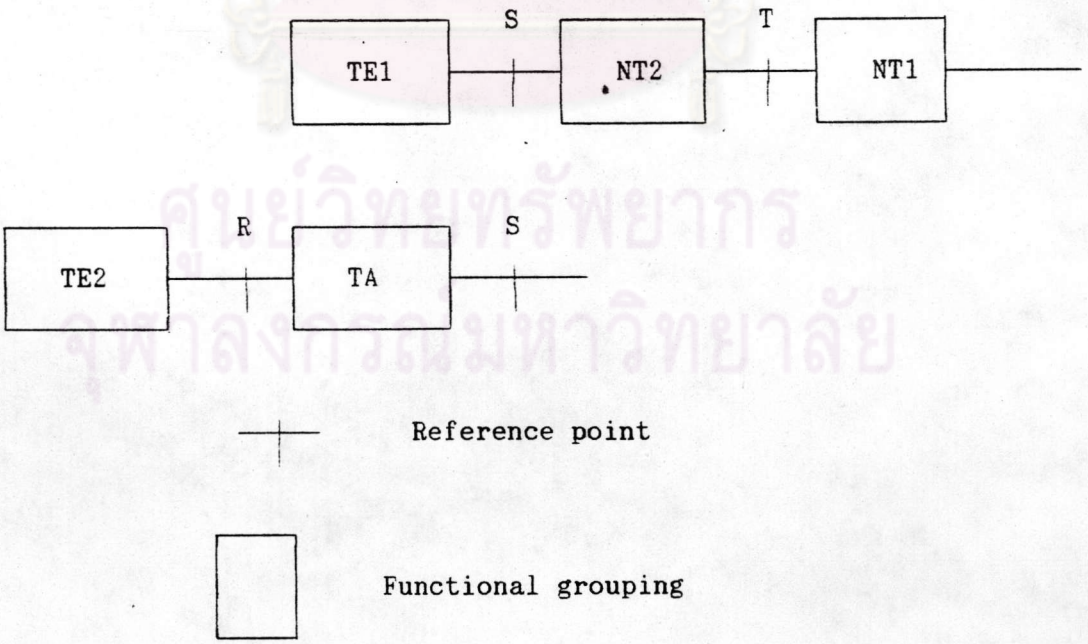
บทที่ 3

โปรโตคอลชั้นที่ 1

(Layer 1 Specification)

การเชื่อมต่ออุปกรณ์เทอร์มินัลของผู้เช่าเพื่อเข้าไปใช้บริการข่าย ISDN ที่จุดเชื่อมโยงระหว่างผู้เช่ากับข่ายนั้น CCITT ได้กำหนดโครงสร้างการเชื่อมโยงไว้ 2 แบบคือแบบ Basic และ Primary โดยแยกคุณสมบัติการเชื่อมโยงตามแบบโปรโตคอลใน OSI Reference Model ได้เป็น 3 ชั้นคือชั้นที่ 1(Physical) 2(Data Link) และ 3(Network) และสำหรับโครงสร้างแบบ Basic แล้ว CCITT ได้กำหนดคุณสมบัติเหล่านี้ไว้ใน CCITT Recs.I.430(ชั้นที่ 1) I.440 และ I.441(ชั้นที่ 2) และ I.450 และ I.451(ชั้นที่ 3)[2] สำหรับในที่นี้จะได้กล่าวถึงเฉพาะคุณสมบัติของชั้นที่ 1 และ 2 เท่านั้น

การเชื่อมต่อที่จุดเชื่อมโยงระหว่างผู้เช่ากับข่ายนั้น ตำแหน่งของการเชื่อมต่อทางกายภาพอาจจะเป็นจุด S หรือ T(แสดงในรูปที่ 3.1) ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์เทอร์มินัลที่ผู้เช่าเลือกใช้ โดยคุณสมบัติทางไฟฟ้าและขบวนการต่าง ๆ ของจุดเชื่อมโยงทั้ง 2 จุดนี้จะเหมือนกัน



รูปที่ 3.1 รูปแบบของ ISDN User-Network Interfaces

โปรโตคอลในระดับชั้นที่ 1 ของการเชื่อมโยงระหว่างผู้เช่ากับข่ายนั้นจะเป็นการกล่าวถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าและกายภาพที่จุดเชื่อมโยง S หรือ T นี้รวมทั้งขบวนการต่าง ๆ ที่มีการใช้งานโดยอาศัยวงจรไฟฟ้าที่จุดเชื่อมโยง

ในคำอธิบายต่อไปข้างล่างนี้ NT1 และ NT2 จะใช้แทนด้วย NT และ TE1 หรือ TA หรือ NT2 จะแทนด้วย TE และจุดเชื่อมโยง S หรือ T จะแทนด้วยจุดเชื่อมโยง S/T นอกจากจะได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น

3.1 การให้บริการ

การให้บริการต่าง ๆ ที่จุด S/T โดยอาศัยโครงสร้างแบบ Basic ในระดับชั้นที่ 1 นั้น จะทำโดยอาศัยวงจรไฟฟ้าซึ่งเป็นวงจร 4 สายแยกเป็นวงจรสำหรับการรับและส่งข่าวสารทิศทางละ 2 สาย โดยข่าวสารที่รับส่งผ่านวงจรนี้จะประกอบด้วยข้อมูลจากช่องสัญญาณ B 2 ช่อง ช่องสัญญาณ D 1 ช่องและข่าวสารที่ใช้ในการกำหนดและควบคุมการจัดเพรม โดยข่าวสารทั้งหมดจะถูกนำมาทำการมัลติเพลกซ์โดยอาศัยวิธีการ TDM (Time Division Multiplex) ทำให้ได้สัญญาณข่าวสารที่ส่งออกมีอัตราเร็วบิตเป็น 192 kbps

นอกจากนั้นโปรโตคอลชั้นที่ 1 ยังให้บริการแก่ชั้นที่ 2 ด้วยซึ่งบริการเหล่านี้จะรวมทั้งขบวนการ Activate/Deactivate อุปกรณ์ที่จุดเชื่อมโยงเพื่อให้สามารถส่งข่าวสารที่ชั้นที่ 2 ส่งมาได้ ขบวนการควบคุมการเข้าใช้ช่องสัญญาณ D เพื่อควบคุมให้การเข้าใช้ช่องสัญญาณ D เป็นไปตามลำดับและได้สมรรถภาพตามที่กำหนดไว้ในระบบซิกแนลลิงสำหรับช่องสัญญาณ D และทำหน้าที่แจ้งสถานะของวงจรในระดับชั้นที่ 1 ให้ชั้นที่สูงขึ้นไปทราบด้วย

3.2 โมดการทำงาน(Modes of Operation)

โมดการทำงานที่ใช้งานกับขบวนการที่กำหนดไว้ในชั้นที่ 1 จะแยกได้เป็น 2 โมดคือ

3.2.1 แบบจุดต่อจุด(Point-to-point operation)

การทำงานในโมดนี้ ในขณะใดขณะหนึ่งจะมีเครื่องส่งและเครื่องรับที่กำลังใช้งานวงจรรับส่งข้อมูลที่จุด S/T เพียงทิศทางละ 1 เครื่องเท่านั้น

3.2.2 แบบจุดต่อหลายจุด(Point-to-multipoint operation)

การทำงานในโมดนี้ ในขณะใดขณะหนึ่งอาจจะมีเทอร์มินัลมากกว่า 1 ตัวกำลังใช้งานวงจรรับส่งข้อมูลที่จุด S/T ซึ่งการทำงานในโมดนี้ รูปแบบการต่อวงจรไฟฟ้าอาจจะเป็นแบบจุดต่อจุดหรือจุดต่อหลายจุดก็ได้

3.3 รูปแบบการต่อวงจร(Types of Wiring Configuration)

การพิจารณาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของจุดเชื่อมโยง S/T นั้นจะแยกพิจารณารูปแบบการต่อวงจรออกเป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือแบบจุดต่อจุดและจุดต่อหลายจุด และคุณสมบัติอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.3.1 การต่อแบบจุดต่อจุด(Point-to-point Configuration)

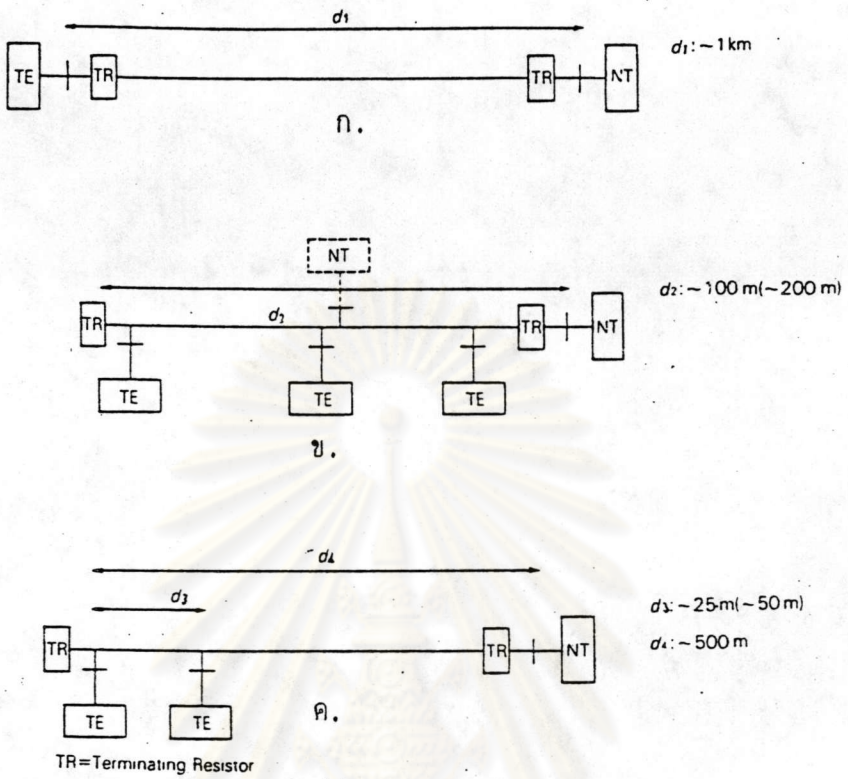
การต่อแบบนี้บนวงจรจะมีเครื่องส่งและเครื่องรับต่ออยู่เพียงอย่างละ 1 ตัวเท่านั้น และระยะทางมากที่สุดระหว่าง TE กับ NT(แสดงด้วยระยะ d_1 ในรูปที่ 3.2ก.)จะเป็น 1 กิโลเมตร ซึ่งระยะทางนี้กำหนดขึ้นโดยอาศัยระยะเวลาที่ใช้เดินทางไปกลับของสัญญาณใดๆ ในช่องสัญญาณ D ระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับร่วมกับอัตราการลดทอนสัญญาณ(Attenuation)ที่ส่งออกจากเครื่องส่ง ซึ่ง CCITT Rec. I.430[2] ได้กำหนดอัตราการลดทอนสัญญาณที่ความถี่ 96 kHz มากที่สุดคือ 6 dB และระยะเวลาที่สัญญาณใด ๆ ใช้เดินทางไปกลับในช่องสัญญาณ D อยู่ในระหว่าง 10 ถึง 42 ไมโครวินาที

3.3.2 การต่อแบบจุดต่อหลายจุด(Point-to-multipoint Configuration)

การต่อแบบนี้อาจจะมีเครื่องส่งหลายตัวต่ออยู่กับเครื่องรับเพียงตัวเดียว หรือเครื่องรับหลายตัวต่ออยู่กับเครื่องส่งเพียงตัวเดียวบนวงจรไฟฟ้าที่จุด S/T การต่อวงจรในลักษณะนี้จะสามารถต่อ TE ได้มากที่สุด 8 ตัวต่อ NT 1 ตัวซึ่งสามารถแยกได้เป็น 2 แบบคือ

3.3.2.1 แบบ Passive Bus ดังแสดงในรูปที่ 3.2ข. การต่อแบบนี้ TE สามารถต่อได้ที่จุดใด ๆ ตลอดความยาวของสายที่ต่อออกจาก NT โดย NT จะรับสัญญาณข้อมูลจาก TE โดยอาศัยระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางที่ไม่เท่ากันจาก TE แต่ละตัวบนวงจรมายัง NT ดังนั้นด้วยเหตุผลนี้ ระยะทางที่ไกลที่สุดจึงขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปกลับของสัญญาณข้อมูลบนบัส หรือ NT อาจจะอาศัยวิธีการกำหนดเวลาที่แน่นอนในการรับสัญญาณข้อมูลจาก TE ได้ถ้าระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปกลับของสัญญาณอยู่ในช่วง 10 ถึง 14 ไมโครวินาที ซึ่งในกรณีนี้ทำให้ระยะทางไกลที่สุดระหว่าง TE กับ NT อยู่ในช่วง 100 ถึง 200 เมตร(ระยะ d_2 ในรูปที่ 3.2ข.) โดยระยะทางไกลที่สุดจะเป็น 200 เมตรถ้าใช้สายที่มีอิมพีแดนซ์ประมาณ 150 โอห์ม และจะเป็น 100 เมตรถ้าสายที่ใช้มีอิมพีแดนซ์ประมาณ 75 โอห์ม

3.3.2.2 แบบ Extended passive Bus ดังแสดงในรูปที่ 3.2ค.เป็นการต่อโดยขยายระยะทางระหว่างกลุ่มของ TE กับ NT ออกไป โดยมีข้อจำกัดคือภายในกลุ่มของ TE นั้นระยะเวลาที่สัญญาณข้อมูลจาก TE แต่ละตัวใช้ในการเดินทางไปกลับกับ NT จะต้องต่างกันไม่น้อยกว่า 1.4 ไมโครวินาที ทำให้ระยะระหว่าง NT กับ TE ที่ไกลที่สุดเป็น 500 เมตร (ระยะ d_4 ในรูปที่ 3.2ค.) และระยะระหว่าง TE แต่ละตัวอยู่ในช่วง 25 ถึง 50 เมตร(ระยะ d_3 ในรูปที่ 3.2ค.)



รูปที่ 3.2 รูปแบบการต่อวงจร

3.4 พังก์ชันที่จุดเชื่อมโยง (Interface functions)

พังก์ชันที่จุดเชื่อมโยง S/T จะประกอบด้วย

ก. รับส่งข่าวสารในช่องสัญญาณ B 2 ช่องที่แยกอิสระจากกันด้วยอัตราเร็วบิต 64 kbps

ข. ให้สัญญาณไทมิ่ง (Timing) สำหรับสัญญาณข่าวสารแต่ละบิต เพื่อให้ NT และ TE สามารถรับข้อมูลจากสัญญาณอัตราเร็วบิต 192 kbps ได้อย่างถูกต้อง

ค. ให้สัญญาณไทมิ่งความถี่ 8 kHz สำหรับ NT และ TE

ง. ให้ข่าวสารที่เกี่ยวกับการจัดเฟรมเพื่อให้ NT และ TE สามารถรับข่าวสารที่ส่งมาโดยอาศัยวิธีการมัลติเพลกซ์เชิงเวลาได้

จ. รับส่งข่าวสารในช่องสัญญาณ D ด้วยอัตราเร็วบิต 16 kbps

ฉ. ควบคุมการเข้าใช้ช่องสัญญาณ D เพื่อให้เทอร์มินัลแต่ละตัวสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ตามลำดับ

ช. ให้บริการเพื่อให้เทอร์มินัลสามารถถ่ายเทกำลังไฟฟ้าผ่านวงจรเชื่อมโยงได้ ซึ่งคุณสมบัตินี้ในการใช้งานจริงบางครั้งอาจจะไม่มีก็ได้

ช. ทำการ Deactivate TE หรือ NT เมื่อไม่มีการรับส่งข่าวสารเพื่อลดความสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้า

ฌ. ทำการ Activate TE หรือ NT เมื่อต้องการรับส่งข่าวสาร

ฟังก์ชันทุกชนิดที่ได้กล่าวถึงนี้ เป็นฟังก์ชันที่ทำผ่านวงจรไฟฟ้าที่จุดเชื่อมโยง S/T ในลักษณะของสัญญาณดิจิตอลที่ผ่านขบวนการมัลติเพลกซ์จนได้โครงสร้างของเฟรมตามที่จะได้กล่าวถึงต่อไป และเชื่อมโยงกันโดยผ่านวงจรไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยวงจร 2 คู่สาย สำหรับรับและส่งข้อมูลทิศทางละ 1 คู่สาย

3.5 โครงสร้างของเฟรม(Frame structure)

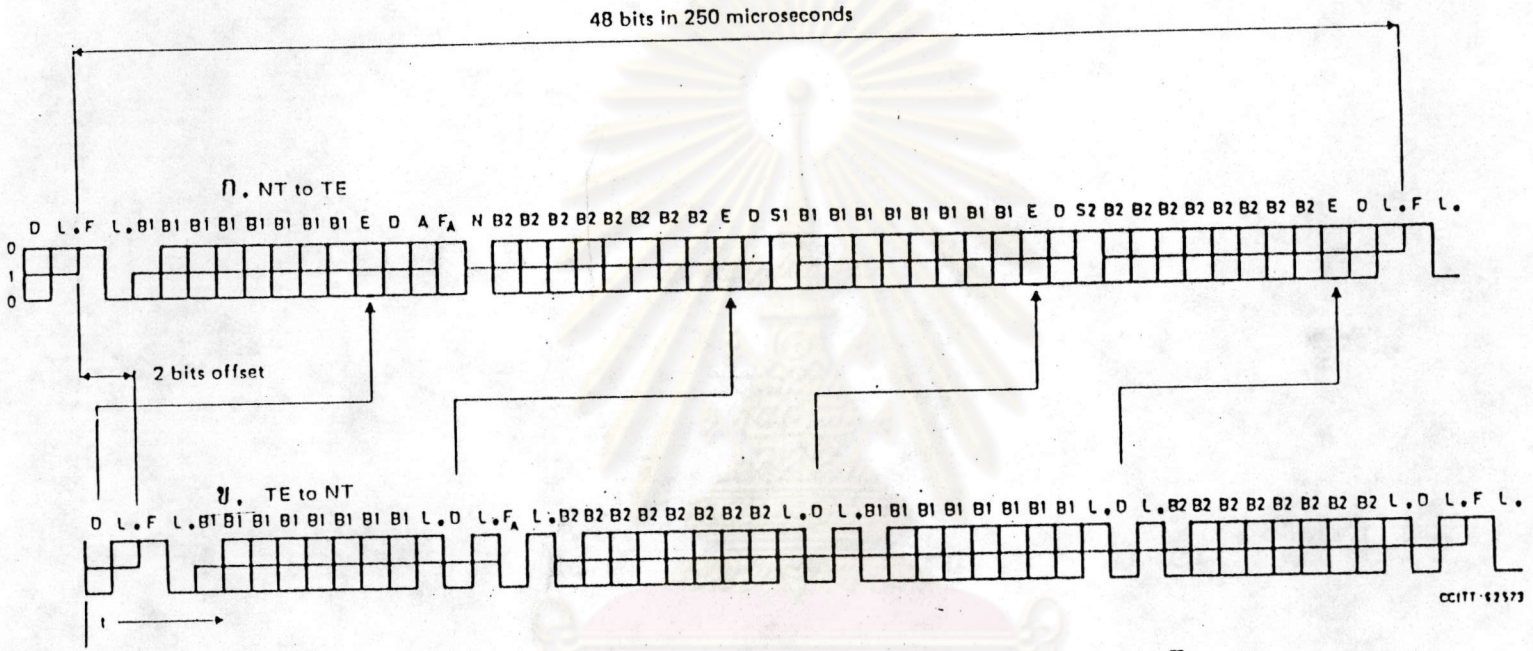
ข่าวสารที่จะส่งผ่านวงจรเชื่อมโยงที่จุด S/T จะถูกส่งในรูปของเฟรมขนาด 48 บิต โดยอาศัยวิธีการมัลติเพลกซ์ จากนั้นจึงส่งออกไปด้วยอัตราเร็วบิต 192 kbps และโครงสร้างของเฟรมสำหรับการส่งแต่ละทิศทางจะต่างกันดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยเรียงลำดับของบิตเป็นบิตที่ 1 ถึง 48

3.5.1 โครงสร้างของเฟรมที่ส่งจาก TE ไป NT

ดังแสดงในรูปที่ 3.3ก. เฟรมที่ส่งออกจาก TE จะมีข้อมูลจำนวนทั้งหมด 8 บิตที่ทำหน้าที่ DC-balance(บิต L) สำหรับข้อมูลที่ส่งในช่องสัญญาณ B และ D โดยจะเป็นข้อมูลบิตสุดท้ายในกลุ่มของบิตสำหรับข้อมูลที่ส่งในช่องสัญญาณนั้น ๆ ทั้งนี้ เพื่อหลีกเลี่ยงการเข้ารหัสผิดพลาดของข้อมูลที่ส่งออก และเพื่อจำกัดระดับของสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่ NT จะได้รับในกรณีของการต่อแบบบัส

รายละเอียดของโครงสร้างของเฟรมจะเป็นดังนี้

บิตที่	เนื้อหา
1 และ 2	frame signal with balance bit
3-11	B1-channel with balance bit(Octet แรก)
12 และ 13	D-channel bit with balance bit
14 และ 15	auxiliary framing with balance bit
16-24	B2-channel with balance bit(Octet แรก)
25 และ 26	D-channel bit with balance bit
27-35	B1-channel with balance bit(Octet ที่สอง)
36 และ 37	D-channel bit with balance bit
38-46	B2-channel with balance bit(Octet ที่สอง)
47 และ 48	D-channel bit with balance bit



F = framing bit
L = DC balancing bit
D = D-channel bit
E = D-echo-channel bit
F_A = Auxiliary framing bit (= 0) (see § 6.3.3)

N = bit set to a binary value $N = \overline{F}_A$ (see § 6.3.3)
B1 = bit within B channel 1
B2 = bit within B channel 2
A = bit used for activation
S1, S2 = Reserved for future standardization

Note – Dots demarcate those parts of the frame that are independently DC-balanced.

รูปที่ 3.3 โครงสร้างของเฟรมที่จุดอ้างอิง S

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5.2 โครงสร้างของเฟรมที่ส่งจาก NT ไป TE

ดังแสดงในรูปที่ 3.3ข. เฟรมที่ส่งออกจาก NT จะมีข้อมูล 4 บิตที่ทำหน้าที่เป็นกลไกในการควบคุมการเข้าใช้ช่องสัญญาณ D คือบิต E(D-echo) ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณข้อมูลที่ NT ได้รับจากช่องสัญญาณ D ออกไปใหม่ นอกจากนั้นยังมีบิตสำหรับทำขบวนการ Activate/-Deactivate และบิตสุดท้ายของเฟรมจะเป็นบิต L ซึ่งทำหน้าที่เป็นบิต DC-balance สำหรับข้อมูลทั้งเฟรมที่ได้ส่งออกไป

รายละเอียดของโครงสร้างของเฟรมจะเป็นดังนี้

บิตที่	เนื้อหา
1 และ 2	framing signal with balance bit
3-10	B1-channel(Octet แรก)
11	E,D-echo-channel bit
12	D-channel bit
13	bit A used for activation
14	F_A auxiliary framing bit
15	N bit
16-23	B2-channel(Octet แรก)
24	E,D-echo-channel bit
25	D-channel bit
26	S1,reserved for future standardization
27-34	B1-channel(Octet ที่สอง)
35	E,D-echo-channel bit
36	D-channel bit
37	S2,reserved for future standardization
38-45	B2-channel(Octet ที่สอง)
46	E,D-echo-channel bit
47	D-channel bit
48	frame balance bit

โดย S1 และ S2 จะเป็น '0'

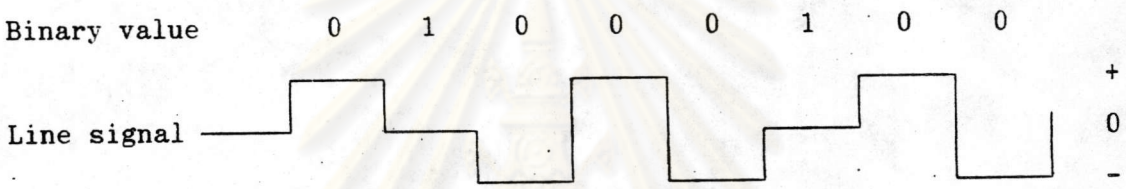
ที่ TE การส่งเฟรมข้อมูลจาก TE ไปยัง NT นั้นจะอาศัยสัญญาณไทมิ่งจากเฟรมที่ได้รับจาก NT ในการสร้างสัญญาณไทมิ่งสำหรับการเข้าจังหวะ (Synchronize)ข้อมูลที่จะส่งออกไปแต่ละเฟรมซึ่งจะแยกได้เป็นสัญญาณไทมิ่งสำหรับข้อมูลแต่ละบิต แต่ละ Octet และแต่ละเฟรม โดย

การส่งนั้น TE จะส่งข้อมูลบิตแรกของเฟรมออกไปหลังจากที่ได้รับข้อมูลบิตแรกของเฟรมที่ส่งมาจาก NT เป็นระยะเวลาเท่ากับคาบเวลาของข้อมูลจำนวน 2 บิตดังแสดงในรูปที่ 3.3 ทั้งนี้เพื่อให้การรับส่งข้อมูลในช่องสัญญาณ D และ D-echo เป็นไปอย่างถูกต้อง ซึ่งจะส่งผลไปถึงการควบคุมการเข้าใช้ช่องสัญญาณ D ของ TE แต่ละตัวบนบัสด้วย

ในขณะเดียวกัน NT ก็จะสร้างสัญญาณไทมิ่งโดยอาศัยสัญญาณนาฬิกาของข่าย

3.6 ไลน์โค๊ดดิง (Line Coding)

การส่งข้อมูลผ่านจุดเชื่อมโยง S/T นั้น สัญญาณที่ใช้จะเป็นแบบ 100% Pulsewidth pseudo-ternary Code ดังแสดงในรูปที่ 3.4



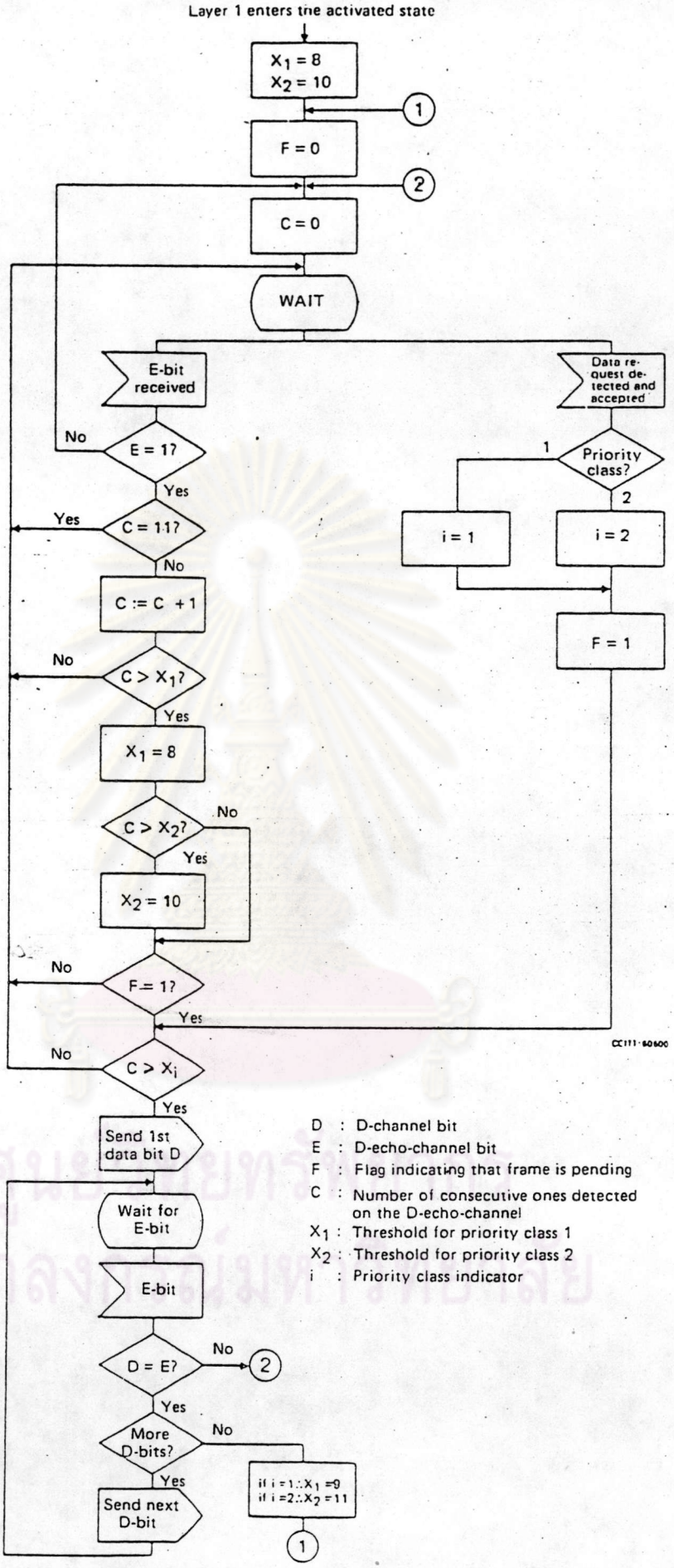
รูปที่ 3.4 สัญญาณแบบ 100% Pulsewidth pseudo-ternary

การเข้ารหัสจะกระทำโดยค่าลอจิก '1' จะแทนด้วย 'No signal' และค่าลอจิก '0' จะแทนด้วยระดับสัญญาณบวกและลบสลับกัน โดยบิตแรกที่ตามหลังบิต Framing balance และมีค่าเป็น '0' จะเข้ารหัสโดยมีขั้วเดียวกันกับบิต Framing balance นั้นและบิตที่มีค่า '0' ต่อ ๆ ไปจะมีขั้วสลับกันระหว่างบวกกับลบและ Balance bit จะมีค่าเป็น '0' ถ้ามีข้อมูลที่เป็น '0' ตามหลัง Balance bit ก่อนหน้านี้เป็นจำนวนเลขคี่และจะเป็น '1' ถ้าจำนวนนั้นเป็นเลขคู่ ซึ่งการเข้ารหัสลักษณะนี้จะคล้ายกับการเข้ารหัสแบบ AMI(Alternate Mark Inversion) [8]

3.7 ขบวนการเชื่อมโยง (Interface Procedures)

3.7.1 การควบคุมการเข้าใช้ช่องสัญญาณ D(D-channel Access Control)

จุดประสงค์ของการใช้งานขบวนการควบคุมการเข้าใช้ช่องสัญญาณ D นั้นก็เพื่อที่จะทำให้ TEs ที่ต่ออยู่กับ NT แบบจุดต่อหลายจุดสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณ D ได้โดยเรียงตามลำดับ และในกรณีที่มี TE มากกว่า 2 ตัวที่ต้องการใช้ช่องสัญญาณ D พร้อมกัน ขบวนการนี้ก็จะช่วยให้มี TE 1 ตัวที่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณเพื่อส่งข่าวสารได้ นอกจากนั้นขบวนการนี้ยังสามารถใช้งานกับ TE ที่ต่อแบบจุดต่อจุดได้ด้วย



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการเข้าใช้ช่องสัญญาณ D

ขบวนการควบคุมการเข้าใช้ช่องสัญญาณ D นี้มีการทำงานที่ขึ้นอยู่กับแฟล็กที่มีรูปแบบ '01111110' ซึ่งเป็นอักขระที่ใช้คั่นแยกเฟรมข้อมูลในระดับชั้นที่ 2 ออกจากกันและการใช้วิธีการแทรกบิตศูนย์(Zero bit insertion) เพื่อป้องกันการส่งข้อมูลที่มีรูปแบบเดียวกับแฟล็ก

สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือ TE หรือ NT ที่ต่ออยู่กับจุดเชื่อมโยง จะส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น '1' ออกไปในช่องสัญญาณ D ตลอดเวลา ถ้าในขณะนั้นไม่มีเฟรมข้อมูลจากชั้นที่ 2 ที่จะทำการส่ง

การตรวจจับและแก้ไขการชนกันของข้อมูลที่อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจาก TE หลายตัวเริ่มต้นส่งข้อมูลออกมาพร้อมกัน จะเป็นหน้าที่ของ TE ที่เป็นผู้ส่งข้อมูล การตรวจจับจะอาศัยข้อมูลที่ TE ได้รับมาจาก NT ในช่องสัญญาณ D-echo ซึ่งข้อมูลนี้ NT จะได้มาจากการสะท้อนกลับข้อมูลที่ได้รับจากช่องสัญญาณ D โดย NT จะส่งออกไปในตำแหน่งของช่องสัญญาณ D-echo บิตต่อไปที่จะส่งออก

ขั้นตอนการควบคุมการเข้าใช้ช่องสัญญาณ D สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.5

ในการตรวจจับ TE จะเฝ้าตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับในช่องสัญญาณ D-echo (บิต E)ขณะที่อยู่ในภาวะไวงาน โดยจะนับจำนวนข้อมูลที่ได้รับที่มีค่าเป็น '1' ติดต่อกันและถ้าข้อมูลที่ได้รับมีค่าเป็น '0' ก็จะเริ่มทำการนับใหม่ โดยจำนวนบิตที่เป็น '1' ในปัจจุบันที่ TE ได้รับติดต่อกันจะแทนด้วย C ซึ่งเมื่อ C เป็น 11 จะไม่มีการนับเพิ่มแต่อย่างใด

ข้อมูลที่ส่งออกไปโดย TE ที่เป็นผู้ได้เข้าใช้ช่องสัญญาณ D อาจจะเกิดการชนกันกับข้อมูลที่ส่งออกมาโดย TE อื่นได้ ซึ่งการป้องกันเหตุการณ์นี้ทำได้โดย TE ที่เป็นผู้ส่งข้อมูลจะเฝ้าตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับจากช่องสัญญาณ D-echo และนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลบิตสุดท้ายที่ได้ส่งไปในช่องสัญญาณ D ถ้าผลการเปรียบเทียบปรากฏว่าถูกต้องคือบิตที่ได้รับจากช่องสัญญาณ D-echo เท่ากับบิตที่ส่งออกไปในช่องสัญญาณ D TE ตัวนั้นก็จะสามารถส่งข้อมูลต่อไปได้ แต่ถ้าไม่ถูกต้องคือข้อมูลที่ได้รับไม่เท่ากับที่ส่งออกไป TE ผู้ส่งข้อมูลจะหยุดการส่งข้อมูลทันทีและจะกลับไปอยู่ในสถานะเฝ้าตรวจสอบช่องสัญญาณ D ใหม่

3.7.2 การ Activate/Deactivate

ขบวนการ Activate/Deactivate เป็นขบวนการที่ใช้สำหรับการ Activate และ Deactivate อุปกรณ์ที่ต่อกับจุดเชื่อมโยง S/T ซึ่งประกอบด้วย TE NT และอุปกรณ์ทวนสัญญาณ(Regenerator) เพื่อให้สามารถทำงานต่อไปนี้ได้[8] คือ

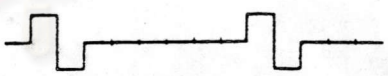
ก. ปฏิบัติงานตามขบวนการ Call Setup และ Call Release เพื่อการใช้งานวงจรเชื่อมโยงในการเชื่อมต่อช่องสัญญาณ B และ D เพื่อทำการรับส่งข่าวสาร

ข. เพื่อควบคุมให้อุปกรณ์ที่ต่อที่จุดเชื่อมโยงสามารถเข้าสู่โมด Power down เพื่อการประหยัดพลังงานได้

โดยขบวนการนี้ NT สามารถทำการ Activate และ Deactivate TE ได้ แต่ TE จะไม่สามารถทำการ Deactivate NT ได้เนื่องจากในขณะใดๆ NT อาจจะมี TE ที่ต่ออยู่และกำลังใช้งานอยู่หลายตัวได้

การทำงานตามขบวนการ Activate/Deactivate ไม่ว่าจาก NT หรือ TE จะมีการร้องขอหรือแจ้งผลการปฏิบัติการโดยอาศัยการส่งสัญญาณดิจิตอลที่เรียกว่าสัญญาณ Info ผ่านวงจรที่จุดเชื่อมโยง S/T และจะมีสัญญาณ Info ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 5 ชนิดด้วยกัน ประกอบด้วยสัญญาณ Info0 Info1 Info2 Info3และ Info4 โดยมีความหมายแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ความหมายของสัญญาณ Info

Signals from NT to TE	Signals from TE to NT
Info 0 No signal	Info 0 No signal
	Info 1 A continuous signal with the following pattern: Positive "zero", negative "zero", six "ones"  CCITT-62731 Nominal Bit rate = 192 kbit/s
Info 2 Frame with all bits of B, D and D-echo channels set to binary zero. Bit A set to zero. N and L bits according to the normal coding rules.	
	Info 3 Synchronized frames with operational data on B and D channels.
Info 4 Frames with operational data on B, D and D-echo channels. Bit A set to 1.	

โดยมี Info0 เป็นสัญญาณที่ส่งเพื่อขอทำการ Deactivate TE จาก NT และสำหรับการแจ้งผลการปฏิบัติตามขบวนการ Deactivate ที่ NT เป็นผู้ขอ

Info1 เป็นสัญญาณที่มีรูปแบบเฉพาะที่ TE ใช้สำหรับขอ Activate NT

Info2 สัญญาณนี้จะถูกส่งออกจาก NT เพื่อขอ Activate TE หรือเป็นการแจ้งผลการปฏิบัติตามคำขอให้ทำการ Activate จาก TE

ขั้นตอนของขบวนการนี้จะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับจุดที่พิจารณาว่าที่อุปกรณ์ด้านใดของจุดเชื่อมโยง S/T ซึ่งทั้ง TE และ NT จะมีสถานะที่เกี่ยวข้องกับขบวนการ Activate และ Deactivate ต่างกันดังนี้

3.7.2.1 สถานะของอุปกรณ์ด้านเทอร์มินัล อุปกรณ์ด้านเทอร์มินัลที่เกี่ยวข้องคือ TE จะอยู่ในสถานะใดสถานะหนึ่งต่อไปนี้

3.7.2.1.1 สถานะ F1 ยังไม่มีการใช้งาน TEเนื่องจากยังไม่มีการป้อนกำลังไฟฟ้าให้ TE

3.7.2.1.2 สถานะ F2 ได้รับกำลังไฟฟ้าแล้วแต่ยังไม่มีการพิจารณาสัญญาณใด ๆ ที่ได้รับแต่อย่างใด

3.7.2.1.3 สถานะ F3 เป็นสถานะที่ TE ยังคง Deactivate อยู่ ซึ่งเป็นสถานะในระดับโปรโตคอลชั้นที่ 1 โดยในสถานะนี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใด ๆ ผ่านวงจรเชื่อมโยงจากอุปกรณ์ที่อยู่ทั้ง 2 ด้านของจุดเชื่อมโยง

3.7.2.1.4 สถานะ F4 สถานะรอการ Activate จาก NT หลังจากที่ได้ส่งคำขอให้ NT Activate โดยส่งสัญญาณ Info1 ออกไป

3.7.2.1.5 สถานะ F5 หลังจากที่ TE ได้รับสัญญาณใดๆ จาก NT แล้ว TE ก็จะหยุดส่งสัญญาณ Info1 และจะรอสัญญาณ Info2 หรือ Info4 จาก NT

:

3.7.2.1.6 สถานะ F6 เมื่อ TE ได้รับสัญญาณ Info2 จาก NT ซึ่งถือเป็นการแจ้งให้ทราบว่าขณะนี้ NT ได้ Activate เรียบร้อยแล้ว จากนี้ TE ก็จะส่งสัญญาณ Info3 ออกไปและจากนั้นจะรอรับเฟรมข้อมูลที่จะส่งมาจาก NT ต่อไป โดยเฟรมข้อมูลนี้ NT จะส่งมาโดยสัญญาณ Info4

3.7.2.1.7 สถานะ F7 เป็นสถานะไวงานปกติของ TE หลังจากที่อุปกรณ์ทั้ง 2 ด้านของจุดเชื่อมโยงได้รับการ Activate เรียบร้อยแล้ว ในสถานะนี้ทั้ง TE และ NT จะสามารถส่งเฟรมข้อมูลที่ได้รับจากชั้นที่ 2 ผ่านวงจรที่จุดเชื่อมโยงได้

3.7.2.1.8 สถานะ F8 เป็นสถานะที่ TE ไม่สามารถเข้าจังหวะกับเฟรมข้อมูลที่ได้รับจาก NT ได้และ TE จะรอการเข้าจังหวะใหม่โดยสัญญาณ Info2หรือ Info4 จาก NT หรือรอการขอ Deactivate จาก NT โดยสัญญาณ Info0

3.7.2.2 สถานะของอุปกรณ์ด้านข่าย อุปกรณ์ด้านข่ายที่เกี่ยวข้องคือ NT จะอยู่ในสถานะใดสถานะหนึ่งต่อไปนี้

3.7.2.2.1 สถานะ G1 เรียกว่าสถานะ Deactivate สถานะนี้ NT ยังไม่มีการส่งสัญญาณใด ๆ ทั้งสิ้น

3.7.2.2.2 สถานะ G2 เป็นสถานะที่ NT อยู่ในภาวะไวงานเพียงบางส่วนเท่านั้น และในสถานะนี้ NT จะส่งสัญญาณ Info2 ออกไป

3.7.2.2.3 สถานะ G3 เป็นสถานะไวงานปกติของ NT ในสถานะนี้ทิศทางการส่งข้อมูลจาก NT ไปยัง TE จะอยู่ในภาวะไวงานแล้ว ขณะที่ทิศทางจาก TE มายัง NT อาจจะยังไม่อยู่ในภาวะไวงานก็ได้ และ NT อาจจะเข้าสู่สถานะ Deactivate หรืออาจจะยังคงรักษาสถานะไวงานไว้ก็ได้เมื่อ TE หยุดส่งข้อมูลซึ่งขึ้นอยู่กับโปรโตคอลชั้นที่สูงขึ้นไปของอุปกรณ์ทางด้านข่าย

3.7.2.2.4 สถานะ G4 ในสถานะนี้เมื่อ NT ต้องการ Deactivate ก็จะรออยู่ด้วยระยะเวลาช่วงหนึ่งเพื่อรอให้หมดเวลาที่ตั้งไว้โดยเครื่องจับเวลา ก่อนที่จะเข้าสู่สถานะ Deactivate ต่อไป

3.7.3 ขบวนการ Activate/Deactivate

การ Activate และ Deactivate ทางด้านอุปกรณ์เทอร์มินัล จะสามารถอธิบายได้ในรูปของ Finite state matrix ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และเขียนแทนด้วยไดอะแกรม SDL ดังแสดงในรูปที่ 3.6 การทำขบวนการ Activate การรับส่งข้อมูล และขบวนการ Deactivate สามารถอธิบายโดยอาศัยสัญญาณ Info และ primitives ต่าง ๆ ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.7

จากรูปที่ 3.7 ในสถานะเริ่มต้นที่อุปกรณ์ที่ต่อกับวงจรเชื่อมโยงทั้ง 2 ด้านยังไม่ได้รับการ Activate จะเป็นสถานะที่ไม่มีการส่งสัญญาณใดๆ บนวงจรเชื่อมโยงนี้ ซึ่งแทนได้ด้วยสัญญาณ Info0 และเมื่อใดก็ตามที่มีเทอร์มินัลใดๆ ที่ต่ออยู่บนวงจรเชื่อมโยงต้องการใช้วงจรเพื่อการรับส่งข้อมูล เทอร์มินัลตัวนั้นก็จะเริ่มต้นขบวนการ Activate ซึ่งจะสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนตามรูปที่ 3.7 ได้ดังนี้

ก. Entity ในชั้นที่ 2 ภายในเทอร์มินัล(TE)ที่ต้องการใช้วงจรเชื่อมโยงสั่งงาน entity ชั้นที่ 1 ด้วย primitive PH-AR และเมื่อ entity ในชั้นที่ 1 ได้รับก็

ตารางที่ 3.2 Finite state matrix ของการ Activate/Deactivate ด้านเทอร์มินัล

Activation/deactivation layer 1 finite state matrix at terminal side

State name	Power off	Sensing	Deactivated	Waiting for signal	Identifying input	Synchronized	Activated	Lost framing
State number	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Info sent	/	10	10	11	10	13	13	10
Power switched off	/	F1	F1	F1	F1	F1	F1	F1
Power switched on	F2	/	/	/	/	/	/	/
PH-Activate request	/	–	Start Timer 3; F4 (Note 1)	/	/	/	/	/
Expiry of timer 3 (Note 1)	/	–	–	DI; F3	DI; F3	DI; F3	–	–
Receiving I0	/	F3	–	–	–	DI; F3	DI; F3	DI; $EI^{[2]}$; F3
Receiving any signal (Note 2)	/	–	–	F5	–	/	/	–
Receiving I2	/	F6	F6	/	F6	–	$EI^{[1]}$; F6	$EI^{[2]}$; F6
Receiving I4	/	AI; F7	AI; F7	/	AI; F7	AI; F7	–	$EI^{[2]}$; F7
Lost framing	/	/	/	/	/	$EI^{[1]}$; F8	$EI^{[1]}$; F8	–
MPH-Error response	/	/	/	/	/	/	/	DI; F3

Notations

"–" No state change
"/" Impossible situation
"a; Fn" Issue primitive "a" and then go to state "Fn"

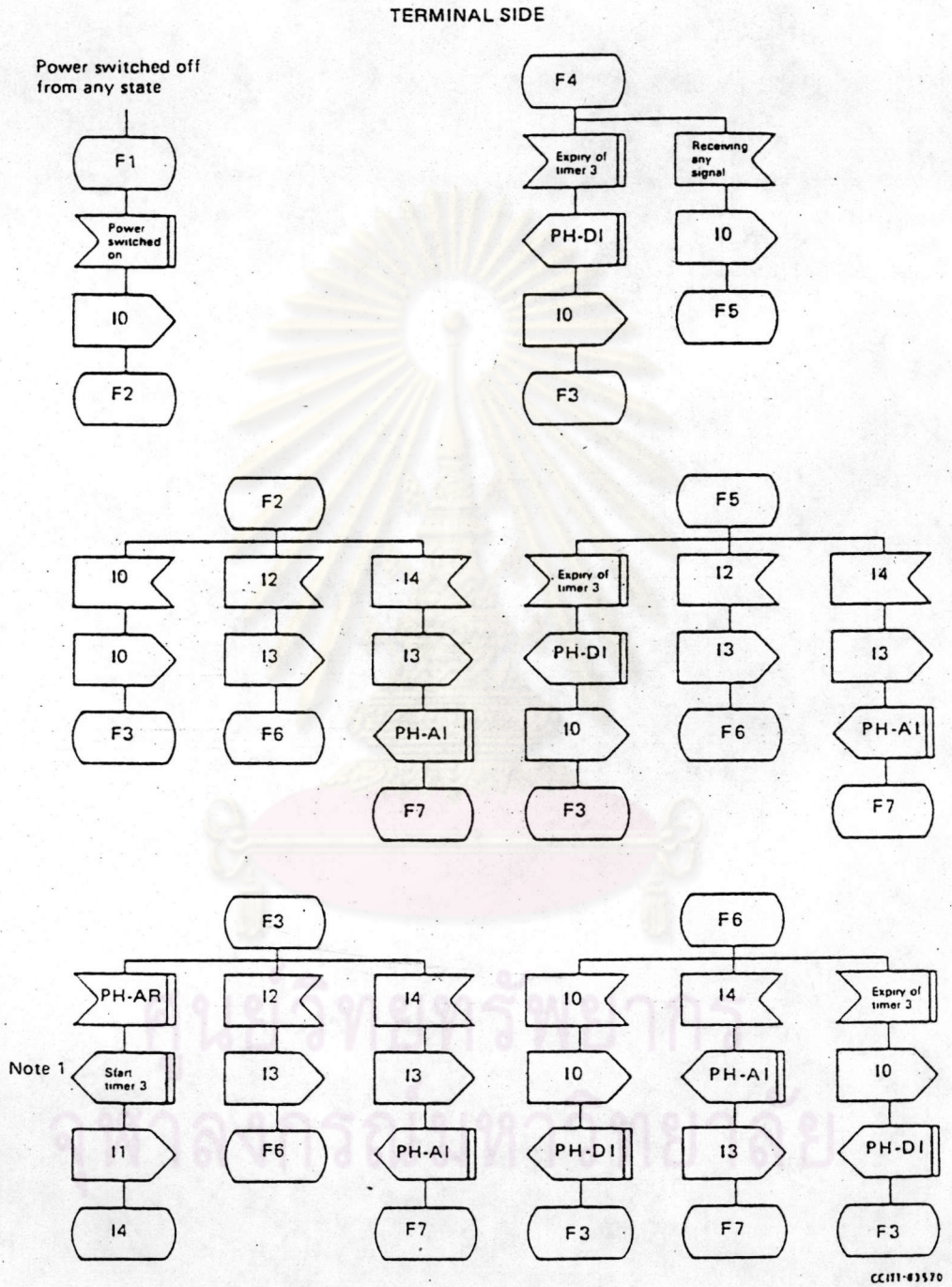
Primitives

PH-AR PH-Activate request
PH-AI PH-Activate indication
PH-DI PH-Deactivate indication
MPH-EI MPH-Error indication, with $EI^{[1]}$ reporting an error, and $EI^{[2]}$ reporting recovery from the previously reported error
MPH-ER MPH-Error response

Note 1 – This timer 3 may be implemented in layer 1 or elsewhere.

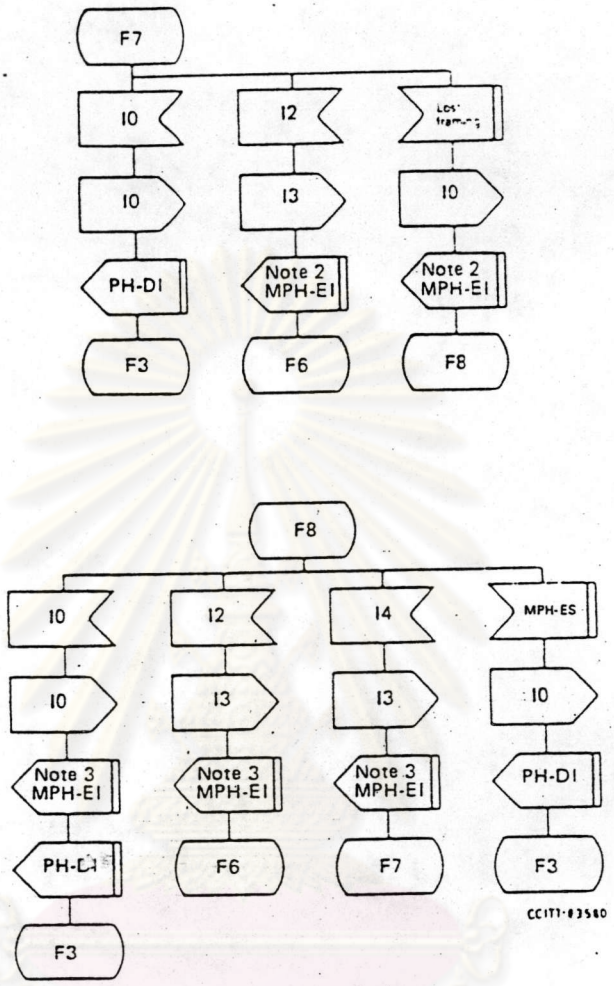
Note 2 – This event reflects the case where a signal is received and the TE has not (yet) determined whether it is I2 or I4.

SDL representation of activation/deactivation procedures



Note 1 – Timer 3 may be implemented in layer 1 or elsewhere.

รูปที่ 3.6 ไดอะแกรม SDL ของการ Activate/Deactivate ด้านเทอร์มินัล



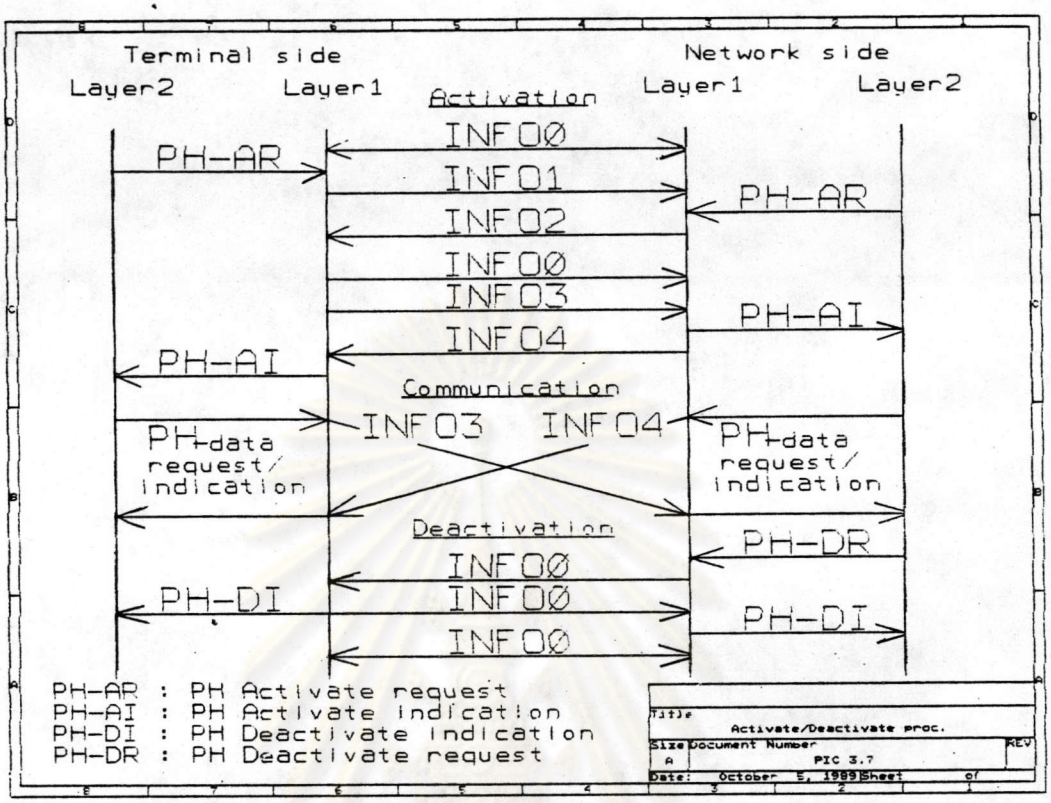
PH-AR	PH-Activate request
PH-DI	PH-Deactivate indication
MPH-EI	MPH-Error indication including a parameter indicatig the cause
MPH-ES	MPH-Error response
PH	layer 1 ⟷ layer 2
MPH	layer 1 ⟷ management entity

Note 2 – This error indication reports the detection of an error.

Note 3 – This error indication reports recovery from a previously reported error.

รูปที่ 3.6 ไดอะแกรม SDL ของการ Activate/Deactivate ด้านเทอร์มินัล(ต่อ)

I 10303352



รูปที่ 3.7 ขบวนการ Activate การรับส่งข้อมูลและ Deactivate

จะจัดการส่งสัญญาณ Info1 ออกไปเพื่อขอ Activate อุปกรณ์ด้านข่าย (ในที่นี้แทนด้วย NT) จากนั้น TE ก็จะเข้าสู่สถานะรอการ Activate จาก NT

ข. ที่ TE ขณะที่รอการ Activate จาก NT ถ้าได้รับสัญญาณใดๆ จาก NT ในขณะนั้น TE จะหยุดส่งสัญญาณ Info1 และจะเข้าสู่สถานะรอสัญญาณ Info2 จาก NT

ค. เมื่อ NT ได้รับสัญญาณ Info1 จาก TE หลังจากการประมวลผลสัญญาณที่ได้รับแล้ว NT ก็จะตอบสนองออกไปด้วยสัญญาณ Info2

การส่งสัญญาณ Info2 ออกไปโดย NT อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจาก entity ในชั้นที่ 1 ของ NT ได้รับคำสั่งด้วย primitive PH-AR จาก entity ชั้นที่ 2 ได้ ซึ่งในกรณีนี้จะถือว่าเป็นการสั่ง Activate วงจรเชื่อมโยงโดย NT

ง. เมื่อ TE ได้รับสัญญาณ Info2 จาก NT ซึ่งถือเป็นการแจ้งให้ทราบว่าขณะนี้ NT ได้ Activate เรียบร้อยแล้ว TE ก็จะส่งสัญญาณ Info3 ออกไปซึ่งถือเป็นสัญญาณที่ TE ส่งออกไปเพื่อแจ้งให้ NT ทราบว่าขณะนี้ TE ได้ Activate แล้ว จากนั้น TE ก็จะเข้าสู่สถานะรอการรับเฟรมข้อมูลจาก NT ต่อไป

จ. เมื่อ NT ได้รับสัญญาณ Info3 ก็จะรับทราบการ Activate ของ TE จากนั้น entity ในชั้นที่ 1 จะแจ้งให้ entity ชั้นที่ 2 ทราบโดย primitive PH-AI

พร้อมกับที่ส่งคำตอบกลับไปยัง TE ด้วยสัญญาณ Info4 ซึ่งเป็นการบอกแก่ TE ว่าขณะนี้ NT พร้อมที่จะเริ่มต้นการรับส่งข้อมูลแล้ว สถานะนี้ถือว่าเป็นสถานะไวงานปกติของ NT

ฉ. เมื่อ TE ได้รับสัญญาณ Info4 จาก NT entity ชั้นที่ 1 จะแจ้งให้ entity ชั้นที่ 2 ทราบโดย primitive PH-AI ขณะนี้ถือได้ว่าวงจรรับส่งข้อมูลในชั้นที่ 1 ได้รับการ Activate แล้วและ TE ขณะนี้ก็อยู่ในสถานะไวงานปกติ จากจุดนี้เป็นต้นไปทั้ง TE และ NT จะสามารถใช้วงจรเชื่อมโยงเพื่อการรับส่งข้อมูลแบบ Transparent ได้

หลังจากที่ได้ทำขบวนการ Activate เรียบร้อยแล้ว วงจรเชื่อมโยงจะสามารถใช้รับส่งข้อมูลได้ โดยข้อมูลที่รับส่งจะอยู่ในรูปของสัญญาณ Info3 สำหรับการส่งจาก TE ไปยัง NT และ Info4 สำหรับการส่งจาก NT ไปยัง TE และวงจรเชื่อมโยงนี้จะสามารถรับส่งข้อมูลได้จนกว่าจะมีการขอ Deactivate จาก NT

ขบวนการ Deactivate จะสามารถเริ่มต้นได้จากอุปกรณ์ด้าน NT เท่านั้น และจะเริ่มต้นเมื่อ entity ชั้นที่ 2 ของ NT ขอทำการ Deactivate โดยส่ง primitive PH-DR ให้ entity ในชั้นที่ 1 เมื่อ entity ชั้นที่ 1 ได้รับก็จะส่งสัญญาณ Info0 ออกไป จากนั้นจะรอด้วยระยะเวลาหนึ่ง แล้วจึงเข้าสู่สถานะ Deactivate ต่อไป

ทางด้าน TE เมื่อได้รับสัญญาณ Info0 ขณะที่กำลังรอการเข้าจังหวะใหม่หรือรอรับข้อมูลโดยสัญญาณ Info2 หรือ Info4 ตามลำดับ ก็จะรับทราบการขอ Deactivate จาก NT โดยการส่ง primitive PH-DI แจ้งให้ entity ในชั้นที่ 2 ทราบจากนั้นก็จะเข้าสู่สถานะ Deactivate โดยส่งสัญญาณ Info0 ออกไปที่วงจรเชื่อมโยงและเมื่อ NT ได้รับสัญญาณ Info0 จาก TE ก็จะรับทราบการ Deactivate ของ TE โดยการส่ง primitive PH-DI ให้กับ entity ชั้นที่ 2 ต่อไป ดังนั้นขณะนี้วงจรเชื่อมโยงก็ได้กลับเข้าสู่สถานะ Deactivate อีกครั้งหนึ่งซึ่งแทนได้ด้วยสัญญาณ Info0 บนวงจรเชื่อมโยง

ในการรับส่งสัญญาณ Info ระหว่าง TE กับ NT นั้น ทางด้าน TE จะมีระยะเวลาในการทำความรู้จักกับสัญญาณ Info ต่างๆ และตอบสนองต่อสัญญาณ Info ที่ได้รับดังนี้

ก. เทอร์มินัลจะรู้ว่าตัวเองได้รับสัญญาณ Info4 ภายในระยะเวลาที่เท่ากับการได้รับเฟรมข้อมูล 2 เฟรมโดยถูกต้อง

ข. เทอร์มินัลทุกตัวที่ต่ออยู่ที่จุดเชื่อมโยง เมื่อได้รับสัญญาณ Info2 จะตอบกลับไปด้วยสัญญาณ Info3 ภายในระยะเวลา 100 ไมโครวินาที

ค. เทอร์มินัลใด ๆ จะใช้เวลาในการทำความรู้จักกับสัญญาณ Info0 และตอบสนองสัญญาณที่ได้รับภายในระยะเวลา 25 ไมโครวินาที

3.7.4 วิธีการจัดเฟรม(Frame alignment procedures)

การจัดเฟรมที่จะส่งผ่านวงจรที่จุดเชื่อมโยง S/T ข้อมูลบิตแรกของแต่ละเฟรมจะเป็นบิต F(Framing bit) และจะมีค่าเป็น '0' โดยในการเข้ารหัสจะกำหนดให้บิต F นี้มีขั้วเดียวกันกับข้อมูลบิตก่อนหน้านี้ เพื่อทำให้เกิดเหตุการณ์ที่เรียกว่า AMI violation ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการรับเฟรมข้อมูลของอุปกรณ์ที่เป็นผู้รับ เนื่องจากการเกิด AMI violation นี้จะทำให้อุปกรณ์ผู้รับสามารถเข้าจังหวะกับเฟรมที่ได้รับเฟรมต่อไป(Reframing)เร็วขึ้น

และนอกจากนั้นเพื่อที่จะให้มั่นใจได้ว่าการเข้าจังหวะกับเฟรมที่ได้รับโดยอาศัยบิต F นั้นสามารถทำได้กับข้อมูลทุกเฟรมที่ได้รับ ภายในเฟรมข้อมูลที่ส่งในแต่ละทิศทางจึงได้มีการกำหนดบิตข้อมูลที่จะทำให้เกิดเหตุการณ์ AMI violation เช่นเดียวกับบิต F คือในทิศทางจาก NT ไป TE จะมีบิต F_A และ N (Auxiliary framing bit pair) และทิศทางจาก TE ไป NT จะมีบิต F_A(Auxiliary framing bit) ซึ่งจะควบคู่มากับบิต L โดยที่การกำหนดบิตข้อมูลนี้ขึ้นมาก็เพื่อที่จะรับประกันว่า จะมีการเกิดเหตุการณ์ AMI violation ภายในเฟรมข้อมูลทุก ๆ ระยะห่างไม่เกิน 14 บิตจากบิต F ที่เนื่องมาจากบิต F_A และ N เป็น '0' ในทิศทางจาก NT ไป TE หรือเนื่องมาจาก F_A ที่เป็น '0' ตลอดในทิศทางจาก TE ไป NT

ดังนั้นตามกฎเกณฑ์นี้แล้ว บิต F_A และ N ในทิศทาง NT ไป TE จะมีการเข้ารหัสโดยกำหนดให้บิต N มีค่าตรงข้ามกับบิต F_A ($N=\overline{F_A}$) และในทิศทาง TE ไป NT การเข้ารหัสจะกำหนดให้บิต F_A และบิต L มีค่าเท่ากันตลอด

3.7.5 รหัสที่ส่งในช่องสัญญาณ B ที่ว่าง

ถ้ามีช่องสัญญาณ B ว่างและไม่ได้กำหนดให้ TE เข้าใช้ช่องสัญญาณเพื่อส่งข้อมูลในกรณีนี้ TE จะส่งข้อมูลที่มีค่า '1' ออกไปในช่องสัญญาณที่ว่างนั้นทุกช่อง

โดยสรุปแล้วคุณสมบัติในระดับโปรโตคอลชั้นที่ 1 ของข่าย ISDN ที่จุดเชื่อมโยงระหว่างผู้เช่ากับข่ายหรือจุดเชื่อมโยง S/T นั้น เป็นการกำหนดเพื่อให้สามารถพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการสร้างอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะนำมาต่อใช้งานที่จุดเชื่อมโยงได้โดยอิสระ โดยรายละเอียดเพิ่มเติมที่นอกเหนือจากที่ได้กล่าวมาแล้ว สามารถค้นหาเพิ่มเติมได้จากเอกสารอ้างอิงหมายเลข [2]