บทที่ 5

โปรโตคอลชั้นเชื่อมโยงข้อมูล
(Data Link Layer Protocol)

Signalling หมายถึง กฎ ระเบียบ และวิธีที่ใช้ถ่ายโอน ข้อมูลของสัญญาณควบคุม เพื่อเริ่มต้น (setup) การคงไว้ (maintain) และ ยกเลิก (clear down) การเชื่อมต่อ ระหว่างโหนดสองโหนดภายในโครงข่ายสื่อสารข้อมูล และโหนดในที่นี้ หมายถึงอุปกรณ์สื่อสารปลายทาง ด้านผู้ใช้บริการ (User Terminal Equipment) ชุมสายท้องถิ่น (Local Exchange) ชุมสายต่อผ่าน (Transit Exchange) และศูนย์กลางควบคุมการดำเนินงานของโครงข่าย (Network Operations Center) หรือศูนย์กลางบริการอื่นๆ ที่อาจจะมีขึ้นใหม่ Signalling Protocols ในโครงข่าย ISDN จะจัดแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. โปรโตคอลที่บริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่าง ผู้ใช้บริการ กับโครงข่าย (User-Network Interface Signalling Protocols) ประกอบด้วย ISDN User-Network Basic Rate Interface (2B+D) และ Primary Rate Interface (23B+D หรือ 30B+D) โดยใช้ชุด โปรโตคอล CCITT Q.921-Q931 และสามารถประยุกต์ใช้กับ PBX-to-Exchange Terminal Equipment Interface และ Direct PBX-to-PBX Interface ผ่านสายเช่า (Leased-line circuits)

2. โปรโตคอลระหว่างชุมสาย (Interexchange signalling protocols) ใช้กับการเชื่อมต่อ ระหว่างชุมสายท้องถิ่น กับชุมสายต่อผ่าน และระหว่างชุมสาย กับศูนย์การควบคุมการดำเนินงาน ของโครงข่าย หรือศูนย์ให้บริการอื่นๆ โดยใช้ชุดโปรโตคอล CCITT Signalling No.7 ซึ่งข้อมูล Signalling จะผ่านทาง Common Channel Interoffice Signalling (CCIS) โดยใน network นี้ จะประกอบไปด้วย signal transfer points (STP)

3. โปรโตคอล ระหว่างชุมสายเพ็กเกจ (Interexchange Packet Signalling Protocols) ใช้กับการเชื่อมต่อ ระหว่างชุมสายต่อผ่านแบบเพ็กเกจ ในกรณีนี้ โปรโตคอลที่ใช้ยังไม่เป็นมาตรฐาน ระหว่างประเทศ แต่เราสามารถใช้ CCITT X.75 ซึ่งนิยามให้เป็น โปรโตคอลมาตรฐานระหว่างโครงข่ายเพ็กเกจ

Protocols ทุกชุดที่กล่าวมาแล้วนั้น ทาง CCITT ได้ศึกษาและทำมาตรฐานบนพื้นฐานของแนวความคิดแบบชั้น (Layer) ใน Open System Interconnection (OSI) ที่เกิดจากการทำงานร่วมกันของ CCITT และ ISO ซึ่งเป็นหน่วยงาน ที่มีหน้าที่กำหนดมาตรฐานในประเทศ และท้อง-

ถิ่นต่างๆ เช่น T.1 ในสหรัฐอเมริกา CEPT ในประเทศทางด้านยุโรป และ TTC ในประเทศญี่ปุ่น โดยได้กำหนดมาตรฐานของชาติ หรือท้องถิ่น โดยอาศัย CCITT Recommendations เป็นพื้นฐาน เนื้อหาหลักที่จะพิจารณาในที่นี้ คือ โปรโตคอลที่จุดเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้บริการกับโครงข่าย โดยอ้างอิงจาก Signalling Protocol No.7 ให้สัมพันธ์กับการทำงานของโปรโตคอลนี้

5.1 โปรโตคอลที่จุดเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้บริการกับโครงข่าย ISDN

โปรโตคอลที่จุดเชื่อมต่อ ระหว่างผู้ใช้บริการ กับโครงข่าย จะใช้มาตรฐานโปรโตคอล CCITT Recommendations Q.920-Q.921 ใช้ใน Data Link Layer และ Q.930-Q.931 ใน Network Layer โดยจะประยุกต์ใช้ร่วมกับ Physical Layer ของ CCITT Recommendations I.430 สำหรับ 2B+D และ I.431 สำหรับ 23B+D หรือ 30B+D ที่จุดอ้างอิง S และ T แม้ว่าจะมีการใช้มาตรฐานหลายชุด ที่แตกต่างกันใน Physical Layer แต่เรายังก็สามารถใช้โปรโตคอล Q.921 (layer 2) และ Q.931 (layer 3) กับ Physical Layer Protocols I.430 และ I.431 ได้ นอกจากนี้ การออกแบบในลักษณะสมมาตร ของโปรโตคอลใน layer 2 และ layer 3 ทำให้สามารถ นำมาประยุกต์ใช้กับการรับส่งสัญญาณ signalling โดยตรงระหว่าง PBX กับ PBX ในข่ายวงจรเช่าได้ (Private Network)

แนวคิดที่สำคัญที่สุด ประการหนึ่งของโครงข่าย ISDN ก็คือ การมีนิยามที่ชัดเจนของ User Network Interfaces และโปรโตคอลที่จะใช้ ซึ่งทำให้การพัฒนาอุปกรณ์สื่อสารทางด้านผู้ใช้บริการเป็นไปอย่างอิสระ โดยที่ยังมี ความเข้ากันได้กับโครงข่ายอยู่ การศึกษาเรื่องนี้ เริ่มต้นโดย CCITT ในปี 1981 พร้อมกับ การศึกษาในแง่อื่นๆ ของ ISDN ผลการศึกษาครั้งแรกได้ถูกตีพิมพ์ในปี 1984 CCITT Recommendations (Red book) ปัจจุบันการศึกษา ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องอยู่ที่ CCITT และองค์กรที่กำหนดมาตรฐานภายในประเทศ และท้องถิ่นต่างๆ เพื่อเป็นการผลักดันให้โปรโตคอลสำหรับการบริการพื้นฐานเด่นชัดขึ้น รวมทั้งให้นิยาม สำหรับบริการสนับสนุนการดำเนินงาน การบริหาร และการซ่อมบำรุง

5.1.1 เกณฑ์พื้นฐานที่ต้องการ

รูปลักษณ์ใหม่ เมื่อเทียบกับโปรโตคอล ที่จุดเชื่อมต่อ ระหว่างผู้ใช้บริการกับโครงข่ายที่มีอยู่เดิมแล้ว เช่น โปรโตคอล X.21 ที่ใช้สำหรับ Circuit Switched Data Networks และ X.25 ที่ใช้สำหรับ Packet Switched Data Network จะเห็นว่าโปรโตคอลที่จุดเชื่อมต่อ ระหว่างผู้ใช้บริการกับโครงข่าย ISDN มีรูปลักษณ์ใหม่ ซึ่งจะเข้ากับเกณฑ์พื้นฐาน ที่ต้องการ สำหรับ ISDN ได้แก่

1. ให้การสนับสนุนทั้งบริการแบบ Circuit Switching และ Packet Switching โดยใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อเดียวกัน

2. ให้การสนับสนุนรูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์สื่อสารของผู้ใช้บริการหลายชนิด เช่น

การต่อแบบจุดหนึ่งไปยังหลายจุด (Passive bus) และการต่อแบบจุดต่อจุด

3. ให้การสนับสนุน การเรียกติดต่อสื่อสารหลายแบบผ่านอุปกรณ์เชื่อมต่ออันเดียวกัน โดยใช้ Out of Band Signalling ใน D channel

4. ให้การสนับสนุน การตรวจสอบความเข้ากันได้ ระหว่างอุปกรณ์สื่อสารปลายทางของผู้เรียก และอุปกรณ์สื่อสารปลายทางผู้ถูกเรียก ถ้าอุปกรณ์สื่อสารปลายทางทั้งสองด้าน เข้ากันได้ ก็จะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้

5. สามารถใช้งานได้ง่ายสำหรับบุคคลทั่วไป กล่าวคือ ข้อกำหนดของโปรโตคอลต้องสามารถทำให้บุคคลทั่วไป สามารถซื้ออุปกรณ์สื่อสารปลายทางมาใช้ได้ โดยวิธีการใช้ไม่ซับซ้อนเกินไป กล่าวคือ จะต้องใช้งานได้ง่ายเหมือนการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าในปัจจุบันนั่นเอง

5.1.2 ลักษณะของโปรโตคอล LAP-D

โปรโตคอลที่ใช้ในช่องสัญญาณ D ภายในโครงข่าย ISDN เรียกว่า LAP-D ซึ่งทำหน้าที่ ในการควบคุมการรับส่งข้อมูล ในรูปของเฟรมข้อมูล การกำหนดรูปแบบของข้อมูล การตรวจสอบข้อผิดพลาด ในการส่งข้อมูล และการควบคุมการไหลของข้อมูลผ่านโครงข่าย ซึ่งจะเป็นไปตามข้อกำหนดของ CCITT Recs I.440 และ I.441 โดยที่พื้นฐาน มาจากโปรโตคอล HDLC ที่ถูกกำหนดโดย ISO

ในการส่งข้อมูลจากชั้นโครงข่าย (Network layer) ไปยังชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link layer) เพื่อส่งข้อมูลไปในช่องสัญญาณ D สามารถทำได้ด้วยการส่งสัญญาณร้องขอจากชั้นที่ 3 ไปยังชั้นที่ 2 โดยอาศัย Service Primitive ซึ่งทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลและควบคุมการติดต่อสื่อสารระหว่างชั้นข้างเคียง (ชั้นที่ 1 และ ชั้นที่ 3) โดยที่ Privitive ที่ใช้จะแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

1. Request เป็น Primitive ที่ส่งจากชั้นที่สูงกว่า ไปยังชั้นที่ต่ำกว่า เพื่อใช้บริการของชั้นที่ต่ำกว่า

2. Indication เป็น Primitive ที่ส่งจากชั้นที่ต่ำกว่า ซึ่งเป็นผู้ให้บริการแจ้งไปยัง ชั้นที่สูงกว่า ซึ่งเป็นผู้ขอใช้บริการ เพื่อรายงานการปฏิบัติงาน

3. Response เป็น Primitive ที่ส่งจากชั้นที่สูงกว่าเพื่อตอบรับว่าได้รับ Indication จากชั้นที่ต่ำกว่า

4. Confirm เป็น Primitive ของชั้นที่ต่ำกว่า หรือชั้นที่ให้บริการใช้ในการแจ้งให้ผู้ขอใช้บริการทราบว่า ได้ทำงานตามคำขอเรียบร้อยแล้ว

5.1.3 หน้าที่ของโปรโตคอล LAP-D

โปรโตคอล LAP-D สามารถให้บริการ การเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุด หรือจุดต่อหลายจุดบนช่องทางการสื่อสารเดียวกันได้ ทำให้ผู้ใช้บริการโครงข่าย ISDN สามารถที่จะ ทำการเชื่อมต่อ

อุปกรณ์สื่อสารปลายทาง ได้หลายตัว เพราะโปรโตคอล LAP-D อนุญาติให้มี Entity หลายตัวในชั้นเชื่อมโยงข้อมูล ที่ให้บริการกับ Entity ภายในชั้นโครงข่ายได้ ทำให้เรา สามารถเชื่อมต่อวงจรสื่อสารข้อมูลในชั้นที่ 2 ได้มากกว่า 1 วงจร ด้วยการรับส่งข้อมูล ที่มีรูปแบบในลักษณะเฟรมตามข้อกำหนดของโปรโตคอล LAP-D ที่เรียกว่า Data Link Connection Indentical (DLCI) ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึง ความแตกต่าง ของวงจรเชื่อมต่อข้อมูลแต่ละวงจร นอกจากนี้ โปรโตคอล LAP-D ยังมีหน้าที่ในการกำหนดขอบเขตของเฟรมข้อมูลควบคุมลำดับการรับส่งเฟรมข้อมูล ในวงจรเชื่อมต่อข้อมูล ให้เป็นไปตามลำดับที่ถูกต้อง เพื่อทำให้สามารถส่งกลุ่มบิตข้อมูล ไปในช่องสัญญาณ D ได้ และยังมีหน้าที่ ในการตรวจสอบข้อผิดพลาด ที่เกิดขึ้นในวงจรเชื่อมต่อข้อมูล การแก้ไขข้อผิดพลาดที่ตรวจพบ และถ้าแก้ไขไม่ได้ก็จะแจ้งให้ชั้นที่สูงกว่าทราบ รวมทั้งการควบคุมการไหลของเฟรมข้อมูล

5.1.4 การรับส่งข่าวสาร

ตามมาตราฐานของโปรโตคอล LAP-D ได้กำหนดให้มีการรับส่งข้อมูล 2 รูปแบบด้วยกัน คือ การรับส่งข้อมูลแบบ Unacknowledged และ การรับส่งข้อมูลแบบ Anknowledged

5.1.4.1 การรับส่งข้อมูลแบบ Unacknowledged เป็นการรับส่งข้อมูลที่ไม่สามารถตรวจสอบได้เลย ว่าข้อมูลไปถึงผู้รับ หรือไม่ เพราะว่าข้อมูลที่ถูกส่งมาจาก ชั้นโครงข่ายจะถูกส่งออกไป โดยเฟรม U และ เมื่อทำการส่งเฟรมข้อมูลไปแล้ว เครื่องส่งจะไม่รอสัญญาณตอบรับ ว่าได้รับเฟรมข้อมูลแล้ว แต่จะทำการส่งเฟรมข้อมูลต่อไป ทำให้เครื่องส่งไม่สามารถทราบได้เลยว่ามีเฟรมข้อมูลหายไป ระหว่างทางหรือไม่ รวมทั้งไม่สามารถควบคุมการไหลของข้อมูลได้ อย่างไรก็ตาม การรับส่งข้อมูลแบบ Unacknowledged ก็จะมีข้อดีตรงที่สามารถ ส่งข้อมูลได้เร็วกว่า การรับส่งข้อมูล แบบ Acknowledged ซึ่งมีความเหมาะสม ที่จะนำไปใช้ ในการส่งข้อมูลแบบกระจายข่าว (Broadcast) และการส่งข้อมูลแบบจุดต่อจุด

5.1.4.2 การรับส่งข้อมูลแบบ Acknowledged เป็นการรับส่งข้อมูล ที่โครงข่ายสื่อสาร สามารถควบคุมการไหล ของข้อมูลได้ การแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้น จากการรับส่งข้อมูล เนื่องจากข้อมูล ที่ส่งมาจากชั้นโครงข่าย จะถูกส่งออกไปด้วยเฟรมข้อมูลนี้ ซึ่งถูกกำหนดขึ้น โดยโปรโตคอล LAP-D หลังจากที่ได้ส่งเฟรมข้อมูลออกไปแล้ว เครื่องส่งก็ไม่สามารถ ที่จะส่งเฟรมข้อมูลต่อไป ได้อีกจนกว่า จะได้รับสัญญาณตอบรับ จากเครื่องรับ ว่าได้รับเฟรมข้อมูล ที่ส่งไปให้เรียบร้อยแล้ว จึงเป็นการรับประกันได้ว่าเครื่องรับได้รับเฟรมข้อมูลที่ส่งไปอย่างแน่นอน โดยทั่วๆไป การรับส่งข้อมูลแบบ Acknoeledged นี้ ใช้ได้เฉพาะ การรับส่งข้อมูลแบบจุดต่อจุด เท่านั้น ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1. การส่งข้อมูลแบบเฟรมเดียว เป็นการส่งข้อมูล ในลักษณะที่เครื่องส่งจะส่งเฟรมต่อ

ไปได้ ก็ต่อเมื่อ ได้รับสัญญาณตอบรับจากเครื่องรับ แต่ถ้าไม่ได้รับสัญญาณตอบรับจากเครื่องรับ เครื่องส่งก็ต้องรอจนกว่าจะได้รับสัญญาณตอบรับ แล้วจึงจะส่งเฟรมข้อมูลเฟรมต่อไปได้ เป็นผลทำให้ในขณะใดขณะหนึ่ง จะมีเฟรมข้อมูลเพียงเฟรมเดียวเท่านั้น ที่รอคำตอบรับ จากเครื่องรับอยู่ ดังนั้นการส่งข้อมูลแบบเฟรมเดียว จึงมีความเร็วในการส่งข้อมูลที่ช้า เนื่องจากต้องรอคำตอบจากผู้รับในการส่งข้อมูลแต่ละเฟรม

2. การส่งข้อมูลแบบหลายเฟรม เป็นการส่งข้อมูล ในลักษณะที่ เครื่องส่งได้ส่งเฟรมข้อมูลออกไปแล้ว และสามารถที่จะส่งเฟรมข้อมูล เฟรมต่อไปได้ โดยไม่ต้องรอสัญญาณตอบรับ ถ้าจำนวนเฟรมข้อมูล ที่ยังไม่ได้ตอบรับ มีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนด เช่น เครื่องส่งสามารถส่งเฟรมข้อมูลต่อไปได้ ถ้าจำนวนเฟรมข้อมูลที่ยังไม่ได้รับการตอบรับมีค่าน้อยกว่า 8 สำหรับการส่งแบบ Modulo 8 และจำนวนเฟรมข้อมูลที่ยังไม่ได้รับการตอบรับมีค่าน้อยกว่า 128 สำหรับการส่งแบบ Modulo 128

5.2 รูปแบบเฟรมข้อมูลของโปรโตคอล LAP-D

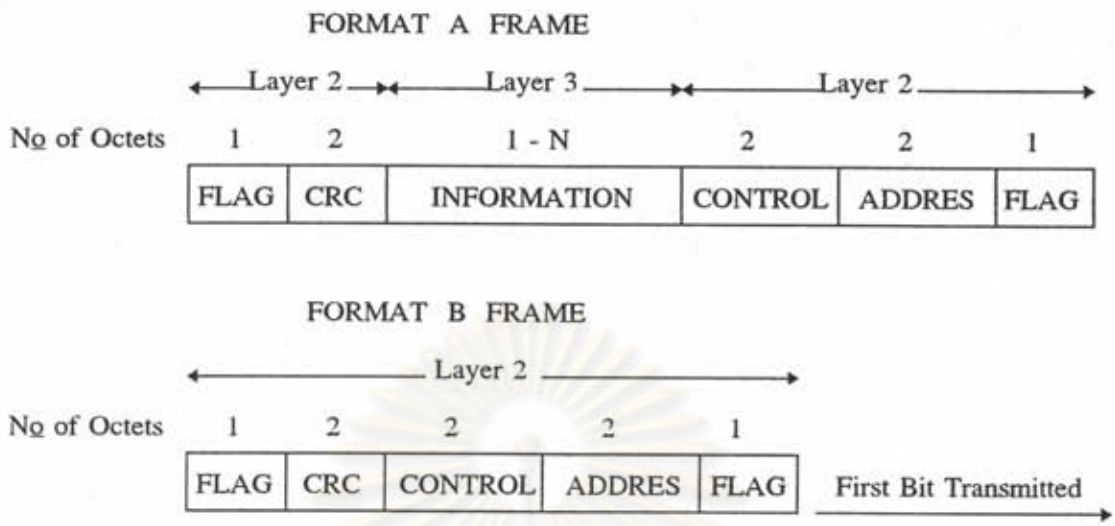
ข้อมูลของผู้ใช้บริการและข่าวสารของโปรโตคอลจะถูกส่งออกไปในรูปของเฟรม ซึ่งเป็นไปตาม ข้อกำหนดของโปรโตคอล LAP-D เพื่อทำให้อุปกรณ์สื่อสารข้อมูล ทางด้านส่ง และอุปกรณ์สื่อสาร ทางด้านรับ จะต้องสามารถแปลความหมาย จากกลุ่มของสัญญาณที่ได้รับ ออกมาเป็นข่าวสาร และข้อมูล ซึ่งข่าวสารที่ส่งมาในรูปของเฟรมนี้ จะมีความยาว เป็นจำนวนเท่าของ 8 บิต หรือบางครั้ง ก็ไม่มีข่าวสารอยู่เลย ดังนั้นจึงสามารถแบ่งการจัดเฟรมของข้อมูลในโปรโตคอล LAP-D ออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. เฟรมข้อมูลแบบ A เป็นเฟรมข้อมูลที่ไม่มีข่าวสาร
2. เฟรมข้อมูลแบบ B เป็นเฟรมข้อมูลที่มีข่าวสารรวมอยู่ด้วย

โดยที่รูปแบบของเฟรมข้อมูลทั้งสองแสดงไว้ในรูปที่ 5.1 ซึ่งในรูปแบบ A จะประกอบด้วย Opening flag , Address , Control , Information , Frame Check Sequence และ Closing flag ส่วนในรูปแบบ B จะมีส่วนประกอบเหมือนกับรูปแบบ A ยกเว้นไม่มี INFORMATION เท่านั้น

5.2.1 แฟล็ก (Flag)

ในการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล สัญญาณที่ใช้ส่งข้อมูล คือ สัญญาณของเลขฐานสอง (มีสัญญาณทางไฟฟ้าที่แทนลอจิก"1"และ"0"เท่านั้น) ซึ่งจะถูกส่ง จากอุปกรณ์สื่อสารทางด้านส่งอย่างต่อเนื่องจึงไม่ทราบได้ว่าจุดใดเป็นจุดเริ่มต้นของเฟรมข้อมูล ดังนั้นจึงต้องมีกลุ่มของเลขฐานสอง ที่บอกว่าเป็นจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดของเฟรมข้อมูล ซึ่งกลุ่มของเลขฐานสอง นี้ก็คือ แฟล็ก ซึ่งมีรูปแบบเป็น 01111110 เมื่ออุปกรณ์สื่อสารข้อมูล ตรวจพบกลุ่มของเลข



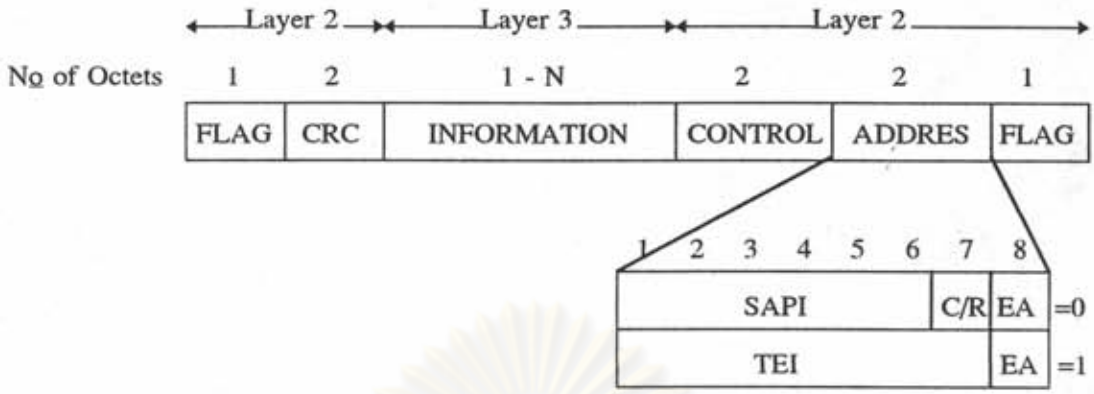
รูปที่ 5.1 รูปแบบของเฟรมข้อมูลตามข้อกำหนดของโปรโตคอล LAP-D

ฐานสอง 01111110 ชุดแรก ก็แสดงว่าเป็นจุดเริ่มต้นของเฟรม และ เมื่อพบกลุ่มของเลขฐานสอง 01111110 อีกครั้งหนึ่ง ก็แสดงว่าเป็นจุดสิ้นสุดของเฟรมข้อมูล ในบางครั้งกลุ่มของเลขฐานสอง หรือกลุ่มของบิตข้อมูลที่ส่งมา ก็จะมีโอกาสที่เหมือนกับ แฟล็ก จึงทำให้เกิดความเข้าใจผิดในการตีความหมายได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างหลักเกณฑ์ ที่ช่วยไม่ให้เกิดการตีความหมายที่ผิด ว่ากลุ่มของข้อมูลนั้น ไม่ใช่ แฟล็ก จึงจำเป็นต้องมีวิธีการแทรกบิต "0" มาใช้ โดยที่ตัวควบคุมการติดต่อสื่อสารของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลจะคอยตรวจสอบดูว่า ถ้ามีบิต"1"ติดต่อกัน 5 บิตก็จะทำการแทรกบิต"0"ต่อท้ายด้วยบิต"1"ตัวที่ 5 ทันที เพื่อป้องกัน มิให้มีโอกาสส่งกลุ่มของบิตที่เหมือนกับแฟล็กออกไป และเมื่ออุปกรณ์สื่อสารข้อมูล ทางด้านรับ ทำการตรวจสอบว่ามีกลุ่มของบิต"1" หลังจากแฟล็กที่เริ่มต้นเฟรม ติดต่อกัน 5 บิต หรือไม่ ถ้ามีก็จะทำการดึงบิต"0"ที่ต่อท้ายบิต"1"ตัวที่ 5 ออกทันที ทำให้ข้อมูลที่อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลทางด้านรับ และทางด้านส่ง มีลักษณะเหมือนกัน

5.2.2 ฟิลด์แอดเดรส (Address Field)

โปรโตคอล LAP-D มีความสัมพันธ์กับการมัลติเพล็กซ์ข้อมูลจาก 2 บริเวณ คือ บริเวณของวงจรผู้ใช้บริการ ซึ่งอาจจะมีการเชื่อมต่อ กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลหลายตัว เข้ากับตัวเชื่อมต่อทางกายภาพเพียงตัวเดียว และอีกบริเวณหนึ่ง คือ บริเวณภายในอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลของแต่ละตัว ซึ่งอาจจะมี Traffic ในการรับส่งข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อความเหมาะสม ในการอ้างถึงของโปรโตคอล LAP-D ซึ่งจะแบ่งส่วนของ แอดเดรสออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วน Terminal Endpoint Identifier หรือ TEI และ Service Access Point Identifier หรือ SAPI ดังแสดงในรูปที่ 5.2

I16592311



EA: Addres field extension (1: final)

C/R: Command/response

SAPI: Service access point identifier

TEI: Terminal end point identifier

N(S): Send sequence number

N(R): Receive sequence number

P/F: Poll/final

Frame Content	Transmmission Direction	Value of the C/R bit
Command	Network ⟶ Terminal	1
	Terminal ⟶ Network	0
Response	Network ⟶ Terminal	0
	Terminal ⟶ Network	1

รูปที่ 5.2 แสดงส่วนประกอบของ Address

โดยทั่วๆไป อุปกรณ์สื่อสารข้อมูล แต่ละตัวจะมีค่า TEI ได้เพียง 1 ค่าเท่านั้น แต่อาจจะเป็นไปได้ว่าอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเครื่องเดียว อาจได้รับการกำหนดค่า TEI ได้มากกว่า 1 ค่าได้ การกำหนดค่า TEI จะกระทำได้ 2 วิธี คือ การกำหนดค่า TEI อย่างอัตโนมัติ กับการกำหนดค่า TEI โดยผู้ใช้บริการเอง ซึ่งในกรณีหลังจะต้องระมัดระวัง การเชื่อมต่ออุปกรณ์สื่อสารข้อมูลหลายตัว เข้ากับจุดอ้างอิง ณ จุดอ้างอิงเดียวกัน ซึ่งอาจจะทำให้ เกิดการกำหนดค่าของ TEI ค่าเดียวกันให้กับ อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลหลายตัว ส่วนข้อดี ของการกำหนดค่า TEI แบบอัตโนมัติ ก็คือ ผู้ใช้บริการ สามารถเปลี่ยนแปลง เพิ่มหรือลด อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลได้ โดยที่ค่าของ TEI และความ-

หมายแสดงไว้ในตารางที่ 5.1 a

ตารางที่ 5.1 a Range of TEI value allocation

TEI value	Related layer 3 or management entity
0-63	Nonautomatioc TEI assignment-type user equipment
64-126	Automatioc TEI assignment-type user equipment26
127	Group TEI

Service Access Point Identifier หรือ SAPI เป็นค่าที่ใช้ในการแยก ประเภทของข้อมูลที่ทำการรับส่ง ในวงจรเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง TE กับโครงข่าย ISDN ซึ่งค่าของ SAPI และความหมายของ SAPI ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.1 b

ตารางที่ 5.1 b SAPI values in Q.921

SAPI value	Related layer 3 or management entity
0	Call control procedures
1	Reserved for packet-mode communications using Q.931 call control procedures
16	Packet communication conforming to X.25 level 3 procedures
63	Layer 2 management entity
All others	Reserved for future standardization

กรณี SAPI มีค่าเป็น 0 จะมีการเรียกใช้ กระบวนการควบคุม เพื่อใช้กับการจัดการกับช่องสัญญาณ B และ SAPI มีค่าเป็น 16 จะมีการเรียกใช้การสื่อสารข้อมูลในโหมดของแพ็กเกตบนช่องสัญญาณ D ซึ่งใช้โปรโตคอลในชั้นที่ 3 ของ X.25 สำหรับ กรณีที่ SAPI มีค่าเท่ากับ 63 จะถูกใช้ เพื่อจัดการกับเฟรมข้อมูลในชั้นที่ 2 เช่น การขอกำหนดค่า TEI จากโครงข่าย หรือ การขอกำหนดค่า TEI ให้กับ อุปกรณ์สื่อสารปลายทาง และล่าสุดถ้าค่าของ SAPI มีค่าเป็น 1 (ได้รับการกำหนดขึ้นในปี ค.ศ. 1988) จะสงวนไว้สำหรับการสื่อสารข้อมูลในโหมดของแพ็กเกต ซึ่งเป็นไป

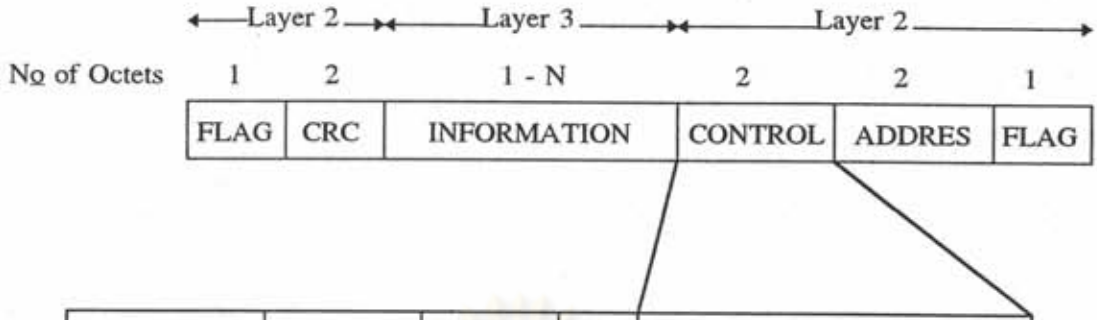
ตาม ข้อกำหนดของ CCCITT Recs I.451 จะใช้ในการรับส่งข้อมูล ระหว่างผู้ใช้บริการด้วยกันเอง สำหรับค่าของ TEI ที่ใช้ในการเชื่อมต่อข้อมูล แบบจุดต่อจุด จะเป็นแอดเดรสของ TE ที่ทำการรับส่งข่าวสาร ซึ่งค่าของ TEI สามารถกำหนดได้ ตั้งแต่ 0-126 ทั้งค่าของ TEI และ SAPI ถูกใช้เป็นตัวแยกแยะวงจรผู้ใช้บริการและความแตกต่างของช่องสัญญาณทางตรรก ซึ่งรวมทั้งใช้ในการอ้างถึง Data Link Connection Identifier (DLCI) ทำให้ในขณะใดขณะหนึ่ง ภายในช่องสัญญาณ D อาจจะมี การเชื่อมต่อทางตรรกหลายช่องทาง โดยที่แต่ละช่องทาง จะถูกกำหนดด้วยค่า DLCI

5.2.3 ฟิลด์ควบคุม (Control Field)

ส่วนควบคุมจะประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 8 บิต หรือ 16 บิต ก็ได้ที่ทำหน้าที่แยกแยะชนิด ของข้อมูลที่ทำการรับส่ง โดยโปรโตคอล LAP-D ได้แบ่งประเภทของ ส่วนควบคุมข้อมูลออกเป็น 3 ประเภท ดังแสดงในรูปที่ 5.3

1. Information Transfer Format หรือ I-format เฟรมนี้ นับเป็นเฟรมเดียวที่ใช้สำหรับการรับส่งข้อมูล และข่าวสาร โดยที่แต่ละสถานีจะนับค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ I-frame ถูกส่งผ่านออกไปทำให้ค่า N (S) และ N (R) ที่ทำหน้าที่นับ ลำดับการรับส่งข้อมูล โดยที่แต่ละสถานีจะนับเพิ่มขึ้นอีก 1 และ เมื่อได้รับ I-frame เข้ามาในแต่ละครั้งอย่างถูกต้อง และไม่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ก็จะทำให้ N (R) ค่าเพิ่มขึ้นอีก 1 เช่นกัน (I-format คือ ฟิลด์ควบคุมของเฟรมที่ใช้รับส่งข้อมูล ส่วน I-frame เป็นเฟรมของข้อมูลที่มีส่วนควบคุมเป็น I-format) การนับลำดับการรับส่งข่าวสาร ก็เพื่อที่จะเตือนให้สถานีอื่น ๆ ได้ทราบถึงลำดับของเฟรมต่อไปที่จะได้รับ และตรวจสอบดูว่าค่า I-frame ที่ได้รับนั้น ถูกต้องครบถ้วนหรือไม่ ค่าสูงสุดของการนับจะขึ้นอยู่กับ จำนวนบิตภายในฟิลด์ควบคุม ถ้าจำนวนบิต ภายในฟิลด์ควบคุม มีขนาด 8 บิต ค่าสูงสุดของ N (S) และ N (R) ก็จะมีค่าไม่เกิน 7 แต่ถ้าจำนวนบิต ภายในฟิลิด์ควบคุม มีขนาด 16 บิต ค่าสูงสุดของ N (S) และ N (R) ก็จะมีค่าไม่เกิน 127

สำหรับบิต P/F หรือ Poll-Final เป็นบิตที่มีอยู่ในฟิลด์ควบคุมทุกประเภท ซึ่งข้อมูลในบิต P/F จะมีอยู่ทั้งใน เฟรมคำสั่งและเฟรมโต้ตอบ โดยที่เฟรมคำสั่งบิตนี้ จะหมายถึงบิต P ส่วนในเฟรมโต้ตอบบิตนี้จะหมายถึงบิต F เมื่อทางด้านโครงข่ายต้องการจะสอบถามว่าอุปกรณ์สื่อสารปลายทางต้องการส่งข้อมูลหรือไม่ โครงข่ายก็จะส่งเฟรมคำสั่ง ซึ่งมีบิต P=1 มายังอุปกรณ์สื่อสารปลายทาง ก็อาจจะโต้ตอบ ด้วยเฟรมเดียว หรือ หลายเฟรมก็ได้ โดยที่จำนวนเฟรมสูงสุดจะขึ้นอยู่กับจำนวนบิต ในฟิลด์ควบคุม ถ้าจำนวนฟิลด์ควบคุม มีจำนวน 8 บิต ก็จะสามารถส่งเฟรมข้อมูลได้สูงสุด 7 เฟรม ถ้าฟิลด์ควบคุม มีขนาด 16 บิต ก็จะสามารถส่ง จำนวนเฟรมสูงสุด 127 เฟรม และที่อุปกรณ์สื่อสารปลายทางจะใช้บิต F เป็นบิตที่แสดงความสิ้นสุด โดยการทำให้บิตมีค่าเป็น 1 เพื่อบอกว่าเฟรมนี้ ปืนเฟรมสุดท้ายของเฟรมที่ส่งไปทั้งหมด



Application	Format	Message Type	C/R	8 7 6 5 4 3 2 1
Unacknowledged And Multiple Frame Acknowledged Information Transfer	Information Transfer	I	C	N(S) 0
				N(R) P
	Supervisory	RR	C/R	0 0 0 0 0 0 0 1
				N(R) P/F
		RNR	C/R	0 0 0 0 0 1 0 1
				N(R) P/F
		REJ	C/R	0 0 0 0 1 0 0 1
				N(R) P/F
	Unnumbered	SABME	C	0 1 1 P 1 1 1 1
		DM	R	0 0 0 F 1 1 1 1
		UI	C	0 0 0 P 0 0 1 1
		DISC	C	0 1 0 P 0 0 1 1
		UA	R	0 1 1 F 0 0 1 1
		FRMR	R	1 0 0 F 0 1 1 1
		XID	C/R	1 0 1 P/F 1 1 1 1

รูปที่ 5.3 แสดงประเภทของส่วนควบคุม

2. Supervisory Format หรือ S-format เป็นเฟรมที่ทำหน้าที่ควบคุมการติดต่อสื่อสารบนช่องสัญญาณ D ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของโปรโตคอล LAP-D และภายใน S-frame จะมีตัวนับ N (R) ซึ่งทำหน้าที่ ในการตรวจสอบความถูกต้อง และ การขอให้ทำการส่ง I-frame มาใหม่ และการหยุดส่ง I-format ชั่วคราว

3. Unnumber Format หรือ U-format เป็นเฟรมที่ ทำหน้าที่ควบคุมการเริ่มต้นการใช้วงจรเชื่อมต่อข้อมูล และการบ่งบอกว่าสิ้นสุด การใช้วงจรเชื่อมต่อข้อมูล รวมทั้งรายงานความผิดพลาด ที่เกิดขึ้นจาก การรับส่งข้อมูลในช่องสัญญาณ D และเมื่อพิจารณาภายในฟิลด์ U-format จะเห็นได้ว่า ไม่มีตัวนับลำดับการรับการส่ง ดังนั้น U-frame จึงเหมาะที่จะใช้เฉพาะในการรับส่งข่าวสาร เท่านั้น

ในกรณีของ U-frame จะไม่มีการกำหนดหมายเลขของเฟรม ดังนั้นจึงมีบิตภายในฟิลด์ของ U-format เหลืออยู่อีก 5 บิต ทำให้สามารถ ที่จะสร้างสภาวะที่แตกต่างกันได้ 32 สภาวะ ซึ่งแต่ละสภาวะ จะนำไปใช้แทนแต่ละคำสั่งได้ ดังแสดงในรูปที่ 5.3

จากรูปที่ 5.3 จะสังเกตได้ว่าบิตแรกและบิตที่สองของฟิลด์ จะใช้เป็นส่วนที่บอกว่าเป็นฟิลด์ควบคุมประเภทใด

- ถ้าบิตแรกของฟิลด์ควบคุมเป็น 0 แสดงว่า ฟิลด์ควบคุมนี้เป็น I-format
- ถ้าบิตแรกของฟิลด์ควบคุมเป็น 1 และ บิตที่ 2 เป็น 0 แสดงว่าบิตควบคุมนี้ เป็น S -format
- ถ้าบิตแรกของฟิลด์ควบคุมเป็น 1 และบิตที่ 2 เป็น 1 ด้วย แสดงว่าบิตควบคุมนี้ เป็น U-format

คำสั่งและคำตอบรับ (**Commands and Responses**) คำสั่งและคำตอบรับ ของการรับส่งแบบ Acknowledged ตามข้อกำหนดของโปรโตคอล LAP-D จะประกอบด้วย การแลกเปลี่ยนข้อมูลและข่าวสาร ในรูปแบบของเฟรม I ,เฟรม S และ เฟรม U ระหว่าง TE และ โครงข่ายบนช่องสัญญาณ D โดยที่มีคำสั่งและคำตอบรับหลายชุด เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารดังแสดงในรูปที่ 5.3

1. I เป็นคำสั่งที่ใช้ในการส่งข่าวสารจากชั้นที่ 3 ลงไปในฟิลด์ข่าวสารของเฟรม I ซึ่งมีรูปแบบของเฟรม เป็นไปตามข้อกำหนดของ LAP-D

2. RR เป็นทั้ง คำสั่งและคำตอบรับที่จัดอยู่ในเฟรม S มีหน้าที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลให้เป็นไปตามโปรโตคอล LAP-D ด้วยการใช้คำสั่ง RR เพื่อแจ้งกับคู่สถานีในชั้นเดียวกันทราบว่าสถานีที่ส่งเฟรมนี้ ออกไป พร้อมที่จะรับข่าวสารแล้ว หรือแจ้งให้ทราบว่า ได้ยกเลิกสภาวะไม่ว่าง (Busy Condition) ก่อนหน้านี้ เรียบร้อยแล้ว และพร้อมที่จะทำการ รับส่งข่าวสารต่อไป หรือแจ้งให้ทราบว่าพร้อมที่จะรับเฟรม I แล้ว

3. RNR เป็นทั้งคำสั่งและคำตอบรับที่จัดอยู่ในเฟรม S ทำหน้าที่แจ้งให้คู่สถานีทราบว่า สถานีที่ส่งเฟรม RNR ออกไป ไม่สามารถรับเฟรม I ได้ เป็นการชั่วคราว ซึ่งสถานีที่ส่งเฟรม RNR อยู่ในสถานะไม่ว่าง (Busy Condition) โดยที่สถานะนี้จะถูกลบล้างไป เมื่อมีการส่งสัญญาณ

RR หรือ REJ ออกไป

4. REJ เป็นทั้ง คำสั่งและคำตอบรับที่จัดอยู่ในเฟรม S สถานีรับจะส่งเฟรม REJ ไปให้กับสถานีส่ง เพื่อขอให้สถานีส่ง ส่งข่าวสารในเฟรม I ก่อนหน้านี้ มาให้ใหม่ โดยที่จะระบุเฟรม I ที่ต้องการให้ส่งมาใหม่ ไปในเฟรม REJ ด้วย ทำให้ข่าวสารในเฟรม I ที่จะส่งต่อไปต้องรอจนกว่าจะส่งเฟรมที่ขอให้ส่งมาใหม่ได้ส่งออกไปแล้ว

5. SABME เป็นคำสั่ง ที่จัดอยู่ในเฟรม U จะใช้ เมื่ออุปกรณ์สื่อสารข้อมูลต้องการที่จะทำการ รับส่งข่าวสารในลักษณะ Acknowledged แบบหลายเฟรม โดยที่ เฟรมของคำสั่ง SABME จะถูกส่งออกไปเฟรมแรก เพื่อทำการเชื่อมต่อวงจรในชั้นเชื่อมโยงข้อมูลก่อนที่จะมีการแลกเปลี่ยนข้อมูล เมื่อ Entity ภายในชั้นเชื่อมโยงข้อมูลของอุปกรณ์สื่อสาร อีกฝ่ายหนึ่งได้รับคำสั่งนี้ ก็จะส่งสัญญาณโต้ตอบ UA มาให้กับสถานี ที่ส่งคำสั่ง SABME และ Entity ที่ได้รับคำสั่ง SAMBE นี้ ก็จะกำหนดค่าเริ่มต้น ของตัวนับจำนวนครั้งของการส่งใหม่ ให้เป็น 0 คำสั่งนี้ จะไปลบล้างสภาวะไม่ว่าง (Busy Condition) ด้วย

ในขณะที่เฟรมคำสั่ง SABME ถูกส่งออกไปนั้น ถ้ามีเฟรม I ที่ยังไม่ได้รับ การตอบรับกลับค้างอยู่เฟรม I นั้น ก็คงจะค้างอยู่อย่างนั้น และก็จะไม่ได้รับการตอบรับเช่นเดิม ซึ่งการแก้ไขเพื่อเรียกเฟรม I ที่สูญหายไปคืนมานั้น เป็นหน้าที่ของโปรโตคอลในชั้นโครงข่าย

6. DM เป็นคำตอบรับ ที่จัดอยู่ในเฟรม U ที่ใช้เป็นคำตอบที่ส่งออกไปยังคู่สถานี หลังจากได้รับคำสั่ง SABME เพื่อบอกกับ Entity ภายในชั้นเชื่อมโยงข้อมูลของคู่สถานีว่าขณะนี้ไม่ได้อยู่ในสภาวะที่จะทำการส่งข้อมูล Acknowledged แบบหลายเฟรมได้ นอกจากนี้ยังใช้ในการตอบปฏิเสธการเชื่อมต่อวงจรจากคู่สถานีด้วย

7. UI เป็นคำสั่ง ที่ใช้ในการส่งข่าวสาร จากชั้นโครงข่าย หรือตัวจัดการ Entity ที่ต้องการส่งข่าวสารแบบ Unacknowledged ข่าวสารที่ส่งไปในเฟรมนี้ ไม่ต้องการคำตอบจากสถานีรับ ดังนั้น จึงอาจจะเกิดการสูญหายของข้อมูลได้ และคำสั่งนี้ ก็จะไม่มีผลต่อตัวแปรใด ๆ ภายในชั้นเชื่อมโยงข้อมูล

8. DISC เป็นคำสั่ง ที่ส่งออกไป เพื่อหยุดการส่งข้อมูล Acknowledged ในคำสั่งนี้ จะไม่อนุญาติ ให้มีการส่งฟิลด์ของข่าวสารไปด้วย และก่อนที่จะหยุดการทำงานจริง ๆ Intity ภายในชั้นเชื่อมโยงข้อมูลของสถานีรับ ก็จะตอบรับคำสั่ง DISC ด้วยการส่งสัญญาณตอบรับ UA มาก่อนแล้ว Entity ภายในชั้นเชื่อมโยงข้อมูลของสถานีส่ง ที่ส่งคำสั่ง DISC มา จึงจะหยุดการใช้งานวงจรรับส่งข้อมูล Acknowledged แบบหลายเฟรม เมื่อได้รับสัญญาณตอบรับUAหรือ DM เช่นเดียวกับคำสั่ง SAMBE ในขณะที่เฟรมคำสั่ง DISC ถูกส่งออกไปนั้น ถ้ามีเฟรม I ที่ยังไม่ได้รับการตอบรับกลับมาค้างอยู่ เฟรม I ก็จะยังคงค้างอยู่เช่นนั้น โดยที่การแก้ไขนี้ เป็นหน้าที่ของโปรโตคอลใน

ชั้นโครงข่ายที่จะเรียกเฟรม I ที่สูญหายไปกลับคืนมาได้

9. UA เป็นคำตอบ ที่ใช้ในการตอบรับการขอเชื่อมต่อวงจร โดยคำสั่ง SABME หรือขอเลิกการใช้งานวงจรเชื่อมต่อ โดยคำสั่ง DISC และ เมื่อ Entity ในชั้นเชื่อมโยงข้อมูลได้รับคำสั่ง SABME หรือ DISC ก็จะยังไม่ปฏิบัติตามคำสั่ง จนกว่าจะได้มีการ ส่งคำตอบรับ UA ออกไปก่อน และการส่ง UA ออกไปก็ยังเป็นการลบล้างสภาวะไม่ว่างของผู้ส่งด้วย

10. FRMR เป็นคำตอบรับ ที่จัดอยู่ในเฟรม U ใช้ในการรายงานความผิดปกติที่เกิดขึ้นในชั้นเชื่อมโยงข้อมูลที่ไม่สามารถแก้ไขได้ ลงบนฟิลด์ควบคุมของเฟรม U และสาเหตุที่ทำให้ต้องส่งเฟรม FRMR จะเป็นเฟรม ที่จัดอยู่ในเฟรมประเภทต่อไปนี้ และ รายละเอียดของความผิดปกติที่เกิดขึ้นนี้ จะถูกบรรจุลงในฟิลด์ของ Information ดังแสดงในรูปที่ 5.4

1. เป็นเฟรมที่มีค่าของข้อมูลในส่วนของฟิลด์ควบคุม ที่มีรูปแบบแตกต่างไปจากข้อกำหนดของ LAP-D โปรโตคอล

2. เป็นเฟรมที่มีข่าวสาร อยู่ในฟิลด์ของข่าวสาร โดยที่เฟรมนั้น ไม่อนุญาติให้มีส่วนของข่าวสารเฟรม หรือได้รับเฟรมชนิด S หรือ U ที่มีความยาวไม่ถูกต้อง

3. เป็นเฟรมที่มีลำดับไม่ตรงกับลำดับ N (R) ที่ถูกต้อง

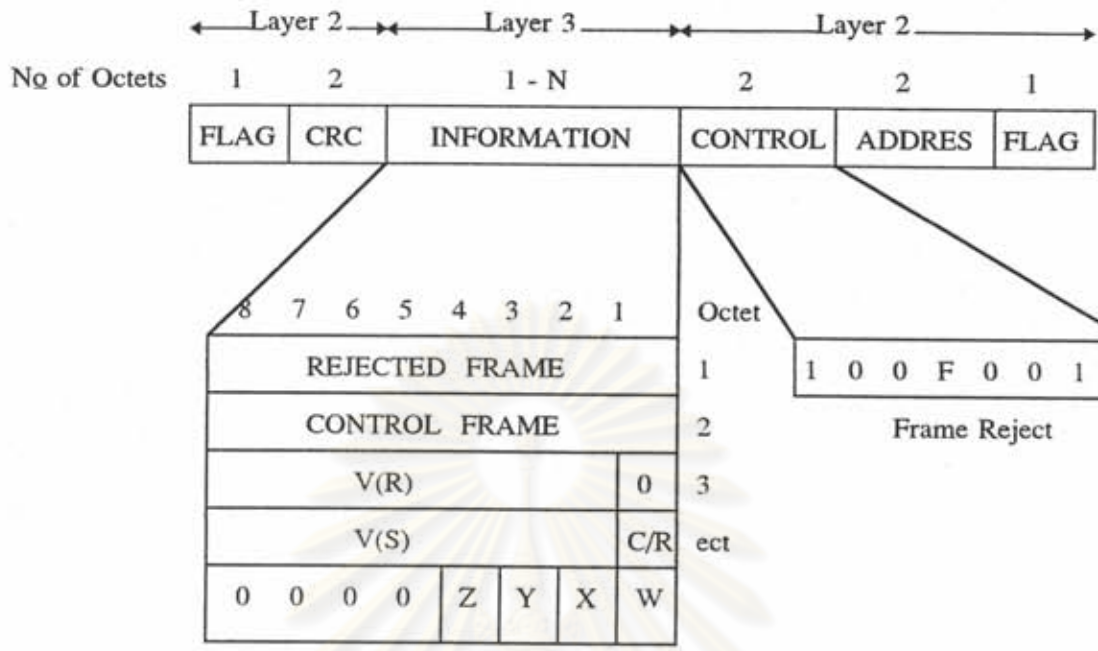
4. เป็นเฟรมที่มี ความยาวของฟิลด์ข่าวสารมากกว่า ที่กำหนดไว้โดยโปรโตคอล LAP-D

5.2.4 ฟิลด์ข่าวสาร (Information Field)

ฟิลด์ข่าวสารเป็นฟิลด์ที่มีขนาดความยาวเปลี่ยนแปลงได้ แต่จะต้องมีขนาดเป็นจำนวนเท่าของ 8 บิต โดยที่ขนาดของฟิลด์ จะขึ้นอยู่กับ การใช้วงจรเชื่อมต่อข้อมูล ในการรับส่งข่าวสาร เช่น ในการรับส่งข่าวสารซิกแนลลิ่ง (Signalling) ฟิลด์ของข่าวสารจะมีค่ามากที่สุด 260 ไบต์ และข้อมูลที่จะถูกบรรจุลงในฟิลด์นี้ จะเป็นข้อมูลของโปรโตคอลชั้นโครงข่าย หรือจะเป็นข้อมูลของขบวนการจัดการค่า TEI (TEI Manaement Procedure Messages) ซึ่งจะกล่าวถึงในส่วนต่อไป

5.2.5 ส่วนตรวจสอบความผิดพลาด (Frame Check Sequence)

ส่วนตรวจสอบความผิดพลาดเป็นฟิลด์ที่บรรจุค่าของข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล ที่เกิดขึ้นระหว่างทางที่รับส่งเฟรมข้อมูล โดยที่ฟิลด์นี้ จะมีขนาด 2 ไบต์ ซึ่งข้อมูลในฟิลด์นี้ ได้มาจากการคำนวณค่าของ ข้อมูลภายในเฟรมที่เริ่มตั้งแต่ไบต์แรกที่ถัดจากแฟล็กไปจนถึงข้อมูลไบต์สุดท้าย ก่อนถึงส่วนตรวจสอบความผิดพลาด



V(S) เป็นค่าของลำดับของเฟรมที่ส่งออกจากอุปกรณ์สื่อสารปลายทางหรือส่งออกจากโครงข่าย ซึ่งถูกรายงานว่าถูก Reject

V(R) เป็นค่าของลำดับของเฟรมที่รับจากอุปกรณ์สื่อสารปลายทางหรือรับจากโครงข่าย ซึ่งถูกรายงานว่าถูก Reject

C/R มีค่าเป็น 1 แสดงว่าเฟรมที่ถูก Reject นั้น เป็นเฟรมตอบรับ แต่ถ้ามีค่าเป็น 1 แสดงว่าเฟรมที่ถูก Reject นั้น เป็นเฟรมคำสั่ง

W มีค่าเป็น 1 แสดงว่า ข้อมูลของฟิลด์ควบคุมใน Octet ที่ 5 ที่ได้รับหรือส่งออกไปเครื่องรับไม่รู้จัก หรือมีค่าไม่ได้ถูกต้อง

X มีค่าเป็น 1 แสดงว่า เฟรมนั้น บรรจุฟิลด์ข้อมูลใน Octet ที่ 5 มีค่าไม่ได้ถูกต้อง หรือ S เฟรม หรือ U เฟรม มีความยาวไม่ได้ถูกต้อง

Y มีค่าเป็น 1 แสดงว่า ฟิลด์ข้อมูลมีความยาวมากเกินไป

Z มีค่าเป็น 1 แสดงว่า ค่าของ N(R) ที่ได้รับมีค่าไม่ได้ถูกต้อง

รูปที่ 5.4 แสดงรายละเอียดและรูปแบบของเฟรม FRMR

5.3 ขั้นตอนการสื่อสารในชั้นเชื่อมโยงข้อมูล

หลังจากได้ ทำการเชื่อมต่อวงจรในชั้นกายภาพ สำเร็จแล้ว ขั้นตอนการเชื่อมโยงข้อมูล ก็เริ่มจากการทำให้ เครื่องรับและเครื่องส่ง อยู่ในสภาวะเริ่มต้นก่อน โดยทำการตั้งค่า N(S), N(R) และค่าตัวแปรควบคุมต่างๆ ให้เป็น 0 ที่ทั้งสองด้าน ของการเชื่อมต่อในชั้นเชื่อมโยงข้อมูล สภาวะเริ่มแรกนี้ จะเกิดขึ้นได้ โดยด้านใดด้านหนึ่ง ส่งเฟรมคำสั่งที่เรียกว่า SABME ซึ่งใช้สำหรับแบบ modulo 128 numbering เมื่อด้านรับได้รับคำสั่ง SABME แล้วก็จะส่ง Unnumbered Acknowledge -ment (UA) Response Frame พอด้านที่ส่งคำสั่ง SABME ได้รับ UA frame ก็จะทำการตั้งค่าตัวแปรควบคุมให้เป็น 0 ดังแสดงในรูปที่ 5.5 จากนั้นจึงจบกระบวนการทำให้อยู่ในสภาวะเริ่มแรก

เมื่อทำให้อยู่ในสภาวะเริ่มต้นเรียบร้อยแล้ว อุปกรณ์สื่อสารทั้งสองด้าน ก็สามารถที่จะส่งเฟรมข้อมูล (Information frame) ด้วยค่า N(S) และ N(R) ที่เหมาะสม ค่าเหล่านี้ จะถูกกำหนดให้มีทั้งด้านรับและด้านส่ง โดยอาศัยความช่วยเหลือจากตัวแปรต่อไปนี้

1. Send state variable หรือ V(S) ใช้แทนหมายเลขลำดับของ I frame ถัดไป ที่จะถูกส่งค่าของ V(S) จะเพิ่มขึ้น 1 ทุกครั้งที่ส่ง I frame สำเร็จ

2. Recive state variable หรือ V(R) ใช้แทนหมายเลขลำดับของ I frame ที่อยู่ในลำดับถัดไปที่คาดว่าจะได้รับ ค่าของ V(R) จะเพิ่มขึ้น 1 ทุกครั้งที่รับ I frame ที่อยู่ในลำดับ ซึ่งค่า N(S) จะต้องเท่ากับ V(R) และไม่มี error

3. Acknowledge state variable หรือ V(A) ใช้แทน frame ล่าสุด ที่ได้รับตอบรับจากอีกด้านหนึ่ง ซึ่งจริงๆ แล้วค่า V(A)-1 จะมีค่าเท่ากับ N(S) ของ I frame ล่าสุดที่ถูกตอบรับ

4. N (S) เป็นตัวนับลำดับการส่งของเฟรม I โดยที่ค่าของ N (S) จะเพิ่มขึ้น เมื่อมีการส่งเฟรม I ออกไป

5. N (R) เป็นตัวนับลำดับการรับของเฟรม I เพื่อใช้บอกกับเครื่องส่ง ว่าเครื่องรับ ได้รับ เฟรมข้อมูลลำดับที่ N (S) แล้ว และเมื่อเครื่องรับ ได้รับเฟรมนี้ ก็จะนับลำดับของเฟรมที่ได้รับเป็น N (R)

6. Receive Ready command หรือ RR ใช้ส่งไปเพื่อตอบรับ การได้รับเฟรมข้อมูล ในกรณีที่ด้านที่ได้รับเฟรมข้อมูลไม่มีเฟรมข้อมูลที่จะส่ง นอกจากนี้ RR ยังสามารถใช้ในจุดประสงค์อื่น ได้อีกด้วย

7. Reject command หรือ REJ ใช้ส่งไป เพื่อร้องขอให้ด้านที่ส่งเฟรมข้อมูล ทำการส่งเฟรมข้อมูลมาใหม่ โดยเริ่มจากเฟรมข้อมูล ที่มีหมายเลขลำดับแสดงอยู่ใน N(R)

8. Disconnect command หรือ DISC ใช้เพื่อขอยกเลิก data link connection เมื่อด้านใด ได้รับ DISC แล้ว จะตอบรับโดยการส่ง UA กลับไป

ในกรณีที่เกิด error ขึ้นจากการส่ง ซึ่งทางด้านรับจะทราบได้จากการที่ด้านส่ง ส่งรหัสที่ใช้ตรวจจับ error ขนาด 16 บิต มาด้วยเรียกว่า Frame Check Sequence (FCS) ที่บริเวณท้ายของข้อมูลที่ส่งมา เมื่อทางด้านรับตรวจสอบ FCS กับข้อมูลที่ได้รับมา ว่ามีค่าถูกต้องจึงจะทำการเก็บข้อมูลที่ได้รับมาไว้ สำหรับกระบวนการต่อๆ ไป แต่ถ้าตรวจสอบ FCS กับข้อมูลที่ได้รับมา ว่ามีค่าไม่ถูกต้องก็จะถูกกำจัดทิ้ง

TE #1				TE #2		
V(A)	V(R)	V(S)		V(S)	V(R)	V(A)
~	~	~	Initialize (SABME) →	~	~	~
			← Unnumbered acknowledge (UA)	0	0	0
0	0	0	Information (I) [N(S)=0, N(R)=0] →			
0	0	1	I [N(S)=1, N(R)=0] →	0	1	0
0	0	2	← Receive ready (RR) [N(R)=2]	0	2	0
2	0	2	← I [N(S)=0, N(R)=2]			
2	1	2	(error) ← I [N(S)=1, N(R)=2]	1	2	0
	N(S)		← I [N(S)=2, N(R)=2]	2	2	0
	≠		Reject (REJ) [N(R)=1] →	3	2	0
	V(R)		I [N(S)=1, N(R)=2] →	1	2	1
2	2	2	← I [N(S)=2, N(R)=2]	2	2	1
2	3	2	RR [N(R)=3] →	3	2	1
			← Disconnect (DISC)	3	2	3
			Unnumbered acknowledge (UA) →			
~	~	~		~	~	~

V(S): Send state variable

V(R): Receive state variable

V(A): Acknowledge state variable

N(S): Send sequence number

N(R): Receive sequnce number

~ denotes "don't care" state

รูปที่ 5.5 ขั้นตอนการเชื่อมโยงข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนการแก้ไข error ก็กระทำได้ โดยการส่งเฟรมที่เสียหายไปให้ด้านรับใหม่ ดังนั้นที่ด้านส่ง จะต้องมีการกำหนดหมายเลข ของเฟรมตามลำดับ ที่ถูกส่งออกไปยังเครื่องรับ หมายเลขที่ส่งไปยังเครื่องรับจะกำหนดอยู่ใน send sequence number หรือ N(S) ส่วนทางด้านรับ เริ่มแรกจะตรวจสอบ FSC กับข้อมูล ก่อนว่าถูกต้องหรือไม่ หากถูกต้องแล้ว เครื่องรับก็จะทำการตรวจสอบว่าค่า send sequence number นั้น อยู่ในลำดับที่ต่อจากเฟรมล่าสุดที่ได้รับ ว่าถูกต้องหรือไม่ ถ้าถูกต้อง เครื่องรับก็จะตอบรับเฟรมนั้น ด้วยการใส่หมายเลขของเฟรม ที่คาดว่าจะได้รับในลำดับต่อไปลงไปใน receive sequence number หรือ N(R) แล้ว ส่งกลับไปให้เครื่องส่ง แต่ถ้าเครื่องรับตรวจสอบ ได้ว่าหมายเลขเฟรมนั้น ไม่ใช่ลำดับที่ต้องการ เครื่องรับก็จะ ร้องขอให้ เครื่องส่งทำการส่งเฟรมทั้งหมดที่ถูกส่งมาแล้ว แต่ยังไม่ได้ถูกตอบรับโดยเครื่องรับ มาให้ใหม่

5.4 การติดต่อสื่อสารภายในโครงข่าย ISDN

การติดต่อสื่อสารภายในโครงข่าย ISDN นั้นมีลักษณะการติดต่อสื่อสาร 2 รูปแบบด้วยกัน คือ การติดต่อสื่อสารระหว่างชั้นที่เท่ากัน และการติดต่อสื่อสารระหว่างชั้นที่ต่างกัน

5.4.1 การติดต่อสื่อสารระหว่างชั้นที่เท่ากัน (Peer to Peer Communication)

การติดต่อสื่อสาร ระหว่างชั้นที่เท่ากันภายในโครงข่าย ISDN มีอยู่ด้วยกันหลายระดับชั้น สำหรับในหัวข้อนี้ จะกล่าวถึงการติดต่อสื่อสารระหว่างระดับชั้นที่ 2 ด้วยกัน ซึ่งโปรโตคอล LAP-D ซึ่งจะควบคุม และดูแล การรับส่งเฟรมของข่าวสารและข้อมูล บนช่องสัญญาณ D โดยที่เฟรมที่ รับส่งข่าวสารและข้อมูล สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เฟรมคำสั่ง (Command Frame) ส่งออกไป เพื่อใช้ในการเริ่มต้นการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือเพื่อสอบถามสถานะของอีกฝ่ายหนึ่ง ส่วนอีกประเภทหนึ่ง เป็นเฟรมโต้ตอบ (Response Frame) จะส่งออกไป เมื่อได้รับเฟรมคำสั่ง หรือ เกิดเหตุการณ์ ที่ผิดปกติอย่างใดอย่างหนึ่ง กับวงจรเชื่อมต่อข้อมูล ที่ทำการรับส่งข่าวสาร และข้อมูลอยู่ในขณะนั้น

5.4.2 การติดต่อสื่อสารระหว่างชั้นที่ต่างกัน (Layer to Layer Communication)

การติดต่อสื่อสารระหว่างชั้นที่ต่างกันกระทำได้ โดยอาศัย Primitive ซึ่งจะอธิบายวิธีการแลกเปลี่ยนข่าวสาร และการควบคุมระหว่างชั้นที่ 2 กับชั้นข้างเคียงด้วยรูปแบบของ Primitive ดังนี้

XX, Generiv name, Type :Parameter

XX: เป็นส่วนที่ระบุชั้น ที่เป็นผู้ให้บริการ เช่น DL ย่อมาจาก Data Link , PH ย่อมาจาก Physical และ DML ย่อมาจาก Management Entity ที่ติดต่อกับชั้น Data Link

Generic name: เป็นส่วนที่ระบุการกระทำ

Type: เป็นส่วนที่ระบุว่าเป็นข่าวสารประเภทใด ในหัวข้อนี้ เมื่อกล่าวถึง Primitive จะกล่าวถึงชื่อย่อๆ ของ Primetive เช่น Primitive REQUEST จะใช้คำย่อว่า REQ ในทำนองเดียวกัน INDICATION ก็จะแทน IND , RESPONSE ก็จะแทนด้วย RES และ CONFIRM ก็จะแทนด้วย CON

Primitive ที่ใช้ในการติดต่อระหว่างชั้นที่ต่างกัน

1. DE-ESTABLESH เป็น Primitive ที่ใช้ สำหรับร้องขอ และรายงานผลการปฏิบัติงาน ของกระบวนการสร้างวงจรเชื่อมต่อข้อมูล

2. EL-RELEASE เป็น Primitive ที่ใช้ สำหรับร้องขอ และรายงานผลการปฏิบัติงานของ กระบวนการยกเลิกวงจรรับส่งข่าวสาร Acknowledged แบบเฟรมเดียว และแบบหลายเฟรม

3. DL-DATA เป็น Primitive ที่ใช้สำหรับส่งข่าวสารจากชั้นที่ 3 ผ่านมาชั้นที่ 2 และถูกส่งออกไป ในลักษณะของ การรับส่งข่าวสารแบบ Acknowledged

4. DL-UNIT-DATA เป็น Primitive ที่ใช้ สำหรับการส่งข่าวสารจากชั้นที่ 3 ที่มีการรับส่งข้อมูลแบบ Unacknowledged

5. MDL-ASSING เป็น Primitive ที่ Management Entity จะใช้ในการร้องขอให้ ชั้นเชื่อมโยงข้อมูลที่มีค่า TEI ตรงกับค่า TEI ที่ระบุมาในส่วนของข้อมูล ของ Primitive ให้ทำการกำ-หนดว่า TEI นี้เป็น Connection Endpoint สำหรับการติดต่อสื่อสารที่เกิดขึ้น

6. MDL-REMOVE เป็น Primitive ที่ Management Intity ใช้ในการร้องขอชั้นเชื่อม-โยงข้อมูลให้ยกเลิกค่า TEI ที่ระบุมาใน Primitive ที่ใช้เป็น Connection Endpoint

7. MDL-ERROR เป็น Primitive ที่ชั้นเชื่อมโยงข้อมูล ใช้สำหรับรายงานให้ Manage-ment Entity ทราบว่า มีความผิดพลาดเกิดขึ้น เนื่องจากการร้องขอของ Management Entity หรือพบว่าเป็นความผิดพลาดของคู่สถานี

8. MDL-UNIT-DATA เป็น Primitive ที่ใช้ สำหรับการส่งข่าวสารจาก Management Entity ที่มีลักษณะการรับส่งแบบ Unacknowledged

9. PH-DATA เป็น Primitive ที่ใช้ ในการส่งข่าวสาร ในรูปของเฟรม ซึ่งใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่าง ชั้นเชื่อมโยงข้อมูลผ่านชั้นกายภาพ เพื่อส่งออกไปให้กับอีกสถานีหนึ่ง

10. PH-ACTIVATE เป็น Primitive ที่ใช้ ในการร้องขอให้ชั้นกายภาพ ทำการไวงาน (Activate) และใช้สำหรับรายงาน ว่าขณะนี้วงจรในชั้นที่ 1 กำลังไวงานอยู่

11. PH-DEACTIVATE เป็น Primitive ที่ใช้ ร้องขอให้ ชั้นกายภาพหยุดทำงาน หรือใช้ในการรายงานไปว่า ชั้นกายภาพหยุดทำงานแล้ว

5.5 ขบวนการจัดการกับค่า TEI (TEI Management Procedure Messages)

การเริ่มต้นการติดต่อสื่อสาร กับโครงข่าย ISDN จะเริ่มจากผู้ใช้บริการ นำเอาอุปกรณ์สื่อสารไปเชื่อมต่อกับโครงข่าย ISDN ในติดตั้งครั้งแรกนั้น ซึ่งสิ่งที่อุปกรณ์สื่อสารจะต้องทำก่อนก็คือ การขอกำหนดค่า TEI จากโครงข่ายแล้วอุปกรณ์สื่อสารจึงจะสามารถเริ่มต้นการติดต่อสื่อสารกับโครงข่าย ISDN ได้ ซึ่งในการขอกำหนดค่า TEI นั้น อุปกรณ์สื่อสารจะส่งเฟรมคำสั่ง UI ที่มีค่า SAPI เท่ากับ 63 และมีค่า TEI เท่ากับ 127 ดังแสดงรายละเอียดต่างๆ ของเฟรมในรูปที่ 5.6

ค่า TEI เป็นค่าเฉพาะ ของอุปกรณ์สื่อสาร เพื่อใช้แยกแยะ อุปกรณ์สื่อสารตัวนั้น ออกจากตัวอื่น แต่อย่างไรก็ตามอุปกรณ์สื่อสาร 1 ตัวอาจมีค่า TEI มากกว่าหนึ่งก็ได้ ดังนั้นหากจะกล่าวให้ถูกต้องแล้ว ค่า TEI จะใช้แสดง เส้นทางการเชื่อมต่อ ของอุปกรณ์สื่อสารบนชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (data link connection endpoint) ที่ปรากฏอยู่บน SAPI โดยค่า TEI นี้ จะถูกกำหนดให้กับแต่ละคู่สาย (digital subscriber line) นั่น คือ TEI 1 ค่าต่อ 1 ช่องสัญญาณ D

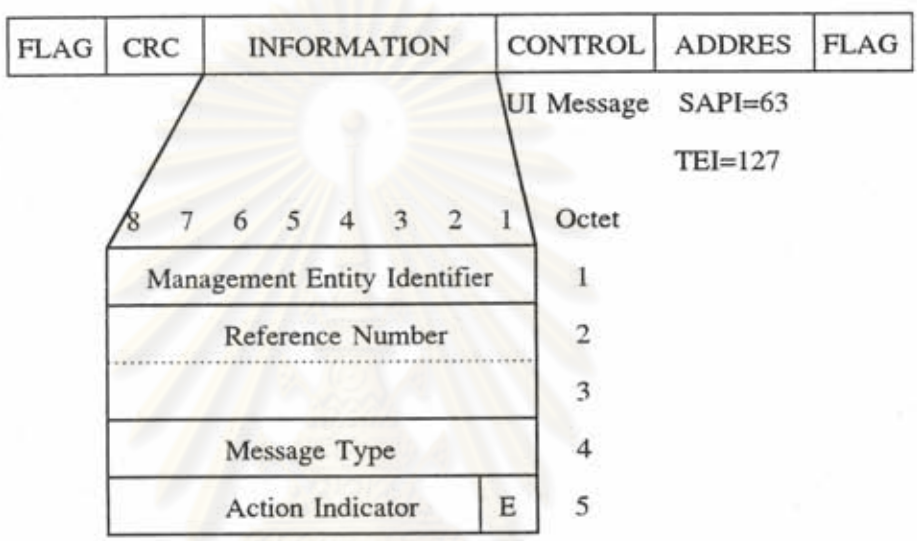
สำหรับการกำหนด TEI แบบ Nonautomatic ค่าของ TEI จะถูกเลือก โดยผู้ใช้บริการ และ การบรรจุค่า TEI ลงไป ก็กระทำได้ โดยผู้ใช้บริการ ส่วนการกำหนด TEI แบบ automatic ค่า TEI จะถูกเลือก โดย Network และการบรรจุค่า TEI ก็กระทำ โดย Network และ ค่าของ TEI 127 จะถูกกำหนดให้เป็น TEI แบบกลุ่ม เพื่อใช้แสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์สื่อสารบนชั้นเชื่อมโยงข้อมูล แบบกระจายข่าว (Broadcast Data Link Connection) ซึ่งจะใช้ในทิศจาก Network ไปยังผู้ใช้บริการ เพื่อการแพร่กระจายข่าวสาร ไปยังอุปกรณ์สื่อสารทุกตัว ในรูปแบบจุดต่อหลายจุด (point to multipoint) ตัวอย่างการเชื่อมต่อของอุปกรณ์สื่อสาร บนชั้นเชื่อมโยงข้อมูลแบบกระจายข่าว คือ การใช้ในแพร่กระจาย incoming call setup message ไปยังอุปกรณ์สื่อสารทุกตัว เพื่อให้อุปกรณ์สื่อสารแต่ละตัวสามารถได้รับข่าวสารและทำการตรวจสอบ เพื่อหาว่า incoming call นั้นเข้ากันได้หรือไม่ ถ้าเข้ากันได้อุปกรณ์สื่อสารนั้น ก็จะส่งสัญญาณเตือนไปยังผู้ใช้บริการ จะเห็นว่า การเชื่อมต่อของอุปกรณ์สื่อสาร บนชั้นเชื่อมโยงข้อมูล นั้น จะถูกแสดงด้วย SAPI และ TEI

อุปกรณ์สื่อสารแบบเคลื่อนย้ายได้ (Portable) เป็นรูปแบบที่อนุญาต ให้ผู้ใช้บริการ นำเอาอุปกรณ์สื่อสารที่ไม่ได้อยู่ในสภาวะ Active Call Handling เคลื่อนย้ายจาก Interface Socket อันหนึ่งไปอีกอันหนึ่งได้ ถึงแม้ว่าจะเป็นคู่สายคนละเส้นกัน โดยไม่ต้องมีการตั้งค่าตัวแปรที่สัมพันธ์กับเครื่องนั้น เพื่อที่จะสามารถหิ้วเอาอุปกรณ์สื่อสารไปมาได้ จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการจัดการเกี่ยวกับ TEI ไว้ใน LAP D กระบวนการจัดการ TEI ประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. TEI Assignment Procedure เป็นกระบวนการที่อนุญาตให้ Automatic TEI Equip -ment ทำการร้องขอไปยัง Network เพื่อขอกำหนดค่า TEI ที่ Data Link Layer Entities ที่อยู่ภายในอุปกรณ์สื่อสารของผู้ใช้บริการที่กำลังร้องขอ ทำให้สามารถที่จะใช้งานต่อไปได้

2. TEI Check Procedure อนุญาตให้ Network ทำการตรวจสอบ ว่ามีค่า TEI ที่กำลังใช้อยู่หรือไม่ หรือมีการกำหนดค่า TEI ซ้อนกันหรือไม่

3. TEI Removal Procedure จะอนุญาตให้ Netwok ทำการเคลื่อนย้ายค่า TEI ที่กำหนดให้ก่อนหน้านี้ ออกไปจากอุปกรณ์สื่อสารที่ ผู้ใช้บริการระบุหรือทุกๆ ตัว



รูปที่ 5.6 แสดงโครงสร้างเฟรมของการจัดการกับค่า TEI

4. TEI Identify Verification Procedure จะอนุญาตให้ อุปกรณ์สื่อสารของผู้ใช้บริการทำการร้องขอให้ Network ให้ทำการ TEI check procedure

ในการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์สื่อสารจาก Interface socket อันหนึ่งไปยังอีกอันหนึ่ง จะไม่ทำให้เกิด การกำหนดค่า TEI ซ้อนกัน กล่าวคือ เมื่อทำการเสียบอุปกรณ์สื่อสารเข้ากับ Interface socket แล้วอุปกรณ์สื่อสารจะทำการร้องขอไปที่ Network ให้กำหนดค่า TEI โดยที่ Network จะดูจาก TEI Table ซึ่งจะถูกจัดให้มี 1 ตารางต่อ 1 คู่สาย และจะคอยกำหนดค่าที่มีอยู่ให้กับอุปกรณ์สื่อสาร ที่ทำการร้องขอ และทำเครื่องหมายที่ค่า TEI ที่กำลังถูกใช้อยู่ เมื่อ Network พบว่าจำนวนของค่า TEI ที่มีอยู่ มีจำนวนน้อยลง Network ก็จะทำการปรับปรุงตาราง โดยการเรียกใช้ TEI check procedure ซึ่ง Network จะทำการส่ง ID ckeck request message ไปยังอุปกรณ์สื่อสารทุกๆ ตัว โดยการใช้ การเชื่อมต่อของอุปกรณ์สื่อสาร บนชั้นเชื่อมโยงข้อมูล แบบกระจายข่าว อุปกรณ์สื่อสารทุกตัว ที่ได้รับ ID check message request ก็จะตอบสนอง โดยการส่ง ID check response message กลับไปพร้อมทั้งส่งค่า TEI กลับไปด้วย ด้วยเหตุนี้ การกำหนดค่า TEI ที่ซ้อนกัน ให้กับ

อุปกรณ์สื่อสารมากกว่า 1 ตัว จึงไม่เกิดขึ้นในระหว่าง Automatic TEI Assignment Terminal หรือในระหว่าง TEI Assignment Terminal กับ Nonautomatic TEI Assignment Terminal

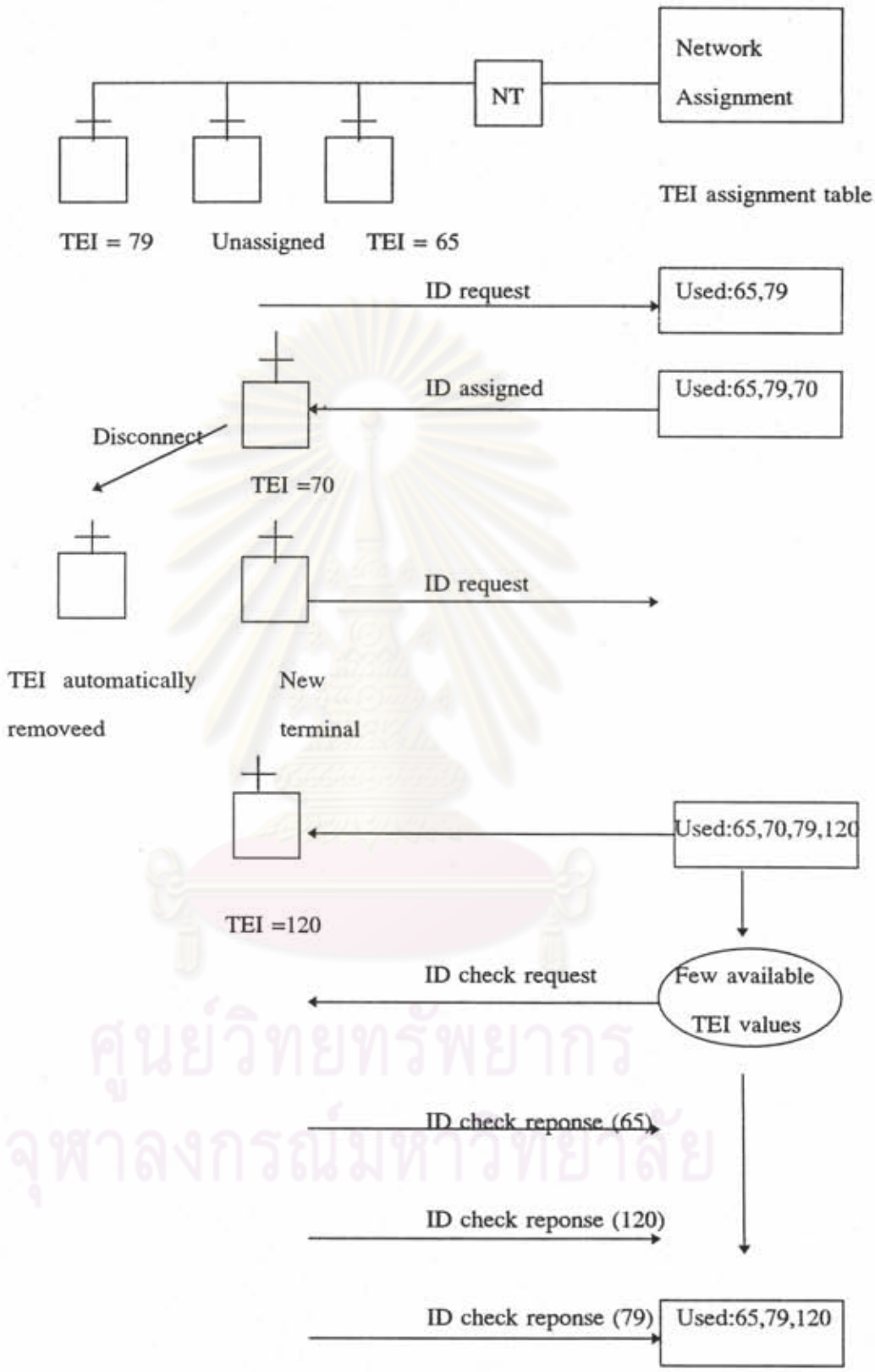
อย่างไรก็ตาม ในระหว่าง Nonautomatic Assignment Terminal ด้วยกันเอง จะสามารถมีค่า TEI เหมือนกันได้มากกว่า 1 ตัวที่เชื่อมต่อกับ Digital Subscriber Line เดียวกัน ยิ่งไปกว่านั้นจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้เสมอที่จะกำหนดค่า TEI ซ้อนกัน อาจจะเกิดขึ้นจากการออกแบบที่ผิดพลาด

ตารางที่ 5.2 TEI Management Procedure Messages

Message Name	Management Entity Identifier	Reference Number Ri	Message Type	Action Indicator AI
ID Request (User to Network)	0000 1111	0-65535	0000 0001	Ai=127,Any TEI value acceptable
ID Assigned (Network to User)	0000 1111	0-65535	0000 0010	Ai=64-126 Assigned TEI value
ID Denied (Network to User)	0000 1111	0-65535	0000 0011	Ai=64-126 denies TEI value Ai=127 No TEI value
ID Check Request (Network to User)	0000 1111	Not used	0000 0100	Ai=64-126 TEI vaulet to be check Ai=127 check all TEI value
ID Check Response (User to Network)	0000 1111	0-65535	0000 0101	Ai=0-126 TEI value in use
ID Remove (Network to User)	0000 1111	Not used	0000 0110	Ai=127 request for removal of all TEI values Ai=0-126 TEI value to be removed
ID verify (User to Network)	0000 1111	Not used	0000 0111	Ai=0-126 TEI value to be checked

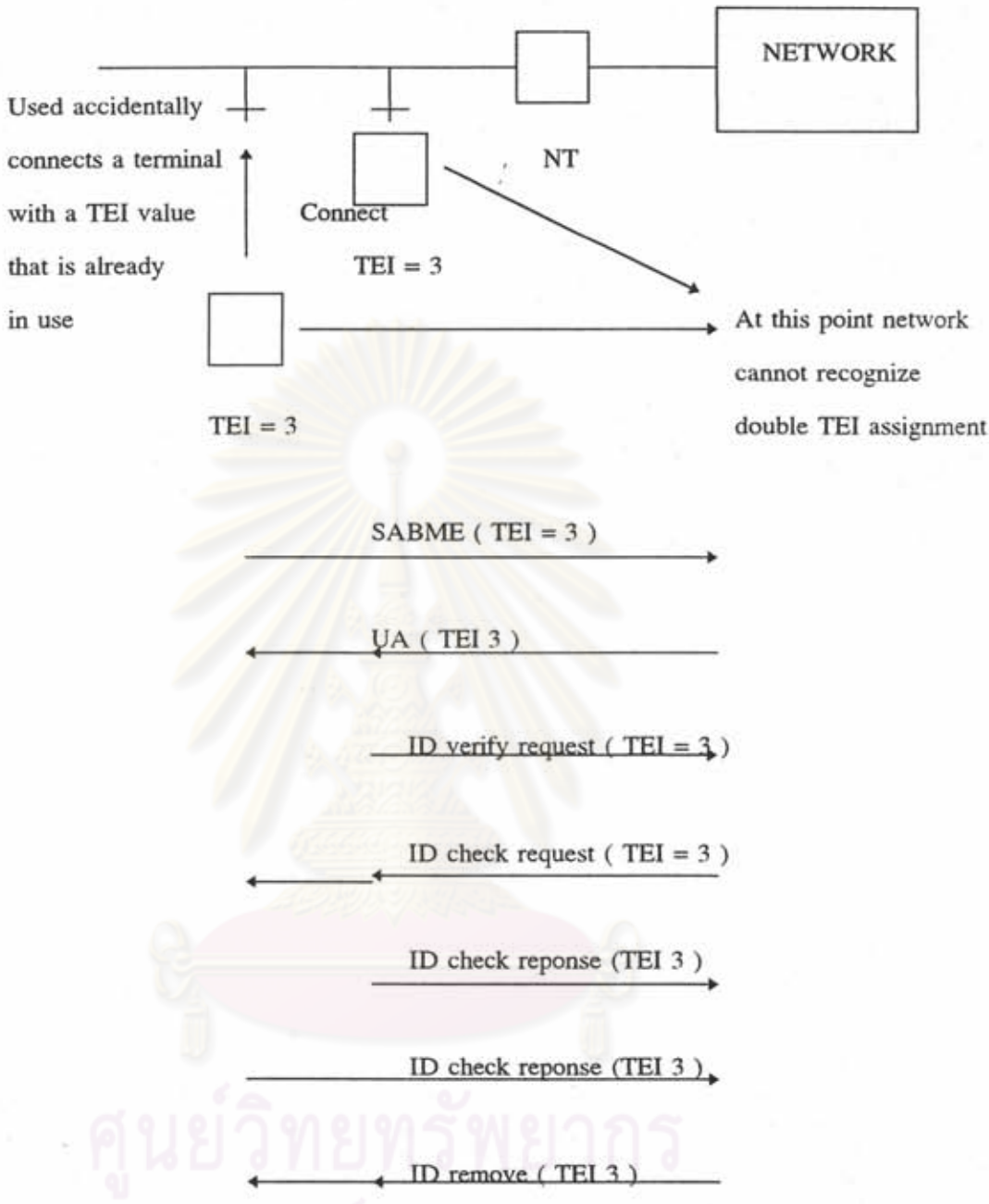
บางอย่าง หรือ bug บางอย่างของโปรแกรม รูปที่ 5.8 เป็นตัวอย่างของการกำหนดค่า TEI ที่ซ้อนกัน เมื่อมีอุปกรณ์สื่อสารตัวใหม่ที่มีค่า TEI เหมือนกัน ถูกนำมาเสียบบน Digital Subscriber Line เส้นเดียวกัน และจะพยายามทำให้อยู่ในสภาวะเริ่มต้น โดยการส่งคำสั่ง SABME พร้อมกับค่า TEI ส่วนทาง Network ก็จะส่ง UA response ที่มีค่า TEI เหมือนกัน ตอบกลับมา เพื่อตอบรับการเข้าสู่สภาวะเริ่มต้น ซึ่งในขณะเดียวกัน อุปกรณ์สื่อสารตัวอื่น ๆ ที่มีค่า TEI เหมือนกัน ก็จะได้รับ UA response เช่นเดียวกัน โดยที่อุปกรณ์สื่อสารนั้น ไม่ต้องการสร้าง data link ให้อยู่ในสภาวะเริ่มต้น หรือ ยกเลิก data link นั้นก็ตาม ฉะนั้นอุปกรณ์สื่อสารที่ได้รับ UA response ที่ไม่ได้ร้องขอนี้ ก็จะบอกไปที่ Network ให้ทำการ TEI check procedure แล้ว Network ก็จะทำการลบค่า TEI ออกโดยใช้ TEI Removal Procedure ต่อจากนั้น Automatic TEI Assignment Terminal ก็จะเริ่มต้นทำ TEI Assignment Procedure เพื่อกำหนดค่า TEI ใหม่ ส่วน Nonautomatic TEI Assignment Terminal จะแจ้งให้ผู้ใช้ทราบ เพื่อทำการแก้ไขให้ถูกต้องต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.7 แสดง TEI assignment and check procedures

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.8 แสดง Double TEI assignment and verify procedures

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย