บทที่ 4

โปรโตคอลชั้นกายภาพ

(Physical Layer Protocol)

การใช้บริการต่างๆ ของโครงข่าย ISDN จะกระทำผ่าน อุปกรณ์สื่อสารปลายทาง ซึ่งจะเชื่อมต่อกับโครงข่าย ISDN และในการเชื่อมต่ออุปกรณ์สื่อสารปลายทางเข้ากับโครงข่าย ISDN จะต้องมี กฎระเบียบ และวิธีปฏิบัติ ในการรับส่งข้อมูล ที่เราเรียกว่า **โปรโตคอล (Protocol)** โดยที่โปรโคคอลของโครงข่าย ISDN ถูกแบ่งออกเป็น 3 ชั้น เหมือนกับแบบจำลองโปรโตคอล 3 ชั้นล่างของ OSI ซึ่งกล่าวถึง การเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้บริการกับโครงข่าย (User-Network Interface) แต่ไม่ได้กล่าวถึง การสื่อสาร ระหว่างผู้ใช้บริการ กับผู้ใช้บริการ (User to User Communication) และโปรโตคอลของ ISDN ทั้ง 3 ชั้นมีดังนี้

1. โปรโตคอลชั้นกายภาพ (Physical Layer) หรือ โปรโตคอลชั้นที่ 1 ของ ISDN ซึ่งจะกล่าวถึง การเข้ารหัส (Line Coding) การจัดเฟรม (Framing) การมัลติเพล็ก สัญญาณ (Multi -plexing) การไวงาน และการเฉื่อยงาน (Activate-Decativate) รวมทั้งตัวคอนเน็กเตอร์

2. โปรโตคอลชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer) หรือ โปรโตคอล ชั้นที่ 2 ของโครงข่าย ISDN ซึ่งจะกล่าวถึง การตรวจสอบความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล การเชื่อมต่อแบบจุดต่อหรือแบบจุดต่อหลายจุด ขบวนการจัดการกับ TEI รวมทั้งการจัดการกับลำดับในการรับส่งเฟรมข้อมูล

3. โปรโตคอลชั้นโครงข่าย (Network Layer) หรือโปรโตคอลชั้นที่ 3 ของ ISDN ซึ่งจะกล่าวถึง ซิกแนลลิ่งระหว่าง ผู้ใช้บริการกับโครงข่าย ISDN (User-Network Signalling) การขอใช้บริการจากโครงข่าย รวมไปถึงการสนับสนุน การให้บริการกับอุปกรณ์สื่อสารชนิดอื่นๆ เช่น X.25 เทอร์มินอล

เนื้อหาในบทนี้ กล่าวถึงรายละเอียดของโปรโตคอลชั้นกายภาพเท่านั้น ส่วนโปรโตคอลชั้นเชื่อมโยงข้อมูล และโปรโตคอลชั้นโครงข่าย จะกล่าวในบทที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

4.1 การให้บริการของโปรโตคอลชั้นกายภาพ

โปรโตคอลชั้นกายภาพ (Physical Layer Protocol) จะให้บริการกับโปรโตคอลชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer Protocol) ที่บริเวณ จุดอ้างอิง S/T ในโครงสร้าง ช่องสัญญาณ แบบเบสิกเรต โดยอาศัยสายนำสัญญาณ 2 คู่สาย โดย 1 คู่สายสำหรับรับข้อมูลและอีก 1 คู่สาย สำหรับส่งข้อมูล ทำให้สามารถรับและส่งข้อมูลได้พร้อม ๆ กันทั้ง 2 ทิศทาง ข่าวสาร และข้อมูลที่ส่งผ่านวงจรนี้ประกอบด้วย ช่องสัญญาณ B 2 ช่อง ,ช่องสัญญาณ D 1 ช่อง และ รหัสควบคุมที่ใช้ในการกำหนดและการจัดเฟรม โดยสัญญาณข้อมูลและรหัสควบคุมทั้งหมดจะถูกนำมาทำการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplexing) ทำให้สัญญาณข่าวสารทั้งหมด มีอัตราเร็วในการส่งข้อมูลเป็น 192 kbps รวมทั้งการให้บริการส่งบิตของข้อมูลและข่าวสารในลักษณะที่เป็นลำดับเดียวกัน กับที่ถูกส่งมาจากชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link layer) ไปให้กับ ชั้นกายภาพ (Physical layer) แล้วแจ้งสถานะของวงจรในระดับชั้นกายภาพให้กับชั้นที่สูงขึ้นไปทราบ

4.2 รูปแบบการเชื่อมต่อวงจร

รูปแบบการเชื่อมต่อ ระหว่างอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล กับโครงข่ายถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ รูปแบบการเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุด ซึ่งการทำงาน ในขณะใดขณะหนึ่งจะมีเครื่องส่ง และเครื่องรับ ที่กำลังทำการรับส่งข้อมูลที่จุดอ้างอิง เพียงทิศทางละ 1 เครื่อง เท่านั้น และอีกแบบหนึ่งก็คือ การเชื่อมต่อแบบจุดต่อหลายจุด ซึ่งการทำงานในขณะใดขณะหนึ่ง จะมีเครื่องรับ และเครื่องส่ง ที่กำลังทำการรับส่งข้อมูลในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง มากกว่า 1 เครื่องได้

4.2.1 การเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุด แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 a การเชื่อมต่อแบบนี้ จะมีวงจรเครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ด้านละ 1 ชุดเท่านั้น กล่าวคือ ทางด้านใดด้านหนึ่งจะมีเครื่องรับ 1 เครื่อง และเครื่องส่ง 1 เครื่อง ส่วนอีกด้านหนึ่งจะมีเครื่องรับ 1 เครื่องและจะมีเครื่องส่ง 1 เครื่องเช่นกัน โดยที่ ระยะทางระหว่าง TE กับ NT จะยาวไม่เกิน 1 กิโลเมตร ระยะทางนี้ ถูกกำหนดจาก อัตราการลดทอนของสายนำสัญญาณที่ความถี่ 96 KHz

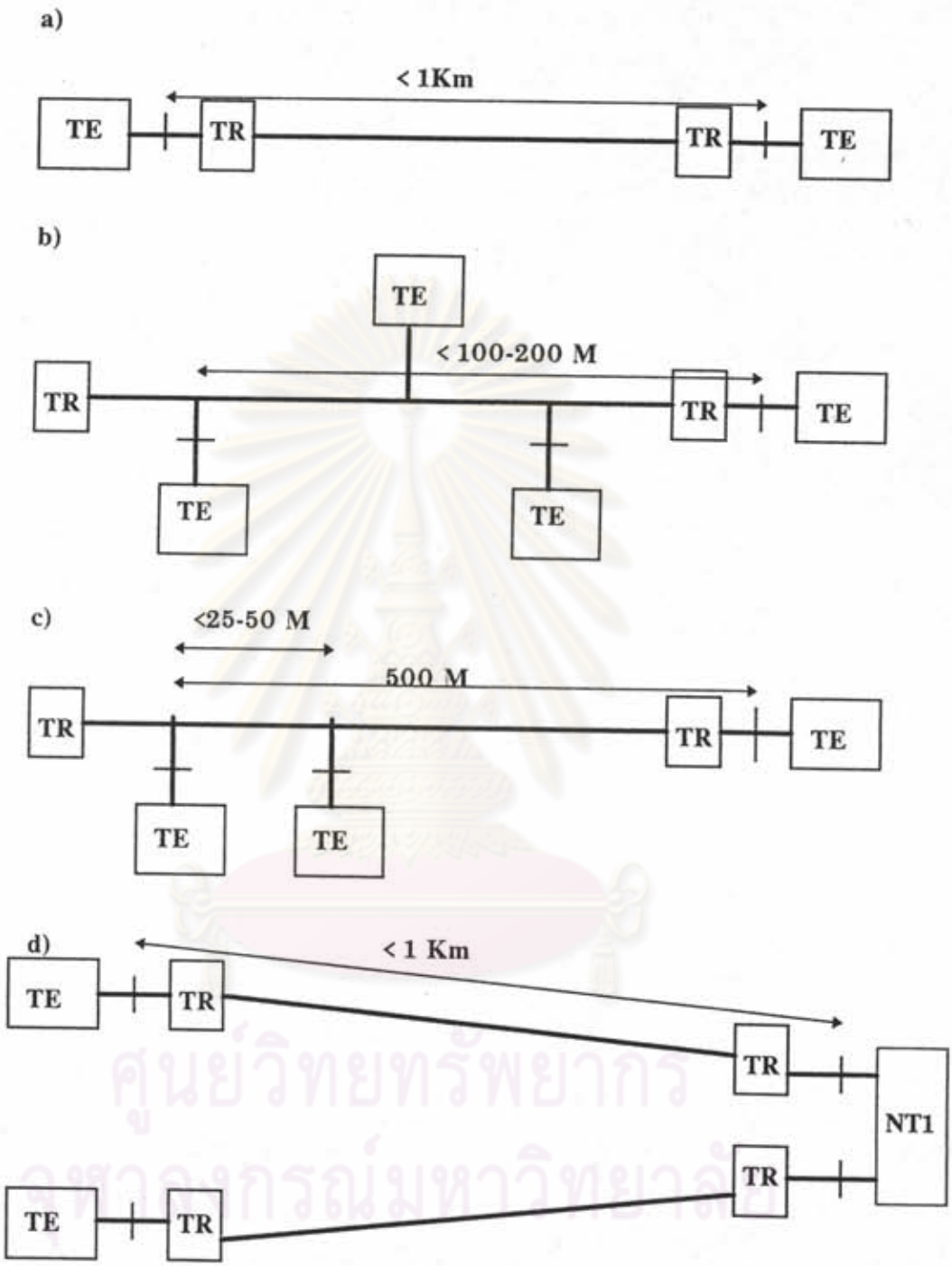
4.2.2 รูปแบบการเชื่อมต่อ แบบจุดต่อหลายจุด การต่อแบบนี้ จะมีวงจรเครื่องรับ และเครื่องส่งต่ออยู่มากกว่า 1 ชุด ดังแสดงในรูปที่ 4.1 เมื่อพิจารณาเวลา ขณะใดขณะหนึ่งแล้วอาจจะมีเครื่องรับ และเครื่องส่ง ทำงานได้มากกว่า 1 ชุด ก็ได้ เช่น มีเครื่องส่งต่อกับเครื่องรับเพียงเครื่องเดียว หรือมีเครื่องรับหลายเครื่อง ต่ออยู่กับเครื่องส่งเพียงเครื่องเดียว การต่อวงจร TE กับ NT ในลักษณะจุดต่อหลายจุดนั้น ผู้ใช้บริการโครงข่าย ISDN สามารถนำ TE จำนวนหลายชุดมาเชื่อมต่อ

กับ NT ได้ โดยที่จำนวน TE ที่นำมาต่อนั้น จะถูกจำกัดโดยกำลังของสัญญาณที่ส่งออกมาจาก NT และกำลังที่สูญเสียไปในสายนำสัญญาณ กล่าวคือ ยิ่งนำ TE มาต่อกับ NT มากขึ้นเท่าไร ก็จะเป็นการเพิ่ม กำลังสูญเสียในสายนำสัญญาณมากขึ้นเท่านั้น ดังนั้น CCITT จึงได้กำหนดให้ผู้ใช้บริการสามารถต่อ TE ได้มากที่สุดจำนวน 8 ชุด สำหรับในยุคเริ่มต้นของ ISDN (Narrow Band ISDN) แต่ความยาวของสายนำสัญญาณ ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่าง NT กับ กลุ่มของ TE ขึ้นกับลักษณะของตำแหน่งที่เชื่อมต่อ TE บนสายนำสัญญาณ กล่าวคือ ถ้านำ TE ไปต่อกับสายนำสัญญาณที่ต่อออกมาจาก NT ในลักษณะกระจายจุดเชื่อมต่อ TE ไปบนสายนำสัญญาณ โดยที่ระยะห่างระหว่าง TE เท่ากันหมด ในกรณีนี้เราสามารถใช้สายนำสัญญาณที่ยาวกว่าในกรณีเรานำ TE ทั้งหมดไปต่อที่ปลายสายนำสัญญาณ ซึ่งอยู่คนละด้านกับ NT ดังนั้นรูปแบบการเชื่อมต่อวงจร TE กับ NT จึงมีผลต่อความยาวของสายนำสัญญาณที่ต่อมาจาก NT

ลักษณะการต่อวงจร TE กับ NT สามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

1. การต่อแบบ Short Passive Bus แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 b รูปแบบการเชื่อมต่อวงจรแบบนี้ สามารถที่จะต่อTE ได้ตลอดความยาวของสายนำสัญญาณที่ต่อออกจาก NT ซึ่ง NT จะรับข้อมูลจาก TE ต่างๆ โดยอาศัยหลักที่ว่าข้อมูลจาก TE แต่ละตัวเดินทางมาถึง NT จะใช้เวลาในการเดินทางที่แตกต่างกันไป ดังนั้นความยาวของสายนำสัญญาณที่ยาวที่สุด จะขึ้นอยู่กับ เวลาที่ข้อมูลใช้ในการเดินทางไปและกลับในสายนำสัญญาณ ในกรณีของ การเชื่อมต่อวงจรในโครงสร้างของช่องสัญญาณแบบ BAI นั้น CCITT กำหนดให้ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปและกลับของข้อมูลอยู่ในช่วง 10 ถึง 14 ไมโครวินาที จึงทำให้ความยาวของสายนำสัญญาณที่ยาวที่สุด อยู่ในช่วง 100 ถึง 200 เมตร

2. การต่อแบบ Extended Passive Bus แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 C รูปแบบ การเชื่อมต่อแบบนี้ผู้ใช้บริการจะต้องต่อ TE เข้ากับสายนำสัญญาณที่ต่อออกมาจาก NT ในลักษณะที่ระยะห่างระหว่าง TE แต่ละตัว จะต้องคงที่ คำแนะนำของ CCITT กำหนดให้ ระยะเวลาที่สัญญาณข้อมูลจาก TE แต่ละตัว ใช้เดินทางไปและกลับจาก NT จะต้องต่างกันไม่น้อยกว่า 1.4 ไมโครวินาที จึงทำให้ระยะทางระหว่าง NT กับ TE ตัวที่อยู่ไกลที่สุดประมาณ 500 เมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าความยาวของสายนำสัญญาณที่ต่อออกจาก NT ในกรณีนี้ จะมากกว่าความยาวของสายนำสัญญาณที่ต่อออกจาก NT ในกรณีของ Short Passive Bus เนื่องจากการต่อแบบ Extended Passive Bus นั้น ระยะห่างระหว่าง TE มีค่าคงที่ ซึ่งแตกต่างจากการต่อแบบ Short Passive Bus ตรงที่ระยะห่างระหว่าง TE ไม่คงที่ ดังนั้นจึงต้องกำหนดให้ ความยาวของสายนำสัญญาณที่ต่อออกจาก NT ในกรณีที่ต่อ



รูปที่ 4.1 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อวงจร a) เป็นการต่อแบบจุดต่อจุด b)เป็นการต่อแบบ Short Passive Bus c) เป็นการต่อแบบ Extended Passive Bus d) เป็นการต่อแบบ Star

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบ Short Passive Bus สั้นกว่า (100 เมตร ถึง 200 เมตร) ในกรณีที่ต่อแบบ Extended Passive Bus

3. การต่อแบบ Star ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4.1 d รูปแบบการเชื่อมต่อนี้ ผู้ใช้บริการจะเชื่อมต่อ TE กับ NT ในลักษณะแบบจุดต่อจุด กล่าวคือ จะมี TE เพียง 1 ชุด เท่านั้น ที่จะต่อกับสายนำสัญญาณ ที่ต่อออกมาจาก NT แต่สายนำสัญญาณที่ต่อออกมาจาก NT นี้ จะมีอยู่หลายชุด ซึ่งตามข้อกำหนดของ CCITT สามารถต่อกับ TE ได้ถึง 8 ชุด

4.3 โครงสร้างของเฟรมข้อมูล

โครงสร้างของเฟรมข้อมูล ที่กล่าวถึงในหัวข้อนี้ เป็นโครงสร้างของเฟรมข้อมูลที่ใช้ในโครงสร้างช่องสัญญาณแบบเบสิกเรต โดยที่ข้อมูลและข่าวสารที่ส่งผ่านจุดอ้างอิง S และ T จะถูกมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplexing) ให้อยู่ในรูปแบบของเฟรมข้อมูล โดยที่ 1 เฟรมข้อมูลประกอบด้วยสัญญาณไบนารี (Binary) จำนวน 48 บิต ซึ่งในการส่งสัญญาณทั้ง 48 บิต หรือ 1 เฟรม จะต้องใช้เวลา 250 ไมโครวินาที ดังนั้นความเร็วในการส่งข้อมูลเท่ากับ 192 kbps

ภายในสัญญาณไบนารีทั้ง 48 บิต นี้ จะประกอบด้วยข้อมูลจากช่องสัญญาณ B จำนวน 2 ช่องๆ ละ 16 บิต สัญญาณข้อมูลจากช่องสัญญาณ D จำนวน 1 ช่องๆ ละ 4 บิต และที่เหลืออีก 12 บิต เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เฟรมมิ่ง และซิงโครไนเซชั่น ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. บิต F หรือ เฟรมไทมิงบิต เป็นบิตที่บอกถึง การเริ่มต้นของเฟรม

2. บิต L หรือ บิตที่กำจัดองค์ประกอบไฟตรง (DC Balancing Bit) ซึ่งใช้ในการกำจัดองค์ประกอบไฟตรงให้หมดไป โดยที่บิต L จะเป็น "0" เมื่อจำนวนบิต "0" ที่นับต่อจากบิต L ตัวสุดท้ายเป็นจำนวนคี่ เพื่อให้ผลรวมของบิต"0" ทั้งหมดเป็นเลขคู่ จึงทำให้ไม่มีองค์ประกอบไฟตรง หรือกรณีทีจำนวนบิต"0" ที่นับต่อจากบิต L ตัวสุดท้ายเป็นจำนวนคู่ บิต L จะมีค่าเป็น"1" เพื่อทำให้ผลรวมของแรงดันในสายนำสัญญาณเป็น ศูนย์ โวลต์ ทำให้ไม่มี องค์ประกอบไฟตรง

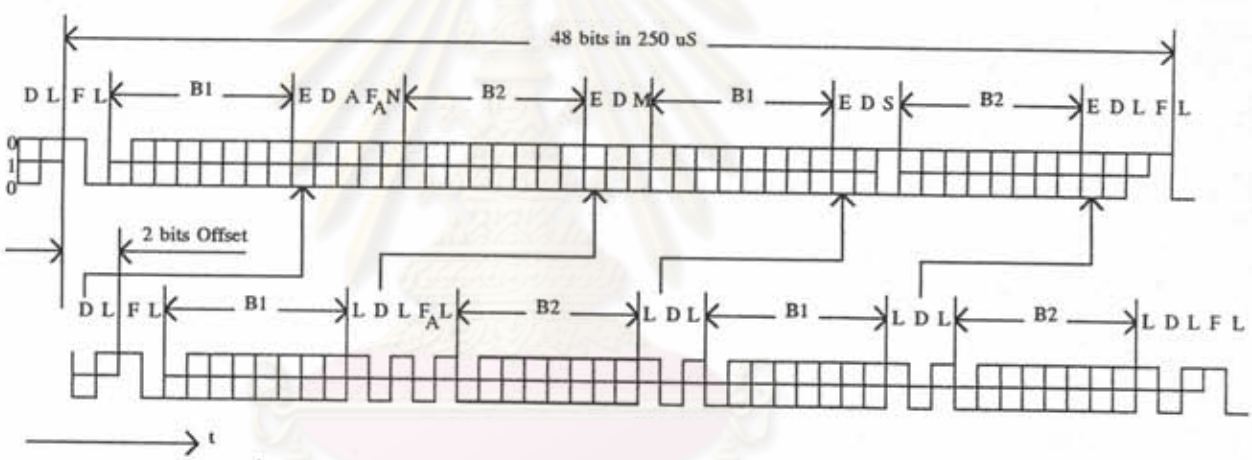
3. บิต E หรือ บิต D'Echo ซึ่งมีทั้งหมด 4 บิต ทำหน้าที่สะท้อนการทำงาน ของบิต D ตัวสุดท้ายที่ส่งสัญญาณให้ NT กล่าวคือ สัญญาณของบิต D ของเฟรมข้อมูลจาก TE ไปยัง NT ไปปรากฏอยู่ในบิต E ของเฟรมข้อมูลที่ส่งจาก NT ไปยัง TE

4. บิตA หรือ Activation บิต เป็นบิตที่ทางชุมสาย ใช้การควบคุมสถานะของอุปกรณ์สื่อสารปลายทาง ให้ทำงานในสถานะ Activate หรือ Deactivate

5. บิต F_A เป็นบิตที่ช่วยเฟรมมิ่งบิต เมื่อพิจารณา โครงสร้างของเฟรมข้อมูล สำหรับ

การส่งข้อมูลไปในแต่ละทิศทางจะต่างกัน กล่าวคือ เฟรมข้อมูลที่ส่งจาก NT ไปยัง TE จะแตกต่างจากเฟรมข้อมูลที่ส่งจาก TE ไปยัง NT เนื่องมาจาก NT 1 ตัว ต้องคอยควบคุมดูแล และจัดการกับ TE หลายๆ ตัว ในขณะที่การทำงานของ TE ขึ้นอยู่กับผู้ใช้บริการจึงเกิดความไม่สมดุลทำให้เฟรมที่ส่งมาจาก TE ไป NT ล่าช้าไป 2 บิต ดังแสดงในรูปที่ 4.2

4.3.1 โครงสร้างของเฟรม ที่ส่งจาก NT ไปยัง TE ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ภายในเฟรมข้อมูลทีส่งออกจาก NT จะมีข้อมูล 4 บิต ที่ใช้ในการควบคุมการเข้าไปใช้ช่องสัญญาณ D ที่เรียกว่า บิต E หรือ D'Echo กล่าวคือ TE ตัวใด ถ้าต้องการติดต่อกับ NT จะต้องคอยตรวจสอบบิต E ซึ่งเป็นบิตที่สะท้อนการทำงานของบิต D หากบิต E นี้แตกต่างจากบิต D ตัวสุดท้ายที่ผ่านมาแสดงว่าขณะนี้ มี TE ตัวใดตัวหนึ่งกำลังติดต่ออยู่กับ NT นอกจากนี้ยังมีบิตที่ใช้ในการไวงาน (Activate) หรือ การเฉื่อยงาน (Deactivate) และท้ายสุดจะเป็นบิต L

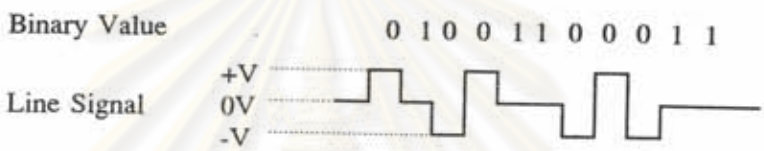


รูปที่ 4.2 แสดงโครงสร้างของเฟรมข้อมูลที่จุดเชื่อมต่อมาตราฐาน S และ T

4.3.2 โครงสร้างของเฟรม ที่ส่งจาก TE ไปยัง NT ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ภายในเฟรมข้อมูลที่ส่งจาก TE ไปยัง NT จะมีบิต L ที่ใช้ในการเริ่มต้นของเฟรม และบิต D ซึ่งเป็นบิตสุดท้ายในกลุ่มบิตข้อมูล เพื่อไม่ให้เกิดการเข้ารหัสผิดพลาดขึ้น เฟรมข้อมูลที่ส่งจาก TE ไปยัง NT ต้องอาศัยสัญญาณเวลาจาก NT เพื่อใช้ในการซิงโครนัสข้อมูลแต่ละบิตในแต่ละเฟรม โดยที่ TE จะส่งข้อมูลบิตแรกของเฟรมออกไป หลังจากที่ได้รับข้อมูลบิตแรกของเฟรมที่ส่งมาจาก NT ทั้งนี้ เพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลในช่องสัญญาณ D

4.4 ไลน์โคดดิง (Line Coding)

เมื่อพิจารณาที่จุดเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้บริการกับโครงข่าย ISDN ที่บริเวณจุดอ้างอิง S/T ข้อมูลจะถูกแลกเปลี่ยน โดยใช้วิธีการรับส่งข้อมูลแบบ 2 ทิศทาง พร้อมๆ กัน ด้วยวิธีการแยกสายนำสัญญาณรับและส่งออกจากกัน ด้วยการใช้สายนำสัญญาณทั้งหมด 4 สาย โดยที่สายนำสัญญาณ 2 สาย (1 คู่สาย) ใช้สำหรับส่งข้อมูล และสายนำสัญญาณอีก 2 สาย ใช้สำหรับการรับข้อมูล จึงไม่จำเป็นต้องใช้ เทคนิคของการขจัดสัญญาณสะท้อน หรือเทคนิคการแบ่งเวลาการรับและส่ง เพื่อให้เกิดการส่งสัญญาณใน 2 ทิศทาง เพราะว่า ระยะทางระหว่าง TE กับ NT นั้นสั้น จึงเป็นการง่ายที่จะแยกแยะสายนำสัญญาณ เพื่อใช้ในการส่งแบบ 2 ทิศทาง



รูปที่ 4.3 แสดงการเข้ารหัสของสัญญาณดิจิตอล

ภายในโปรโตคอลชั้นที่ 1 สัญญาณที่ใช้รับส่งระหว่าง TE กับ NT เราจะใช้การเข้ารหัสแบบ Pseudoternary ที่จุดอ้างอิง S/T ในโครงสร้างช่องสัญญาณ แบบเบสิกเรต โดยที่สัญญาณการเข้ารหัสแบบ Pseudoternary จะใช้แรงดันไฟฟ้า 3 ระดับ เพื่อแทนลอจิก"0" หรือ "1" ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.3 ซึ่งใช้แรงดันไฟฟ้าศูนย์โวลต์ แทนลอจิก "1" และใช้แรงดันไฟฟ้า บวก หรือ ลบ ที่มีขนาดเท่ากันแทนลอจิก "0" สลับกันไป ทำให้แรงดันเฉลี่ยของสัญญาณข้อมูล มีค่าประมาณ ศูนย์ เพื่อกำจัดองค์ประกอบของไฟตรงไม่ให้เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่าการใช้สัญญาณ Pseudoternary มีข้อดีหลายประการ เช่น

1. จะไม่มีการสูญเสียการซิงโครนัส ถ้าเกิดการส่งข้อมูลที่มีลอจิก "0" ติดต่อกันนานๆ โดยที่บิต "0" ที่ส่งมา จะมีการแทนสัญลักษณ์ ด้วยการใช้แรงดันไฟฟ้าบวก และแรงดันไฟลบสลับกัน ซึ่งทำให้เครื่องรับสามารถซิงโครนัส กับข้อมูลที่ส่งมาใหม่ได้ และในกรณีที่มีการส่งข้อมูลที่มีลอจิก "1" ติดต่อกันนานๆ ก็จะไม่ทำให้เกิดปัญหา เพราะว่ารูปแบบของ การส่งข้อมูลภายในโครงสร้างช่องสัญญาณ แบบเบสิกเรตจะมีการแทรกบิต "0" ลงไปในข้อมูล เมื่อมีการส่งข้อมูลที่มีลอจิก "1" ติดต่อกัน 5 ตัว

2. การเข้ารหัสแบบ Pseudoternary จะใช้แรงดันไฟบวก และแรงดันไฟลบ ที่มีขนาดเท่ากัน แทนลอจิก "0" สลับกันไป ทำให้ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้า มีค่าประมาณ ศูนย์ หรือเท่ากับศูนย์ หรือไม่เกิดส่วนประกอบของไฟตรง

3. การแทนลอจิก "0" ด้วยการใช้แรงดันไฟบวก และแรงดันไฟลบสลับกัน สามารถที่จะนำมาตรวจสอบข้อผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลได้ กล่าวคือ ถ้าบิต"0"ตัวแรกถูกแทนด้วยแรงดันไฟบวก แล้วบิต "0" ถัดไปก็จะต้องถูกแทนด้วย แรงดันไฟลบจึงจะถูกต้อง แต่ถ้าบิต "0" ตัวนี้ ถูกแทนด้วย แรงดันไฟบวก เหมือนกับบิต "0" ตัวแรก ก็แสดงว่ามีความผิดพลาด ในการส่งข้อมูล

4.5 กระบวนการเชื่อมต่อ (Interface Procedure)

กระบวนการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์สื่อสารปลายทาง (Terminal Equipment หรือTE) กับจุดอ้างอิง ของโครงข่าย (Network Terminal) ซึ่งมีโปรโตคอลที่ใช้กับช่องสัญญาณ D ที่เรียกว่า LAP-D (Link Access Protocol on the D Channel) ซึ่งทำหน้าที่ ควบคุมการใช้งาน ช่องสัญญาณ B ในลักษณะ การเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุดหรือแบบจุดต่อหลายจุด และการควบคุมการส่งข้อมูล ในช่องสัญญาณ D ให้เป็นไปตามลำดับก่อนหลัง และมากไปกว่านั้น ยังสามารถควบคุม สถานะภาพของ TE ให้อยู่ในสภาวะไวงาน (Activate) หรือ เฉื่อยงาน (Deactivate) และยังรวมไปถึง การให้ความสำคัญก่อนหลัง (Priority) ในการใช้งาน ช่องสัญญาณ D ซึ่งแบ่งความสำคัญก่อนหลัง ออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่

ระดับที่ 1 มีค่าเริ่มต้นของความสำคัญ ในระดับนี้ มีค่าเท่ากับ 8 และจะเพิ่มขึ้นทุกครั้งที่ TE สามารถติดต่อกับช่องสัญญาณ D ของ NT

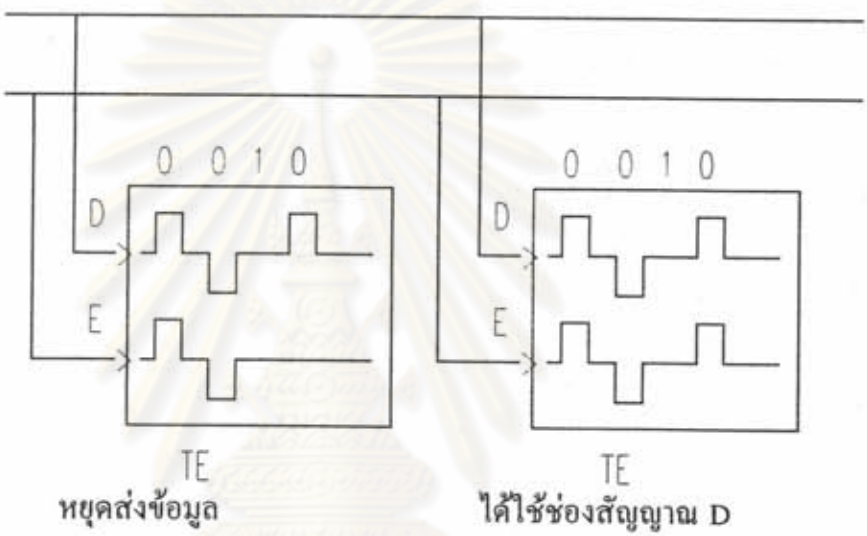
ระดับที่ 2 มีค่าเริ่มต้นของความสำคัญเท่ากับ 10 และจะเพิ่มขึ้นทุกครั้ง ที่ TE สามารถติดต่อกับช่องสัญญาณ D ของ NT ได้สำเร็จ

4.5.1 การควบคุมการใช้ช่องสัญญาณ D (D Channel Access Control) ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อมีการต่อ TE หลายตัวเข้ากับ NT อาจจะเกิด กรณีที่มี TE 2 ตัว หรือมากกว่าที่ต้องการใช้ช่องสัญญาณ D พร้อมกัน จึงต้องมีการควบคุมการใช้ช่องสัญญาณ D เพื่อไม่ให้เกิดการชนกันของข้อมูลที่ส่งมาจาก TE หลายตัวด้วยการใช้แฟล็ก ซึ่งมีรูปแบบ "01111110" คั่นแยกเฟรมข้อมูลที่ส่งมาจาก ชั้นเชื่อมโยงข้อมูล ออกจากกัน พร้อมกับการแทรกบิต "0" เข้าไปในข้อมูล ที่มีบิต "1" ติดต่อกัน 5 ตัว เพื่อป้องกันการส่งข้อมูลที่มีรูปแบบเดียวกับแฟล็ก

ขั้นตอนการควบคุม การใช้ช่องสัญญาณ D ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.3 ซึ่งเริ่มต้นจาก TE

ตัว ที่ต้องการจะติดต่อกับ NT จะส่งเฟรมข้อมูลที่มีบิต D ออกไปให้ NT และจะคอยตรวจสอบค่าของข้อมูลในบิต E กับบิต D ตัวสุดท้ายที่ผ่านมาได้ดังนี้

1. เป็นกรณีที่บิต E ในเฟรมข้อมูล ที่สะท้อนกลับมา มีลักษณะที่แตกต่างจากบิต D ตัวสุดท้ายที่ผ่านมา แสดงว่าในขณะนี้ มี TE ตัวใดตัวหนึ่งกำลังติดต่อกับ NT อยู่ ดังนั้น TE ตัวที่ส่งเฟรมข้อมูลที่มีบิต D ออกไปก็จะหยุดการส่งข้อมูลทันทีและจะคอยตรวจสอบบิต E ใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณในบิต D กับบิต E เพื่อใช้ในการควบคุมการใช้ช่องสัญญาณ D

2. เป็นกรณีที่บิต E ในเฟรมข้อมูล ที่สะท้อนกลับมามีลักษณะที่เหมือนกับบิต D ที่ส่งมาจาก TE ตัว ที่ต้องการจะติดต่อกับ NT แสดงว่า TE ตัวนั้น สามารถส่งข้อมูล ผ่านจุดอ้างอิง S และ T ต่อไปได้

3. เป็นกรณีที่ ไม่มีเฟรมข้อมูล ส่งมาจากชั้นเชื่อมโยงข้อมูล จึงทำให้ TE หรือ NT ส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น "1" ออกไปในช่องสัญญาณ D ตลอดเวลา

การตรวจสอบ สัญญาณสะท้อน ของบิต D ในสภาวะไวงาน (Activate) จะมีการนับจำนวนข้อมูลที่ได้รับมีค่าเป็น"1" ติดต่อกัน ถ้าข้อมูลที่ได้รับจากบิต E มีค่าเป็น"0" ก็จะเริ่มทำการนับใหม่ แต่ถ้าข้อมูลที่ได้รับ จากบิต E มีค่าเป็น "1" ติดต่อกัน 11 ครั้ง ก็จะทำให้ TE ทุกตัว ถูก

กำหนดให้มีค่าความสำคัญ เป็นค่าเริ่มต้นอีกครั้ง

4.5.2 การไวงาน/การเฉื่อยงาน (Activation/Deactivation) ในชั้นกายภาพเป็นกระบวนการที่ ทำให้ TE และ NT ประหยัดพลังงาน เมื่อไม่มีการ รับส่งข้อมูล ผ่านจุดอ้างอิง S/T โดยที่สภาวะการไวงาน หรือการเฉื่อยงานของ TE ถูกกำหนด โดย NT เท่านั้น แต่ TE ไม่สามารถที่จะกำหนดสภาวะ การไวงาน หรือการเฉื่อยงาน ของ NT เนื่องจากในขณะใดขณะหนึ่ง NT อาจจะเชื่อมต่อกับ TE ที่กำลังใช้งานอยู่ หลายตัวได้ และในกรณีที่ TE ต้องการเปลี่ยนแปลง สภาวะการทำงาน (การไวงาน/การเฉื่อยงาน) ก็สามารถทำได้ด้วย การส่งสัญญาณร้องขอไปยัง NT และ แจ้งผลการปฏิบัติการ ตามคำสั่งของ NT สัญญาณที่ใช้ในการร้องขอ และแจ้งผลการปฏิบัติงานนี้ เราเรียกว่า INFO มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 5 ชนิด คือ Info 0, Info 1, Info 2, Info 3, และ Info 4 ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ความหมายของสัญญาณ Info

- Info 0 เป็นสัญญาณ ที่ส่งจาก NT ไปยัง TE หรือ ส่งจาก TE ไปยัง NT เพื่อขอให้ TE หรือ NT อยู่ในสภาวะเฉื่อยงาน รวมไปถึง การใช้เป็นสัญญาณ ที่แจ้งผลการปฏิบัติงานตามที่ NT เป็นผู้ขอมา

- Info 1 เป็นสัญญาณที่ส่งจาก TE ไปยัง NT เพื่อร้องขอให้อยู่ในสภาวะไวงาน โดยที่สัญญาณ Info 1 นี้ จะมีรูปแบบเฉพาะ คือ มีบิต"0" (ลบ และบวก) และบิต "1" อีก 6 ตัว ที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

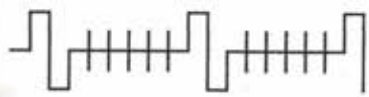
- Info 2 เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก NT ไปยัง TE เพื่อขอให้ TE ที่ต่ออยู่กับ NT ทุกตัว อยู่ในสภาวะไวงาน แล้วยังใช้เป็นสัญญาณแจ้งผลการปฏิบัติงาน ตามคำขอ ของ NT และ เมื่อมองลึกลงไปในเฟรมของข้อมูล จะเห็นว่าบิต A จะถูกกำหนดให้มีค่าเป็น "0"

- Info 3 เป็นสัญญาณที่ TE ทุกตัว ส่งออกไปให้ NT เพื่อใช้ซิงโครนัสกับสัญญาณ Info 2 ที่ส่งมาจาก NT

- Info 4 เป็นสัญญาณที่ NT ส่งไปให้กับ TE โดยที่บิต L และบิต A (หรือบิต E) ในเฟรมข้อมูลจะถูกกำหนดให้มีค่าเป็น "1"

ขั้นตอนการไวงานและเฉื่อยงาน จะแตกต่างกันไปตามอุปกรณ์สื่อสารที่เราพิจารณา คือ NT หรือ TE ซึ่งจะมีลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการไวงานและการเฉื่อยงาน ดังนี้

ตารางที่ 4.1

สัญญาณจาก NT ไป TE	สัญญาณจาก TE ไป NT
info 0 ไม่มีสัญญาณ info 2 เฟรมที่ทุกบิตถูกตั้งเป็น "0" ยกเว้นบิต N และ L ที่จะเป็นไปตามกฎการเข้ารหัส info 4 เฟรมที่มีข้อมูลอยู่ใน B,D channel แต่บิต A จะถูกตั้งให้เป็น 1	info 0 ไม่มีสัญญาณ info 1 สัญญาณต่อเนื่อง  info 3 เฟรมที่ซิงโครไนซ์กับเฟรมที่ได้รับจาก TE โดยมีข้อมูลอยู่ใน B และ ช่องสัญญาณ D

ตารางแสดงสัญญาณที่แลกเปลี่ยนกันในกระบวนการ Activation

4.5.2.1 สถานะของอุปกรณ์สื่อสารปลายทาง หรือ TE ต้องอยู่ในสถานะใดสถานะหนึ่งดังต่อไปนี้

1. สถานะ F1 เป็นสถานะที่ยังไม่มีการป้อนพลังงานไฟฟ้าให้กับ TE

2. สถานะ F2 เป็นสถานะที่ TE ได้รับพลังงานไฟฟ้า แล้วแต่ยังไม่มีการทำงานใดๆ เกิดขึ้น

3. สถานะ F3 เป็นสถานะที่ TE ยังคงอยู่ในสภาวะเฉื่อยงานอยู่ ดังนั้นจึงไม่มีการรับส่งสัญญาณใดๆ ผ่านวงจรเชื่อมต่อ

4. สถานะ F4 เป็นสถานะที่ TE ได้ส่งสัญญาณ Info 1 ออกไป แล้วรอสัญญาณที่สั่งให้ TE อยู่ในสภาวะไวงาน จาก NT

5. สถานะ F5 เป็นสถานะที่ TE ได้รับสัญญาณตอบรับจาก NT แล้วจึงทำให้ TE รอรับ

สัญญาณ Info 2 หรือ Info 4 จาก NT

6. สถานะ F6 เป็นสถานะที่ NT ทราบว่า ขณะนี้ TE อยู่ในสภาวะไวงาน เรียบร้อยแล้ว หลังจากที่ TE ได้รับสัญญาณ Info 2 แล้ว TE ก็จะส่งสัญญาณ Info 3 ออกไป และรอรับเฟรมของข้อมูลจาก NT

7. สถานะ F7 เป็นสถานะไวงานปกติของ TE ในสภาวะนี้ ทั้ง TE และ NT จะส่งเฟรมข้อมูลที่ได้รับจากชั้นเชื่อมโยงข้อมูล ผ่านจุดอ้างอิง S และ T ได้

8. สถานะ F8 เป็นสถานะที่ TE ไม่สามารถจะซิงโครนัสกับเฟรมข้อมูลที่ได้รับจาก NT ได้ และ TE จะรอการซิงโครนัสใหม่ โดยการใช้สัญญาณ Info 2 หรือ รอให้ NT สั่งให้ TE อยู่ในสภาวะเฉื่อยงาน

4.5.2.2 สถานะของอุปกรณ์ด้านโครงข่าย หรือ NT อุปกรณ์ด้านโครงข่ายที่เชื่อมต่ออยู่กับ จุดอ้างอิง S และ T โดยที่สถานะของ NT จะอยู่ในสถานะใดสถานะหนึ่ง ใน 4 สถานะที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้

1. สถานะ G1 เป็นสถานะของ NT ที่อยู่ในสภาวะเฉื่อยงาน ซึ่งไม่มีการรับส่งสัญญาณใดๆ ทั้งสิ้น

2. สถานะ G2 เป็นสถานะของ NT ที่อยู่ในสภาวะไวงาน เป็นบางส่วนเท่านั้น และในสถานะนี้ NT จะส่งสัญญาณ Info ออกไป

3. สถานะ G3 เป็นสถานะของ NT ที่อยู่ในสภาวะไวงานปกติ ทำให้ทิศทางของการส่งข้อมูลจาก NT ไปยัง TE อยู่ในสภาวะไวงาน แต่ในทางกลับกัน บางครั้งทิศทางการส่งข้อมูล จาก TE ไป NT อาจจะไม่อยู่ในสภาวะไวงานก็ได้ เนื่องจากไม่มีพลังงานไฟฟ้า ป้อนให้ TE ซึ่งจะทำให้ NT ยังคงอยู่ในสภาวะไวงานต่อไป หรือเข้าสู่สภาวะเฉื่อยงานได้

4. สถานะ G4 เป็นสถานะของ NT ต้องการที่จะไปอยู่ในสภาวะเฉื่อยงาน แต่ไม่ได้ไปอยู่ในสภาวะเฉื่อยงานทันที จะรอเวลาอยู่สักพักหนึ่งก่อน ที่จะไปอยู่ในสภาวะเฉื่อยงาน

4.5.2.3 ขั้นตอนการไวงานและการเฉื่อยงาน

ขั้นตอนการไวงาน และการเฉื่อยงาน เริ่มต้นจากอุปกรณ์สื่อสารปลายทางและอุปกรณ์ด้านโครงข่ายยังอยู่ในสภาวะเฉื่อยงาน ซึ่งไม่มีการส่งสัญญาณใดๆ ผ่านจุดอ้างอิง S และ T นอกจากสัญญาณ Info 0 เมื่ออุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งต้องการที่จะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูล อุปกรณ์ตัวนั้นก็จะเริ่มกระบวนการ ที่จะทำให้ทั้ง TE และ NT อยู่ในสภาวะไวงาน แล้วทำการแลกเปลี่ยนข้อมูล หลังจากนั้น เมื่อหมดข้อมูลที่จะส่งแล้ว ก็จะเริ่มเข้าสู่สภาวะเฉื่อยงานอีก โดย NT เท่านั้น ที่จะเริ่ม

กระบวนการเฉื่อยงาน ซึ่งขั้นตอนการไวงาน และการเฉื่อยงาน แสดงไว้ในรูปที่ 4.5

1. เริ่มต้นจาก Entity ในชั้นเชื่อมโยงข้อมูลภายใน TE ที่ต้องการที่จะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับ NT จึงออกคำสั่งให้ Entity ในชั้นกายภาพด้วย Primitive PH-Activate Request หรือ PH-AR ซึ่งเป็นสัญญาณที่ใช้ในการร้องขอ เพื่อให้วงจรเชื่อมต่อในชั้นกายภาพเริ่มทำงาน และใช้แจ้งความพร้อมที่จะส่งข้อมูลของชั้นกายภาพ หลังจากชั้นกายภาพได้รับสัญญาณ PH-AR แล้วก็จะส่งสัญญาณ Info 1 ออกไปให้กับ NT เพื่อขอให้เปลี่ยนสภาวะการทำงานให้เป็นสภาวะไวงานต่อจากนี้ ไป TE ก็จะอยู่ในสภาวะรอการไวงานจาก NT

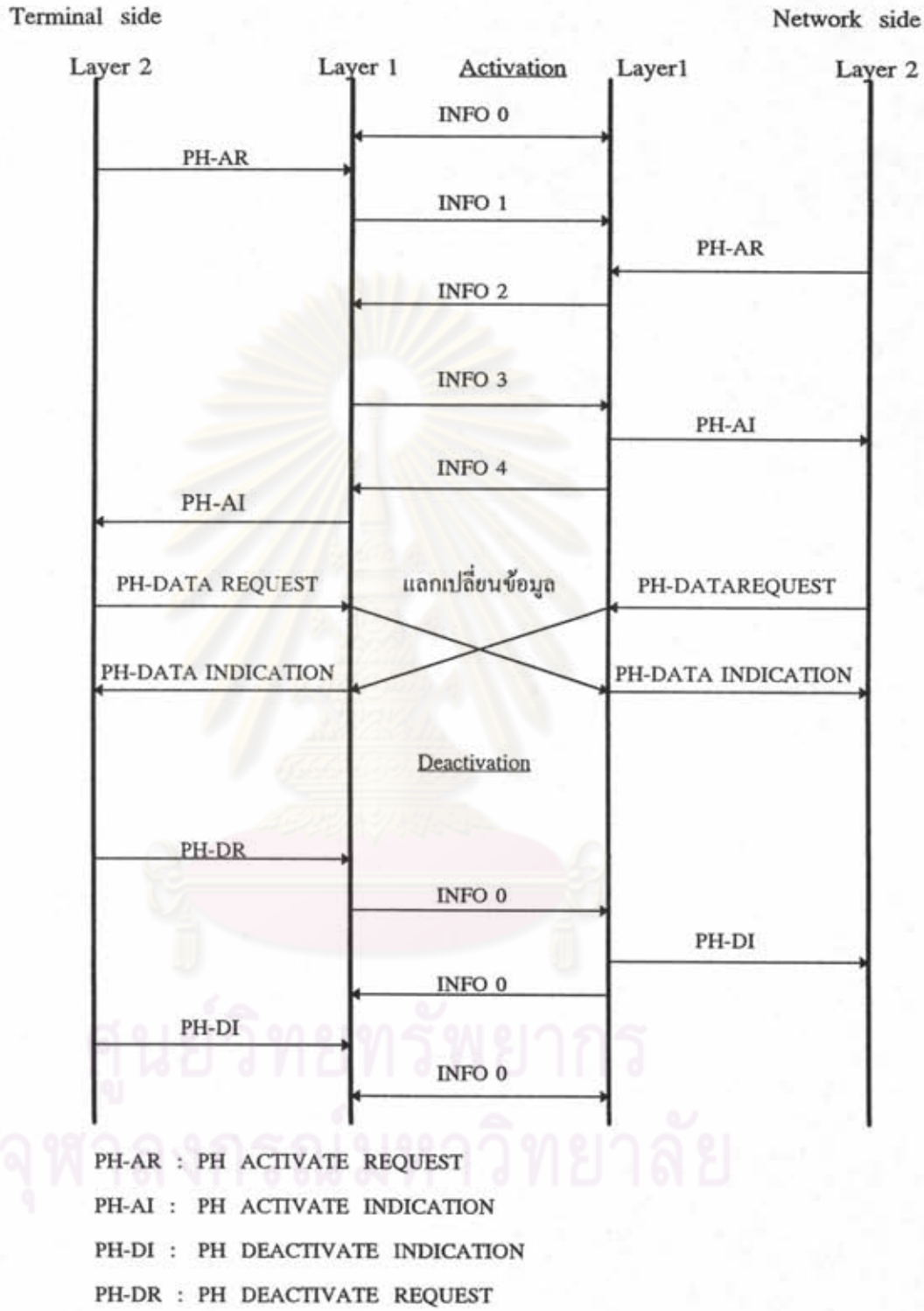
2. ในขณะที่ TE รอการไวงานจาก NT ถ้า TE ได้รับสัญญาณตอบรับจาก NT และTE ก็จะหยุดส่งสัญญาณ Info1 และจะเข้าสู่สถานะรอสัญญาณ Info 2 จาก NT

3. เมื่อหันมาดูทางด้าน NT หลังจากที่ NT ได้รับสัญญาณ Info 1 จาก TE แล้ว NT ก็จะส่งสัญญาณ Info 2 ตอบออกไป ซึ่งสัญญาณ Info 2 ที่จะส่งออกไปนี้ เกิดขึ้นจากการที่ Entity ในชั้นกายภาพ ของ NT ที่ได้รับคำสั่ง Primitive PH-Activate Request หรือ PH-AR ซึ่งจะใช้เป็นสัญญาณแจ้ง การเริ่มทำงาน หรืออยู่ในสภาวะไวงาน จาก Entity ในชั้นเชื่อมโยง มีผลทำให้วงจรเชื่อมโยงอยู่ในสภาวะไวงาน

4. เมื่อ TE ได้รับสัญญาณ Info 2 จาก NT ก็เป็นอันว่า NT อยู่ในสภาวะไวงาน เรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้น TE ก็ได้สัญญาณ Info 3 ไปให้กับ NT เพื่อให้ NT ทราบว่าขณะนี้ TE ได้อยู่ในสถานะไวงานแล้ว TE ก็จะทำการรอรับเฟรมข้อมูลจาก NT ต่อไป

5. เมื่อ NT ได้รับสัญญาณ Info 3 ก็เป็นอันว่า NT รับทราบว่าขณะนี้ TE อยู่ในสภาวะไวงาน หลังจากนั้น Entity ในชั้นกายภาพของ NT ก็จะแจ้งให้ Entity ในชั้นเชื่อมโยงข้อมูลของ NT ทราบ โดยสัญญาณ PH-Activatate Indication หรือ PH-AI แล้วส่งสัญญาณ Info 4 ไปยัง TE เพื่อบอกว่าขณะนี้ NT พร้อมที่จะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลแล้ว ซึ่งถือได้ว่าเป็นสภาวะไวงานปกติของ NT

6. หลังจากที่ TE ได้รับสัญญาณ Info 4 จาก NT แล้ว Entity ภายในชั้นกายภาพของ TE ก็จะแจ้งให้ Entity ภายในชั้นเชื่อมโยงข้อมูลทราบ ด้วยการส่งสัญญาณ PH-AI หลังจากนั้นทั้ง TE และ NT ก็จะสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ โดยใช้วงจรเชื่อมโยง ระหว่าง NT กับ TE ที่อยู่ในสภาวะไวงานได้



PH-AR : PH ACTIVATE REQUEST

PH-AI : PH ACTIVATE INDICATION

PH-DI : PH DEACTIVATE INDICATION

PH-DR : PH DEACTIVATE REQUEST

รูปที่ 4.5 แสดงกระบวนการไวงาน และการเฉื่อยงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. เมื่อวงจรเชื่อมโยงระหว่าง TE กับ NT อยู่ในสภาวะไวงานแล้ว ก็เริ่มที่จะ ส่งข้อมูลจาก TE ไปยัง NT ซึ่งข้อมูลที่ส่งไปนั้น จะอยู่ในรูปของสัญญาณ Info 3 และจะมีการส่งข้อมูลจาก์ NTไปยัง TE ซึ่งข้อมูลที่ส่งไปนั้น จะอยู่ในรูปของสัญญาณ Info4

8. เมื่อ TE หรือ NT หรือทั้งคู่ ไม่ต้องการที่จะส่งข้อมูลแล้ว ก็จะเริ่มกระบวนการเฉื่อยงาน โดยที่ NT เท่านั้นที่จะเป็นผู้เริ่มต้นกระบวนการเฉื่อยงานด้วยการส่งสัญญาณ Info 0 ออกจาก NT ไปยัง TE เมื่อ TE ได้รับสัญญาณ Info 0 ที่ส่งมาจาก NT แล้ว TE ก็จะส่งสัญญาณ Info 0 ไปให้กับ NT เพื่อรับทราบการที่ NT จะอยู่ในสภาวะเฉื่อยงาน หลังจากที่ NT ได้รับสัญญาณ Info 0 จาก TE แล้ว NT ก็จะไปอยู่ในสภาวะเฉื่อยงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย