั่นคือ TE ยังไม่ได้ถูกกำหนดหมายเลข TEI โดย LT-S ดังนั้น TE จะร้องขอหมายเลข TEI ไปยัง LT-S โดยการส่ง TEI Identity Request message ซึ่งส่วนบอกตำแหน่งของ UI-frame ประกอบด้วย SAPI หมายเลข 63 และ TEI หมายเลข 127 ดังที่ได้กล่าวไว้ในตารางที่ 4.2 และ 4.3
2. เมื่อ LT-S ได้รับคำร้องขอหมายเลข TEI จาก TE ก็จะตอบกลับไปด้วย UI-frame ซึ่งบรรจุ TEI Identity Assignment message และหมายเลขของ TEI โดยในซอฟต์แวร์ที่เขียนจะกำหนดให้ LT-S กำหนดหมายเลขของ TEI อยู่ในช่วง 64-126 หรือ 127 ดังตารางที่ 4.3 ทำให้ TE เปลี่ยนไปอยู่ในสถานะ TEI Assigned
3. TE จะเริ่มสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อก่อนที่จะทำการส่งข้อมูลใด ๆ ด้วยการส่งเฟรม Set Asynchronous Balanced Mode Extended (SABME) ซึ่งมีหมายเลขของ SAPI เป็น 0 (สำหรับเริ่มต้นการเชื่อมต่อ) และหมายเลขของ TEI ตามที่ LT-S กำหนดให้ในข้อที่ 2. โดยบิต P ในเฟรม SABME ถูกเซตให้เป็น 1 เพื่อให้ฝาย LT-S ตอบรับการได้รับเฟรม SABME
4. LT-S เมื่อได้รับเฟรม SABME จาก TE จะตอบกลับด้วย UA-frame (เฟรมตอบกลับการได้รับเฟรมจากอีกฝายหนึ่ง โดยเฟรมที่ส่งตอบกลับไปนั้นไม่มีหมายเลขเฟรมกำกับ) ซึ่งหมายเลขของ SAPI และ TEI จะเป็นไปตามที่รับได้จาก TE ในข้อ 3. โดยบิต F ใน UA-frame ถูกเซตเป็น 1 เพื่อให้ฝาย TE ทราบว่าเป็นเฟรมตอบรับการได้รับเฟรม SABME
5. หลังจากที่ TE ได้รับ UA-frame จาก LT-S แล้วจะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะ Multiple frame Established

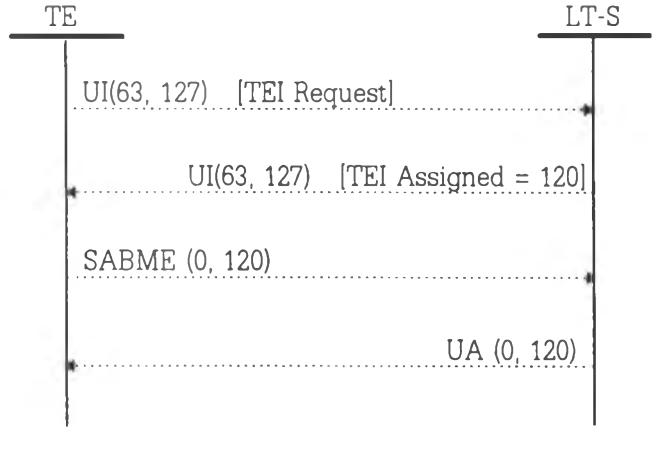
ขั้นตอนการร้องขอหมายเลข TEI และเริ่มสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อแสดงอยู่ในรูป 4.10 โดยในตัวอย่างกำหนดให้หมายเลขของ TEI ที่ LT-S กำหนดให้กับ TE คือ หมายเลข 120



รูป 4.8 แผนภาพสภาวะของ Data Link Layer



รูป 4.9 แผนภาพสภาวะของการเชื่อมต่อใน Data Link Layer ที่มองจาก Network Layer



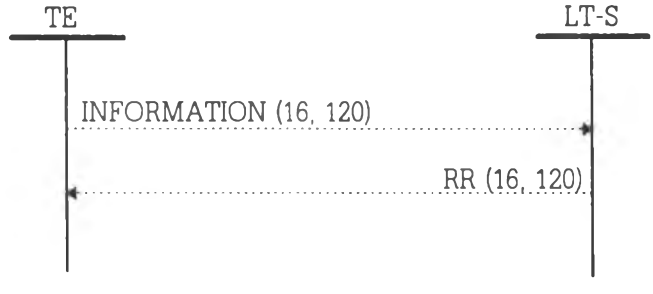
รูป 4.10 ตัวอย่างกระบวนการร้องขอหมายเลข TEI และเริ่มสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ D

ถ้า TE ส่งเฟรม SABME ไปให้ LT-S แต่ LT-S ไม่ตอบ UA-Frame กลับมาภายใน 1 วินาที[1] ตัว TE จะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะ Timer Recovery และส่งเฟรม SABME ไปให้ LT-S ใหม่ ถ้า LT-S ยังไม่ตอบกลับด้วย UA-Frame ตัว TE จะส่งเฟรม SABME ไปให้ใหม่เช่นนี้เรื่อยไปจนครบ 3 ครั้ง[2] ถ้า LT-S ยังไม่ตอบกลับด้วย UA-Frame ตัว TE จะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะ Awaiting Establishment

จากการทดสอบของหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 และ LT-S ที่ประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้ Protocol Analyzer พบว่า LT-S ตอบกลับด้วย UA-Frame ภายหลังจากได้รับเฟรม SABME เป็นเวลาโดยเฉลี่ยประมาณ 0.355 วินาที

8. ขั้นตอนการส่งข้อมูลในช่องสัญญาณ D

ภายหลังจากที่ TE ส่งเฟรม SABME ไปให้ LT-S และ LT-S ตอบกลับด้วยเฟรม UA แสดงว่าสามารถสร้างเส้นทางเชื่อมต่อระหว่าง TE และ LT-S ได้แล้ว ทำให้สามารถส่งข้อมูลของผู้ใช้ระหว่าง TE และ LT-S ได้ โดยเฟรมข้อมูลมีลักษณะดังแสดงในรูป 4.5 เมื่อ LT-S ได้รับเฟรมข้อมูลแล้ว LT-S จะตอบกลับด้วยเฟรม RR (Receive Ready) ในกรณีที่ LT-S ได้รับเฟรมข้อมูลที่ส่งไปอย่างถูกต้อง (ตรวจสอบได้จากบิต CRC) ถ้า LT-S ตอบกลับด้วยเฟรม RNR (Receive Not Ready) แสดงว่า LT-S อยู่ในสถานะที่ไม่พร้อมที่จะรับเฟรมข้อมูล (Busy condition) ฝ่าย TE จะหยุดส่งข้อมูลชั่วคราวจนกระทั่งได้รับเฟรม RR จาก LT-S จึงเริ่มส่งข้อมูลนั้นใหม่ แต่ถ้า LT-S ตอบกลับด้วยเฟรม REJ (REJect) แสดงว่าเกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูล ฝ่าย TE จะส่งข้อมูลเฟรมนั้นมาให้ LT-S ใหม่ รายละเอียดของขั้นตอนการส่งข้อมูลในช่องสัญญาณ D แสดงอยู่ในรูป 4.11



รูป 4.11 ตัวอย่างกระบวนการส่งข้อมูลในช่องสัญญาณ D

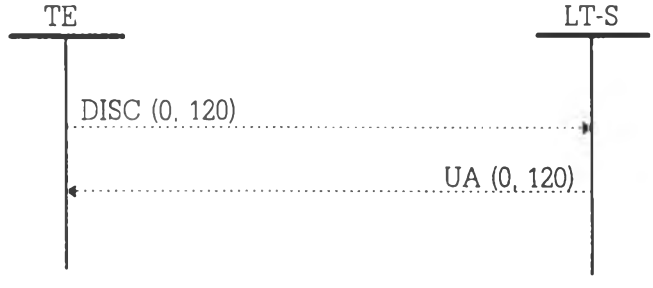
---

[1] ค่า T200 ตาม ITU Recommendation Q.921

[2] ค่า N200 ตาม ITU Recommendation Q.921

9. ขั้นตอนการร้องขอสิ้นสุดการเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ D

เมื่อการส่งข้อมูลเสร็จสิ้นแล้วหากฝาย TE ต้องการยกเลิกเส้นทางการเชื่อมต่อกับ LT-S ก็สามารถทำได้โดยการส่งเฟรม DISC (Disconnect) ไปให้ LT-S โดยภายในเฟรมจะประกอบด้วยหมายเลขของ SAPI เป็น 0 และ TEI ตามที่ LT-S กำหนดให้ในตอนแรก ซึ่งเมื่อฝาย LT-S ได้รับเฟรม DISC แล้ว LT-S จะตอบกลับด้วย UA-frame ภายหลังจากได้รับ UA-frame แสดงว่าสามารถสิ้นสุดการเชื่อมต่อระหว่าง TE และ LT-S ตัวอย่างของกระบวนการร้องขอสิ้นสุดการเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ D แสดงอยู่ในรูป 4.12



รูป 4.12 ตัวอย่างกระบวนการร้องขอสิ้นสุดการเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ D

ถ้า TE ส่งเฟรม DISC ไปให้ LT-S แต่ LT-S ไม่ตอบ UA-Frame กลับมาภายใน 1 วินาที ตัว TE จะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะ Timer Recovery และส่งเฟรม DISC ไปให้ LT-S ใหม่ ถ้า LT-S ยังไม่ตอบกลับด้วย UA-Frame ตัว TE จะส่งเฟรม DISC ไปให้ LT-S เป็นเช่นนี้เรื่อยไปจนครบ 3 ครั้ง ตัว TE จะเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะ TEI Assigned และมีสัญญาณ DL-RELEASE confirm แจ้งไปให้ Layer 3 ทราบ

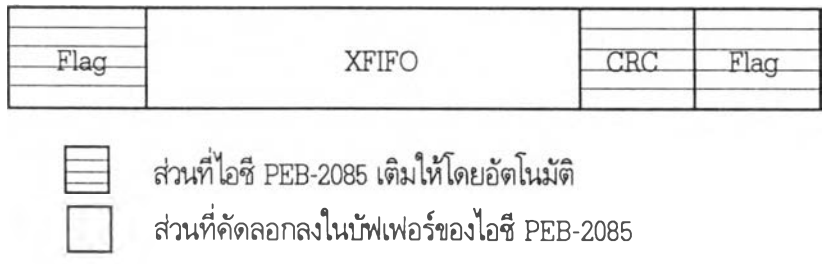
จากการทดสอบของหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 และ LT-S ที่ประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้ Protocol Analyzer พบว่า LT-S ตอบกลับด้วย UA-Frame ภายหลังจากได้รับเฟรม DISC เป็นเวลาโดยเฉลี่ยประมาณ 0.236 วินาที

10. ลักษณะของเฟรมข้อมูลในส่วน Layer 2 ของไอซี PEB-2085

การสั่งให้ไอซี PEB-2085 ทำการส่งเฟรมข้อมูลในส่วน Layer 2 นั้น ไอซี PEB-2085 มีบัฟเฟอร์ (buffer) จำนวน 32 ไบต์ ซึ่งเราจะต้องทำการคัดลอกข้อมูลที่ต้องการส่งออกไปใน S-bus ลงไปในบัฟเฟอร์ส่วนนี้ เนื่องจากว่าเฟรมข้อมูลในส่วน Layer 2 เป็นเฟรมควบคุม (S-frame) ทั้งหมด ซึ่งตามคุณสมบัติของไอซี PEB-2085 จะต้องทำการคัดลอกหมายเลขของ SAPI และ TEI (ส่วนบอกตำแหน่ง) ลงไปในสองไบต์แรกของบัฟเฟอร์ ส่วนไบต์ที่สามนั้นเป็นส่วนควบคุม (Control field) ซึ่งรายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก

I1684Ac99

๑. โดย PEB-2085 จะทำการเติมแฟล็ก (Flag) และบิตตรวจสอบความถูกต้อง (FCS) ให้โดยอัตโนมัติ ดังแสดงในรูป 4.13



รูป 4.13 ลักษณะของเฟรมข้อมูลในส่วน Layer 2 ของไอซี PEB-2085

หลังจากที่ทำการคัดลอกข้อมูลที่ต้องการส่งลงในบัฟเฟอร์เรียบร้อยแล้ว สามารถที่จะส่งข้อมูลเหล่านั้นออกไปใน S-bus ได้โดยใช้คำสั่ง Transmit Transparent Frame โดยสำหรับไอซี PEB-2085 เราสามารถใช้คำสั่งนี้ได้ด้วยการเซ็ตบิต XTF ซึ่งเป็นบิต ๆ หนึ่งที่อยู่ในรีจิสเตอร์ CMDR (ในภาคผนวก ก.)

เมื่อฝ่ายรับได้รับเฟรมข้อมูล โดยไอซี PEB-2085 ของฝ่ายรับจะมีสัญญาณอินเตอร์รัฟ Receive Message End (RME) แจ้งไปให้หน่วยประมวลผลทราบว่าได้รับเฟรมข้อมูลจากทาง S-bus หน่วยประมวลผลของฝ่ายรับจะต้องทำการตรวจสอบบิตตรวจสอบความผิดพลาด (CRC) ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ RSTA โดยไอซี PEB-2085 ของฝ่ายรับจะทำการตรวจสอบข้อมูลที่รับได้ว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นจะทำการเซ็ตบิต CRC ให้เป็น 1 ฝ่ายรับจะต้องร้องขอให้ฝ่ายส่งทำการส่งข้อมูลนั้นมาให้ใหม่ ถ้าไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น หน่วยประมวลผลของฝ่ายรับจะทำการอ่านข้อมูลที่รับได้จาก S-bus ซึ่งจะเก็บอยู่ในบัฟเฟอร์ (RFIFO) และอ่านข้อมูลที่อยู่ในไบต์ที่สามว่าเป็นสัญญาณควบคุมอะไร (เนื่องจากในสองไบต์แรกเป็นส่วนบอกตำแหน่ง) แล้วจึงทำการตอบกลับไปด้วยเฟรมข้อมูลให้สอดคล้องกับกระบวนการที่กล่าวในข้างต้น

เนื่องจากบัฟเฟอร์ของไอซี PEB-2085 มีขนาดเพียง 32 ไบต์ ดังนั้นเราจึงสามารถส่งข้อมูลได้มากสุดครั้งละ 32 ไบต์เท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ต้องการส่งมีขนาดมากกว่า 32 ไบต์ ทางฝ่ายส่งจะต้องทำการแบ่งข้อมูลเหล่านั้นออกเป็นส่วน ๆ ละ 32 ไบต์หรือน้อยกว่า 32 ไบต์ (ส่วนสุดท้ายของข้อมูล) แล้วจึงดำเนินการตามกระบวนการข้างต้น ในกรณีที่ข้อมูลที่ส่งมีขนาด 32 ไบต์ หน่วยประมวลผลของฝ่ายรับจะรับรู้ว่าได้รับข้อมูลจำนวน 32 ไบต์จาก S-bus เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัฟ Receive Pool Full (RPF) จากไอซี PEB-2085 แจ้งมาให้หน่วยประมวลผลทราบ ยกเว้นในกรณีที่เฟรมข้อมูลในส่วนสุดท้ายมีขนาดน้อยกว่า 32 ไบต์ ไอซี PEB-2085 จะมีสัญญาณอินเตอร์รัฟ Receive Message End (RME) แจ้งไปให้หน่วยประมวลผลทราบ หน่วยประมวลผลของฝ่ายรับจะอ่านข้อมูลซึ่งเก็บอยู่ในบัฟเฟอร์ (RFIFO) โดยในกรณีที่ได้รับสัญญาณอินเตอร์รัฟ

Receive Pool Full จะต้องอ่านข้อมูลจากบัฟเฟอร์ทั้ง 32 ไบต์ แต่ในกรณีที่ได้รับสัญญาณอินเตอร์รัพ Receive Message End หน่วยประมวลจะทราบถึงจำนวนไบต์ของข้อมูลที่รับได้จาก S-bus ได้จากข้อมูลซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ RBCL และ RBCH ของไอซี PEB-2085 แล้วจึงอ่านข้อมูลจากบัฟเฟอร์ (RFIFO) ตามจำนวนไบต์นั้น

เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ก่อนที่ทางฝ่ายส่งจะทำการส่งข้อมูลเฟรมต่อไปออกไปใน S-bus จะต้องได้รับเฟรมตอบรับ (Acknowledgment) ของเฟรมข้อมูลที่ส่งไปก่อนหน้าจากฝ่ายรับก่อน (Window Size[3] = 1) ซึ่งสำหรับไอซี PEB-2085 เราสามารถรู้ได้ว่าไอซีกำลังรอเฟรมตอบรับของเฟรมข้อมูลก่อนหน้าที่ส่งไปอยู่หรือไม่จากบิต Wait For Acknowledgment (WFA) ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ STAR2 โดยถ้าบิตนี้ถูกเซ็ตเป็น 1 แสดงว่าฝ่ายส่งยังไม่ได้รับเฟรมตอบรับการได้รับเฟรมจากฝ่ายรับ จะต้องรอให้บิต WFA เป็น 0 ก่อนที่จะส่งข้อมูลเฟรมต่อไปได้

<u>รายละเอียดซอฟต์แวร์ในส่วน Layer 3</u>

รูปแบบของเฟรมในส่วน Layer 3 มีลักษณะดังในรูปที่ 4.14

Bit								
8	7	6	5	4	3	2	1	Octet
Protocol Discriminator								1
0	0	0	0	Length of CRV				2
CRF	Call Reference Value							3
0	Message Type							
Other information elements, as required								

รูป 4.14 รูปแบบของเฟรมในส่วน Layer 3

ส่วนประกอบของเฟรมข้างต้น มีดังนี้

[3] คือ จำนวนเฟรมข้อมูลมากที่สุดที่ฝ่ายส่งสามารถส่งออกไปได้ก่อนที่จะได้รับสัญญาณตอบรับจากฝ่ายรับ

- Protocol Discriminator บอกชนิดของโปรโตคอลที่ใช้ในการส่งข้อความ (Message) สำหรับ ITU-Recommendation Q.931 กำหนดให้เป็น 00001000B
- Call Reference Value (CRV) บอกให้ทราบว่าเป็นเฟรมที่ใช้ในการติดต่อแบบท้องถิ่นระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย (local user-network interface)
- Message Type บอกชนิดของข้อความที่ส่ง

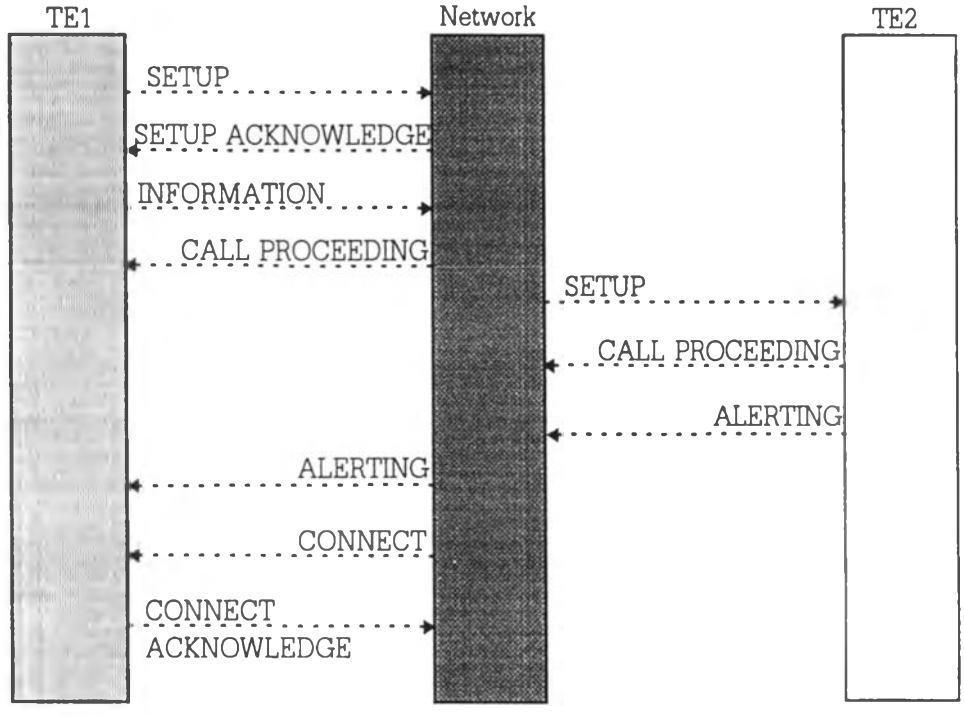
รายละเอียดเพิ่มเติมสามารถศึกษาได้จากรายการอ้างอิง [1], [2], [3] และ [13]

ซอฟต์แวร์ในส่วน Layer 3 เกี่ยวข้องกับการเริ่มต้นการเชื่อมต่อ การส่งข้อมูล และการสิ้นสุดการเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ B ดังรายละเอียดต่อไปนี้

11. ขั้นตอนการขอเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ B

TE1 ส่งเฟรม SETUP ไปให้ LT-S ซึ่งถ้าภายในเฟรม SETUP ไม่มีหมายเลขของ TE2 ซึ่ง TE1 ต้องการเชื่อมต่อด้วย LT-S จะส่งเฟรม SETUP ACKNOWLEDGE ไปให้ TE1 เพื่อร้องขอหมายเลขของ TE2 เมื่อ TE1 ได้รับเฟรม SETUP ACKNOWLEDGE แล้วจะส่งเฟรม INFORMATION ซึ่งภายในบรรจุหมายเลขของ TE2 ไปให้ LT-S เมื่อ LT-S ได้รับเฟรม INFORMATION แล้วจะเริ่มสร้างเส้นทางเชื่อมต่อกับ TE2 และมีเฟรม CALL PROCEEDING แจ้งไปให้ TE1 ทราบว่าขณะนี้กำลังสร้างเส้นทางเชื่อมต่อ เมื่อสามารถสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อกับ TE2 ได้แล้วจะมีเฟรม ALERTING และ CONNECT แจ้งไปให้ TE1 ทราบ ต่อจากนั้น TE1 จะตอบกลับด้วยเฟรม CONNECT ACKNOWLEDGE นั่นคือสามารถสร้างเส้นทางเชื่อมต่อระหว่าง TE1 และ TE2 ในช่องสัญญาณ B ได้ ขั้นตอนการขอเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ B แสดงอยู่ในรูป 4.15

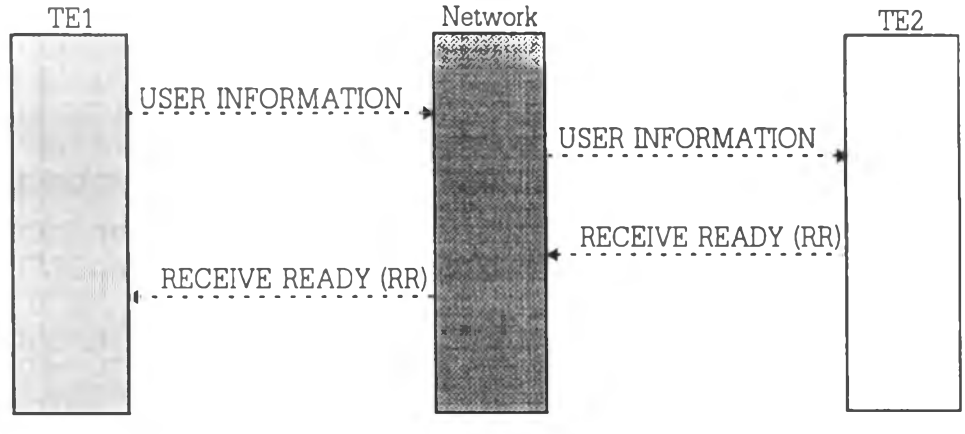
TE1 อาจจะส่งหมายเลขของ TE2 ไปให้ LT-S โดยบรรจุหมายเลขของ TE2 ลงในเฟรม SETUP โดยหลังจาก LT-S ได้รับเฟรม SETUP แล้วจะตอบกลับด้วยเฟรม CALL PROCEEDING



รูป 4.15 ขั้นตอนการขอเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ปลายทางในช่องสัญญาณ B

12. ขั้นตอนการส่งข้อมูลในช่องสัญญาณ B

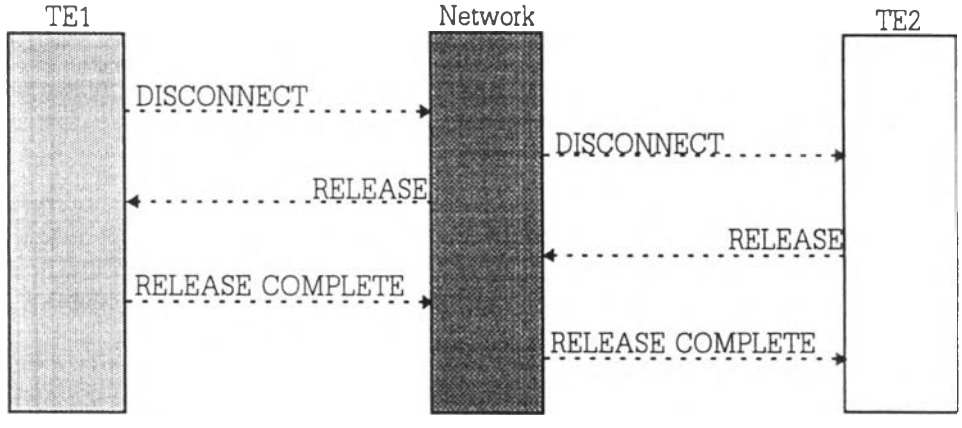
หลังจากการสร้างเส้นทางเชื่อมต่อระหว่าง TE1 และ TE2 ในช่องสัญญาณ B แล้ว TE1 จึงสามารถส่งเฟรมข้อมูลให้กับ TE2 ได้ เมื่อ TE2 ได้รับเฟรมข้อมูลของ TE1 แล้วจะตอบกลับด้วยเฟรม RR (Receive Ready) ดังแสดงในรูป 4.16



รูปที่ 4.16 ขั้นตอนการส่งข้อมูลในช่องสัญญาณ B

13. ขั้นตอนการขอยกเลิกการเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ B

TE1 ส่งเฟรม DISCONNECT ไปให้ LT-S ต่อจากนั้น LT-S จะส่งเฟรม DISCONNECT ไปให้ TE2 และจะส่งเฟรม RELEASE แจ้งไปให้ TE1 ทราบ เมื่อ TE1 ได้รับเฟรม RELEASE แล้วจะตอบกลับด้วยเฟรม RELEASE COMPLETE นั่นคือสามารถยกเลิกเส้นทางการเชื่อมต่อระหว่าง TE1 และ TE2 ในช่องสัญญาณ B ได้ ขั้นตอนการขอยกเลิกการเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ B แสดงอยู่ในรูป 4.17



รูปที่ 4.17 ขั้นตอนการขอยกเลิกการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ปลายทางในช่องสัญญาณ B