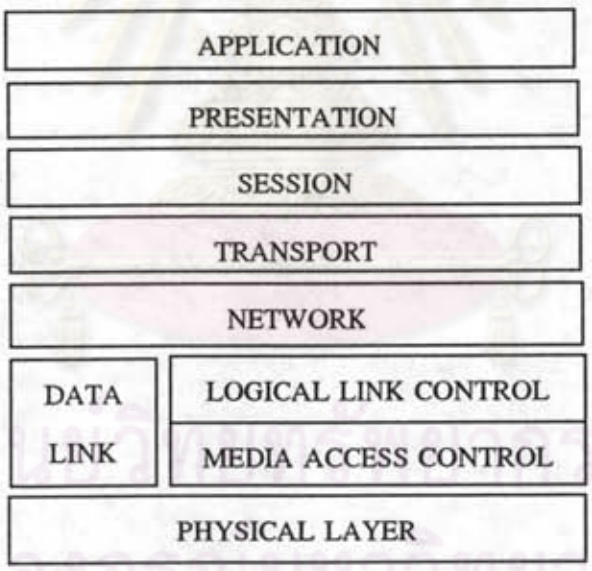
บทที่ 2

โครงสร้างจำลองโอเอสไอ

ISO หรือ International Standards Organization ได้ประกาศมาตรฐานที่เรียกว่า Open System Interconnection (OSI) โครงสร้างจำลอง OSI แบ่งการสื่อสารออกเป็น 7 ลำดับชั้น [2,3]

โครงสร้างจำลอง OSI อธิบายวิธีการสื่อสารที่ถูกต้อง และเหมาะสมระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง มาตรฐานทางทฤษฎีนี้จะกลายเป็นมาตรฐานในทางปฏิบัติ เมื่อมีผู้ผลิตจำนวนมากหันมาอ้างอิงตามโครงสร้าง OSI ซึ่งโครงสร้างจำลอง OSI ประกาศเป็น 7 ลำดับชั้น และกำหนดให้แต่ละชั้นแยกจากกันด้วยอินเตอร์เฟซที่กำหนดไว้ รูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นลำดับชั้นทั้งเจ็ด



รูปที่ 2.1 แสดงลำดับชั้นทั้ง 7 ของโครงสร้างจำลอง OSI

รายละเอียดของลำดับชั้นทั้ง 7 มีดังนี้

Physical : ส่วนนี้กำหนดคุณลักษณะทางไฟฟ้าและทางกายภาพของการเชื่อมต่อที่ทำให้เกิดเครือข่าย (สายสัญญาณ หัวต่อ รีพีตเตอร์ เป็นต้น) ซึ่งเป็นลำดับชั้นของฮาร์ดแวร์ แม้ว่าส่วนที่เหลือของชั้นนี้อาจถูกสร้างในระดับการทำงานของชิพมากกว่าจะเป็นซอฟต์แวร์จริง ๆ ลำดับชั้นที่

เหลือจะเป็นซอฟต์แวร์ที่สัมพันธ์กับลำดับชั้นนี้

Data Link : ที่ขั้นตอนการประมวลผลนี้ สัญญาณทางไฟฟ้าจะเข้าและออกจากสายสัญญาณของเครื่อข่าย การแทนข้อมูลด้วยสัญญาณไฟฟ้าถูกกำหนดเป็นมาตรฐานซึ่งได้แก่ รูปแบบของบิต วิธีเข้ารหัส ลำดับชั้นนี้ทำหน้าที่ตรวจสอบและแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูล ลำดับชั้น Data link ถูกแบ่งออกเป็น 2 ชั้นย่อย คือ ชั้นย่อย Media Access Control (MAC) และ Logical Link Control (LLC) ลำดับชั้น MAC ทำหน้าที่ควบคุมการติดต่อกับเครือข่าย ส่วน LLC ทำงานอยู่เหนือ MAC โดยเกี่ยวข้องกับการรับส่งข่าวสารข้อมูลของระบบ

Network : ลำดับชั้นนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนและหาเส้นทาง(Route)ของแพคเกต เมื่อมีความจำเป็นเพื่อให้ไปถึงจุดหมายลำดับชั้นนี้ทำหน้าที่กำหนดเขตที่อยู่และการส่งแพคเกตข่าวสาร

Transport : กรณีที่มีข่าวสารมากกว่าหนึ่งแพคเกตอยู่ในกระบวนการที่เวลาใดๆ ลำดับชั้น Transport จะควบคุมลำดับของส่วนประกอบของข่าวสารและการเดินทางของข้อมูล ถ้ามีแพคเกตซ้ำกันเข้ามา ลำดับชั้นนี้จะตรวจสอบและยกเลิกข้อมูลเหล่านั้น

Session : การทำงานในลำดับชั้นนี้ทำให้แอปพลิเคชันที่ทำงานในสถานีสองสถานีประสานการสื่อสารเข้าเป็นเซสชันเดียวกัน ลำดับชั้นนี้สนับสนุนการสร้างเซสชัน การจัดการแพคเกตที่ถูกส่งไปและกลับระหว่างเซสชัน และการยกเลิกเซสชัน

Presentation : เมื่อคอมพิวเตอร์ต่างกันต้องการสื่อสารกัน อาจต้องมีการแปลความหมายและจัดลำดับไบต์ ลำดับชั้นนี้จะแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของแต่ละเครื่อง

Application : เป็นลำดับชั้นที่มองเห็นได้ด้วยแอปพลิเคชันโปรแกรม ข่าวสารที่ถูกส่งข้ามเครื่อข่ายสู่แบบจำลอง OSI ทางลำดับชั้นนี้ แล้วถูกส่งลงไปตามลำดับชั้น เพื่อไปยังสถานีอื่นแล้วเดินทางขึ้นไปตามลำดับชั้นจนถึงแอปพลิเคชันของสถานีนั้น ผ่านทางลำดับชั้น Application ของตัวสถานีเอง

ระบบที่ทำการวิจัยนี้ ครอบคลุมโปรโตคอล(Protocol) 2 ลำดับชั้น(Layer) ตามมาตรฐานโอเอสไอ (OSI : Open System Interconnection) คือ ลำดับชั้นกายภาพ (Physical Layer) และลำดับชั้นการเชื่อมต่อข้อมูล (DataLinkLayer) ซึ่งจะกล่าวอธิบายโดยละเอียด

<u>การเชื่อมต่อชั้นกายภาพของระบบเก็บข้อมูลและควบคุมระยะไกล</u>

ตามมาตรฐานอีไอเอ (EIA : Electronic Industries Association) ในส่วนการติดต่อสื่อสารมีหลายประเภทแต่ในที่นี้จะกล่าวถึง ข้อแตกต่างที่สำคัญ ๆ ระหว่าง RS-232, RS-422 และ RS-485 ดังต่อไปนี้[4]

1 การติดต่อสื่อสารแบบ RS-232

RS-232 มีการส่งผ่านข้อมูลแบบไม่สมดุลย์ (Unbalance Transmission) แรงดันที่วงจรด้านส่งและด้านรับจะวัดสัมพันธ์กับกราวน์(Ground) ระยะทางในการติดต่อสื่อสารขึ้นกับอัตราเร็วในการส่งผ่านข้อมูล กล่าวคืออัตราเร็วการส่งผ่านข้อมูลต่ำกว่า จะสามารถติดต่อสื่อสารได้ไกลกว่าสำหรับช่วงของแรงดันที่มาตรฐาน RS-232 ไม่สามารถกำหนดโลจิกได้ คือแรงดันระหว่าง -3.0 โวลต์ ถึง 3.0 โวลต์ ช่วงของแรงดันนี้กว้างถึง 6.0 โวลต์

2 การติดต่อสื่อสารแบบ RS-422 และ RS-485

RS-422 มีการส่งผ่านสัญญาณแบบสมดุลย์ (Balanced Transmission) คุณสมบัติทางไฟฟ้ามีสายสัญญาณเป็นอิสระกันระหว่าง อุปกรณ์ทางไฟฟ้ากับอุปกรณ์ทางการสื่อสารสามารถติดต่อสื่อสารได้ระยะทางไกลมาก เมื่อเทียบกับ RS-232 ที่อัตราเร็วในการส่งผ่านข้อมูลเดียวกันการเกิดสัญญาณรบกวน(Noise)ต่ำมาก เพราะสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นบนสายสัญญาณจะเท่ากับที่เกิดขึ้นบนสายสัญญาณขากลับ ซึ่งจะไม่มีผลต่อแรงดันที่แตกต่างระหว่างวงจรของสายสัญญาณทั้งสอง การต่อของวงจรเป็นแบบจุดต่อจุด (Point-to-Point)เท่านั้น

RS-485 พัฒนามาจาก RS-422 โดย RS-485 สามารถต่อเป็นเครือข่ายหลายจุด (Multi-Drop Network) ได้

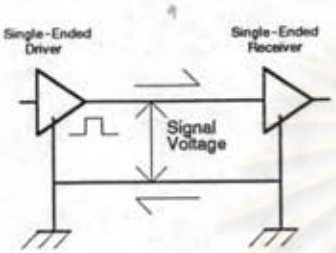
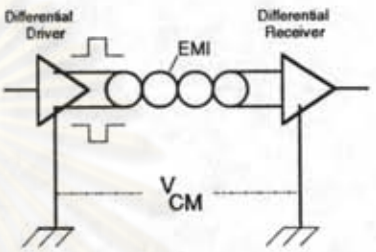
3 สรุปข้อแตกต่างของการติดต่อสื่อสารแบบ RS-232 , RS-422 และ RS-485

สรุปข้อแตกต่างที่สำคัญ ๆ ระหว่าง RS-232 RS-422 และ RS-485 แสดงได้ดังตารางที่ 2.1

Standard EIA	RS-232	RS-422	RS-485
Mode of Operation	Single-Ended	Differential	Differential
Transmission Mode	Unbalanced	Balanced	Balanced
Logic '0'	+3 v to +15 v	less than -0.2 v	less than -0.2 v
Logic '1'	-3 v to -15 v	more than +0.2 v	more than +0.2 v
Speed at Distrance (Estimate Value)	20Kbps at 15m	100Kbps at 1200m	100kbps at 1200m
Transmission Point	Point-to-Point	Point-to-Multipoint	Multipoint

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของ RS-232 RS-422 และ RS-485

ข้อได้เปรียบในการนำไปใช้งานของ RS-422/RS-485 เมื่อเทียบกับ RS-232 แสดงดังตารางที่ 2.2 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า สมรรถนะและความน่าเชื่อถือของการติดต่อสื่อสารแบบ RS-485 ย่อมดีกว่าแบบ RS-232

มาตรฐาน RS-232	มาตรฐาน RS-422/RS-485
	
-การป้องกันสัญญาณรบกวน(Noise)ต่ำ	-การป้องกันสัญญาณรบกวน(Noise)สูง
-ระยะทางในการส่งผ่านใกล้	-ระยะทางในการส่งผ่านไกล
-อัตราเร็วในการส่งผ่านต่ำ	-อัตราเร็วในการส่งผ่านสูง

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบ RS-232 กับ RS-422/RS-485 แบบ Point-to-Point

<u>การติดต่อในชั้นการเชื่อมต่อข้อมูลของระบบเก็บข้อมูลและควบคุมระยะไกล</u>

ระบบเก็บข้อมูลและควบคุมระยะไกลตามมาตรฐาน RS-485 นี้ ในส่วนควบคุมการเชื่อมต่อข้อมูล พิจารณาใช้โปรโตคอลแบบเอชดีแอลซี เพราะมีฟังก์ชันการใช้งานง่ายต่อการกำหนดรูปแบบการติดต่อสื่อสาร รูปแบบของข้อมูลเป็นบิตและมีโมดการดำเนินงานที่เหมาะสมกับระบบที่ออกแบบนี้ [5,6]

1 โปรโตคอลเอชดีแอลซี (HDLC Protocol)

โปรโตคอลเอชดีแอลซีเป็นโปรโตคอลมาตรฐานที่กำหนดขึ้นโดยองค์การมาตรฐานสากล (ISO : International Standard Organization) ลักษณะข้อมูลประกอบด้วยกระแสบิต (Bit-streams) กระแสบิตที่ถูกจัดเป็นกลุ่มอยู่ระหว่างแฟลก(Flags) เรียกว่า เฟรม (Frames) โปรโตคอลเอชดีแอลซี เป็นโปรโตคอลที่เน้นรูปแบบทางบิต โดยการกำหนดกระแสบิตจะมีจำนวนบิตได้อย่างยืดหยุ่น โปรโตคอลแบบนี้จะตรงข้ามกับโปรโตคอลที่เน้นรูปแบบทางอักขระ ซึ่งข้อมูลจะต้องมีจำนวนไบต์เป็นจำนวนเต็ม โปรโตคอลเอชดีแอลซีนี้ สามารถนำไปใช้งานได้

หลายรูปแบบ กล่าวคือการติดต่อแบบจุดต่อจุด หรือแบบหลายจุด การส่งผ่านแบบครึ่งดูเพลกซ์ (Half-duplex) และ เต็มดูเพลกซ์ (Full-duplex)

1.1 สถานีและรูปลักษณ์ (Stations and Configurations) สถานีเป็นอุปกรณ์ที่สามารถติดต่อสื่อสารผ่านสื่อกลางหนึ่ง ๆ กับอุปกรณ์อื่นได้ ซึ่งสถานีที่ถูกกำหนดไว้ในโปรโตคอลเอชดีแอลซีมี 3 ชนิดคือ

1. สถานีปฐมภูมิ (Primary Station) สถานีชนิดนี้ทำหน้าที่ควบคุมการเชื่อมต่อข้อมูล โดยจะส่งเฟรมคำสั่งไปยังสถานีทุติยภูมิ และจะรับเฟรมตอบสนองจากสถานีนั้น ๆ ถ้าเป็นการเชื่อมต่อแบบหลายจุด สถานีปฐมภูมิมีหน้าที่จัดการและควบคุมการเชื่อมต่อไปยังแต่ละสถานี

2. สถานีทุติยภูมิ (Secondary Staion) เป็นสถานีลูกของระบบ ซึ่งจะรับคำสั่งที่ส่งจากสถานีปฐมภูมิ แล้วตอบสนองกลับในรูปแบบของเฟรมตอบสนอง ภายในระบบสถานีทุติยภูมินี้สามารถส่งและรับข้อมูลภายใต้การควบคุมจากสถานีปฐมภูมิ โดยเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุดหรือหลายจุด

3. สถานีผสม (Combined Station) เป็นสถานีที่สามารถส่งและรับได้ทั้งคำสั่ง และการตอบสนอง กล่าวคือเป็นการผสมกันระหว่างฟังก์ชันของสถานีปฐมภูมิและสถานีทุติยภูมิ แต่การเชื่อมต่อต้องเป็นแบบจุดต่อจุดเท่านั้น

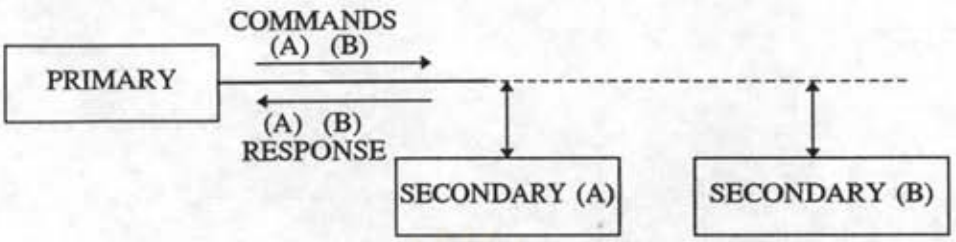
การกำหนดรูปลักษณ์ (Configurations) สำหรับสถานีปฐมภูมิ, ทุติยภูมิ, และสถานีผสมโปรโตคอลเอชดีแอลซีนั้นสามารถกำหนดไว้ 3 รูปแบบ คือ

1.รูปลักษณ์ไม่สมดุลย์ (Unbalanced Configuration) เป็นการกำหนดให้มี สถานีปฐมภูมิหนึ่งสถานี และสถานีทุติยภูมิหนึ่งสถานี หรือมากกว่าเพื่อทำงานภายในระบบเป็นแบบจุดต่อจุดหรือหลายจุด, ครึ่งดูเพลกซ์หรือเต็มดูเพลกซ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ก) รูปลักษณ์แบบนี้ถูกเรียกว่า รูปลักษณ์ไม่สมดุลย์เพราะว่าสถานีปฐมภูมิ มีหน้าที่สำหรับการควบคุมแต่ละสถานีทุติยภูมิ และมีหน้าที่สร้างคำสั่งในการตั้งโมดต่าง ๆ

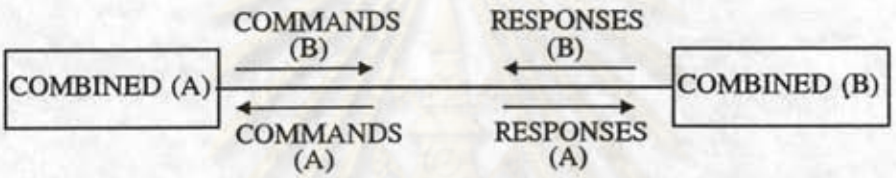
2. รูปลักษณ์สมมาตร (Symmetrical Configuration) เป็นรูปลักษณ์ที่มีมาตั้งแต่เริ่มมีมาตรฐานเอชดีแอลซี และใช้ในเครือข่ายเริ่มแรก รูปลักษณ์แบบนี้ กำหนดให้แต่ละสถานีเป็นอิสระต่อกัน กำหนดให้มีสถานีปฐมภูมิหนึ่งสถานีและสถานีทุติยภูมิหนึ่งสถานี โดยต่อแบบจุดต่อจุดรูปลักษณ์สมมาตรนี้ ไม่เป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

3. รูปลักษณ์สมดุลย์ (Balanced Configuration) ประกอบด้วยสถานีผสม 2 สถานีเชื่อมต่อกันแบบจุดต่อจุดเท่านั้น, ครึ่งดูเพลกซ์หรือเต็มดูเพลกซ์ สถานีผสมทุกสถานีมีความสำคัญเท่าเทียมกัน และไม่มีการขอการส่งข้อมูลไปยังแต่ละสถานี แต่ละสถานีมีหน้าที่เหมือนกันในการควบคุมการเชื่อมต่อความสัมพันธ์ระหว่างสถานีที่กำหนดเป็นรูปลักษณ์ต่างๆ สามารถ

แสดงได้ดังรูปที่ 2.2 ข)



รูปที่ 2.2 ก) แสดงความสัมพันธ์ของสถานีในรูปลักษณ์ไม่สมดุลย์



รูปที่ 2.2 ข) แสดงความสัมพันธ์ของสถานีในรูปลักษณ์สมดุลย์

1.2 การต่อถึงกัน (Connections)

การเชื่อมต่อข้อมูลหนึ่งจะมีการต่อถึงกัน 2 ระดับ กล่าวคือ ระดับแรก เป็นการต่อถึงกันทางกายภาพ ส่วนระดับที่สอง เป็นการต่อถึงกันทางตรรก หลังจากที่มีการกำหนดและสร้างงานทั้ง 2 ระดับแล้ว เฟรมข้อมูลจึงจะสามารถส่งผ่านกันได้ดังรูปที่ 2.3

โปรโตคอลเอชดีแอลซี มีการกำหนดงานในส่วนการต่อถึงกันทางตรรก แต่ไม่สามารถกำหนดงานการต่อถึงกันทางกายภาพ

รูปที่ 2.3 แสดงการเชื่อมต่อข้อมูลหนึ่งที่มีการต่อถึงกันใน 2 ระดับ

1.3 เขตที่อยู่ (Addresses)

การสร้างการต่อถึงกันทางตรรกต้องมีการกำหนดเขตที่อยู่ สถานีทุติยภูมิต้องแต่ละสถานีมีเขตที่อยู่เพียงเขตที่อยู่เดียว สำหรับการเชื่อมต่อกับระบบเขตที่อยู่ของสถานีทุติยภูมิจะปรากฏทั้งเฟรมคำสั่งและเฟรมตอบสนอง

1.4 โมดการติดต่อสื่อสาร สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ

1. โมดดำเนินการ (Operational Modes)เมื่ออยู่ในโมดนี้ สถานีสามารถส่งผ่านได้ทั้งเฟรมข้อมูลและเฟรมควบคุม

2. โมดตัดการเชื่อมต่อ (Disconnected Modes) เมื่ออยู่ในโมดนี้ สถานีจะไม่มีการส่งผ่านเฟรมข้อมูลมีแต่เพียงเฟรมควบคุม

รายละเอียดของโมดดำเนินการและโมดตัดการเชื่อมต่อที่จำเป็นมีดังต่อไปนี้

1. โมดดำเนินการ

โมดดำเนินการ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือโมดการตอบสนองปกติ (NRM : Normal Response Mode), โมดการตอบสนองไม่เข้าจังหวะ (ARM : Asynchronous Response Mode) และโมดสมดุลย์ไม่เข้าจังหวะ (ABM : Asynchronous Balanced Mode)

1.1 โมดการตอบสนองปกติ โมดนี้กำหนดให้สามารถใช้ได้เฉพาะการติดต่อแบบรูปลักษณ์ไม่สมดุลย์ สถานีปฐมภูมิเท่านั้นที่ทำหน้าที่กำหนดโมดการติดต่อสื่อสารให้เป็นโมดการตอบสนองปกติ โดยสถานีทุติยภูมิสามารถส่งเฟรมตอบสนองได้หลังจากได้รับเฟรมคำสั่งจากสถานีปฐมภูมิเท่านั้น การส่งผ่านข้อมูลของสถานีทุติยภูมิประกอบด้วยเฟรมข้อมูลหนึ่งเฟรมหรือมากกว่าหนึ่งเฟรม ในขณะใด ๆ ช่องการสื่อสารจะถูกใช้โดยสถานีทุติยภูมิเพียง 1 สถานี หลังจากการส่งผ่านเฟรมข้อมูลสุดท้ายแล้ว สถานีทุติยภูมิจะต้องคอยสัญญาณการอนุญาตจากสถานีปฐมภูมิก่อน จึงจะสามารถส่งข้อมูลอีกครั้งได้

1.2 โมดการตอบสนองไม่เข้าจังหวะ อนุญาตให้สถานีทุติยภูมิ สามารถเริ่มต้นการส่งผ่านข้อมูลได้ โดยไม่ต้องรับสัญญาณอนุญาตจากสถานีปฐมภูมิ การส่งผ่านข้อมูลอาจจะประกอบด้วยเฟรมข้อมูลเดียวหรือหลายเฟรม หรืออาจจะประกอบด้วยข้อมูลที่แสดงผลในการควบคุมที่เกิดจากสถานีทุติยภูมิมีสถานะเปลี่ยนแปลง

1.3 โมดสมดุลย์ไม่เข้าจังหวะ ในโมดนี้กำหนดให้สถานีในระบบเป็นสถานีผสมเท่านั้น สถานีผสมสามารถเริ่มต้นส่งผ่านข้อมูลได้ โดยไม่ต้องรับการอนุญาตจากสถานีผสมอื่น

2. โมดตัดการเชื่อมต่อ

โมดตัดการเชื่อมต่อ โมดนี้ใช้กับรูปลักษณ์แบบไม่สมดุลย์ การเชื่อมต่อข้อมูลของสถานีทุติยภูมิ ในโมดนี้ไม่สามารถต่อถึงกันทางตรรกะ ไม่สามารถส่งเฟรมข้อมูล แต่สามารถตอบสนองต่อคำสั่งควบคุมจากสถานีปฐมภูมิ

โมดตัดการเชื่อมต่อไม่เข้าจังหวะ โมดนี้สามารถใช้ได้ทั้งรูปลักษณ์แบบสมดุลย์และไม่สมดุลย์ การเชื่อมต่อข้อมูลของสถานีทุติยภูมิและสถานีผสมไม่สามารถต่อถึงกันทางตรรกะ ไม่สามารถส่งเฟรมข้อมูลปกติ แต่สามารถส่งเฟรมควบคุมเพื่อขอการเปลี่ยนแปลงที่โมดเชิงดำเนินการ

CONFIGURATION	LINK TYPE	DISCONNECTED MODE	OPERATION MODE	EXCHANGE METHOD
UNBALANCED	POINT -TO - POINT	NDM	NRM	ALTERNATE
		ADM	ARM	ALTERNATE
				SIMULTANEOUS
	MULTI-POINT	NDM	NRM	ALTERNATE
BALANCE	POINT - TO POINT	ADM	ABM	ALTERNATE
				SIMUTANEOUS

ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ของโมดย่อยในการติดต่อสื่อสาร

2 โครงสร้างของเฟรม

โปรโตคอลเอชดีแอลซีใช้เทอมของเฟรมในการระบุข้อมูลที่เป็นอิสระต่อกัน เพื่อใช้ส่งเฟรม สำหรับการติดต่อจากสถานีหนึ่งไปยังสถานีอื่น

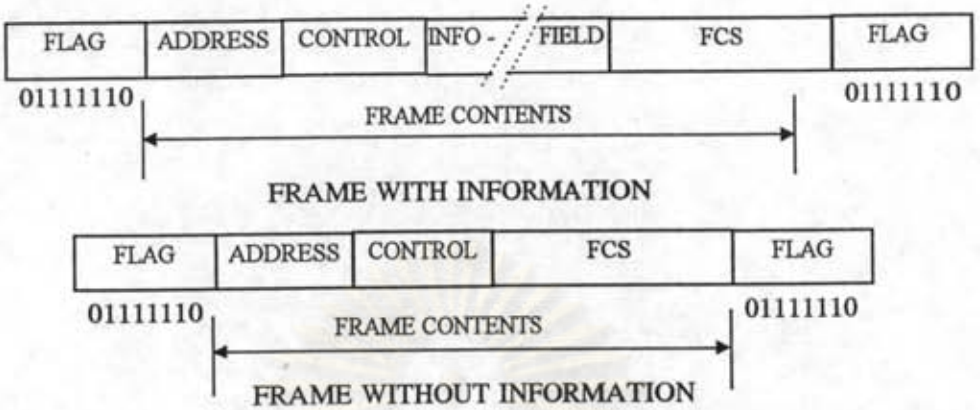
2.1 ฟิลด์ภายในเฟรม

เฟรมประกอบด้วยฟิลด์หลัก 5 ฟิลด์ คือฟิลด์แฟลก, ฟิลด์เขตที่อยู่, ฟิลด์ควบคุม, ฟิลด์ข้อสนเทศ, ฟิลด์ตรวจสอบลำดับเฟรม ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ในเฟรมหนึ่งอาจจะมีฟิลด์ข้อสนเทศหรือไม่มีฟิลด์ข้อสนเทศก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของเฟรมซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดหัวข้อ 3 ชนิดของเฟรม

2.2 การแทรกบิต'ศูนย์'

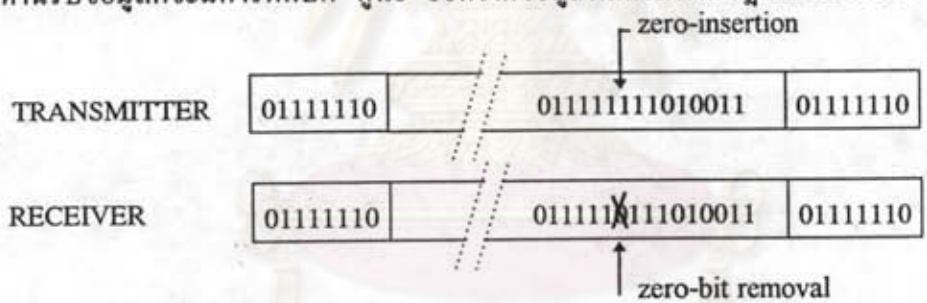
ภายในเฟรมหนึ่งไม่สามารถเกิดลำดับแฟลกได้ อย่างไรก็ตามถ้าทรานส์พาเรนซี (Transparancy)ถูกกำหนดขึ้นแล้ว การส่งและการรับเฟรมข้อมูลนั้นสถานีจะต้องสามารถกำหนด

ความสัมพันธ์ของบิตอย่างอิสระ



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของเฟรม

ดังนั้นด้านส่งข้อมูลจึงมีการแทรกบิต 'ศูนย์' ทุก ๆ กลุ่มของบิตจำนวน 5 บิต ที่เป็น '1' ติดต่อกัน ที่เกิดขึ้นในเฟรมหนึ่งเพื่อป้องกันไม่ให้ซ้ำกับฟิลด์แฟลก แสดงดังรูปที่ 2.5 ด้านรับข้อมูลก็จะมีการตัดบิต 'ศูนย์' ออกจากข้อมูลในเฟรมตามกฎเกณฑ์เดียวกัน



รูปที่ 2.5 แสดงการแทรกและการตัดบิต 'ศูนย์' ในฟิลด์ข้อสนเทศ

2.3 แฟลกเปิดและแฟลกปิด

ในทุก ๆ เฟรมข้อมูลจะต้องเริ่มและจบด้วยฟิลด์แฟลก (Flag) ลำดับแฟลกประกอบด้วย 01111110 แฟลกสามารถถูกส่งอย่างต่อเนื่องในการเชื่อมระหว่างเฟรมของเอชดีแอลซี การส่งตรรกะ '1' ติดต่อกันจำนวน 7 บิตติดต่อกันเป็นการแจ้งให้ทราบว่าการต่อเชื่อมมีปัญหา

2.4 ฟิลด์เขตที่อยู่

ฟิลด์เขตที่อยู่เป็นฟิลด์ที่ระบุว่าสถานีใด ๆ เป็นสถานีปฐมภูมิหรือสถานีทุติยภูมิซึ่งเกี่ยวพันในรูปแบบเฟรมที่ส่งผ่าน แต่ละสถานีมีฟิลด์เขตที่อยู่เพียงหนึ่งเดียว ในรูปลักษณ์ไม่สมดุลย์นั้น ฟิลด์เขตที่อยู่ทั้งเฟรมคำสั่งและตอบสนองเป็นฟิลด์เขตที่อยู่ของสถานีทุติยภูมิ

ส่วนในรูปลักษณ์แบบสมดุลย์ เฟรมควบคุมจะมีฟิลด์เขตที่อยู่ (Address) ของปลายทาง และเฟรมการตอบสนองจะมีฟิลด์เขตที่อยู่เป็นตำแหน่งของสถานีต้นทาง

2.5 ฟิลด์ควบคุม

ฟิลด์ควบคุมประกอบด้วยคำสั่งและการตอบสนอง ที่สัมพันธ์กับหมายเลขลำดับที่กำหนดการติดต่อทางข้อมูลระหว่างสถานีปฐมภูมิและทุติยภูมิ รูปแบบของฟิลด์ควบคุมมีหลายรูปแบบ ขึ้นกับลักษณะใช้งานของเฟรมเอชดีแอลซี แสดงดังรูปที่ 2.6 ซึ่งจะขอกล่าวในรายละเอียดในหัวข้อ 3 ชนิดของเฟรม

CONTROL FIELD BITS

INFORMATION FRAME (I-FRAME)	0	N(S)			P/F	N(R)		
SUPERVISORY FRAME (S-FRAME)	1	0	SS		P/F	N(R)		
UNNUMBERED FRAME (U-FRAME)	1	1	MM		P/F	N(R)		

N(S) = Send sequence number

N(R) = Receive sequence number

P/F = Poll/Final bit

S = Supervisory bits

M = Modifier bits

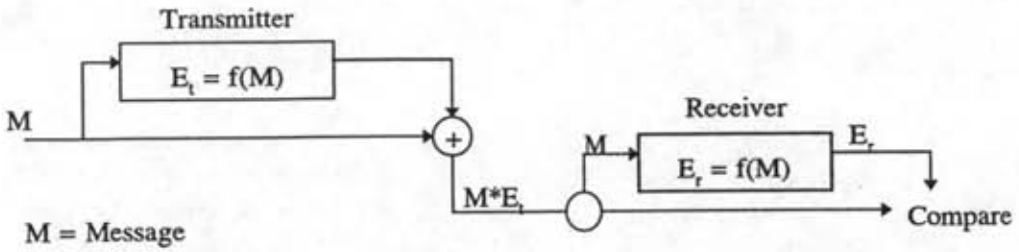
รูปที่ 2.6 รูปแบบต่าง ๆ ของฟิลด์ควบคุม

2.6 ฟิลด์ข้อสนเทศ

ฟิลด์ข้อสนเทศมีจำนวนข้อมูลไม่แน่นอนขึ้นกับการกำหนดรูปแบบการใช้งานภายในระบบ ฟิลด์ข้อสนเทศนี้จะอยู่ในเฉพาะเฟรมข้อสนเทศเท่านั้น ไม่สามารถปรากฏอยู่ในเฟรมควบคุมดูแลและเฟรมไม่มีหมายเลข

2.7 ฟิลด์ตรวจสอบลำดับเฟรม (Frame Check-sequence Field)

ฟิลด์ตรวจสอบลำดับเฟรมใช้ตรวจสอบความผิดพลาดของการส่งผ่านข้อมูล ระหว่างสองสถานี สถานีที่ส่งข้อมูลจะทำการเพิ่มข้อมูลในฟิลด์ตรวจสอบลำดับเฟรม โดยข้อมูลดังกล่าวจะคำนวณจากข้อมูลที่ต้องการส่ง เมื่อสถานีที่รับข้อมูลได้รับเฟรมข้อมูล จะมีกระบวนการคำนวณเช่นเดียวกันแล้วนำผลลัพธ์ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับฟิลด์ตรวจสอบลำดับเฟรมในเฟรมข้อมูลที่ได้รับ แสดงดังรูปที่ 2.7 ถ้าเปรียบเทียบแล้วไม่เท่ากัน แสดงว่าเกิดข้อผิดพลาดในการส่งผ่านข้อมูลสถานีรับข้อมูลก็จะยกเลิกการรับเฟรมข้อมูลนั้น



M = Message

Et,Er = Error-detecting code

f = Error-detecting code function

รูปที่ 2.7 การตรวจสอบความผิดพลาดของเฟรมข้อมูลที่ส่งผ่าน

การคำนวณข้อมูลในฟิลด์ตรวจสอบลำดับเฟรม ใช้วิธีการคำนวณแบบการคำนวณรหัสวนซ้ำซ้อน (CRC : Cyclic Redundancy Check) สมการที่ใช้จะเป็นสมการโพลิโนเมียลอ้างอิงตามมาตรฐาน CCITT V.41 คือ $X^{16}+X^{12}+X^{5}+1$

ฟิลด์ของข้อมูลที่นำมาคำนวณรหัสวนซ้ำซ้อน คือฟิลด์เขตที่อยู่, ฟิลด์ควบคุมและฟิลด์ข้อสนเทศ ยกเว้นบิต 'ศูนย์' ที่เกิดจากขบวนการแทรกบิต 'ศูนย์' ซึ่งจะขอกล่าวอย่างละเอียดในหัวข้อ 5 การคำนวณรหัสวนซ้ำซ้อน

3 ชนิดของเฟรม

เอชดีแอลซีมีการกำหนดชนิดของเฟรมข้อมูลในฟิลด์ควบคุม ที่ใช้ส่งผ่านข้อมูลจากสถานีหนึ่งไปยังสถานีอื่น ซึ่งชนิดของเฟรมข้อมูลมี 3 ชนิดหลัก คือ เฟรมข้อสนเทศ, เฟรมควบคุมดูแล และเฟรมไม่มีหมายเลข มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

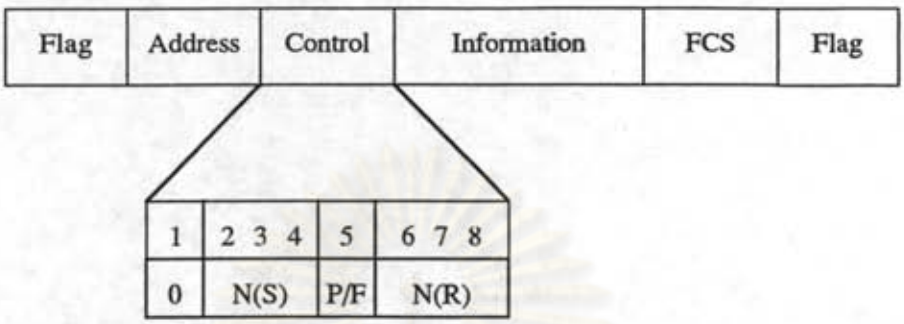
3.1 เฟรมข้อสนเทศ (Information Frame)

เฟรมข้อสนเทศเป็นเฟรมที่ใช้สำหรับส่งผ่านข้อมูลจากสถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่ง เฟรมข้อสนเทศอาจใช้ในการตอบรับรู้ถึงเฟรมข้อมูลที่ส่งมาจากสถานีส่งได้ ดังเช่น ในคำสั่ง 'โพลล์' (Poll) เฟรมข้อสนเทศสามารถใช้ได้ทั้งในเฟรมคำสั่งและเฟรมตอบสนอง

การระบุว่าเป็นเฟรมข้อสนเทศนั้น ต้องกำหนดในฟิลด์ควบคุมให้เป็นไปตามรูปแบบที่กำหนด แสดงดังรูปที่ 2.8 มีรายละเอียดดังนี้

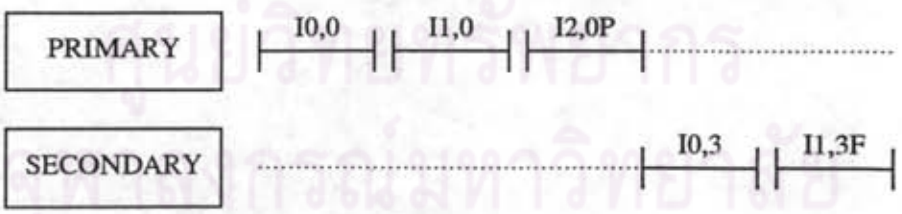
- บิตที่หนึ่งมีค่าเท่ากับ 'ศูนย์'
- หมายเลขลำดับของเฟรมที่ส่งจำนวน 3 บิต
- บิต'Poll/Final'ใช้ระบุว่าเป็นเฟรมสุดท้ายของการรับส่งข้อมูลหรือไม่
- หมายเลขลำดับของเฟรมที่รับจำนวน 3 บิต

- เฟรมที่ส่งแต่ละเฟรมจะต้องมีหมายเลขลำดับเฟรมที่ส่งจากสถานีส่งนั้น ไม่สามารถกำหนดได้มากกว่า 7 โดยปราศจากการตอบการรับรู้หนึ่งครั้งจากสถานีรับ



รูปที่ 2.8 รูปแบบฟิลด์ควบคุมของเฟรมข้อสนเทศ

เพื่อให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างฟิลด์ควบคุมกับบิต 'P/F' ในเฟรมข้อสนเทศ จะยกตัวอย่างการใช้บิต 'P/F' ในโมดการติดต่อสื่อสารแบบโมดตอบสนองปกติ ดังรูปที่ 2.9 ในกรณีนี้ สถานีทุติยภูมิสามารถส่งเฟรมข้อมูลได้หลังจากได้รับเฟรมคำสั่งซึ่งบิต 'P' ถูกเซต ('1') สังเกตว่าในการเริ่มต้นสถานีทุติยภูมินั้น เฟรมตอบสนองจะมีค่าของ N(S) = 0 เพื่อบอกให้สถานีปฐมภูมิรู้ว่าเป็นเฟรมแรกที่ส่งมาจากสถานีทุติยภูมิ และ N(R) = 3 เป็นการระบุว่าหมายเลขเฟรมถัดไปที่จะได้รับเป็นหมายเลข 3 บิต 'F' จะเซต ('1') ในเฟรมตอบสนองเฟรมสุดท้าย ในขณะนี้สถานีทุติยภูมิไม่สามารถส่งเฟรมข้อมูลเฟรมใหม่ได้ จนกระทั่ง สถานีปฐมภูมิส่งเฟรมที่มีบิต P = 1 เท่านั้น



UNBALANCED NRM

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟิลด์ควบคุมกับบิต 'P/F' ในเฟรมข้อสนเทศ

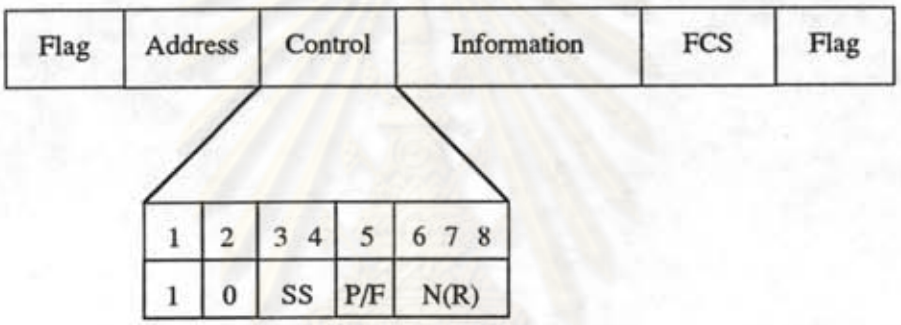
3.2 เฟรมควบคุมดูแล (Supervisory Frame)

เฟรมควบคุมดูแลใช้เป็นฟังก์ชันควบคุมต่างๆ เช่นตอบการรับรู้เฟรม,ตอบสนองสำหรับเฟรมที่ต้องส่งใหม่ และตอบสนองสำหรับการหยุดส่งผ่านเฟรมข้อมูลชั่วคราว

เป็นต้น เฟรมควบคุมดูแลสามารถใช้ได้ทั้งเฟรมคำสั่งและเฟรมตอบสนอง การใช้เฟรมควบคุมดูแลนี้ ขึ้นอยู่กับ โมดการดำเนินงานของการเชื่อมต่อข้อมูล

การระบุว่าเป็นเฟรมควบคุมดูแลนั้น ต้องกำหนดในฟิลด์ควบคุมให้เป็นไปตามรูปแบบที่กำหนด แสดงได้ดังรูปที่ 2.10 มีรายละเอียดดังนี้

- บิต 'SS' เป็นการกำหนดฟังก์ชันควบคุมดูแล
- บิต 'Poll/Final'
- บิตที่หนึ่งมีค่าเท่ากับ '1'
- บิตที่สองมีค่าเท่ากับ '0'



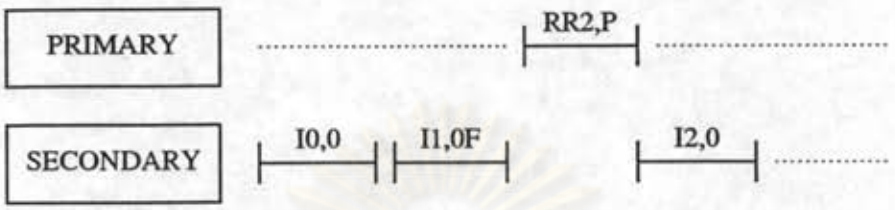
รูปที่ 2.10 รูปแบบฟิลด์ควบคุมของเฟรมควบคุมดูแล

ฟังก์ชันที่สำคัญในเฟรมคำสั่งและเฟรมตอบสนองของเฟรมควบคุมดูแล แสดงได้ดังตารางที่ 2.4

COMMANDS	RESPONSE
RR : Receive Ready	RR : Receive Ready
RNR : Receive Not Ready	RNR : Receive Not Ready
REJ : Reject	REJ : Reject
SREJ : Selective Reject	SREJ : Selective Reject

ตารางที่ 2.4 ฟังก์ชันสำคัญของเฟรมควบคุมดูแล

รูปที่ 2.11 เป็นตัวอย่างการใช้งานเฟรมควบคุมดูแล ซึ่งแสดงการใช้งานฟังก์ชัน 'RR : Receive Ready' ที่สถานีปฐมภูมิตอบการได้รับเฟรมข้อเสนเทศที่ส่งจากสถานีทุติยภูมิ เมื่อสถานีปฐมภูมิไม่มีการส่งเฟรมใด ๆ อีก



UNBALANCED NRM

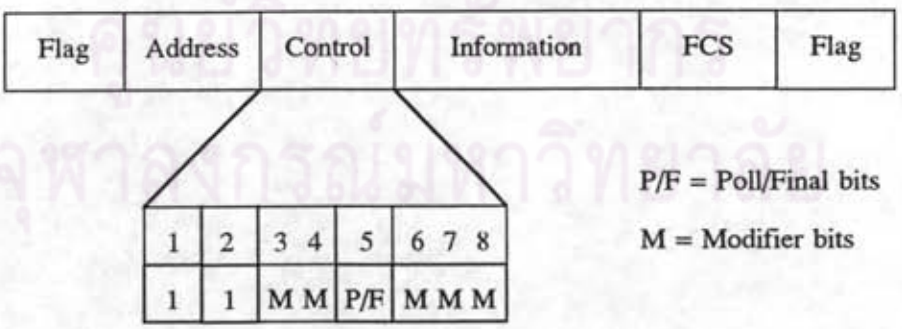
รูปที่ 2.11 ตัวอย่างเฟรมควบคุมดูแลในฟังก์ชัน 'RR : Receive Ready'

3.3 เฟรมไม่มีหมายเลข (Un-numbered Frame)

เฟรมไม่มีหมายเลขใช้สำหรับควบคุมการเชื่อมต่อ กล่าวคือใช้ในฟังก์ชันการเริ่มต้นระบบหรือยกเลิกการเชื่อมต่อ และฟังก์ชันควบคุมการเชื่อมต่ออื่น ๆ

การระบุว่าเป็นเฟรมไม่มีหมายเลขนั้น ต้องกำหนดในฟิลด์ควบคุมให้เป็นไปตามรูปแบบที่กำหนด แสดงดังรูปที่ 2.12 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ทั้งบิตหนึ่งและบิตสองมีค่าเท่ากับ 'หนึ่ง'
- บิต 'Poll/Final'
- บิตของฟังก์ชันในเฟรมไม่มีหมายเลขจำนวน 5 บิต



รูปที่ 2.12 รูปแบบฟิลด์ควบคุมของเฟรมไม่มีห,ายเลข

ในเฟรมไม่มีหมายเลขนี้ ไม่เหมือนกับเฟรมข้อสนเทศและเฟรมควบคุมดูแล กล่าวคือ ฟังก์ชันทั้งหมดไม่สามารถใช้งานได้ทั้งในเฟรมคำสั่งและเฟรมตอบสนอง มีฟังก์ชัน 5

4 คำสั่งและการตอบสนอง

คำสั่งและการตอบสนอง จัดว่าเป็นส่วนสำคัญมากในการกำหนดรูปแบบของเฟรมที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร สามารถแบ่งเป็นส่วนสำคัญได้ 3 ส่วนหลักคือ รูปแบบคำสั่งและการตอบสนอง ในโมดตอบสนองปกติ, รูปแบบคำสั่งและการตอบสนอง ในโมดตอบสนองไม่เข้าจังหวะ และรูปแบบคำสั่งและการตอบสนอง ในโมดสมดุลย์ไม่เข้าจังหวะ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวอย่างละเอียดเฉพาะรูปแบบคำสั่งและการตอบสนองในโมดตอบสนองปกติเท่านั้น เพราะเกี่ยวข้องโดยตรงและนำมาใช้จริงในงานวิจัยนี้

FORMAT	Control Bit Encoding				COMMANDS	RESPONSE
Information	1	N(S)	*	N(R)	I-Information	I-Information
Supervisory	1	0 0 0	*	N(R)	RR	RR
	1	0 0 1	*	N(R)	REJ	REJ
	1	0 1 0	*	N(R)	RNR	RNJ
	1	0 1 1	*	N(R)	SREJ	SREJ
Unnumbered	1	1 0 0	*	0 0 0	UI	UI
	1	1 0 0	*	0 0 1	SNRM	
	1	1 0 0	*	0 1 0	DISC	RD
	1	1 0 0	*	1 0 0	UP	
	1	1 0 0	*	1 1 0		UA
	1	1 0 0	*	1 1 1	TEST	TEST
	1	1 1 0	*	0 0 0	SIM	RIM
	1	1 1 0	*	0 0 1		FRMR
	1	1 1 1	*	0 0 0	SARM	DM
	1	1 1 1	*	0 0 1	RSET	
	1	1 1 1	*	0 1 0	SARME	
	1	1 1 1	*	0 1 1	SNRME	
	1	1 1 1	*	1 0 0	SABM	
	1	1 1 1	*	1 0 1	XID	XID
	1	1 1 1	*	1 1 0	SABME	

* Value is 1 or 0

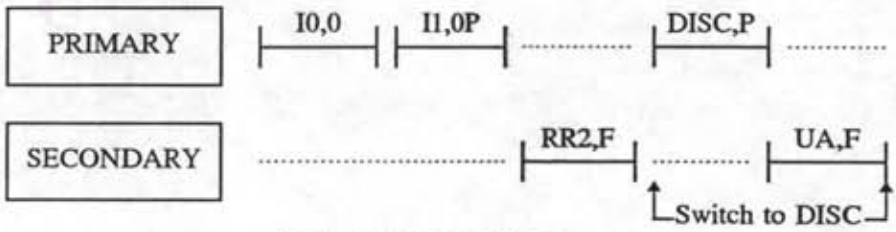
ตารางที่ 2.6 ฟังก์ชันสำคัญของคำสั่งและการตอบสนองในเอชดีแอลซี

ฟังก์ชัน ที่สามารถใช้ได้เพียงเฟรมคำสั่ง, ฟังก์ชัน 2 ฟังก์ชันที่สามารถใช้ได้เพียงเฟรมตอบสนอง และฟังก์ชัน 6 ฟังก์ชัน สามารถใช้ได้ทั้งเฟรมคำสั่งและเฟรมตอบสนอง แสดงได้ดังตารางที่ 2.5

COMMANDS	RESPONSE
SNRM = Set Normal Response Mode	DM = Disconnect Mode
SNRME = Set Normal Response Mode Extended	RIM = Request Initilization Mode
SARM =Set Asynchronous Response Mode	TEST = TEST
SARME = Set Normal Response Mode Extended	UI = Unnumbered Information
SABM = Set Asynchronous Balanced Mode	FRMR = Frame Reject
SABME = Set Asynchronous Balanced Mode Extended	UA = Unnumbered Acknowledgement
SIM = Set Initialization Mode	RD = Request Disconnect
TEST = TEST	XID = Exchange Identification
UI = Unnumbered Information	
XID = Exchange Identification	
DISC = Disconnect	

ตารางที่ 2.5 ฟังก์ชันที่สำคัญของเฟรมไม่มีหมายเลข

รูปที่ 2.13 เป็นตัวอย่างการใช้งานเฟรมไม่มีหมายเลข ซึ่งแสดงการใช้งานในเฟรมคำสั่งเป็น 'DISC' และเฟรมตอบสนองเป็น 'UA' สถานีปฐมภูมิส่งเฟรมคำสั่ง 'DISC' เพื่อกำหนดโมดตัดการติดต่อ ซึ่งสถานีทุติยภูมิจะส่งเฟรมตอบสนอง 'UA' เพื่อบอกถึงการรับรู้เฟรมคำสั่งนั้น



UNBALANCED NRM

รูปที่ 2.13 ตัวอย่างเฟรมไม่มีหมายเลข ซึ่งเฟรมคำสั่ง 'DISC' และเฟรมตอบสนอง 'UA'

4.1 คำสั่งและการตอบสนองในเอชดีแอลซี

คำสั่งและการตอบสนองเอชดีแอลซีสามารถสรุปฟังก์ชันสำคัญๆ ได้ดังตารางที่ 2.6

4.2 วิธีการกำหนดโมดการติดต่อในโมดการตอบสนองปกติ

ข้อกำหนดที่สำคัญในการติดต่อสื่อสารแบบโมดการตอบสนองปกติประกอบด้วย 5 ข้อกำหนดหลักดังนี้

1. การดำเนินงานในโมดการตอบสนองปกติ
2. สถานีทุติยภูมิไม่สามารถกำหนดโมดการดำเนินงาน
3. การติดต่อกรณีสถานีทุติยภูมิไม่สามารถตอบสนองในช่วงเวลาที่กำหนด
4. การตอบสนองด้วยการตัดการติดต่อสื่อสาร ('RD') โดยสถานีทุติยภูมิ
5. โมดการเริ่มต้นการติดต่อสื่อสาร

รายละเอียดของข้อกำหนดทั้งห้ามีดังต่อไปนี้

1. การดำเนินงานในโมดการตอบสนองปกติ

สถานีปฐมภูมิมีหน้าที่ในการเริ่มต้นระบบโดยการกำหนดการติดต่อทางตรรกะโดยส่งคำสั่ง 'SNRM' เมื่อสถานีทุติยภูมิ ได้รับเฟรมคำสั่ง 'SNRM' จะให้การตอบรับรู้โดยการสั่งเฟรมตอบสนอง 'UA' ภายหลังจากมีการแลกเปลี่ยนของการนับจำนวนเฟรมที่รับและจำนวนเฟรมที่ส่งที่ครบและถูกต้องแล้วจะทำการรีเซท การรีเซทหมายเลขของจำนวนเฟรมที่รับและหลายเลขจำนวนเฟรมที่ส่ง เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการรับส่งข้อมูลในชุดถัดไป

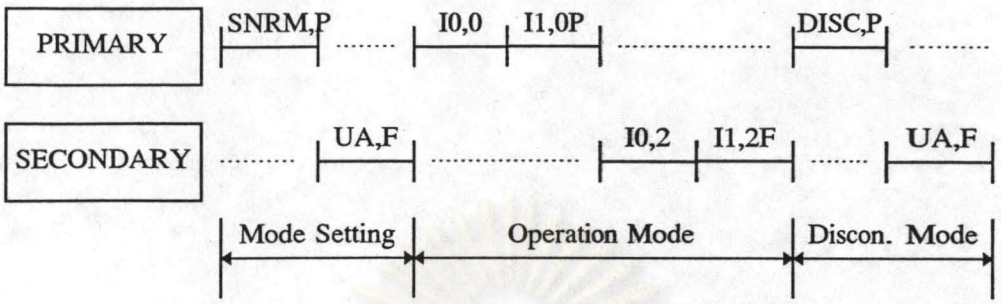
ในโมดการตอบสนองปกติ สถานีทุติยภูมิจะสามารถส่งเฟรมตอบสนองได้ก็ต่อเมื่อมีการขอข้อมูลจากสถานีปฐมภูมิเท่านั้น ซึ่งบิต 'P' จะเป็นบิตกำหนดว่าสถานีปฐมภูมิส่งเฟรมข้อมูลเป็นเฟรมสุดท้ายหรือไม่ สถานีทุติยภูมิสามารถส่งเฟรมตอบสนองได้หนึ่งเฟรมหรือมากกว่าหนึ่งเฟรมก็ได้ แต่เฟรมสุดท้ายนั้นต้องกำหนดให้บิต 'F' เป็น '1'

สถานีปฐมภูมิสามารถส่งเฟรมข้อสนเทศได้อย่างต่อเนื่อง แต่เมื่อต้องการตัดการเชื่อมต่อกับสถานีทุติยภูมิก็กระทำโดยส่งเฟรมคำสั่ง 'DISC' เมื่อสถานีทุติยภูมิได้รับเฟรมคำสั่ง 'DISC' แล้วจะมีการส่งเฟรมตอบสนอง 'UA' ซึ่งจะทำให้สถานีทุติยภูมิไม่มี

การเชื่อมต่อกันทางตรรกะกับสถานีปฐมภูมิ ขั้นตอนเหล่านี้สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2.14

2. สถานีทุติยภูมิไม่สามารถกำหนดโมดการดำเนินงาน

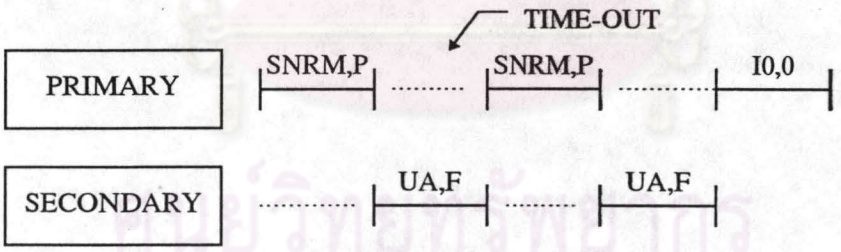
มีบางกรณีที่สถานีทุติยภูมิไม่สามารถกำหนดโมดดำเนินงาน อาจจะเกิดจากความไม่พร้อมในการติดต่อกับสถานีปฐมภูมิ สถานีทุติยภูมิจะต้องตอบกลับด้วยเฟรมตอบสนอง 'DM'



รูปที่ 2.14 การดำเนินงานในโมดการตอบสนองปกติ

3. การติดต่อกรณีสถานีทุติยภูมิไม่สามารถตอบสนองในช่วงเวลาที่กำหนด

เมื่อสถานีทุติยภูมิไม่สามารถตอบสนองภายในเวลาที่กำหนด สถานีปฐมภูมิจะต้องส่งเฟรมคำสั่ง 'SNRM' อีกครั้ง จนกว่าสถานีทุติยภูมิมีการตอบกลับจากสถานีทุติยภูมิหรือสถานีปฐมภูมิจะนับจำนวนครั้งที่ส่งเฟรมคำสั่ง 'SNRM' ถ้าครบจำนวนที่กำหนดแล้วยังไม่มีการตอบกลับจากสถานีทุติยภูมิ ก็จะยกเลิกการติดต่อนั้น แสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงการทำงานเมื่อสถานีทุติยภูมิไม่สามารถตอบสนองภายในเวลาที่กำหนด

4. การตอบสนองด้วยตัดการติดต่อสื่อสาร ('RD') โดยสถานีทุติยภูมิ

เมื่อสถานีทุติยภูมิไม่มีความต้องการรับเฟรมข้อสนเทศ สามารถส่งเฟรมขอตัดการติดต่อโดยส่งเฟรมตอบสนอง 'RD' (Request Disconnect) ไปยังสถานีปฐมภูมิในโมดตัดการเชื่อมต่อปกติ ในระหว่างที่สถานีทุติยภูมิรอเฟรมคำสั่ง 'DISC' ถ้ามีเฟรมคำสั่งอื่นที่ส่งมาจากสถานีปฐมภูมิ จะยังคงรับเฟรมคำสั่งนั้นๆไว้ ถ้าพิจารณาแล้วไม่สามารถทำตามเฟรมคำสั่งนั้นได้

สถานีทุติยภูมิก็ยังคงสามารถส่งเฟรมตอบสนอง 'RD' อีกครั้งแต่อย่างไรก็ตามถ้าสถานีทุติยภูมินั้นสามารถรับคำสั่งนั้นแล้วไม่มีการส่งเฟรมตอบสนอง 'RD' และการขอตัดการติดต่อนั้นถูกยกเลิก การตัดการติดต่อสื่อสารก็จะถูกยกเลิกเช่นกัน

5. โมดการเริ่มต้นการติดต่อสื่อสาร

กรณีหมายเลขจำนวนเฟรมที่รับหรือหมายเลขจำนวนเฟรมที่สั่ง มีการนับได้ไม่ตรงกันระหว่างสถานีปฐมภูมิกับสถานีทุติยภูมิ สถานีปฐมภูมิจะส่งเฟรมคำสั่ง 'SIM' เพื่อให้สถานีทุติยภูมิส่งเฟรมตอบสนอง 'UA' ผลของคำสั่งและการตอบสนองนี้ ทำให้หมายเลขจำนวนเฟรมที่รับและส่งรีเซท (Reset)

สถานีทุติยภูมิสามารถขอการเริ่มต้นระบบ โดยส่งเฟรมตอบสนอง 'RIM' สถานีปฐมภูมิจะมีการส่งเฟรมคำสั่ง 'SIM' ในการกำหนดโมดการเริ่มต้นการติดต่อได้เช่นกัน

4.3 ขั้นตอนโมดเชิงดำเนินการ

ข้อกำหนดที่สำคัญในการติดต่อสื่อสารนั้น มีขั้นตอนโมดเชิงดำเนินการประกอบด้วยข้อกำหนดหลักดังนี้

1. การดำเนินงานเมื่อได้รับเฟรมข้อมูลเรียบร้อย

เมื่อสถานีปฐมภูมิได้รับเฟรมข้อสนเทศจากสถานีทุติยภูมิแต่ไม่มีเฟรมข้อสนเทศที่จะส่งให้สถานีทุติยภูมิ ก็จะทำการส่งเฟรมคำสั่ง 'RR' (Receive Ready) เพื่อบอกแก่สถานีทุติยภูมิว่าได้รับเฟรมข้อสนเทศแล้ว อย่างไรก็ตามสถานีทุติยภูมิสามารถมีการดำเนินงานได้เช่นเดียวกับสถานีปฐมภูมิ

2. การดำเนินงานเมื่อรับเฟรมข้อมูลไม่เรียบร้อย

เมื่อสถานีที่รับเฟรมไม่สามารถรับเฟรมข้อสนเทศ เนื่องจากเกิดปัญหาภายในของสถานีรับ สถานีรับจะระบุว่าอยู่ในสถานะไม่ว่าง 'BUSY' โดยการส่งเฟรม 'RNR' (Receive Not Ready) ไปยังสถานีอื่น

3. การออกจากสถานะไม่ว่าง (Busy State)

เมื่อสถานีปฐมภูมิจะออกจากสถานะไม่ว่าง สามารถทำได้โดยส่งเฟรมควบคุมดูแล 'RR', 'REJ' หรือ 'SREJ' ไปยังสถานีอื่น

เมื่อสถานีทุติยภูมิต้องการออกจากสถานะไม่ว่าง สามารถทำได้โดยส่งเฟรมข้อสนเทศหนึ่งเฟรมหรือมากกว่าหนึ่งเฟรมก็ได้

4. เมื่อการตรวจสอบลำดับเฟรมเกิดข้อผิดพลาด

เมื่อสถานีรับมีการรับเฟรมข้อสนเทศ แล้วตรวจพบว่ามีข้อผิดพลาดของข้อมูลที่ได้รับในส่วนตรวจสอบลำดับเฟรมสถานีที่รับข้อมูลจะมีการส่งเฟรมตอบสนอง 'RES'

ไปยังสถานีส่งโดยมีการระบุหมายเลขของเฟรมเริ่มต้นที่จะต้องถูกส่งจากสถานีส่งอีกครั้ง

5. หมายเลขลำดับเฟรมเกิดข้อผิดพลาด

เมื่อสถานีรับได้รับเฟรมข้อสนเทศจะมีการตรวจสอบหมายเลขลำดับเฟรมว่าถูกต้องหรือไม่ กรณีเกิดข้อผิดพลาดของส่วนนี้ สถานีรับนี้จะต้องส่งเฟรม 'RES' แล้วเข้าสู่สถานะ 'หมายเลขลำดับเฟรมเกิดข้อผิดพลาด' ถ้าที่สถานีรับจะออกจากสเตทนี้ได้ก็ต่อเมื่อได้รับเฟรมข้อสนเทศถัดไปแล้วทำให้หมายเลขลำดับเฟรมส่งเท่ากับหมายเลขลำดับเฟรมรับ

6. การดำเนินงานขอเฟรมที่เกิดข้อผิดพลาด

เมื่อสถานีส่งทำการส่งเฟรมข้อสนเทศ แต่สถานีรับได้รับเฟรมข้อมูลไม่ครบในบางเฟรม เฟรมที่ขาดหายไปอาจเกิดขึ้นเพียงหนึ่งเฟรมหรือมากกว่าก็ได้ สถานีรับก็จะมีการขอการส่งใหม่โดยส่งเฟรม 'SRES' โดยเลือกเฉพาะหมายเลขลำดับเฟรมที่ต้องการเท่านั้น

ข้อกำหนดในการดำเนินงานในขั้นตอนนี้คือ สถานีรับจะมีการระบุเฉพาะเฟรมที่ต้องการให้สถานีส่งทำการส่งเฟรมใหม่เพียงเฟรมเดียว โดยหมายเลขลำดับเฟรมจะถูกระบุใน N(R)

7. การดำเนินงานยกเลิกเฟรมที่ได้รับ

สถานีทุติยภูมิจะดำเนินงานยกเลิกเฟรม 'FRMR' เพื่อระบุการยกเลิกเฟรมที่รับได้ โดยมีเงื่อนไขดังนี้

- เฟรมที่รับมามีฟิลด์ควบคุมไม่ตรงตามกฎเกณฑ์
- เฟรมที่รับมามีฟิลด์ข้อสนเทศมากเกินกว่าที่ระบบกำหนดไว้
- เฟรมที่รับมามีฟิลด์ข้อสนเทศผิด ข้อกำหนดมาตรฐานเอชดีแอลซี เช่น เฟรม 'RR' ที่มีฟิลด์ข้อสนเทศด้วย

4.4 คำสั่งและการตอบสนองอื่น ๆ

ในหัวข้อนี้ จะกล่าวถึงคำสั่งและการตอบสนองที่สำคัญอื่น ๆ เพื่อความเข้าใจการดำเนินงานของระบบ และสามารถใช้คำสั่งและการตอบสนองในเฟรมชนิดต่างได้อย่างถูกต้อง ดังต่อไปนี้

1. คำสั่งและการตอบสนองด้วย 'TEST'

เมื่อสถานีปฐมภูมิส่งเฟรมคำสั่ง 'TEST' ไปยังสถานีทุติยภูมิ สถานี ทุติยภูมิจะต้องส่งเฟรมตอบสนอง 'TEST' กลับไปยังสถานีปฐมภูมิ คำสั่งและการตอบสนองนี้ใช้ทดสอบการติดต่อสื่อสารและตรวจสอบความพร้อมของสถานีทุติยภูมิ

นอกจากนี้สถานีทุติยภูมิ ยังสามารถส่งเฟรมตอบสนองได้หลายชนิดกล่าวคือ สามารถส่งเฟรมตอบสนอง 'TEST' ขณะอยู่ในโมดดำเนินการ, สามารถส่งเฟรมตอบสนอง

'FRMR' ขณะอยู่ในโมดดัดการติดต่อสื่อสารและสามารถส่งเฟรมตอบสนองด้วย 'DM' เมื่อสถานีปฐมภูมิส่งเฟรมคำสั่ง 'TEST' ที่มีบิต 'P' เท่ากับเซท

2. คำสั่งและการตอบสนองด้วย 'UI'

คำสั่งและการตอบสนอง 'UI' สามารถส่งข้อความรวมเข้าไปภายในเฟรมได้ เช่นข่าวสาร, การขัดจังหวะ(Interrupt) เป็นต้น โดยเฟรมเหล่านี้ไม่มีผลต่อหมายเลขลำดับเฟรมที่รับและหมายเลขลำดับเฟรมที่ส่ง

5 การคำนวณรหัสวนซ้ำซ้อน (CRC : Cyclic Redundancy Check)

กฎในการคำนวณรหัสวนซ้ำซ้อนมีหลักสำคัญดังนี้

1. ขั้นตอนเริ่มต้นฟิลด์ตรวจสอบลำดับเฟรมถูกกำหนดให้เป็น 'ศูนย์' ทุกบิตภายฟิลด์นี้

2. นำสมการโพลิโนเมียลของข้อมูลคูณกับสัมประสิทธิ์สูงสุดของรูปแบบ CRC ที่กำหนด (เลื่อนไปทางซ้ายเป็นจำนวนเท่ากับสัมประสิทธิ์สูงสุดของรูปแบบ CRC นั้น)

3. เศษที่เหลือจากการหารจะอยู่ในฟิลด์ตรวจสอบลำดับเฟรมและถูกส่งไปยังสถานีรับ

4. สถานีรับได้รับเฟรมข้อมูล จะมีกระบวนการคำนวณเช่นเดียวกับสถานีส่งโดยใช้สมการโพลิโนเมียลเดียวกัน แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้กับฟิลด์ตรวจสอบลำดับเฟรมที่รับมา

5. ถ้าผลลัพธ์ที่เกิดจากการเปรียบเทียบมีค่าเท่ากัน สรุปได้ว่าการส่งผ่านข้อมูลไม่มีข้อผิดพลาด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย