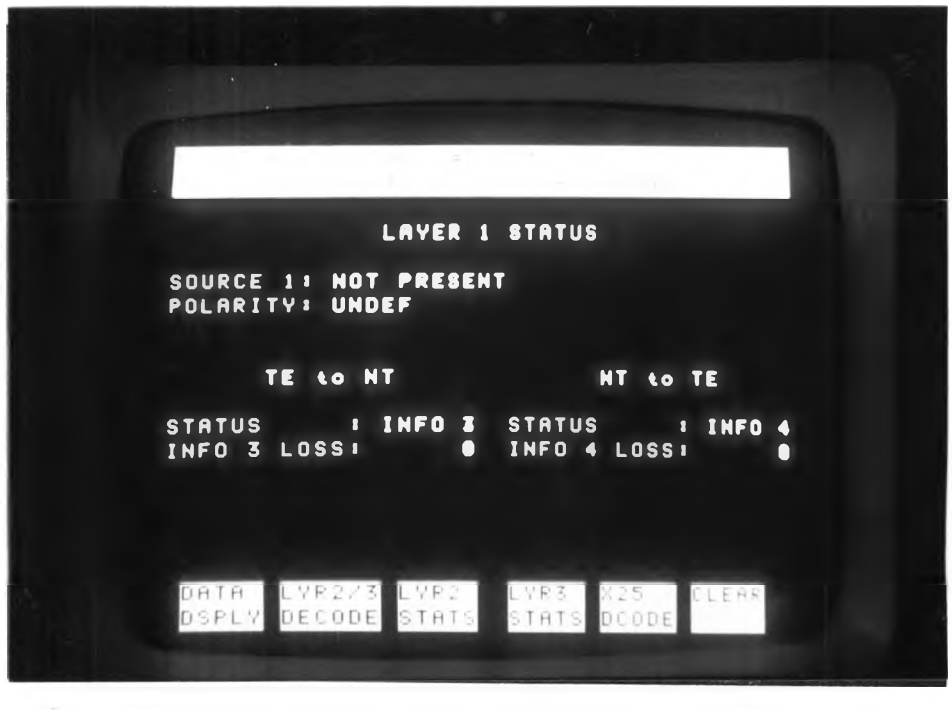
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

ผลการทดสอบการทำงานของระบบโดยรวม

ผลการทดสอบในส่วน Layer 1

เมื่อนำซอฟต์แวร์ที่เขียนด้วยภาษาแอสเซมบลีสำหรับหน่วยประมวลผล 8031 มาทดสอบการทำงานของระบบซึ่งประกอบด้วยหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 และ LT-S โดยใช้ Protocol Analyzer ตรวจสอบ (ลักษณะการต่อ Protocol Analyzer แสดงอยู่ในรูป 3.6) โดยให้หน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 ร้องขอการเชื่อมต่อ, ส่งข้อมูล และขอยกเลิกการเชื่อมต่อจากแบบจำลองโครงข่าย ISDN ที่จุดอ้างอิงมาตรฐาน S (LT-S) ผลปรากฏว่าระบบสามารถทำงานในส่วน Layer 1 ได้ถูกต้องตามมาตรฐาน ITU Recommendation I.430-431 กล่าวคือสามารถร้องขอการแอคติเวต และดีแอคติเวตได้ ภายหลังจากที่ระบบแอคติเวตแล้วระบบมีเสถียรภาพโดยสัญญาณที่โต้ตอบกันระหว่างหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 และ LT-S เป็นสัญญาณ INFO3 และ INFO4 ตลอดเวลาไม่มีสัญญาณสูญเสีย (Loss) ดังแสดงในรูป 5.1



รูป 5.1 ภาพถ่ายจอ Protocol Analyzer แสดงสัญญาณที่รับ-ส่งในส่วน Layer 1

ผลการทดสอบในส่วน Layer 2

ผลการทดสอบในส่วนของ Layer 2 พบว่าหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 และ LT-S ที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถส่งเฟรมโต้ตอบกันเพื่อขอกำหนดหมายเลข TEI, ขอเริ่มต้นการเชื่อมต่อ (SABME), ส่งเฟรมข้อมูล (Information) และเฟรมขอสิ้นสุดการเชื่อมต่อ (DISC) ตามมาตรฐาน ITU Recommendation Q.920-921 ดังแสดงในรูป 5.2, 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ

รูป 5.2[4] เฟรมโต้ตอบระหว่างหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 และ LT-S เพื่อร้องขอกำหนดหมายเลข TEI ซึ่งตรวจจับได้โดย Protocol Analyzer

[4] แถวที่ไม่มีแถบสีเขียวปรากฏอยู่คือเฟรมข้อมูลที่ TE ส่งให้ LT-S ส่วนแถวที่มีแถบสีเขียวปรากฏอยู่คือเฟรมข้อมูลที่ LT-S ส่งให้ TE

จากรูป 5.2 หน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 ร้องขอหมายเลขของ TEI โดยส่งเฟรม ID Request ไปให้ LT-S หลังจากได้รับเฟรม ID Request แล้ว LT-S จะทำการกำหนดหมายเลข TEI ให้กับหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 โดยหมายเลขของ TEI จะส่งมากับเฟรม TEI Assigned

รูป 5.3 เฟรมโต้ตอบระหว่างหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 และ LT-S เพื่อขอเริ่มต้นการเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ D ซึ่งตรวจจับได้โดย Protocol Analyzer

จากรูป 5.3 หน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 เป็นฝ่ายขอเริ่มต้นการเชื่อมต่อโดยส่งเฟรม SABME ไปให้ LT-S ต่อจากนั้น LT-S ตอบกลับโดยส่งเฟรม UA กลับมาให้หน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 เป็นไปตามขั้นตอนการร้องขอหมายเลข TEI และขอเริ่มต้นการเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ D ซึ่งแสดงในรูป 4.10

รูป 5.4 เฟรมโต้ตอบระหว่างหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 และ LT-S เพื่อส่งข้อมูลในช่องสัญญาณ D ซึ่งตรวจจับได้โดย Protocol Analyzer

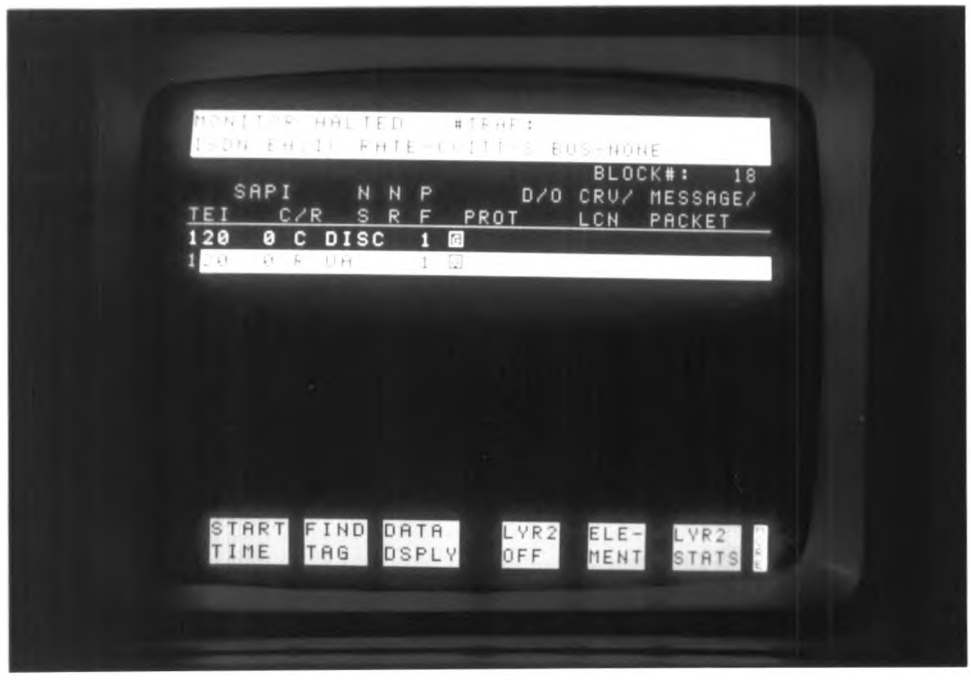
จากรูป 5.4 ภายหลังจากได้รับเฟรม UA แล้วหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 จึงสามารถส่งเฟรมข้อมูลไปให้ LT-S ซึ่งหลังจากได้รับเฟรมข้อมูลแล้ว LT-S ตอบกลับโดยส่งเฟรม RR (Receive Ready) กลับไปให้หน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 เป็นไปตามขั้นตอนการส่งข้อมูลระหว่าง TE และ LT-S ในช่องสัญญาณ D ซึ่งแสดงในรูป 4.11

ตามรายละเอียดของไอซี PEB-2085 ที่กล่าวถึงในหัวข้อ 10 ของบทที่ 4 ว่าไอซี PEB-2085 สามารถส่งข้อมูลได้มากสุดครั้งละ 32 ไบต์ จากการทดสอบการทำงานของระบบโดยการให้หน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 ส่งข้อมูลผ่าน S bus ไปให้แบบจำลองโครงข่าย ISDN ที่จุดอ้างอิงมาตรฐาน S พบว่าถ้าข้อมูลที่ส่งมีความยาวน้อยกว่า 28 ไบต์ ข้อมูลที่ส่งทั้งหมดจะถูกต้อง แต่ถ้าส่งข้อมูลที่มีความยาวตั้งแต่ 28 ถึง 32 ไบต์ จะมีบางไบต์ของข้อมูลเกิดความผิดพลาดขึ้นในการส่งบางครั้งตามสถิติที่บันทึกไว้ในตาราง 5.1 ซึ่งจะทำให้เฟรมข้อมูลทั้งหมดเกิดความผิดพลาดในการส่งครั้งนั้น

ตาราง 5.1 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งในช่องสัญญาณ D

ความยาวข้อมูลที่ส่ง (ไบต์)	จำนวนครั้งที่ส่ง	จำนวนครั้งที่รับได้ถูกต้อง	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
น้อยกว่า 28	20	20	100%
28	20	19	95%
29	20	19	95%
30	20	18	90%
31	20	16	80%
32	20	16	80%

ซึ่งถ้าเฟรมข้อมูลที่หน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 ส่งให้ LT-S เกิดความผิดพลาดขึ้น LT-S จะตอบกลับด้วยเฟรม REJECT (REJ) ซึ่งหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 จะต้องส่งเฟรมข้อมูลนั้นมาให้ LT-S ใหม่

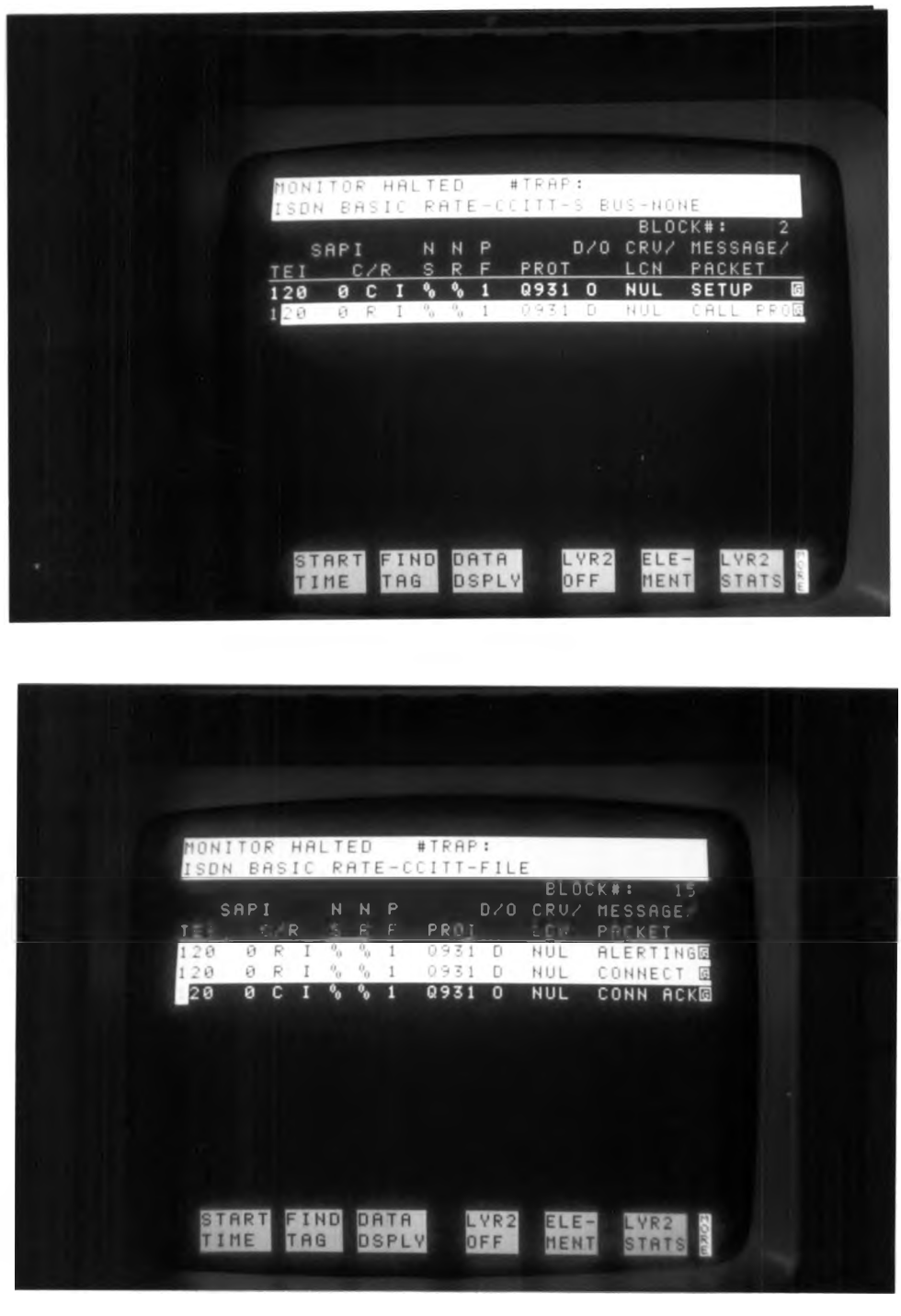


รูป 5.5 เฟรมโต้ตอบระหว่างหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 และ LT-S เพื่อขอสิ้นสุดการเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ D ซึ่งตรวจจับได้โดย Protocol Analyzer

จากรูป 5.5 หลังจากการส่งข้อมูลสิ้นสุดลงแล้วหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 สามารถขอสิ้นสุดการเชื่อมต่อได้โดยส่งเฟรม DISC ไปให้ LT-S ต่อจากนั้น LT-S ตอบกลับโดยส่งเฟรม UA กลับมาให้หน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 เป็นไปตามขั้นตอนการขอยกเลิกการเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ D ซึ่งแสดงในรูป 4.12 หลังจากได้รับเฟรม UA จาก LT-S แสดงว่าสามารถสิ้นสุดการเชื่อมต่อระหว่างหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 และ LT-S

ผลการทดสอบในส่วน Layer 3

ผลการทดสอบการทำงานในส่วนของ Layer 3 ของหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 และแบบจำลองโครงข่าย ISDN (LT-S) พบว่าสามารถส่งเฟรมเพื่อขอสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อ (SETUP), ส่งเฟรมข้อมูล และเฟรมเพื่อขอสิ้นสุดการเชื่อมต่อ (RELEASE) ในช่องสัญญาณ B ได้ตามมาตรฐาน ITU-Recommendation Q.930-931 ดังแสดงในรูป 5.6, 5.7 และ 5.8 ตามลำดับ



รูป 5.5 เฟรมโต้ตอบระหว่างหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 และ LT-S เพื่อขอเริ่มต้นการเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ B ซึ่งตรวจจับได้โดย Protocol Analyzer

จากรูป 5.6 หน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 (ต่อไปเรียกว่า TE1) ต้องการสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อกับ LT-S ในช่องสัญญาณ B โดยการส่งเฟรม SETUP ซึ่งภายในเฟรมประกอบด้วยหมายเลขของอุปกรณ์ปลายทางที่ต้องการติดต่อด้วย (ต่อไปเรียกว่า TE2) ไปให้ LT-S ต่อจากนั้น LT-S จะทำการสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อกับ TE2 และส่งเฟรม CALL PROCEEDING แจ้งไปให้ TE1 ทราบ

เมื่อ LT-S สามารถสร้างเส้นทางเชื่อมต่อกับ TE2 ได้แล้วจะส่งเฟรม ALERTING และ CONNECT แจ้งให้ TE1 ทราบ หลังจากนั้น TE1 จะตอบกลับด้วยเฟรม CONNECT ACKNOWLEDGE นั่นคือสามารถสร้างเส้นทางการเชื่อมต่อระหว่าง TE1 และ TE2 ในช่องสัญญาณ B ได้ตามขั้นตอนการขอเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ B ซึ่งแสดงในรูป 4.15

รูป 5.7 เฟรมโต้ตอบระหว่างหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผานทางพอร์ต RS232 และ LT-S เพื่อส่งข้อมูลในช่องสัญญาณ B ซึ่งตรวจจับได้โดย Protocol Analyzer

จากรูป 5.7 หลังจากที่สามารถสร้างเส้นทางเชื่อมต่อระหว่าง TE1 และ TE2 ในช่องสัญญาณ B ได้แล้ว TE1 จึงสามารถส่งข้อมูลให้กับ TE2 ซึ่งหลังจากได้รับข้อมูลแล้ว TE2 จะตอบกลับด้วยเฟรม RR (Receive Ready) เป็นไปตามขั้นตอนการส่งข้อมูลในช่องสัญญาณ B ซึ่งแสดงในรูป 4.16

จากการทดสอบให้หน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 ส่งข้อมูลให้กับ LT-S โดยทดลองเปลี่ยนความยาวของข้อมูลที่ส่ง ได้ผลตามสถิติที่บันทึกไว้ในตาราง 5.2

ตาราง 5.2 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งในช่องสัญญาณ B

ความยาวข้อมูลที่ส่ง (ไบต์)	จำนวนครั้งที่ส่ง	จำนวนครั้งที่รับได้ถูกต้อง	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
น้อยกว่า 30	20	20	100%
30	20	19	95%
31	20	19	95%
32	20	17	85%

จากตาราง 5.2 จะเห็นได้ว่าถ้าข้อมูลที่ส่งมีความยาวน้อยกว่า 30 ไบต์ ข้อมูลที่รับได้ทั้งหมดจะถูกต้อง ข้อมูลที่รับได้จะผิดพลาดเมื่อข้อมูลที่ส่งมีความยาวมากกว่า 30 ไบต์ ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวมีลักษณะคล้ายคลึงกับผลการทดสอบการส่งข้อมูลทางช่องสัญญาณ D

รูป 5.8 เฟรมโต้ตอบระหว่างหน่วยเชื่อมต่อโครงข่าย ISDN สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ต RS232 และ LT-S เพื่อขอสิ้นสุดการเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ B ซึ่งตรวจจับได้โดย Protocol Analyzer

ในรูป 5.8 TE1 ต้องการยกเลิกเส้นทางการเชื่อมต่อกับ TE2 ในช่องสัญญาณ B โดยการส่งเฟรม DISCONNECT ไปให้ LT-S ต่อจากนั้น LT-S จะส่งเฟรม DISCONNECT แจ้งให้ TE2 ทราบ และส่งเฟรม RELEASE กลับไปให้ TE1 หลังจากได้รับเฟรม DISCONNECT แล้ว TE1 จะตอบกลับด้วยเฟรม RELEASE COMPLETE นั่นคือสามารถยกเลิกการเชื่อมต่อระหว่าง TE1 และ TE2 ในช่องสัญญาณ B ได้ตามขั้นตอนการขอยกเลิกการเชื่อมต่อในช่องสัญญาณ B ซึ่งแสดงในรูป 4.17