

บทที่ 8

เครือข่ายอินเทอร์เน็ต

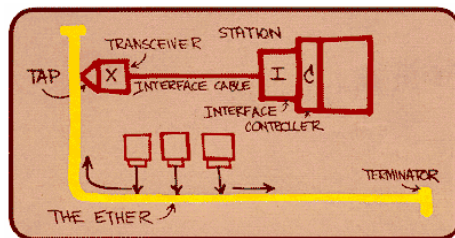
8.1 ความนำ

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าอินเทอร์เน็ตเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายที่เป็นฐานของเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายแบบท้องถิ่นที่ได้รับความนิยมสูงสุด อินเทอร์เน็ตถูกสร้างมากกว่า 30 ปี และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เทคโนโลยีนี้ถูกพัฒนาและปรับปรุงภายใต้ความดูแลและรับผิดชอบของไอทริฟเฟิลส์ โดยมีสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในการเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงคือ การเพิ่มความเร็วในการรับส่งข้อมูลหรือแบนด์วิธให้มากยิ่งขึ้น

ในการปรับปรุงครั้งแรกนั้นเป็นการปรับจากอัตราเร็วเดิม 10 เมกะบิตต่อวินาที เป็น 100 เมกะบิตต่อวินาที ซึ่งในการปรับปรุงครั้งนั้นได้มีการพัฒนาชั้นฟิลิคัลใหม่ เพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 100 เมกะบิตต่อวินาที และในการปรับปรุงชั้นฟิลิคัลนี้ ทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนชั้นดาต้าลิงก์เช่นกัน มาตรฐานใหม่นี้เรียกว่าอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ซึ่งได้รับความนิยมเหนือเครือข่ายเอทีเอ็มในเวลานั้น ต่อมามีการปรับปรุงอินเทอร์เน็ตจนสามารถรับส่งความเร็วได้ 1,000 เมกะบิตต่อวินาที หรือ 1 กิกะบิตต่อวินาที และพัฒนาไปจนถึง 10 กิกะบิตต่อวินาทีในที่สุด คุณสมบัติพิเศษที่สำคัญอีกข้อหนึ่งอันทำให้อินเทอร์เน็ตเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย น่าจะเป็นเรื่องของความสามารถในการใช้งานร่วมกับอินเทอร์เน็ตความเร็วต่ำในอดีตได้ โดยไม่จำเป็นต้องมีการปรับหรือโครงสร้าง และเปลี่ยนอุปกรณ์เก่าเพื่อมาใช้กับของใหม่

8.2 ประวัติอีเทอร์เน็ต

ในปี ค.ศ. 1973 โรเบิร์ต เอ็ม เมท์คาลเฟ (Robert M. Metcalfe) (Spurgeon, 2005) ได้คิดค้นระบบอีเทอร์เน็ตในการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และสามารถส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์ได้ หลังจากนั้นอีเทอร์เน็ตได้ถูกพัฒนาต่อที่ PARC (Palo Alto Research Center) ซึ่งเป็นศูนย์วิจัยของบริษัทซีร็อกซ์ (Xerox) รูปที่ 8.1 เป็นโครงสร้างของอีเทอร์เน็ตที่เมท์คาลเฟออกแบบไว้ แสดงให้เห็นถึงการที่คอมพิวเตอร์จะเชื่อมกันเป็นเครือข่ายโดยใช้ทรานซีฟเวอร์เป็นตัวเชื่อมต่อ และสามารถใส่สายสัญญาณสำหรับการรับส่งข้อมูลร่วมกัน



รูปที่ 8.1 โครงสร้างของอีเทอร์เน็ตซึ่งออกแบบโดยเมท์คาลเฟ
ที่มา (Spurgeon, 2005)

จุดประสงค์ของการสร้างอีเทอร์เน็ตในตอนแรก เพื่อให้ให้นักวิจัยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้เท่านั้น ในสมัยแรกจะใช้สายเคเบิลหุ้มฉนวนแบบหนาเป็นสายสัญญาณในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน ในตอนนั้นอีเทอร์เน็ตถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่น่าทึ่งมาก เพราะถ้ากล่าวถึงระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องเมนเฟรมที่มีราคาแพงมาก มีน้อยคนที่สามารถมีคอมพิวเตอร์เมนเฟรมครอบครอง และคนส่วนใหญ่จะไม่รู้จักการใช้เมนเฟรม การพัฒนาอีเทอร์เน็ตทำให้เกิดการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์แพร่หลายมากขึ้น

ในปี 1973 เมท์คาลเฟ ได้เขียนอธิบายระบบเครือข่ายที่มีการพัฒนามาจากเครือข่ายอโลฮา (Aloha) ซึ่งมีการพัฒนาที่มหาวิทยาลัยฮาวาย ในทศวรรษ 1960 โดยนอร์แมน แอ็บรามสัน (Norman Abramson) (Spurgeon, 2005) และเพื่อนร่วมงาน โดยได้พัฒนาระบบวิทยุสื่อสาร

ระหว่างเกาะต่าง ๆ การพัฒนานี้เป็นการพัฒนาระบบเพื่อใช้สื่อกลางการรับส่งข้อมูลร่วมกัน โดยใช้อากาศทำหน้าที่เป็นสื่อกลางนำส่งคลื่นวิทยุ

ในช่วงแรกนั้นอินเทอร์เน็ตเป็นลิขสิทธิ์ของบริษัทซีร็อกซ์แต่เพียงผู้เดียว ต่อมามาตรฐานอินเทอร์เน็ตที่ความเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาที ได้ประกาศใช้เมื่อปี 1980 โดยความร่วมมือของ 3 บริษัทคือ เดค(DEC) อินเทล (Intel) และซีร็อกซ์ เรียกสั้น ๆ ว่า ดิกซ์ (DIX) ในขณะเดียวกัน ไอทริฟเฟิลก็ก็ได้พัฒนามาตรฐานอินเทอร์เน็ตเช่นเดียวกันคือ มาตรฐานไอทริฟเฟิลอี 802.3 ซึ่งได้พัฒนามาจากมาตรฐานอินเทอร์เน็ตของดิกซ์ มาตรฐานของไอทริฟเฟิลอีตีพิมพ์ในครั้งแรกปี 1985 ต่อมาไอเอสโอได้ยอมรับเอามาตรฐานไอทริฟเฟิลอี 802.3 นี้เป็นมาตรฐานอินเทอร์เน็ตสากล ทำให้บริษัทใดก็ได้สามารถผลิตอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตโดยไม่ต้องเสียลิขสิทธิ์ ด้วยเหตุนี้ทำให้การใช้งานอินเทอร์เน็ตแพร่หลายไปทั่วโลกอย่างรวดเร็ว จนกลายมาเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายที่ได้รับความนิยมและเป็นฐานหลักของเครือข่ายทุกองค์กรในปัจจุบัน

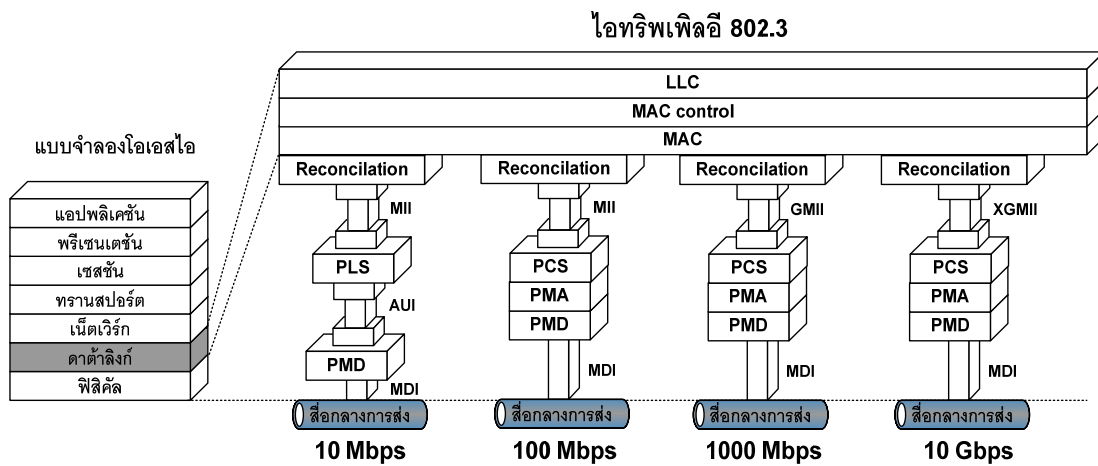
หลังจากที่ไอทริฟเฟิลอี ได้ตีพิมพ์มาตรฐานอินเทอร์เน็ตตั้งแต่ปี 1985 แล้ว ได้มีการพัฒนามาตรฐานมาเรื่อย ๆ มาตรฐานแรกนั้นจะใช้สายเคเบิลหุ้มฉนวนแบบหนา และต่อมาได้เปลี่ยนมาใช้สายเคเบิลหุ้มฉนวนแบบบาง หลังจากนั้นก็ได้พัฒนาสายสัญญาณอื่น ๆ เช่น สายคู่บิดเกลียวและสายใยเส้นนำแสง เป็นต้น ได้มีการปรับปรุงอัตราเร็วจาก 10 เมกะบิตต่อวินาที มาเป็น 100 เมกะบิตต่อวินาที และ 1,000 เมกะบิตต่อวินาที ปัจจุบันมาตรฐานล่าสุดของอินเทอร์เน็ตอัตราเร็วอยู่ที่ 10 กิกะบิตต่อวินาที และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มความเร็วสูงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากในปัจจุบันระบบปฏิบัติการที่ติดต่อผู้ใช้ในรูปกราฟิก และโปรแกรมประยุกต์โดยเฉพาะโปรแกรมสื่อหลายแบบ (multimedia) มีขนาดใหญ่ ต้องการแบนด์วิธปริมาณสูงในการโอนถ่ายข้อมูล

8.3 สถาปัตยกรรมไอทริฟเฟิลอี 802.3 อินเทอร์เน็ต

ในสมัยแรกอินเทอร์เน็ตกับซีเอสเอ็มเอ/ซีดี มักจะหมายถึงระบบเครือข่ายชนิดเดียวกัน เนื่องจากอินเทอร์เน็ตจะใช้โปรโตคอลซีเอสเอ็มเอ/ซีดี ในการเข้าถึงสื่อกลางการรับส่งข้อมูล แต่ปัจจุบันความหมายของอินเทอร์เน็ตได้เปลี่ยนไปเพราะได้มีการปรับปรุงเทคโนโลยี เช่น อินเทอร์เน็ต

ความเร็วสูงมีการพัฒนาโปรโตคอลในชั้นฟิสิกส์ใหม่ และมีการปรับเปลี่ยนกลไกในการเข้าใช้สื่อกลางเล็กน้อย สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ การเพิ่มการรับส่งข้อมูลแบบสองทางเต็มอัตรา หรือการสื่อสารข้อมูลที่สามารถรับส่งข้อมูลในเวลาเดียวกัน ซึ่งการรับส่งข้อมูลแบบนี้จะใช้สายคู่เกลียวบิดหนึ่งคู่ในการส่งข้อมูล และอีกหนึ่งคู่ในการรับข้อมูล ผนวกกับการใช้เทคโนโลยีสลับเส้นทางของอุปกรณ์สลับเส้นทาง ทำให้กำจัดปัญหาในการเข้าใช้สื่อกลางได้ เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้สื่อกลางการส่งสัญญาณร่วมกัน เป็นผลให้อุปกรณ์เครือข่ายสามารถรับส่งข้อมูลได้ในอัตราสูงขึ้น ประสิทธิภาพของเครือข่ายจึงสูงขึ้น และไม่ยึดติดกับโปรโตคอลระดับฟิสิกส์อีกต่อไป ดังนั้นโปรโตคอลซีเอสเอ็มเอ/ซีดี จึงใช้แทนอีเทอร์เน็ตไม่ได้อีกต่อไป

คณะทำงานของสถาบันไอทริฟเฟิลอีได้ออกแบบอีเทอร์เน็ต โดยการแบ่งแยกหน้าที่ของเครือข่ายท้องถิ่นออกเป็นชั้น ๆ ตามลำดับขั้นตอนของการทำงานในการสื่อสารผ่านเครือข่าย ดังรูปที่ 8.2 การเปรียบเทียบชั้นต่าง ๆ ของอีเทอร์เน็ตแบบกับจำลองไอเอสไอ จะเห็นได้ชัดว่ามีทั้งชั้นย่อยและมีโมดูลย่อยลงไปอีกในบางชั้น



รูปที่ 8.2 เปรียบเทียบการทำงานอีเทอร์เน็ตกับแบบจำลองไอเอสไอ

ที่มา (จตุชัย แพงจันทร์ และอนุโชค วุฒิพรพงษ์, 2546 , หน้า 110)

8.3.1 ชั้นดาต้าลิงก์

ชั้นดาต้าลิงก์ของอินเทอร์เน็ตแบ่งออกเป็น 2 ชั้นย่อยคือชั้นแลลแลคซี (Logical Link Control: LLC) และชั้นแมค (Media Access Control: MAC) ทั้งสองชั้นย่อยนี้จัดว่าเป็นหัวใจของอินเทอร์เน็ต เนื่องจากเป็นชั้นที่สร้างเฟรมข้อมูลและตำแหน่งที่อยู่ เป็นชั้นที่ทำให้ข้อมูลถูกส่งถึงปลายทางอย่างถูกต้องและในสองชั้นนี้ยังรับผิดชอบเกี่ยวกับกลไกการตรวจสอบข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการรับส่งข้อมูล หากมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นจะเตรียมการในการส่งข้อมูลใหม่สรุปก็คือ เป็นชั้นที่ควบคุมการรับส่งข้อมูล ถึงแม้ว่าจะไม่ใช่ชั้นที่ส่งข้อมูลจริง ๆ ก็ตาม ชั้นที่ทำการรับส่งข้อมูลจริง ๆ ยังเป็นหน้าที่ของชั้นฟิสิคัลเหมือนกับแบบจำลองโอเอสไอ

8.3.1.1 ชั้นแลลแลคซี เป็นชั้นย่อยที่อยู่ด้านบนของชั้นดาต้าลิงก์ จะให้บริการกับโปรโตคอลของชั้นบนในการเข้าใช้สื่อกลางการส่งหรือสายสัญญาณ เป็นการรับส่งข้อมูลตามมาตรฐานไอทีพีเฟลอิ 802 โดยจะอนุญาตให้เครือข่ายท้องถิ่นที่มีสถาปัตยกรรมต่างกันสามารถทำงานร่วมกันได้ กล่าวคือ โปรโตคอลชั้นบนไม่จำเป็นต้องทราบว่าในชั้นฟิสิคัลใช้สายสัญญาณประเภทใดในการรับส่งข้อมูล เพราะชั้นแลลแลคซีจะรับผิดชอบแทนในการปรับเฟรมข้อมูลให้สามารถส่งไปได้ในสายสัญญาณที่ผู้ใช้ติดตั้งมา ชั้นแลลแลคซีเป็นชั้นที่แยกชั้นเน็ตเวิร์กออกจากการเปลี่ยนแปลงบ่อย ๆ ของสถาปัตยกรรมของเครือข่ายท้องถิ่น โดยโปรโตคอลของชั้นสูงกว่าไม่จำเป็นต้องสนใจว่าแพ็กเก็ตจะส่งผ่านเทคโนโลยีเครือข่ายแบบอินเทอร์เน็ต โทเค็นริง หรือเอทีเอ็ม และไม่จำเป็นต้องรู้ว่าการส่งผ่านข้อมูลในชั้นฟิสิคัลจะใช้การรับส่งข้อมูลแบบใด ชั้นแลลแลคซีจะจัดการเรื่องเหล่านี้ให้ทั้งหมด

8.3.1.2 ชั้นแมค เป็นชั้นย่อยที่อยู่ล่างสุดของชั้นดาต้าลิงก์ ซึ่งจะทำหน้าที่เชื่อมต่อกับชั้นฟิสิคัล และรับผิดชอบในการรับส่งข้อมูลให้สำเร็จและถูกต้อง โดยจะแบ่งหน้าที่ออกเป็น 2 ส่วนคือหน้าที่ในการการส่งข้อมูล และหน้าที่ในการรับข้อมูล ชั้นแมคจะทำหน้าที่ห่อหุ้มข้อมูลที่ส่งผ่านจากชั้นแลลแลคซี และทำให้อยู่ในรูปของเฟรมข้อมูล ซึ่งเฟรมข้อมูลนี้ประกอบด้วยตำแหน่งที่อยู่ และข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการส่งข้อมูลให้ถึงปลายทาง ชั้นแมคยังรับผิดชอบในการสร้างกลไกสำหรับตรวจสอบข้อผิดพลาดของข้อมูลในเฟรมนั้น ๆ ระหว่างการรับส่งเฟรม

ด้วย นอกจากนี้ ชั้นแม่ก็ยังต้องตรวจสอบกับชั้นพีสิคัลว่าช่องสัญญาณพร้อมสำหรับการส่งข้อมูลหรือไม่ ถ้าพร้อมเฟรมก็จะถูกส่งต่อไปยังชั้นภายนอกเพื่อทำการส่งไปตามสายสัญญาณต่อไป แต่ถ้ายังไม่พร้อมชั้นแม่ก็จะรอจนกว่าจะว่างแล้วค่อยทำการส่งข้อมูล

หน้าที่สุดท้ายของชั้นแม่คือ การตรวจสอบสถานภาพของเฟรมที่กำลังส่ง ว่ามีการชนกันของข้อมูลเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้าหากมีการชนกันเกิดขึ้นก็หยุดการส่งข้อมูล และเข้าสู่กลไกการรอด้วยช่วงเวลาที่เป็นเลขสุ่มเพื่อทำการส่งข้อมูลใหม่อีกครั้ง ซึ่งจะทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะทำการส่งข้อมูลได้สำเร็จ กระบวนการส่งข้อมูลที่ว่านี้เป็นทั้งข้อดีและข้อเสียของอีเทอร์เน็ต ข้อดีก็คือ เป็นการรับรองให้แก่โปรโตคอลชั้นที่อยู่เหนือกว่า มั่นใจว่าข้อมูลจะถูกส่งไปถึงปลายทางอย่างแน่นอน แต่ในขณะเดียวกัน ข้อเสียก็คือ การส่งข้อมูลอาจใช้เวลานานหากมีการใช้เครือข่ายในปริมาณมาก ๆ

8.3.1.3 การจัดเฟรมข้อมูลเป็นหน้าที่ของชั้นที่ 2 ของโอเอสไอ คือชั้นดาต้าลิงก์ เฟรมของอีเทอร์เน็ต เป็นชุดรูปแบบของบิตที่ใช้ส่งผ่านไปมาบนเครือข่าย ซึ่งเป็นหัวใจของอีเทอร์เน็ต เนื่องจากเป็นข้อมูลข่าวสารที่ใช้ในการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ บนเครือข่าย อาทิ แผ่นวงจรประสานเครือข่าย อุปกรณ์กระจายและทวนสัญญาณ อาทิ ฮับและสวิตช์ รวมถึงอุปกรณ์ค้นหาเส้นทางคือ เราเตอร์ เฟรมของอีเทอร์เน็ตมี 2 มาตรฐานคือ มาตรฐานของไอทริฟเฟิลอี 802.3 กับมาตรฐานของอีเทอร์เน็ตทู (ethernet II) ซึ่งมาตรฐานทั้ง 2 แบบมีการจัดเฟรมแตกต่างกันเล็กน้อย ในที่นี้จะใช้การจัดเฟรมของมาตรฐานของไอทริฟเฟิลอี 802.3 เป็นหลัก เนื่องจากมีการผลิตอุปกรณ์สนับสนุนมากกว่า รูปแบบของเฟรมแสดงดังรูปที่ 8.3 โดยในรูปดังกล่าวตัวเลขที่แสดงข้างบนเป็นจำนวนไบต์ของฟิลด์นั้น ๆ



รูปที่ 8.3 การจัดเฟรมของอีเทอร์เน็ต

ที่มา(Stallings, 1997, p.407)

รายละเอียดฟิลด์ในเฟรมอีเทอร์เน็ต ตามมาตรฐานของไอทีพีเฟลอี 802.3 ที่แสดงในรูปที่ 5.3 มีดังนี้

(1) 프리แอมเบิล (preamble) เป็นฟิลด์ที่มีบิตสลับกันระหว่าง 1 กับ 0 และสิ้นสุดที่ 11 ซึ่งเป็น 2 บิตท้ายของฟิลด์นี้ 프리แอมเบิลเป็นฟิลด์ที่ใช้สร้างจังหวะของการรับส่งข้อมูลให้สอดคล้องกัน เป็นสัญญาณบอกสถานีฝ่ายรับที่กำลังมีข้อมูลส่งมา ฟิลด์นี้มีความยาว 7 ไบต์ โดยรวมเอาไบต์ของจุดเริ่มต้นของเฟรมเข้าด้วย นอกจากนี้ใช้ในการเข้าจังหวะของผู้ส่งกับผู้รับแล้วยังมีหน้าที่รักษาช่วงเวลาบิตเฟรมถัดไป ซึ่งต้องห่างกัน 9.6 ไมโครวินาทีตามมาตรฐาน เพื่อป้องกันการชนทับกันของเฟรม

(2) จุดเริ่มต้นของเฟรม (Start Of Frame: SOF) เป็นไบต์สุดท้ายของพีแอมเบิล ซึ่งไบต์นี้จะแตกต่างจากไบต์อื่น ๆ คือ 2 บิตสุดท้ายจะเป็นเลข 1 ทั้งคู่ เพื่อเป็นสัญญาณสำหรับบอกจุดเริ่มต้นของเฟรมจริง ๆ จะถูกถอดออกจากเฟรมโดยแผงวงจรประสานเครือข่ายเป็นอันดับสองรองจากพีแอมเบิล หากไม่มีข้อผิดพลาด นับได้ครบ 64 บิต

(3) ตำแหน่งที่อยู่ของสถานีปลายทางและต้นทางซึ่งมีความยาว 48 บิต ส่วนใหญ่จะเรียกว่าตำแหน่งที่อยู่แมค (MAC address) การกำหนดหมายเลขนี้จะควบคุมโดยไอทีพีเฟลอี มีเกณฑ์คือ 24 บิตแรกเป็นหมายเลขที่กำหนดให้กับบริษัทผู้ผลิตแผงวงจรประสานเครือข่ายและบริษัทผู้ผลิตจะเป็นผู้กำหนดอีก 24 บิตที่เหลือ การทำเช่นนี้เพื่อให้แน่ใจว่า จะไม่มีหมายเลขนี้ซ้ำกันในเครือข่าย ตำแหน่งที่อยู่แมค อาทิ 00-00-0C-1A-01-77 เป็นของบริษัทซิสโก้ (Cisco), 02-60-8C-21-54-C1 เป็นของบริษัททีริคอม (3 com) และ 08-00-5A-71-7B-3C เป็นของบริษัทไอบีเอ็ม เป็นต้น โดยบิตแรกของฟิลด์นี้สามารถบอกภาวะการกำหนดตำแหน่งที่อยู่ได้ ถ้าเป็น 0 คือยูนิคาสต์ ถ้าเป็น 1 คือมัลติคาสต์ แต่ถ้าฟิลด์นี้ทั้ง 48 บิตเป็น 1 ทุกฟิลด์จะหมายถึงบรอดคาสต์

(4) ฟิลด์บอกชนิด (type length) เป็นฟิลด์ที่บอกประเภทของโปรโตคอลของชั้นที่อยู่เหนือกว่า เช่น ไอพี, ไอพีแอดเดส, ทีซีพี หรือ เออาร์พี เป็นต้น

(5) ส่วนของข้อมูลจะเป็นฟิลด์ที่เก็บข้อมูลซึ่งความยาวอย่างน้อย ต้องไม่ต่ำกว่า 46 ไบต์ ถ้าต่ำกว่านี้จะต้องมีการเติมฟิลด์เติมเต็ม (padding) เพื่อให้ข้อมูลมีขนาด อย่างน้อย 46 ไบต์ เหตุที่ต้องกำหนดความยาวขั้นต่ำ เพื่อการตรวจเช็คการชนกันของข้อมูล ระหว่างที่มีการรับส่งข้อมูล ส่วนความยาวสูงสุดที่เป็นไปได้คือ 1,500 ไบต์

(6) เฟรมตรวจสอบลำดับ (Frame Check Sequence: FCS) ฟิลด์นี้มีความยาว 4 ไบต์ ซึ่งเป็นฟิลด์ใช้สำหรับการตรวจสอบข้อผิดพลาดของข้อมูลในเฟรม

8.3.1.4 โปรโตคอลซีเอสเอ็มเอ/ซีดี (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection: CSMA/CD) เป็นโปรโตคอลที่รับส่งข้อมูลแบบสองทางครึ่งอัตรา โปรโตคอลนี้ใช้สำหรับการเข้าใช้สื่อกลางร่วมกัน ในการส่งสัญญาณระหว่างโหนดในเครือข่าย มี ขั้นตอนการทำงานดังนี้ โหนดใด ๆ ก่อนที่จะส่งข้อมูล ต้องคอยฟังก่อนว่ามีโหนดอื่นกำลังส่งข้อมูล อยู่หรือไม่ ถ้ามีให้รอจนกว่าโหนดนั้นส่งข้อมูลเสร็จก่อน แล้วค่อยเริ่มส่งข้อมูล และในขณะที่กำลัง ส่งข้อมูลอยู่นั้นต้องตรวจสอบว่ามีการชนกันของข้อมูลเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้ามีการชนกันของข้อมูล เกิดขึ้น ให้หยุดทำการส่งข้อมูลทันที แล้วค่อยเริ่มกระบวนการส่งข้อมูลใหม่อีกครั้ง

เนื่องจากแต่ละโหนดใช้สื่อกลางร่วมกันซึ่งเรียกว่าบัส ฉะนั้น ณ เวลาหนึ่ง จึงมีโหนดที่ส่งข้อมูลได้แค่โหนดเดียว การชนกันของข้อมูลมีโอกาสเกิดขึ้นได้ เนื่องจาก การที่มีโหนดมากกว่าหนึ่งโหนดที่ทำการส่งข้อมูลไปบนสื่อกลางการส่งในเวลาเดียวกัน ผลที่ได้คือ ข้อมูลไม่สามารถอ่านได้ และเมื่อมีจำนวนโหนดเพิ่มมากขึ้น ความน่าจะเป็นที่ข้อมูลจะชนกันก็ จะเพิ่มขึ้นตามลำดับ

การชนกันของข้อมูลเป็นเรื่องธรรมดาของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แต่ ถ้าเกิดขึ้นบ่อยเกินไปอาจทำให้เครือข่ายช้าหรือใช้การไม่ได้ เมื่อแบนด์วิธหรืออัตราการส่งข้อมูล ของเครือข่ายถูกใช้มากกว่าร้อยละ 50 การชนกันของข้อมูลจะก่อให้เกิดความคับคั่งในเครือข่าย ผลก็คือ การรับส่งข้อมูลอาจใช้เวลามากขึ้น หรือการถ่ายโอนไฟล์จะช้าลง ถ้ามีการใช้มากกว่าร้อยละ 60 เครือข่ายจะช้าลงอย่างเห็นได้ชัด หรืออาจทำให้เครือข่ายล่มก็เป็นได้

8.3.1.5 ค่าหน่วงเวลาการเดินทางครบรอบ (round trip delay) คือเวลาในการเดินทางไปกลับของสัญญาณระหว่างสถานีส่งและสถานีรับ ใช้เป็นกลไกในการตรวจเช็คว่าการชนกันของข้อมูลหรือไม่ โดยแต่ละสถานีต้องสามารถโต้ตอบกันได้ภายในเวลาที่จำกัด

มาตรฐานอีเทอร์เน็ตกำหนดให้มีค่าหน่วงเวลาการเดินทางครบรอบ ได้ไม่เกิน 51.2 ไมโครวินาที (10^{-6} วินาที) สำหรับอีเทอร์เน็ตที่ความเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาที และ 5.12 ไมโครวินาที สำหรับอีเทอร์เน็ตที่มีความเร็ว 100 เมกะบิตต่อวินาที นอกจากนี้ค่าหน่วงเวลาการเดินทางครบรอบแล้ว พบว่าอุปกรณ์เครือข่ายอีเทอร์เน็ตทุกชนิด รวมทั้งสายสัญญาณจะมีค่าหน่วงเวลาที่แตกต่างกันไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคำนวณค่าหน่วงเวลาภายในเครือข่ายก่อนที่จะทำการติดตั้ง ไม่เช่นนั้นถ้าหากค่าหน่วงเวลาภายในเครือข่ายมีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดไว้ ก็อาจทำให้การส่งข้อมูลล้มเหลว หรือเกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้

ตารางที่ 8.1 แสดงค่าหน่วงเวลาโดยประมาณของอุปกรณ์และตารางที่ 8.2 แสดงค่าหน่วงเวลาในสายสัญญาณแต่ละชนิด นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอื่นที่มีผลต่อค่าหน่วงเวลา เช่น อุณหภูมิ ความชื้น หรือแม้กระทั่งอายุการใช้งานก็มีผลกับค่าหน่วงเวลาที่จะเกิดกับตัวอุปกรณ์เช่นเดียวกัน การคำนวณควรมีการเผื่อสำหรับองค์ประกอบเหล่านี้ไว้ด้วย

ตารางที่ 8.1 ค่าหน่วงเวลาโดยประมาณของอุปกรณ์เครือข่ายอีเทอร์เน็ต

อุปกรณ์	ค่าหน่วงเวลา (μ s)
อุปกรณ์ทวนสัญญาณ	0.65
อุปกรณ์ทวนสัญญาณใยเส้นนำแสง	1.55
อุปกรณ์ทวนสัญญาณหลายพอร์ต	1.55
ทรานซีฟเวอร์มาตรฐาน	0.86
ทรานซีฟเวอร์สายใยเส้นนำแสง	0.20
ทรานซีฟเวอร์หลายพอร์ต	0.10
ทรานซีฟเวอร์สายคู่บิดเกลียว	0.27

ที่มา (วิรินทร์ เมฆประดิษฐสิน, 2547, หน้า178)

ตารางที่ 8.2 ค่าหน่วยเวลาของสายสัญญาณประเภทต่าง ๆ

สายสัญญาณ	ค่าหน่วยเวลา ($\mu\text{s}/\text{m}$)
สายเคเบิลหุ้มฉนวนแบบหนา	0.00514
สายเคเบิลหุ้มฉนวนแบบบาง	0.0043
สายคู่บิดเกลียวแบบไม่มีเกราะ	0.0057
สายคู่บิดเกลียวแบบมีเกราะ	0.0057
สายใยเส้นนำแสง	0.005

ที่มา (วิรินทร์ เมฆประดิษฐสิน, 2547, หน้า178)

การคำนวณค่าหน่วยเวลาของเครือข่ายทำได้ค่อนข้างง่าย ขั้นตอนแรก เริ่มโดยการวาดแผนผังของเครือข่ายรวมทั้งอุปกรณ์เครือข่าย ชนิดของสายสัญญาณที่ใช้และความยาวของสายสัญญาณ ขั้นที่สองให้ค้นหาสองโหนดใด ๆ ที่อยู่ห่างกันมากที่สุด โดยการคำนวณความยาวสาย และจำนวนฮับที่อยู่ระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่องนี้ แล้วคูณด้วยความยาวสายกับค่าหน่วยเวลาของสายประเภทนั้น บวกกับค่าหน่วยเวลาของอุปกรณ์เครือข่ายที่อยู่ระหว่างสองโหนดดังกล่าว ผลที่จะได้เป็นค่าหน่วยเวลาของเครือข่าย ข้อควรจำอีกอย่างหนึ่งคือ ค่าหน่วยเวลาของสวิตช์และเราเตอร์จะไม่เอามารวมเข้าไปด้วย การที่เครือข่ายมีค่าหน่วยเวลาเกินกว่าที่กำหนดไว้ก็จะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครือข่าย ส่วนใหญ่แล้วจะไม่ทำให้ระบบเครือข่ายล่มในทันที แต่จะเกิดปัญหาตอนที่มีการใช้เครือข่ายมาก ๆ ซึ่งอัตราการเกิดข้อผิดพลาดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนบางครั้งทำให้ระบบเครือข่ายใช้การไม่ได้ในที่สุด

8.3.2 ชั้นฟิสิกัล

ชั้นฟิสิกัลถูกแบ่งออกเป็นชั้นย่อย ๆ เหมือนกับการแยกชั้นดาต้าลิงก์ออกเป็นหลาย ๆ ชั้นย่อย จุดประสงค์ของการแบ่งชั้นฟิสิกัลออกเป็นโมดูลย่อยนี้ เพื่อให้สามารถปรับเข้ากับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่อาจมีการคิดค้นขึ้น ถ้าไม่ทำเช่นนี้แล้ว หากมีการใช้สายสัญญาณประเภทใหม่ อาจต้องพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงการทำงานของชั้นฟิสิกัลใหม่ทั้งหมด การแบ่งเป็นโมดูล ถ้าหากต้องการใช้สายสัญญาณประเภทใหม่ สามารถทำได้เพียงแค่พัฒนาโปรโตคอลในส่วนที่ใช้กับ

สายสัญญาณใหม่นี้เท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนส่วนที่เหลือของชั้นฟิสิกัล ซึ่งยังคงใช้งานได้เหมือนเดิม ส่วนประกอบชั้นฟิสิกัลของไอทริฟเฟิลอี 802.3 แสดงในรูปที่ 8.4 และมีรายละเอียดดังนี้

แบบจำลองไอเอสไอ	ไอทริฟเฟิลอี 802.3 อีเทอร์เน็ต
ชั้นฟิสิกัล	PLS
	AUI
	PMA
	MDI

รูปที่ 8.4 ชั้นฟิสิกัลของแบบจำลองไอเอสไอกับชั้นย่อยของอีเทอร์เน็ต

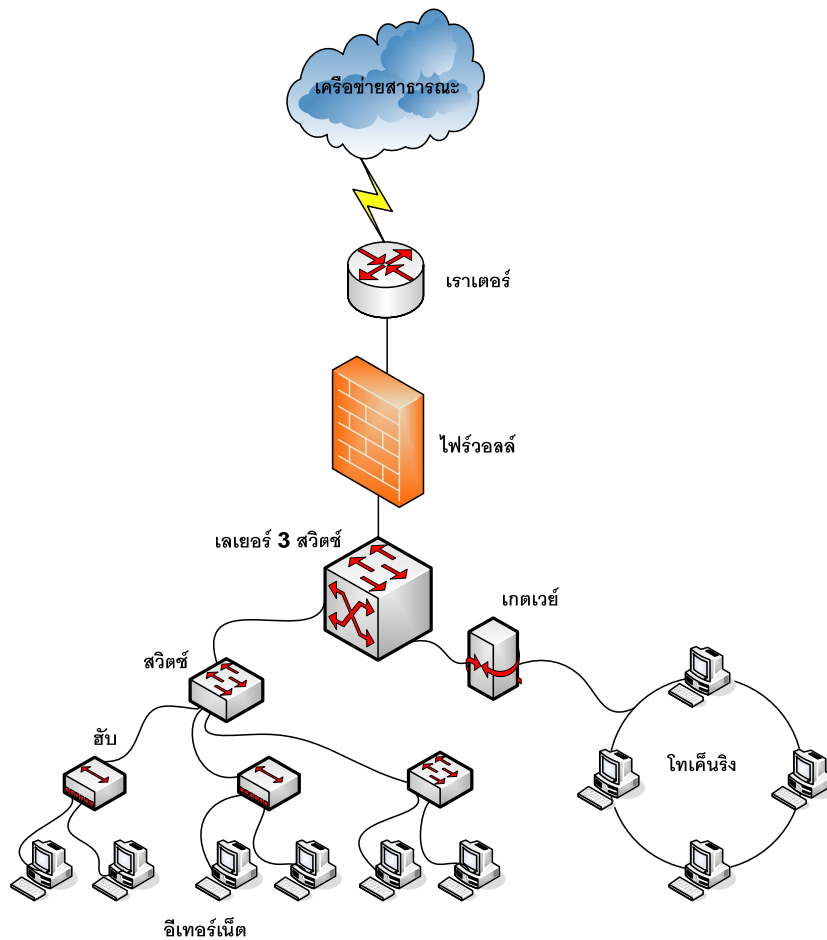
ชั้นย่อยของชั้นฟิสิกัลของไอทริฟเฟิลอี มีดังนี้คือชั้นพีแอลเอส (Physical Signaling Sub layer: PLS) ชั้นเอยูไอ (Attachment Unit Interface: AUI) ชั้นพีเอ็มเอ (Physical Medium Attachment: PMA) และชั้นเอ็มดีไอ (Medium Dependent Interface: MDI) เมื่อชั้นย่อยต่าง ๆ เหล่านี้ทำงานร่วมกันแล้วจะทำให้การรับส่งข้อมูลระหว่างสองสถานีใด ๆ ในเครือข่ายเกิดขึ้นได้ ซึ่งข้อกำหนดต่าง ๆ ประกอบด้วยประเภทของสายสัญญาณ รวมถึงคุณภาพขั้นต่ำสุดของสายสัญญาณ ประเภทของหัวเชื่อมต่อ การกำหนดการใช้งานของสายสัญญาณแต่ละเส้น (เฉพาะสายคู่เกลียวบิดเท่านั้น) ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ส่งสัญญาณหรือความยาวคลื่นแสงที่ใช้ส่งสัญญาณในสายใยเส้นนำแสง สัญญาณนาฬิกา และทรานซีฟเวอร์

พีแอลเอสเป็นชั้นที่ประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ดีทีอีที่ใช้ในอีเทอร์เน็ต 10 Base-T ซึ่งเป็นชั้นที่กำหนดระบบการส่งสัญญาณ รวมถึงการเชื่อมต่อกับสายสัญญาณ ชั้นย่อยเอยูไอทำหน้าที่กำหนดสายสัญญาณที่ใช้ ส่วนชั้นพีเอ็มเอจะทำหน้าที่กำหนดกระบวนการรับส่งสัญญาณ และข้อกำหนดของทรานซีฟเวอร์ ส่วนเอ็มดีไอเป็นชั้นที่เห็นได้ชัดที่สุดของชั้นฟิสิกัล เป็นชั้นที่กำหนดกลไกกระบวนการต่าง ๆ ที่จำเป็นในการรับส่งสัญญาณผ่านสายสัญญาณประเภทต่าง ๆ ชั้นนี้จะไม่กำหนดคุณสมบัติสายสัญญาณโดยตรง แต่จะกำหนดคุณภาพต่ำสุดที่สายสัญญาณประเภทนั้นควรมี

การทำงานของชั้นเอมยูไอ พีเอ็มเอ และ เอ็มดีไอ ส่วนใหญ่จะรวมอยู่ในอุปกรณ์ที่เรียกว่าเอ็มเอยู (Medium Attachment Unit: MAU) โดยรวมแล้วจะเรียกอุปกรณ์ชิ้นนี้ว่าแผ่นวงจรประสานเครือข่าย

8.4 อุปกรณ์ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบเครือข่ายทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับการรับส่งข้อมูลในเครือข่ายหรือใช้สำหรับทวนสัญญาณ เพื่อให้การส่งข้อมูลได้ในระยะที่ไกลขึ้น หรือใช้สำหรับขยายเครือข่ายให้มีขนาดใหญ่ขึ้น อุปกรณ์เครือข่ายที่พบเห็นโดยทั่วไป เช่น ฮับ สวิตช์ เราเตอร์ ไฟร์วอลล์ และเกตเวย์ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 8.5



รูปที่ 8.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ในอินเทอร์เน็ต

8.4.1 ฮับ

ฮับ (hub) หรืออุปกรณ์ทวนสัญญาณคืออุปกรณ์ใช้สำหรับการเชื่อมต่อกลุ่มของคอมพิวเตอร์ มีหน้าที่รับส่งเฟรมข้อมูลทุกเฟรมที่ได้จากพอร์ตใดพอร์ตหนึ่งไปยังทุก ๆ พอร์ตที่เหลือ คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อเข้ากับฮับ จะใช้แบนด์วิธร่วมกัน ฉะนั้นหากมีคอมพิวเตอร์จำนวนมากเชื่อมต่อเข้ากับฮับ จะทำให้แบนด์วิธต่อคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องลดลง ในท้องตลาดปัจจุบันมีฮับหลายชนิดจากหลายบริษัท ข้อแตกต่างระหว่างฮับเหล่านี้ก็เป็นจำนวนพอร์ต สายสัญญาณที่ใช้ ประเภทของเครือข่าย และ อัตราข้อมูลที่ฮับรองรับได้ รูปที่ 8.6 เป็นอีเทอร์เน็ตฮับแบบ 10/100 เมกะบิตต่อวินาที หมายความว่า เป็นฮับที่รองรับการส่งข้อมูลได้ทั้งความเร็วที่ 10 เมกะบิตต่อวินาที และ 100 เมกะบิตต่อวินาที



รูปที่ 8.6 อีเทอร์เน็ตฮับ

การที่อุปกรณ์เครือข่ายอีเทอร์เน็ตสามารถทำงานได้ที่ความเร็ว 2 ระดับ เช่น 10/100 เมกะบิตต่อวินาทีนั้นก็เนื่องจากอุปกรณ์เครื่องนั้นมีฟังก์ชันที่สามารถเช็คได้ว่าอุปกรณ์หรือคอมพิวเตอร์ที่มาเชื่อมต่อกับมันนั้นสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็วสูงสุดเท่าใด และอุปกรณ์นั้นจะเลือกอัตราข้อมูลสูงสุดที่รองรับทั้งสองรูปแบบนี้จะเรียกว่าการเจรจาอัตโนมัติ (auto negotiation) ส่วนใหญ่ฮับหรือสวิตช์ที่ผลิตในปัจจุบันจะทำหน้าที่นี้อยู่แล้ว เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อเครือข่ายอีเทอร์เน็ตที่ความเร็วต่างกันได้ ถ้ามีอุปกรณ์เครือข่ายหรือเครื่องคอมพิวเตอร์หลาย ๆ เครื่องเชื่อมต่อเข้ากับฮับ ฮับก็จะเลือกอัตราความเร็วต่ำสุด แต่ละโหนดสามารถรับส่งข้อมูลได้ในอัตราข้อมูลที่ต่างกัน ฮับก็จะเลือกอัตราการส่งข้อมูลที่อัตราความเร็วต่ำสุด เนื่องจากคอมพิวเตอร์เหล่านี้จัดอยู่ในคอลลิชันโดเมนเดียวกัน ตัวอย่างเช่น ถ้าแผ่นวงจรประสานเครือข่ายของคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งสามารถรับข้อมูลได้ที่ 10 เมกะบิตต่อวินาที ส่วนแผ่นวงจรประสานเครือข่ายของคอมพิวเตอร์ที่เหลือสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ 10/100 เมกะบิตต่อวินาที แล้ว

คอมพิวเตอร์เหล่านี้เชื่อมต่อเข้ากับฮับเดียวกัน ที่รองรับอัตราความเร็วคงที่ 10/100 เมกะบิตต่อวินาที เครือข่ายนี้ก็จะทำงานที่ความเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาทีเท่านั้น แต่ถ้าเป็นสวิตช์อัตราความเร็วจะขึ้นอยู่กับความเร็วของเครื่องคอมพิวเตอร์ เนื่องจากสวิตช์ทำหน้าที่จะแยกคอลลิชัน-โดเมนป้องกันการบรอดคาสต์

8.4.2 สวิตช์

สวิตช์ (switch) คืออุปกรณ์เครือข่ายที่ทำหน้าที่ในชั้นที่ 2 ในช่วงแรกนั้นจะเรียกว่าบริดจ์ (bridge) เหตุที่เรียกว่าบริดจ์ในช่วงแรกนั้นเพราะส่วนใหญ่บริดจ์จะมีแค่สองพอร์ตและใช้สำหรับแยกคอลลิชันโดเมน ปัจจุบันที่เรียกสวิตช์เพราะหมายถึงบริดจ์ที่มีมากกว่าสองพอร์ตนั่นเอง สวิตช์จะฉลาดกว่าฮับคือ สวิตช์สามารถส่งข้อมูลที่รับมาจากพอร์ตหนึ่งไปยังเฉพาะพอร์ตที่เป็นปลายทางเท่านั้น ทำให้คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับพอร์ตที่เหลือสามารถส่งข้อมูลถึงกันและกันได้ในเวลาเดียวกัน การทำเช่นนี้ทำให้อัตราการรับส่งข้อมูลหรือแบนด์วิธไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อเข้ากับสวิตช์ คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องจะมีแบนด์วิธเท่ากับแบนด์วิธของสวิตช์ เนื่องจากคุณสมบัตินี้เครือข่ายที่ติดตั้งใหม่ในปัจจุบันส่วนใหญ่จะนิยมใช้สวิตช์มากกว่าฮับ เพราะจะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการชนกันของข้อมูลในเครือข่าย รูปที่ 8.7 เป็นสวิตช์แบบ 10/100 เมกะบิตต่อวินาที



รูปที่ 8.7 สวิตช์

8.4.3 เลเยอร์ 3 สวิตช์

เลเยอร์ 3 สวิตช์แตกต่างจากสวิตช์โดยทั่ว ๆ ไปที่ทำงานในชั้นที่ 2 ของโอเอสไอ เนื่องจากสามารถทำงานได้ถึงชั้น 3 คือชั้นเน็ตเวิร์ก เดิมทีอุปกรณ์เครือข่ายที่ทำงานในชั้นนี้โดยตรงคือเราเตอร์ เลเยอร์ 3 สวิตช์เป็นอุปกรณ์เครือข่ายที่ทำหน้าที่ทั้งในชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3

สำหรับข้อแตกต่างระหว่าง เลเยอร์ 3 สวิตช์และเราเตอร์คือ สวิตช์นั้นจะผลิตโดยใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่าเอสิค (Application Specific Integrated Circuit: ASIC) ซึ่งเป็นวงจรรวมที่สร้างสำหรับทำสวิตช์โดยเฉพาะ ส่วนเราเตอร์นั้นโดยทั่วไปจะสร้างมาจากโปรเซสเซอร์ทั่วไปและมีซอฟต์แวร์ที่ควบคุมการทำงานอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นการทำงานของสวิตช์ก็จะเร็วกว่าเราเตอร์มาก ตัวอย่างของเลเยอร์ 3 สวิตช์ แสดงในรูปที่ 8.8



รูปที่ 8.8 เลเยอร์ 3 สวิตช์

8.4.4 เราเตอร์

เราเตอร์ (router) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่หาเส้นทาง โดยจะทำการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด เพื่อทำการส่งแพ็กเก็ตไปยังปลายทางอย่างถูกต้องและเหมาะสม รวมถึงสามารถทำการเปลี่ยนเส้นทางในกรณีที่เส้นทางเดิมขัดข้อง เราเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานถึงชั้นที่ 3 ของแบบจำลองไอเอสไอ นอกจากนี้เราเตอร์ยังทำหน้าที่เชื่อมเครือข่ายหลาย ๆ เครือข่ายเข้าด้วยกันได้ ตัวอย่างของเราเตอร์ แสดงในรูปที่ 8.9



รูปที่ 8.9 เราเตอร์

8.4.5 ไฟร์วอลล์

ไฟร์วอลล์ (firewall) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่กรองข้อมูล ป้องกันการบุกรุกเข้ามาในเครือข่าย โดยจะให้ผ่านเฉพาะผู้ที่มีสิทธิเท่านั้น ไฟร์วอลล์สามารถตรวจสอบและติดตามแพ็กเก็ตที่เข้าและออกจากระบบเครือข่ายได้ นั่นหมายถึงสามารถป้องกันการเข้ามาโจมตีจากผู้ประสงค์ร้ายจากภายนอก โดยการกรองแพ็กเก็ตที่เข้ามา และป้องกันแพ็กเก็ตภายในไม่ให้เชื่อมโยงออกสู่เครือข่ายภายนอก ไปยังที่ไม่ต้องการได้เช่นกัน ตัวอย่างของไฟร์วอลล์ ดังรูปที่ 8.10



รูปที่ 8.10 ไฟร์วอลล์

8.4.6 เกตเวย์

เกตเวย์ (gateway) เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าช่วยทำให้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ 2 เครือข่าย หรือมากกว่าที่มีลักษณะของการเชื่อมต่อของเครือข่ายต่างกัน หรือมีโปรโตคอลสำหรับการรับส่งข้อมูลต่างกัน เช่น เครือข่ายท้องถิ่นหนึ่งเป็นแบบอินเทอร์เน็ต ส่วนเครือข่ายอีกวงหนึ่งเป็นแบบโทเค็นริง ให้สามารถติดต่อกันได้เสมือนเป็นเครือข่ายเดียวกัน เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานถึงชั้นที่ 7 ของแบบจำลองไอเอสไอ เกตเวย์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ เกตเวย์แบบอะซิงโครนัส ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนรูปแบบข้อมูลของเครือข่ายท้องถิ่นให้เป็นแบบอะซิงโครนัส ก่อนส่งออกไปสู่สายสื่อสารเพื่อติดต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ ภายนอกเครือข่าย และทำหน้าที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์อะซิงโครนัส เช่น โมเด็มแบบอะซิงโครนัส เพื่อเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลมาเป็นแบบที่ใช้ภายในเครือข่ายท้องถิ่น ประเภทที่ 2 คือ เกตเวย์แบบซิงโครนัส ซึ่งทำหน้าที่ในการช่วยให้ผู้ใช้ภายในเครือข่ายท้องถิ่น สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์เมนเฟรมภายนอกเครือข่ายโดยผ่านทางโมเด็มแบบซิงโครนัส หรืออาจจะต่อเข้า

โดยตรง หรือผ่านระบบสื่อสารอื่น ๆ เกตเวย์แบบซิงโครนัสที่รู้จักกันดี ได้แก่ เกตเวย์เอสเอ็นเอ (System Network Architecture: SNA) และเกตเวย์อาร์เจอี (Remote Job Entry: RJE) ตัวอย่างของเกตเวย์แสดง ดังรูปที่ 8.11



รูปที่ 8.11 เกตเวย์

8.4.7 คอนเวอร์เตอร์

คอนเวอร์เตอร์ (converter) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ ที่กำหนดขึ้น ด้วยโปรโตคอลหรือมาจากสื่อกลางการส่งแบบหนึ่งไปเป็นสัญญาณที่ใช้ในโปรโตคอลหรือสื่อกลาง การส่งอีกแบบหนึ่ง นอกจากนี้ยังทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์สัญญาณ และสามารถใช้คอนเวอร์เตอร์ เปลี่ยนแปลงรูปแบบการส่งข้อมูลระหว่างข้อมูลแบบอะซิงโครนัสและแบบซิงโครนัสได้อีกด้วย ตัวอย่างเช่น ต้องการเชื่อมต่อฮับแบบ 10/100 เมกะบิตต่อวินาที เข้ากับสายใยแก้วนำแสง ถ้าไม่มี พอร์ตเชื่อมต่อต้องใช้ คอนเวอร์เตอร์เป็นตัวกลางการเชื่อมต่อ ในทางระบบการสื่อสารสามารถระบุ การเปลี่ยนสัญญาณตามรูปแบบ เช่นเปลี่ยนจากสื่อกลางการส่งชนิดหนึ่ง ไปเป็นอีกชนิดหนึ่งจะ เรียกว่ามีเดียคอนเวอร์เตอร์ (media converter) ลักษณะของคอนเวอร์เตอร์ ดังรูปที่ 8.12



รูปที่ 8.12 คอนเวอร์เตอร์

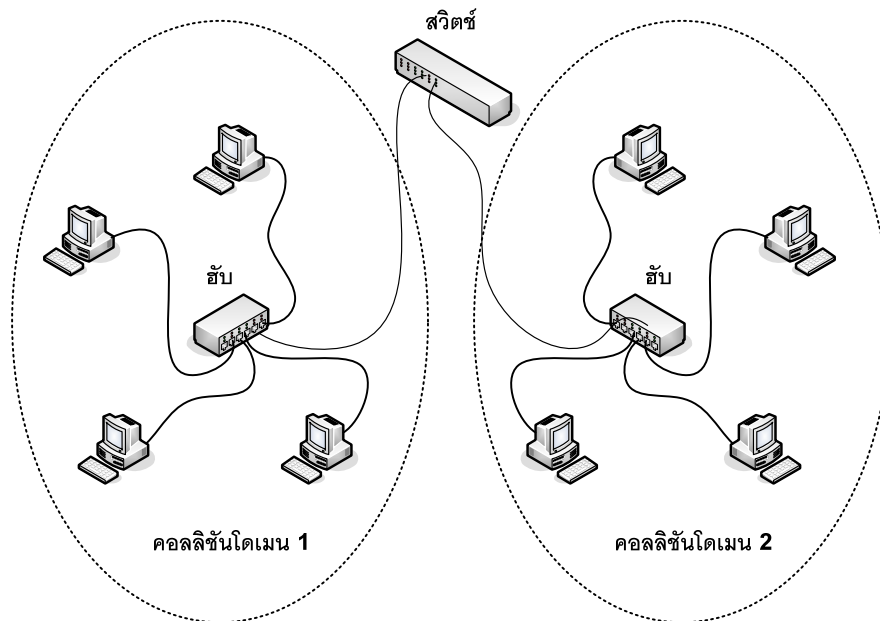
8.5 คอลลิชันโดเมน

คอลลิชันโดเมน (collision domain) หมายถึงส่วนของเครือข่ายที่ใช้ช่องสัญญาณร่วมกันในการรับส่งข้อมูล ส่วนของเครือข่ายนี้อาจประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ สายสัญญาณ และอุปกรณ์ทวนสัญญาณหรือฮับ เป็นต้น ในคอลลิชันโดเมนเดียวกัน ถ้ามีการส่งข้อมูลอย่างน้อยสองโหนดในเวลาเดียวกันก็จะเกิดการชนกันของข้อมูลขึ้น ส่วนคำว่าเซ็กเมนต์ (segment) จะหมายถึงส่วนของเครือข่ายที่เชื่อมต่อกันโดยใช้สายสัญญาณเดียวกัน เช่น กลุ่มของคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกันด้วยสายเคเบิลหุ้มฉนวน ซึ่งเซ็กเมนต์นั้นจะไม่รวมเอาอุปกรณ์ทวนสัญญาณเข้าไปด้วย ในคอลลิชันโดเมนหนึ่ง อาจประกอบด้วยหลายเซ็กเมนต์ที่เชื่อมต่อกันด้วยอุปกรณ์ทวนสัญญาณก็ได้

ฮับเป็นอุปกรณ์ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ทำงานในระดับชั้นฟิสิคัล ซึ่งหน้าที่หลักก็คือทวนสัญญาณที่ได้รับจากพอร์ตหนึ่งไปยังพอร์ตที่เหลือ ส่วนสวิตช์นั้นจะทำงานในชั้นดาต้าลิงก์ ซึ่งจะตรวจสอบตำแหน่งที่อยู่แมคที่อยู่ชั้นที่ 2 ก่อนที่จะส่งสัญญาณไปยังพอร์ตปลายทาง รูปที่ 8.13 แสดงการแยกคอลลิชันโดเมนออกจากกันโดยใช้สวิตช์ จากภาพเครือข่ายจะถูกแบ่งออกเป็น 2 คอลลิชันโดเมน เนื่องจากสวิตช์จะไม่ส่งต่อสัญญาณจากเซ็กเมนต์หนึ่งข้ามไปยังอีกเซ็กเมนต์หนึ่ง สวิตช์อาจมีหลายพอร์ต เมื่อสวิตช์ได้รับเฟรมข้อมูลจากพอร์ตหนึ่งก็จะส่งเฟรมออกไปยังพอร์ตหนึ่งเท่านั้นจึงลดการ broadcast ในเครือข่าย

เมื่อใช้สวิตช์ในการเชื่อมต่อแต่ละส่วนของเครือข่าย แต่ละส่วนของเครือข่ายที่เชื่อมต่อกับกับพอร์ตของสวิตช์ก็จะมีส่วนคอลลิชันโดเมนของตัวเอง ดังนั้นเมื่อใดก็ตามที่มีการใช้สวิตช์ก็ จะไม่มีการชนกันของข้อมูลเกิดขึ้น ส่วนใหญ่สวิตช์จะมีราคาแพงมากกว่าฮับ ปัจจุบันนิยมใช้สวิตช์มากกว่าเพราะราคาถูกลง ข้อดีของสวิตช์อีกอย่างหนึ่งคือ ไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับการชนกันของข้อมูล อีกทั้งมีให้เลือกตามการใช้งานได้หลายประเภท ทั้งประเภทที่กำหนดโครงสร้างไม่ได้ทำงานเหมือนอุปกรณ์กระจายสัญญาณธรรมดา ประเภทกำหนดโครงสร้างได้สามารถตั้งค่าของพอร์ตเพื่อแบ่งคอลลิชันโดเมนได้หลายคอลลิชันภายใต้สวิตช์ตัวเดียว หรือประเภทต้องการความเร็วในการกระจายสัญญาณโดยตรวจสอบความถูกต้องเฉพาะข้อมูลไม่ครบทั้งเฟรม เรียกว่าสวิตช์ตัด

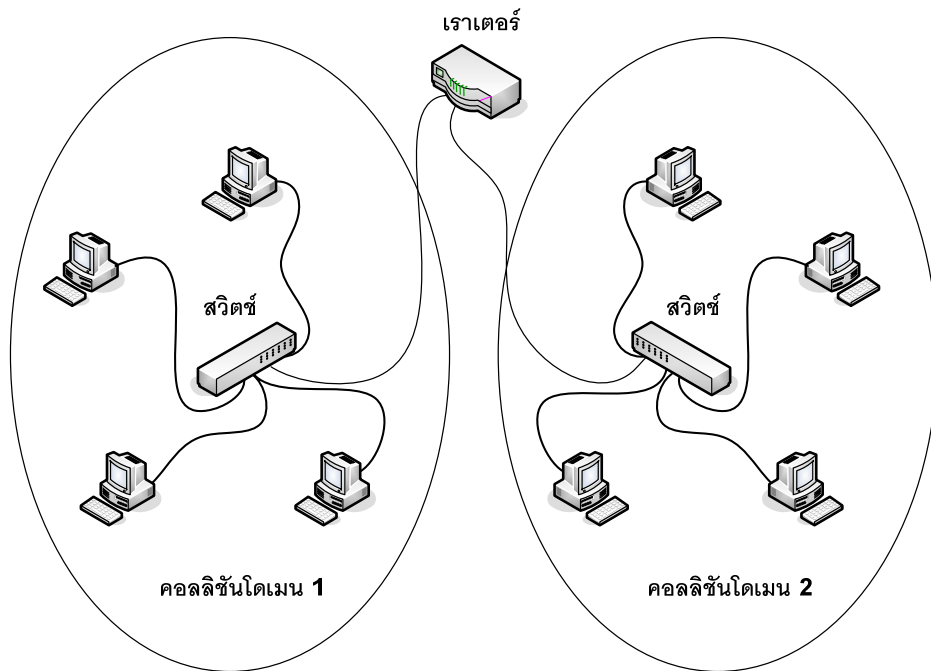
ผ่าน (cut through switch) เหมาะกับเครือข่ายที่ใช้โปรแกรมหลายสื่อ นอกจากนี้ยังมีสวิตช์แกนหลักของเครือข่าย (modular switch) เป็นสวิตช์ที่มีแบนด์วิธสูงมาก และสามารถเชื่อมต่อได้กับสื่อหลายประเภท



รูปที่ 8.13 คอลลิชันโดเมน

8.6 บรอดคาสต์โดเมน

บรอดคาสต์โดเมน (broadcast domain) หมายถึง ทุกโหนดที่วางอยู่ในเครือข่ายต้องถึงวงเดียวกัน ดังนั้นเฟรมข้อมูลที่ส่งไปยังบรอดคาสต์โดเมนทุก ๆ โหนดที่เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายก็จะได้เฟรมนั้น สวิตช์ถูกออกแบบมาสำหรับเชื่อมต่อหลาย ๆ คอลลิชันโดเมนเป็นเครือข่ายต้องถึงวงเดียวกัน ดังนั้นสวิตช์จะทำการฟลัด (flood) หรือส่งเฟรมข้อมูลแบบบรอดคาสต์ไปยังทุก ๆ พอร์ตของสวิตช์ ยกเว้นพอร์ตที่รับเฟรมข้อมูลนั้นมา ด้วยวิธีเฟรมแบบบรอดคาสต์สามารถส่งไปยังทุก ๆ โหนดในเครือข่าย ดังนั้นบางครั้งสวิตช์ก็จะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทวนสัญญาณเหมือนกัน การทำบรอดคาสต์โดเมนสามารถใช้อุปกรณ์เราเตอร์ ซึ่งทำงานในชั้นที่ 3 ของแบบจำลองโอเอสไอได้ ดังรูปที่ 8.14 แสดงการเชื่อมต่อบรอดคาสต์โดเมนด้วยเราเตอร์



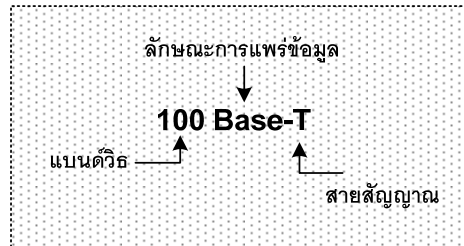
รูปที่ 8.14 บรอดคาสต์โดเมน

การส่งเฟรมข้อมูลแบบมัลติคาสต์หรือบรอดคาสต์นั้นมียุทธวิธีอยู่หลายประการ บางโปรโตคอลในชั้นเหนือกว่าใช้การส่งข้อมูลแบบบรอดคาสต์เพื่อสำหรับการค้นหาที่อยู่ในชั้นนั้น เช่น โปรโตคอลดีเอ็นซี (Dynamic Host Configuration Protocol: DHCP) จะใช้การส่งข้อมูลแบบบรอดคาสต์เมื่อคอมพิวเตอร์ถูกเปิดเพื่อใช้งานครั้งแรก ทั้งนี้เพื่อค้นหาแม่ข่ายบริการที่แจกจ่ายหมายเลข ไอพีและค่าโครงสร้างอื่น ๆ ส่วนมัลติคาสต์นั้นอาจถูกใช้โดยโปรแกรมสื่อหลายแบบบางชนิดเพื่อส่งวิดีโอทัศน์และเสียงไปยังกลุ่มของโหนดที่รองรับเฟรมนั้นอยู่ หรือเกมที่เล่นผ่านเครือข่ายก็ใช้การสื่อสารระหว่างผู้เล่นโดยการส่งเฟรมแบบมัลติคาสต์

เครือข่ายทุกเครือข่ายจะมีการส่งข้อมูลแบบบรอดคาสต์เสมอ โดยทั่วไปแล้วสวิตช์ส่งต่อเฟรมแบบบรอดคาสต์ไปยังทุก ๆ โหนดในเครือข่าย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องจำกัดจำนวนสวิตช์ที่ใช้ในเครือข่าย เพราะถ้ามีการบรอดคาสต์ข้อมูลมากเกินไป อาจทำให้เครือข่ายช้า สามารถลดการบรอดคาสต์ในเครือข่ายได้โดยใช้อุปกรณ์ เลเยอร์ 3 สวิตช์ หรือเราเตอร์ เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้จะไม่ส่งต่อเฟรมข้อมูลแบบบรอดคาสต์ออกไปยังเครือข่าย

8.7 การเรียกชื่ออีเทอร์เน็ต

สถาบันไอทีริฟเฟิลอี ได้กำหนดการเรียกชื่ออีเทอร์เน็ตประเภทต่าง ๆ ไว้เพื่อให้ง่ายต่อการอ้างอิงถึงมาตรฐานโดยมีหลักการในการเรียกชื่อมาตรฐานดังแสดงในรูปที่ 8.15



รูปที่ 8.15 การเรียกชื่ออีเทอร์เน็ต

จากรูปที่ 8.15 มี 3 ส่วนที่บ่งบอกลักษณะของมาตรฐาน ส่วนแรกจะเป็นตัวเลขที่บอกแบนด์วิธของเครือข่าย ซึ่งเลขที่เป็นไปได้คือ 10,100,1000 และ 10G ซึ่งหมายถึงแบนด์วิธ สิบบร้อย พันเมกะบิตต่อวินาที และสิบกิกะบิตต่อวินาทีตามลำดับ อีเทอร์เน็ตที่มีแบนด์วิธ 100 เมกะบิตต่อวินาที จะมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าอีเทอร์เน็ตความเร็วสูง หรือฟาสต์อีเทอร์เน็ต (fast ethernet) ส่วนอีเทอร์เน็ตที่มีความเร็ว 1,000 เมกะบิตต่อวินาทีจะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า กิกะบิตอีเทอร์เน็ต คำว่ากิกะ(giga) แปลว่าพันล้าน ส่วน 10 GbE หมายถึง 10 กิกะบิตอีเทอร์เน็ตจะเรียกว่าเท็นกิกะบิตอีเทอร์เน็ต

ส่วนที่สองคือ ส่วนที่บอกลักษณะการแพร่ข้อมูลบนเครือข่าย โดย Base เป็นชื่อย่อของเบสแบนด์ หมายถึงรูปแบบของสัญญาณที่แพร่ในเครือข่ายสัญญาณที่ใช้จะเป็นสัญญาณดิจิทัล ตรงข้ามกับบรอดแบนด์ ซึ่งช่องสัญญาณที่จะใช้กว้างกว่าแบบเบสแบนด์ และรูปแบบการแพร่ของสัญญาณในเครือข่ายเป็นสัญญาณแอนะล็อก โดยเป็นการส่งแบบแบ่งช่องสัญญาณ ออกเป็นช่องสัญญาณย่อยแล้วส่งข้อมูลแต่ละช่องได้ การส่งข้อมูลแบบบรอดแบนด์จะส่งข้อมูลได้มากกว่า แต่เครื่องที่รับส่งจะซับซ้อนและยากต่อการผลิตมากกว่า เครื่องที่ใช้กับเบสแบนด์ ดังนั้นมาตรฐานอีเทอร์เน็ตโดยส่วนใหญ่จะเป็นแบบเบสแบนด์ อย่างไรก็ตามในอนาคตอาจมีการพัฒนามาตรฐานอีเทอร์เน็ตที่เป็นแบบบรอดแบนด์ก็เป็นได้

ส่วนสุดท้ายจะเป็นส่วนที่บอกถึงประเภทของสายสัญญาณที่ใช้ เช่น Tx เป็นตัวย่อของ Twisted Pair หมายความว่า เครือข่ายประเภทนั้น จะใช้สัญญาณแบบสายคู่เกลียวบิด ส่วน Fx เป็นตัวย่อของ Fiber Optic ซึ่งก็คือสายใยเส้นนำแสงนั่นเอง ในส่วนสุดท้ายนี้จะมีกรณีพิเศษอยู่ 2 ข้อคือ ถ้าเป็นตัวเลขเช่น 5 จะเป็นอีเทอร์เน็ตที่ใช้สายเคเบิลหุ้มฉนวนแบบหนา ซึ่งเลข 5 นี้มาจากการที่สายสัญญาณประเภทนี้สามารถรับส่งข้อมูลได้ไกลสุด 500 เมตร ส่วนเลข 2 จะหมายถึงอีเทอร์เน็ตที่ใช้สายเคเบิลหุ้มฉนวนแบบบาง ซึ่งเลข 2 มาจากสายสัญญาณประเภทนี้สามารถรับส่งข้อมูลได้ไกลสุด 185 เมตร แต่เพื่อความสะดวกในการเรียกชื่อ จึงมีการปัดตัวเลขนี้ขึ้นเป็น 200 เมตร และเป็นที่น่าสนใจกว่าระยะทางสูงสุดจริงคือ 185 เมตร

8.8 เครือข่ายอีเทอร์เน็ต

ในช่วงแรกที่มีการพัฒนา เทคโนโลยีอีเทอร์เน็ตทำงานที่ความเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาที เท่านั้น ซึ่งก็ถือว่าเป็นแบนด์วิธที่สูงในขณะนั้น อีเทอร์เน็ตจะแบ่งตามประเภทของสายสัญญาณที่ใช้ ซึ่งมีอยู่ 3 ประเภทคือ สายเคเบิลหุ้มฉนวน สายคู่บิดเกลียว และสายใยเส้นนำแสง ตารางที่ 8.3 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานประเภทต่าง ๆ ของเครือข่ายอีเทอร์เน็ตที่ความเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาที

ตารางที่ 8.3 มาตรฐานไอทีพีเฟลอี 802.3 ประเภทต่าง ๆ

คุณลักษณะ	10 Base5	10 Base2	10BaseFOIRL	10 Broad36	10 BaseT	10 BaseFP
แบนด์วิธ	10 Mbps	10 Mbps	10 Mbps	10 Mbps	10 Mbps	10 Mbps
ช่องสัญญาณ	เบสแบนด์	เบสแบนด์	เบสแบนด์	บรอดแบนด์	เบสแบนด์	เบสแบนด์
ความยาวสาย	500 m	185 m	5 km	3,600 m	100 m	500 m
สายสัญญาณ	เคเบิลหุ้มฉนวนหนา	เคเบิลหุ้มฉนวนบาง	ใยเส้นนำแสง มัลติโหมด	เคเบิลหุ้มฉนวน	คู่บิดเกลียว ประเภท 3	ใยเส้นนำแสง มัลติโหมด
โทโปโลยี	บัส	บัส	จุดต่อจุด	จุดต่อจุด	ดาว	จุดต่อจุด

ที่มา (Stallings, 1997, p.409)

ในการสร้างเครือข่ายจริง ๆ นั้นไม่จำเป็นต้องใช้สายสัญญาณประเภทเดียวกันทั้งเครือข่าย เพราะสายสัญญาณแต่ละประเภทเหมาะกับสภาพที่ต่างกันและมีข้อดีข้อเสียที่ต่างกัน การเลือกใช้สายสัญญาณหรือประเภทของอีเทอร์เน็ตความถี่ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมด้วยเครือข่ายอีเทอร์เน็ตทุกประเภทสามารถที่จะทำงานร่วมกันได้ ไม่ว่าจะอุปกรณ์หรือสายสัญญาณนั้นจะผลิตโดยบริษัทใดก็ตาม โดยทั่วไปแล้ว การเลือกใช้สายสัญญาณควรจะให้เหมาะกับลักษณะการใช้งาน ส่วนใหญ่จะแบ่งประเภทการใช้งานออกเป็น 3 ส่วนคือ การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยทั่ว ๆ ไป การเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่ายบริการ และการเชื่อมต่อระหว่างฮับหรือสวิตซ์ การเชื่อมต่อทั้งสามประเภทที่กล่าวมานี้ มีความต้องการเกี่ยวกับประสิทธิภาพที่ต่างกัน ตัวอย่างเช่น เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ทั่ว ๆ ไป ส่วนใหญ่จะใช้สายสัญญาณคอนข้างสั้น ทางเลือกที่ดีควรเป็น 10 Base-2, 10 Base-5 หรือ 10 Base-T แต่ส่วนใหญ่จะนิยม 10 Base-T ส่วน 10 Base-2 และ 10 Base-5 จัดว่าเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ได้รับความนิยม

การเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่ายจะมีลักษณะคล้ายกับการเชื่อมต่อกับเครื่องลูกข่ายทั่ว ๆ ไป จะมีข้อแตกต่างบ้างคือ อัตราข้อมูลที่ไหลเข้าออกจากเครื่องแม่ข่ายจะมีปริมาณที่มากกว่าเครื่องลูกข่ายทั่ว ๆ ไป สายที่เชื่อมต่อควรมีประสิทธิภาพดี ทางเลือกที่ดีคือ 10 Base-T หรือ 10 Base-FP

การเชื่อมต่อระหว่างฮับหรือสวิตซ์บางทีก็เรียกว่าแกนหลักของเครือข่าย เหมือนกับการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่ายบริการ อัตราข้อมูลที่ไหลผ่านแกนหลักของเครือข่ายนี้ค่อนข้างสูง และอีกอย่างระยะทางระหว่างฮับส่วนใหญ่ จะไกลกว่าการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยทั่วไป ดังนั้นสายสัญญาณที่ใช้ควรสามารถส่งข้อมูลได้ไกลพอ ทางเลือกที่ดีควรเป็น 10 Base-FP หรือ 10 Base-FOIRL บางสถานการณ์ 10 Base-5 ก็เหมาะสมเช่นกัน

อีเทอร์เน็ตแต่ละประเภทมีข้อดี ข้อเสียที่ต่างกัน ผู้ใช้ควรที่จะเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานมาตรฐานอีเทอร์เน็ตที่มีความเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาที มีรายละเอียดดังนี้

8.8.1 อีเทอร์เน็ต 10 Base-5

อีเทอร์เน็ต 10 Base-5 เป็นเครือข่ายที่ใช้สายเคเบิลหุ้มฉนวนแบบหนา ความยาวสูงสุดของสายสัญญาณที่ใช้คือ 500 เมตร ประสิทธิภาพในการส่งสัญญาณในสายเคเบิลหุ้มฉนวนจะขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางของสาย ดังนั้นสายสัญญาณประเภทนี้จึงนำสัญญาณได้ดีกว่าสายเคเบิลหุ้มฉนวนแบบบาง อุปกรณ์ต่อเชื่อมกับแผ่นวงจรประสานเครือข่ายคือตัวเชื่อมต่อเอชไอขนาด 15 เข็ม ผ่านสายและต่อไปยังทรานซีฟเวอร์อีกต่อหนึ่ง ปลายทั้งสองด้านต้องปิดด้วยอนุกรมเอ็นเทอร์มินเตอร์ 50 โอห์ม สายแบบนี้สามารถต่อพ่วงได้ถึง 100 สถานีต่อหนึ่งเซกเมนต์ โดยไม่มีการทวนสัญญาณ ระยะห่างระหว่างสถานีต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมตร และอนุญาตให้มีการทวนสัญญาณได้ 4 ครั้ง ทำให้ทั้งเซกเมนต์จะต่อพ่วงคอมพิวเตอร์ได้ไม่เกิน 1,024 เครื่อง ในทางปฏิบัติแล้วแต่ละเซกเมนต์จะมีคอมพิวเตอร์ประมาณไม่เกิน 100 เครื่อง เพราะถ้าเกินกว่านี้ จะทำให้เครือข่ายช้าได้

8.8.2 อีเทอร์เน็ต 10 Base-2

อีเทอร์เน็ต 10 Base-2 เป็นเครือข่ายที่ใช้สายเคเบิลหุ้มฉนวนแบบบาง เลข 10 บอกรวดเร็วสูงสุดในหน่วยเมกะบิตต่อวินาที ส่วน Base มาจากวิธีการส่งสัญญาณแบบเบสแบนด์ และสุดท้ายเลข 2 หมายถึง ระยะทางสูงสุดที่สายสัญญาณสามารถส่งได้ และบัดขึ้นในหลักร้อย แล้วหารด้วยร้อย 10 Base-2 จะใช้สายเคเบิลหุ้มฉนวนแบบบาง ที่มีความต้านทานที่ 50 โอห์ม และสามารถส่งข้อมูลได้ไกลสุด 185 เมตร ส่วนเลข 2 มาจากการที่บิดเลข 185 เป็น 200 แล้วหารด้วย 100 ที่ทำเช่นนี้ก็เพื่อให้ง่ายต่อการจำชื่อมากกว่าเหตุผลอื่น

10 Base2 สามารถขยายให้ยาวกว่า 185 เมตร โดยการใช้อุปกรณ์ทวนสัญญาณ เช่น ฮับ บริดจ์ และเราเตอร์ เป็นต้น การใช้บริดจ์หรือเราเตอร์เป็นการแบ่งอีเทอร์เน็ตออกเป็นเซกเมนต์ แต่ละเซกเมนต์สามารถต่อพ่วงสถานีได้ 30 สถานี แต่ละสถานีต้องมีระยะห่างไม่ต่ำกว่า 0.5 เมตร ที่ต้นทางและปลายทางต้องติดตั้งเทอร์มินเตอร์ 50 โอห์ม ไว้เพื่อใช้ในการดูดซับสัญญาณเสมอ สามารถมีอุปกรณ์ทวนสัญญาณสูงสุดไม่เกิน 4 อุปกรณ์

8.8.3 อีเทอร์เน็ต 10 Base-T

อีเทอร์เน็ต 10 Base-T เป็นเครือข่ายที่ใช้สายคู่บิดเกลียว โดยใช้ T แทนประเภทของสายสัญญาณ ซึ่งหมายถึงสายคู่บิดเกลียว มาตรฐาน 10 Base-T ไม่ได้กำหนดประเภทของสายสัญญาณที่ใช้โดยตรงตามที่เข้าใจ แต่จะกำหนดเทคนิคการรับส่งสัญญาณสายสัญญาณที่เส้นที่มีคุณภาพเท่ากับหรือดีกว่าสายคู่บิดเกลียวไม่มีเกราะ ประเภท 3 (category 3: cat 3) ซึ่งสายสัญญาณแต่ละเส้นจะตั้งชื่อตามหน้าที่และขั้วไฟฟ้า สายคู่หนึ่งใช้ในการส่งข้อมูล ซึ่งเส้นหนึ่งเป็นขั้วบวก ส่วนอีกเส้นหนึ่งเป็นขั้วลบ และสายอีกคู่หนึ่งใช้ในการรับสัญญาณ ซึ่งเส้นหนึ่งเป็นขั้วบวกและอีกเส้นหนึ่งเป็นขั้วลบ สายสี่เส้นนี้แบ่งเป็น T+ เป็นสายส่งและมีขั้วเป็นบวก T- เป็นสายส่งและมีขั้วเป็นลบ R+ เป็นสายรับและมีขั้วเป็นบวก และ R- เป็นสายรับและมีขั้วเป็นลบ ซึ่งตัว T มาจากคำว่า transmit หมายถึงการส่ง และตัว R มาจากคำว่า receive หมายถึงการรับ ทำให้สามารถรับส่งข้อมูลอิสระสามารถส่งผ่านข้อมูลแบบสองทางเต็มอัตราได้

มาตรฐาน 10 Base-T ได้กำหนดให้สายสัญญาณเชื่อมต่อกับเข็มที่ถูกระบุไว้แล้ว ฮับหรืออุปกรณ์ทวนสัญญาณได้ถูกกำหนดให้เข็มที่จะเชื่อมต่อแผงวงจรประสานเครือข่าย แต่มีข้อควรระวังอยู่บ้าง คืออุปกรณ์ฮับบางรุ่นอาจทำงานในภาวะการส่งผ่านข้อมูลแบบสองทางครึ่งอัตราได้อย่างเดียว ไม่เหมือนกับอุปกรณ์สวิตซ์ในปัจจุบันที่มีการเจรจาเพื่อปรับค่าอัตโนมัติคือส่งข้อมูลจากแผงวงจรประสานเครือข่ายแบบสองทางเต็มอัตราหรือสองทางครึ่งอัตราจะปรับตัวตาม การเชื่อมต่อสายสำหรับฮับหรืออุปกรณ์ดีซีอี อื่น ๆ กำหนดไว้ดังตารางที่ 8.4

ตารางที่ 8.4 แสดงหมายเลขเข็มและหน้าที่การเชื่อมต่ออุปกรณ์ดีซีอี

หมายเลขเข็ม	หน้าที่
1	R+
2	R-
3	T+
4	ไม่ใช้
5	ไม่ใช้
6	T-
7	ไม่ใช้
8	ไม่ใช้

สำหรับหมายเลขเข็มและหน้าที่ของแผ่นวงจรประสานเครือข่ายและอุปกรณ์ดีทีอีอื่น ๆ นั้น สายรับและสายส่งสัญญาณนั้นจะตรงกันข้ามกับของอุปกรณ์ดีทีอี ซึ่งแต่ละเส้นจะแสดงในตารางที่ 8.5

ตารางที่ 8.5 หมายเลขเข็มและหน้าที่การเชื่อมต่ออุปกรณ์ดีทีอี

หมายเลขเข็ม	หน้าที่
1	T+
2	T-
3	R+
4	ไม่ใช้
5	ไม่ใช้
6	R-
7	ไม่ใช้
8	ไม่ใช้

ในการเชื่อมต่อโดยทั่ว ๆ ไป อุปกรณ์ดีทีอีจะเชื่อมกับอุปกรณ์ดีทีอีหรือการเชื่อมต่อจากคอมพิวเตอร์ไปยังฮับหรือสวิตช์ จะเห็นได้ว่า การกำหนดเข็มของอุปกรณ์ทั้งสองจะทำให้คู่สายส่งสัญญาณ (T+, T-) ของอุปกรณ์หนึ่งตรงกับคู่สายรับสัญญาณ (R+, R-) ของอุปกรณ์อีกเครื่องหนึ่ง เพื่อให้เกิดการรับส่งสัญญาณที่ถูกต้อง สายสัญญาณที่เชื่อมต่อระหว่างสองอุปกรณ์นี้จึงเป็นแบบสายตรง หรือการเรียงลำดับสายทั้ง 8 เส้น จะเป็นแบบเดียวกันที่ปลายสองทั้งสองข้าง

ส่วนการเชื่อมต่อระหว่างฮับหรือสวิตช์ จะเป็นการเชื่อมต่อดีทีอีกับดีทีอีนั้น ถ้าหากใช้สายสัญญาณแบบต่อตรง การรับส่งข้อมูลก็จะเกิดปัญหา เพราะสายคู่ส่งจะตรงกับสายคู่ส่งของอีกอุปกรณ์หนึ่ง ดังนั้นการเชื่อมต่อแบบนี้ต้องใช้สายสัญญาณแบบไขว้ข้าม หมายถึงสายสัญญาณที่มีการสลับสายคู่ส่งและสายคู่รับที่ปลายสายด้านใดด้านหนึ่ง เพื่อให้คู่เข็มรับสัญญาณของอุปกรณ์เครื่องหนึ่งเชื่อมต่อกับคู่เข็มส่งสัญญาณของอุปกรณ์อีกเครื่องหนึ่ง สถานการณ์เดียวกันเกิดขึ้นเมื่อมีการเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ดีทีอีกับดีทีอี เช่น การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่องด้วยสายสัญญาณโดยไม่ผ่านฮับหรือสวิตช์ สายสัญญาณที่ใช้ต้องเป็นแบบไขว้ข้ามเช่นกัน

ในทางปฏิบัติมีมาตรฐานในการเข้าหัวสายคู่บิดเกลียวของอีไอเอ 568A เรียงตามลำดับดังต่อไปนี้ คู่ที่ 1 ขาวเขียว-เขียว คู่ที่ 2 ขาวส้ม-ฟ้า คู่ที่ 3 ขาวฟ้า-ส้ม และคู่ที่ 4 ขาวน้ำตาล-น้ำตาล การไขว้ข้ามให้ทำการสลับสายเส้นที่ 1 กับเส้นที่ 3 และสายเส้นที่ 2 กับเส้นที่ 6 ผลลัพธ์ของการไขว้ข้ามจากการเข้าหัวสายตามมาตรฐานอีไอเอ 568A คือคู่ที่ 1 ขาวส้ม-ส้ม คู่ที่ 2 ขาวเขียว-ฟ้า คู่ที่ 3 ขาวฟ้า-เขียว และคู่ที่ 4 ขาวน้ำตาล-น้ำตาล

8.8.4 อีเทอร์เน็ต 10Base-FOIRL

อีเทอร์เน็ต 10 Base-FOIRL (Fiber Optic Inter-Repaeater Link) ออกแบบมาสำหรับการเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุดระหว่างฮับหรืออุปกรณ์ทวนสัญญาณอีเทอร์เน็ตประเภทนี้จะคล้ายกับ 10 Base-FP ที่แตกต่างกันก็คือ สายสัญญาณที่ใช้เป็นสายใยเส้นนำแสงแบบซิงเกิลโหมดขนาด 8.3 ไมครอน และใช้แสงเลเซอร์จากไอแอลดี อีเทอร์เน็ตประเภทนี้ใช้สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างฮับกับฮับที่อยู่ห่างไกลกันเท่านั้น และไม่นิยมใช้กับการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เนื่องจากใช้สายใยเส้นนำแสงแบบซิงเกิลโหมดมีราคาค่อนข้างแพง

8.8.5 อีเทอร์เน็ต 10 Broad-36

อีเทอร์เน็ต 10 Broad-36 ออกแบบมาเพื่อให้สามารถส่งข้อมูลที่ 10 เมกะบิตต่อวินาที โดยใช้การส่งสัญญาณแบบบรอดแบนด์บนสายสัญญาณที่เป็นสายทองแดง การส่งสัญญาณแบบบรอดแบนด์สามารถส่งข้อมูลได้หลายช่องสัญญาณในสายสัญญาณเดียวกัน โดยการแบ่งแถบความถี่ที่กว้างออกเป็นช่องความถี่ย่อย แล้วแต่ละช่องสามารถรับส่งข้อมูลได้โดยไม่ขึ้นต่อกัน ตัวอย่างการรับส่งข้อมูลแบบบรอดแบนด์ เช่น เคเบิลทีวี โดยสัญญาณโทรทัศน์แต่ละช่องจะส่งไปบนสายเคเบิลเดียวกัน การเปลี่ยนช่องโทรทัศน์ก็คือ การปรับช่องความถี่ให้รับสัญญาณของช่องโทรทัศน์ที่ต้องการนั่นเอง

มาตรฐาน 10 Broad-36 ถูกออกแบบมาสำหรับการเชื่อมต่อที่ต้องการระยะทางมากกว่าแบนด์วิธเลข 36 หมายถึง 3,600 เมตร แต่การใช้งาน 10 Broad-36 จริง ๆ นั้นมีน้อยมาก เนื่องจากส่วนใหญ่จะนิยมใช้สายใยเส้นนำแสงสำหรับการเชื่อมต่อระยะไกล

8.8.6 อีเทอร์เน็ต 10 Base-F

อีเทอร์เน็ต 10 Base-F อักษร F ในที่นี้มาจาก Fiber Optic ซึ่งหมายถึงใช้สายใยเส้นนำแสงนั่นเอง 10 Base-F เป็นอีเทอร์เน็ตที่มีความเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาที ส่งสัญญาณแบบเบสแบนด์ และใช้สายใยเส้นนำแสงแบบมัลติโหมดขนาด 62.5/125 ไมครอน สายสัญญาณประเภทนี้ส่งสัญญาณได้ไกลสุด 2 กิโลเมตร การใช้งานจะเหมือนกับสายคู่เกลียวบิดคือ จะถูกต่อพ่วงไม่ได้เหมือนสายเคเบิลหุ้มฉนวน 10 Base-F เป็นมาตรฐานอีเทอร์เน็ตซึ่งตีพิมพ์ในปี ค.ศ.1993 โดยมาตรฐานนี้แบ่งย่อยเป็น 3 ประเภทคือ

8.8.6.1 อีเทอร์เน็ต 10 Base-FB สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างฮับที่มีพอร์ตเชื่อมต่อตรงไปยังฮับอีกเครื่องผ่านสายใยเส้นนำแสง เพื่อขยายระยะทางการเชื่อมต่อให้ไกลขึ้นสามารถไปได้ระยะทางถึง 2 กิโลเมตร โดยมากใช้เป็นแกนหลักของเครือข่าย

8.8.6.2 อีเทอร์เน็ต 10 Base-FP สำหรับฮับที่มีพอร์ตใยเส้นนำแสงเชื่อมไปยังเครื่องของผู้ใช้โดยตรง (passive) ในการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายกับฮับสูงสุดคือ 33 สถานี สามารถส่งไประยะทาง 500 เมตร

8.8.6.3 อีเทอร์เน็ต 10 Base-FL เป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาเพิ่มมาเพื่อให้เข้ากันได้กับระบบอีเทอร์เน็ตที่ใช้สายใยเส้นนำแสงดั้งเดิมคือ 10 Base-FOIRLใช้ในการเชื่อมโยงแบบจุดต่อจุด เป็นการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายกับลูกข่ายด้วยกัน หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายกับฮับ ได้ระยะทางสูงสุด 2 กิโลเมตร

เนื่องจากสายใยเส้นนำแสงและอุปกรณ์เครือข่ายแบบ 10 Base-FP มีราคาแพง ฉะนั้นจึงใช้เฉพาะกับการเชื่อมต่อที่สำคัญเท่านั้น เช่นการเชื่อมต่อระหว่างฮับที่ต้องการระยะห่างมาก ๆ หรือ การเชื่อมต่อระหว่างฮับหรือสวิตช์กับเครื่องแม่ข่ายเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือให้การเชื่อมต่อ เนื่องจากสายใยเส้นนำแสงจะมีประสิทธิภาพในการนำสัญญาณดีกว่าสายเคเบิลหุ้มฉนวนและสายคู่บิดเกลียวเพราะมีสัญญาณรบกวนน้อยกว่า

8.9 ฟาสต์อีเทอร์เน็ตหรืออีเทอร์เน็ตความเร็วสูง

ฟาสต์อีเทอร์เน็ตหรืออีเทอร์เน็ตความเร็วสูงถูกพัฒนาขึ้น เนื่องจากอีเทอร์เน็ตที่เป็นเทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่นที่ได้รับความนิยมมากที่สุด มนุษย์มีความต้องการในการใช้เครือข่ายเพิ่มขึ้น เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มีการพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ ความเร็วของหน่วยประมวลผลกลางเพิ่มขึ้นปีละประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ เครือข่ายที่ความเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาที จึงส่งผ่านข้อมูลได้ไม่สอดคล้องกับความเร็วของหน่วยประมวลผลกลาง ไอทริฟเฟิลอีได้พัฒนามาตรฐานอีเทอร์เน็ตแบบนี้ขึ้นมา ส่วนที่สำคัญมากที่สุดก็คือ การเพิ่มอัตราข้อมูลให้สูงกว่าเดิม 10 เท่าตัว ในสมัยนั้นเทคโนโลยีเอทีเอ็ม ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่นอีกประเภทหนึ่งที่เป็นคู่แข่งได้พัฒนาเสร็จก่อนอีเทอร์เน็ตความเร็วสูง แต่ผู้ใช้ทั่วไปยังลังเลที่จะเปลี่ยนไปใช้ เนื่องจากเอทีเอ็มเป็นเทคโนโลยีที่แตกต่างจากอีเทอร์เน็ตอย่างสิ้นเชิง การเปลี่ยนเทคโนโลยีจำเป็นต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ และผู้ดูแลเครือข่าย จำเป็นต้องใช้งบประมาณเป็นจำนวนมาก

อย่างไรก็ตาม ในที่สุดมาตรฐานอีเทอร์เน็ตความเร็วสูงก็เสร็จสมบูรณ์ และทันกับความต้องการของผู้ใช้ โดยต้องการยกระดับเครือข่ายอีเทอร์เน็ตความเร็วสูงเป็นส่วนขยายของมาตรฐานไอทริฟเฟิลอี 802.3 มาตรฐานนี้แบ่งย่อยได้ดังแสดงในตารางที่ 8.6

ตารางที่ 8.6 ลักษณะของมาตรฐานอีเทอร์เน็ตความเร็วสูงประเภทต่าง ๆ

ลักษณะ	100 Base-Tx	100 Base-Fx	100 Base-T4
สายสัญญาณ	คู่บิดเกลียว แคท 5	62.5/125 มัลติโหมด	คู่บิดเกลียว แคท 5
จำนวนสายสัญญาณ	2 คู่	2 คู่	4 คู่
ระยะทางไกลสุด	100 เมตร	2,000 เมตร	100 เมตร

ที่มา (Stallings,1997, p.412)

ในยุคแรกที่มีการเริ่มใช้อีเทอร์เน็ตความเร็วสูง พบว่ามีการเรียกชื่อ 100 Base-X ใช้แทนการเรียกชื่อทั้ง 100 Base-Tx และ 100 Base-Fx ส่วน 100 Base -T จะแทนการเรียกชื่อที่เป็นไปได้ทั้ง 100 Base-Tx และ 100 Base-T4

เนื่องจากอีเทอร์เน็ตความเร็วสูงส่งข้อมูลในอัตราข้อมูลที่สูงขึ้น ทำให้มีข้อจำกัดมากมายในการติดตั้งเครือข่าย ข้อจำกัดที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ ฮับที่ต่อพ่วงกันจะต้องไม่เกิน 2 เครื่อง แต่ละเครื่องห่างกันไม่เกิน 10 เมตร ถ้าต้องการเชื่อมต่อมากกว่าสองเครื่องควรรีใช้สวิตช์หรือเราเตอร์แทน อีเทอร์เน็ตความเร็วสูงที่สำคัญ มีดังต่อไปนี้

8.9.1 อีเทอร์เน็ตความเร็วสูง 100 Base-Tx

อีเทอร์เน็ตความเร็วสูง 100 Base-Tx จะใช้สายคู่บิดเกลียวไม่มีเกราะ อย่างต่ำประเภท 5 หรือ สายคู่บิดเกลียวมีเกราะ ประเภท 1 เครือข่ายประเภทนี้ได้มีการเปลี่ยนแปลงโปรโตคอลการเข้าถึงสื่อกลาง หรือ MAC ที่ถูกออกแบบไว้สำหรับความเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาที ให้สามารถทำงานได้ที่ความเร็ว 100 เมกะบิตต่อวินาที

8.9.2 อีเทอร์เน็ตความเร็วสูง 100 Base-Fx

อีเทอร์เน็ตความเร็วสูง 100 Base-Fx ใช้สายใยเส้นนำแสงเป็นสื่อกลางการส่งสัญญาณและใช้รูปแบบการรับส่งสัญญาณและการเข้ารหัสข้อมูลเหมือนกับ 100 Base-Tx อีเทอร์เน็ตประเภทนี้สามารถส่งข้อมูลที่ความเร็ว 100 เมกะบิตต่อวินาที ได้ระยะทางไกลถึง 412 เมตร ในการส่งผ่านข้อมูลแบบสองทางครึ่งอัตรา และได้ระยะทาง 2 กิโลเมตร ในการส่งผ่านข้อมูลแบบสองทางเต็มอัตรา หากใช้สายแบบมัลติโหมดอาจส่งได้ระยะทางไกลถึง 20 กิโลเมตร หรือไกลกว่าเมื่อใช้สายแบบซิงเกิลโหมด ในการรับส่งสัญญาณนั้นจะใช้สายใยเส้นนำแสงจำนวน 1 คู่ ซึ่งอาจจะเป็นแบบมัลติโหมดขนาด 62.5/125 ไมครอน หรือซิงเกิลโหมดที่ขนาด 8 -10 ไมครอนก็ได้ โดยเส้นหนึ่งใช้สำหรับรับสัญญาณ และอีกเส้นหนึ่งใช้สำหรับส่งสัญญาณ การใช้สายใยเส้นนำแสงจะทำให้สามารถขยายเครือข่ายให้ครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขึ้น แต่เนื่องจากสายใยเส้นนำแสงมีราคาแพง 100 Base-Fx จึงนิยมใช้สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างฮับหรือสวิตช์หลัก ซึ่งเป็นแกนหลักของเครือข่ายท้องถิ่น ตัวอย่างเช่นใช้เป็นสายมาตรฐานในเทคโนโลยีเครือข่ายเอฟดีดีไอ 100 Base-Fx ใช้การเข้ารหัสแบบ 4B/5B แบบเดียวกับ 100 Base-Tx สามารถต่อกับฮับหรือสวิตช์ที่มีพอร์ตเชื่อมต่อสายใยเส้นนำแสงได้

8.9.3 อีเทอร์เน็ตความเร็วสูง 100 Base-T4

อีเทอร์เน็ตความเร็วสูง 100 Base-T4 ออกแบบมาเพื่อกำจัดข้อเสียของ 100 Base-Tx ที่มีข้อจำกัดในการใช้สายคู่บิดเกลียวไม่มีเกราะประเภท 5 หรือดีกว่าเท่านั้น ในสมัยที่มาตรฐานนี้ออกมาใหม่ ๆ อาคารส่วนใหญ่ได้ติดตั้งสายโทรศัพท์ซึ่งเป็นสายคู่บิดเกลียวไม่มีเกราะประเภท 3 อยู่แล้ว ดังนั้นไอทริฟเฟิลอีได้พัฒนามาตรฐานของอีเทอร์เน็ตความเร็วสูงเพิ่มอีกมาตรฐานหนึ่ง เพื่อให้สามารถใช้สายโทรศัพท์ทั่ว ๆ ไป กับอีเทอร์เน็ตความเร็วสูงได้ มาตรฐานนี้คือ 100 Base-T4 ซึ่งเป็นอีเทอร์เน็ตความเร็วสูงที่ใช้สายคู่บิดเกลียวไม่มีเกราะ ประเภท 3 ทั้งหมด 4 คู่สาย ซึ่งเป็นที่มาของเลข 4 ที่ต่อท้ายชื่อนี้เอง 100 Base-T4 ไม่มีการกำหนดแน่ชัดเหมือน 100 Base-T ว่าสายคู่ใดรับข้อมูลสายคู่ใดส่งข้อมูลดังนั้นการส่งผ่านข้อมูลไม่สามารถส่งแบบสองทางเต็มอัตราได้ ระยะทางต่อ 1 เซ็กเมนต์สูงสุด 100 เมตร หากเข้าสายตามมาตรฐานอีไอเอ 568 100 Base-T4 ใช้หลักการเข้ารหัสแบบ 8B/6T ที่ทำงานได้ดีกว่าการเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์ของ ไอทริฟเฟิลอี 802.3

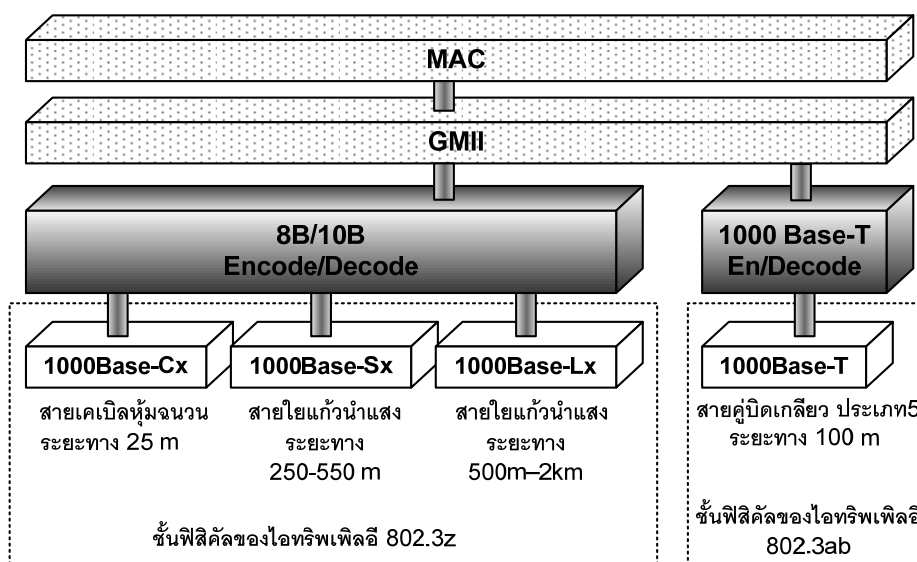
8.10 กิกะบิตอีเทอร์เน็ต

ปัจจุบันความต้องการใช้เครือข่ายได้เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ขณะเดียวกันดูเหมือนว่าแบนด์วิธของเครือข่ายนั้นไม่เพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้ ไอทริฟเฟิลอีจึงปรับปรุงอีเทอร์เน็ต โดยได้ออกมาตรฐานอีเทอร์เน็ตใหม่คือกิกะบิตอีเทอร์เน็ต หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า มาตรฐาน ไอทริฟเฟิลอี 802.3z และได้ประกาศใช้เมื่อปี ค.ศ.1998 (วิรินทร์ เมฆประดิษฐสิน, 2547, หน้า 252) เนื่องจากกิกะบิตอีเทอร์เน็ตจัดอยู่ในกลุ่มมาตรฐานไอทริฟเฟิลอี 802.3 การพัฒนาจึงมุ่งเน้นให้สามารถทำงานกับอีเทอร์เน็ตที่ความเร็วต่ำกว่าได้ ตัวอย่างเช่น กิกะบิตอีเทอร์เน็ตยังคงใช้โปรโตคอลซีเอสเอ็มเอ/ซีดี รูปแบบของเฟรม และขนาดของเฟรมเหมือนกับอีเทอร์เน็ตมาตรฐานอื่น ซึ่งการทำเช่นนี้ทำให้เครือข่ายอีเทอร์เน็ตประเภทต่าง ๆ สามารถทำงานร่วมกันได้

เริ่มแรกนั้นชั้นฟิสิคัลของกิกะบิตอีเทอร์เน็ต ดังรูปที่ 8.16 ได้จัดแบ่งออกเป็น 2 มาตรฐาน มาตรฐานแรกพัฒนามาจากชั้นฟิสิคัลของช่องทางใยเส้น (fiber channel) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เคยพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการเชื่อมต่อเครื่องเมนเฟรมกับเทอร์มินัลในสมัยก่อน และได้

ถูกพัฒนามาเป็นเทคโนโลยีของเครือข่ายท้องถิ่นในที่สุด ภายใต้มาตรฐานไอทริฟเฟิลอี 802.3z แต่ความนิยมในการใช้ช่องทางใยเส้นยังมีน้อยมาก อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีนี้กลับเป็นที่นิยมในการสร้างเครือข่ายจัดเก็บข้อมูล (Storage Area Network: SAN) ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดในบทที่ 9 ต่อไป ส่วนมาตรฐานที่ 2 คือ ไอทริฟเฟิลอี 802.3ab ใช้สายทองแดงคือสายคู่บิดเกลียวแบบไม่มี เพราะเป็นมาตรฐานซึ่งสายชนิดนี้ต้องเป็นประเภท 5e หรือ ประเภท 6 เท่านั้น

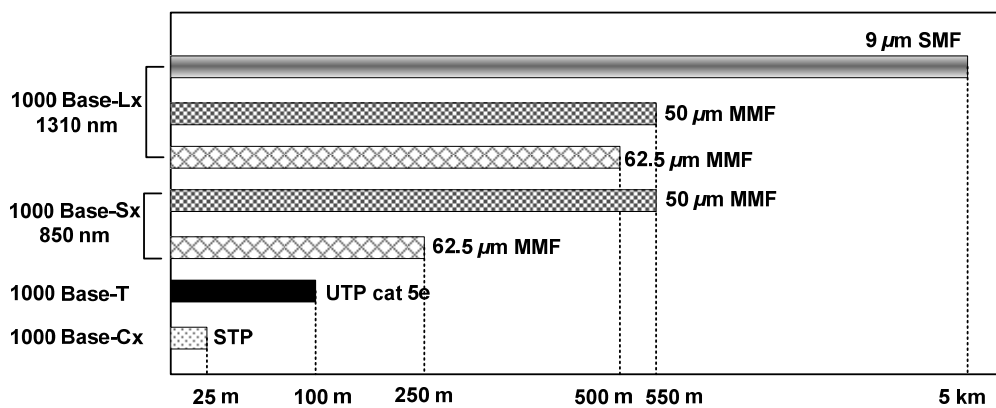
ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีช่องทางใยเส้นจะไม่ประสบความสำเร็จทางการตลาดเท่าที่ควร แต่ก็มีประโยชน์มากต่อการออกแบบกิกะบิตอีเทอร์เน็ต โดยในการออกแบบมาตรฐานที่ใช้ช่องทางใยเส้นเป็นแบบอ้างอิงนั้น มีปัญหาเกี่ยวกับความเร็ว เนื่องจากช่องทางใยเส้นมีความเร็ว 1.063 กิกะบิตต่อวินาที และใช้วิธีการเข้ารหัสโดยมีข้อมูลเพิ่ม 2 บิตทุก ๆ 8 บิตของข้อมูล เรียกว่าเป็นการเข้ารหัสแบบ 8B/10B เมื่อใช้วิธีนี้อัตราข้อมูลจริง ๆ จะต่ำกว่า 1 กิกะบิตต่อวินาทีเล็กน้อย หรือประมาณ 800 เมกะบิตต่อวินาที ความเร็วขนาดนี้ถือว่าเป็นความเร็วที่เพิ่มจากอีเทอร์เน็ตความเร็วสูงมาก แต่ด้วยความพยายามที่จะทำให้สามารถถ่ายโอนข้อมูลที่ 1 กิกะบิตต่อวินาทีให้ได้ ไอทริฟเฟิลอีจึงมีการออกแบบใหม่โดยเพิ่มความเร็วเป็น 1.25 กิกะบิตต่อวินาที ซึ่งทำให้ได้แบนด์วิธข้อมูลจริงสามารถส่งข้อมูลที่อัตราที่ 1 กิกะบิตต่อวินาทีพอดี



รูปที่ 8.16 ชั้นฟิสิคัลของกิกะบิตอีเทอร์เน็ต
ที่มา (วีรินทร์ เมฆประดิษฐสิน, 2547, หน้า 252)

มาตรฐานกิกะบิตอีเทอร์เน็ตได้กำหนดให้ใช้สายสัญญาณต่อไปนี้ในการส่งสัญญาณ สายคู่บิดเกลียวไม่มีเกราะ อย่างต่ำ ประเภท 5E สายใยเส้นนำแสงแบบมัลติโหมดทั้งขนาด 62.5 และ 50 ไมครอน และสายใยเส้นนำแสงแบบซิงเกิลโหมด ขนาด 8.3 ไมครอน

มาตรฐานกิกะบิตอีเทอร์เน็ตแบ่งออกเป็น 4 ประเภทย่อยดังนี้ 1000 Base-Sx, 1000 Base-Lx, 1000 Base-Cx และ 1000 Base-T แต่ละมาตรฐานจะมีความแตกต่างกันในด้าน ประเภทของสายสัญญาณที่ใช้ และความยาวของสายที่สามารถรองรับได้ การเปรียบเทียบความ ยาวสูงสุดของสายสัญญาณแต่ละประเภทที่ใช้ได้กับกิกะบิตอีเทอร์เน็ต แสดงดังรูปที่ 8.17



รูปที่ 8.17 ระยะทางของสายสัญญาณที่ใช้กับกิกะบิตอีเทอร์เน็ต

8.10.1 กิกะบิตอีเทอร์เน็ต 1000 Base-Sx

กิกะบิตอีเทอร์เน็ต 1000 Base-Sx เป็นไปตามมาตรฐานไอทีพีเฟลดี 802.3z มีการกำหนดให้ใช้สายใยเส้นนำแสงแบบมัลติโหมด อักษร S ในที่นี้ย่อมาจาก short หมายถึง แสงที่มีความยาวคลื่นสั้น แสงที่มีความยาวคลื่นสั้นหมายถึงแสงที่มีความยาวคลื่น 850 นาโน-เมตร หรือ 850×10^{-9} เมตร สายใยเส้นนำแสงแบบมัลติโหมดที่ใช้อาจเป็นได้ทั้งสองขนาดคือ ขนาด 50 ไมครอน และ ขนาด 62.5 ไมครอน สายใยเส้นนำแสงขนาด 50 ไมครอน สามารถรับส่ง ข้อมูลได้ที่ความเร็ว 1 กิกะบิตต่อวินาที และส่งได้ระยะทางไกลสุด 550 เมตร ส่วนสายใยเส้น-นำแสงขนาด 62.5 ไมครอนสามารถส่งได้ไกลระยะทางสุด 250 เมตร

8.10.2 กิกะบิตอินเทอร์เน็ต 1000 Base-Lx

กิกะบิตอินเทอร์เน็ต 1000 Base-Lx จะใช้คลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นที่ประมาณ 1,300 นาโนเมตร อักษร L ย่อมาจากคำว่า long หมายถึงแสงเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่นยาว ดังนั้นสายสัญญาณที่ใช้จะเป็นสายแบบมัลติโหมด ทั้งขนาด 50 ไมครอน และ 62.5 ไมครอน หรืออาจเป็นสายแบบซิงเกิลโหมดขนาด 8.3 ไมครอน ถ้าใช้สายขนาด 50 ไมครอน ความยาวสูงสุดคือ 550 เมตร แต่ถ้าใช้สายขนาด 62.5 ไมครอน ความยาวสายจะยาวสูงสุด 440 เมตร ซึ่งจะยาวกว่าเมื่อใช้สายนี้กับ 1000 Base-Sx ส่วนสายแบบซิงเกิลโหมดขนาด 8.3 ไมครอนนี้ จะส่งข้อมูลได้ไกลสุดถึง 5 กิโลเมตร อย่างไรก็ตามสายประเภทนี้จะมีขั้นตอนการผลิตที่ยาก ดังนั้นจัดว่าเป็นสายที่มีราคาแพงมาก

8.10.3 กิกะบิตอินเทอร์เน็ต 1000 Base-Cx

กิกะบิตอินเทอร์เน็ต 1000 Base-Cx เป็นกิกะบิตอินเทอร์เน็ตที่ใช้สายคู่บิดเกลียวแบบมีเกราะ ที่มีความต้านทานที่ 150 โอห์ม แต่ความยาวของสายถูกจำกัดที่ 25 เมตรเท่านั้น เนื่องจากระยะนี้เป็นระยะสั้นมาก การใช้ประโยชน์จะมีน้อย แต่จุดประสงค์ของการสร้างมาตรฐานนี้ขึ้นมา เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างสวิตช์หรือคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในห้องเดียวกัน แทนการใช้สายใยเส้นนำแสงที่แพงกว่ามาก การใช้งาน 1000 Base-Cx พบว่ามีน้อยมาก

8.10.4 กิกะบิตอินเทอร์เน็ต 1000 Base-T

กิกะบิตอินเทอร์เน็ต 1000 Base-T พัฒนามาเพื่อลดจำกัดของ 1000 Base-Cx ที่ความยาวของสายสัญญาณซึ่งยาวสูงสุดได้แค่ 25 เมตร ดังนั้นไอทริฟเฟิลอีจึงกำหนดมาตรฐานไอทริฟเฟิลอี 802.3ab ประกาศใช้เมื่อปี ค.ศ.1999 มาตรฐานนี้จะใช้สายคู่บิดเกลียว ประเภท 5E หรือดีกว่า ทั้ง 4 คู่สาย เพื่อให้การส่งสัญญาณไปได้ระยะทางไกล 100 เมตร โดยใช้หัวเชื่อมต่ออาร์เจ-45 แบบเดิมได้ตามปกติ ในสายคู่บิดเกลียวทั้ง 4 คู่สายมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลพร้อมกันเรียกร่องผ่านข้อมูลแบบนี้ว่าส่งแบบสองทางอัตราคู่ (dual duplex) มีแบนด์วิธกว้างถึง 125 เมกะเฮิรท์

8.11 เท็นกิกะบิตอีเทอร์เน็ต

เท็นกิกะบิตอีเทอร์เน็ตถูกสร้างขึ้นด้วยจุดประสงค์คือ การเพิ่มความเร็วให้เพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้ โดยได้เพิ่มความเร็วเป็น 10 กิกะบิตต่อวินาที นอกจากนี้ยังทำให้อีเทอร์เน็ตสามารถทำเป็นเส้นทางเชื่อมต่อของเครือข่ายบริเวณกว้างได้ เท็นกิกะบิตอีเทอร์เน็ตถูกกำหนดในมาตรฐานไอทริฟเฟิลอี 802.3ae ซึ่งเป็นมาตรฐานล่าสุดของอีเทอร์เน็ต ประกาศใช้ในปี ค.ศ. 2002 ส่วนใหญ่มาตรฐานไอทริฟเฟิลอี 802.3ae หรือเท็นกิกะบิตอีเทอร์เน็ตยังคงใช้มาตรฐานอีเทอร์เน็ตเดิมอยู่เช่น โปรโตคอลแมค ขนาดและรูปแบบของเฟรม เป็นต้น สิ่งที่เท็นกิกะบิตอีเทอร์เน็ตแตกต่างจากอีเทอร์เน็ตก่อนหน้านี้คือ ความเร็วที่เพิ่มขึ้น ระยะทางของสายสัญญาณที่เพิ่มขึ้น และการรองรับการรับส่งข้อมูลแบบสื่อสารสองทางเต็มอัตรา เป็นเหตุให้เท็นกิกะบิตอีเทอร์เน็ตไม่จำเป็นต้องใช้โปรโตคอลซีเอสเอ็มเอ/ซีดี เพราะโปรโตคอลนี้จะใช้กับการรับส่งข้อมูลแบบสื่อสารสองทางครึ่งอัตรา นอกจากนี้เท็นกิกะบิตอีเทอร์เน็ตจะใช้เฉพาะสายใยเส้นนำแสงเท่านั้น ตารางที่ 8.7 แสดงการเปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างเท็นกิกะบิตอีเทอร์เน็ตแต่ละประเภท ส่วนตารางที่ 8.8 แสดงความยาวของสายสัญญาณที่รองรับได้ สำหรับแต่ละความถี่และเทคโนโลยีการส่งสัญญาณที่ใช้

ตารางที่ 8.7 มาตรฐานต่าง ๆ ของไอทริฟเฟิลอี 802.3 ae

มาตรฐาน	เข้ารหัส	ความยาวคลื่น	ช่องสัญญาณ	สายใยเส้นนำแสง	WAN
10 Gbase-SR	64B/66B	850 nm	อนุกรม	มัลติโหมด	ไม่รองรับ
10 Gbase-SW	64B/66B	850 nm	อนุกรม	มัลติโหมด	รองรับ
10 Gbase-LX4	8B/10B	1,310 nm	WWDM	มัลติ/ซิงเกิล	ไม่รองรับ
10 Gbase-LR	64B/66B	1,310 nm	อนุกรม	ซิงเกิลโหมด	ไม่รองรับ
10 Gbase-LW	64B/66B	1,310 nm	อนุกรม	ซิงเกิลโหมด	รองรับ
10 Gbase-ER	64B/66B	1,510 nm	อนุกรม	ซิงเกิลโหมด	ไม่รองรับ
10 Gbase-EW	64B/66B	1,510 nm	อนุกรม	ซิงเกิลโหมด	ไม่รองรับ

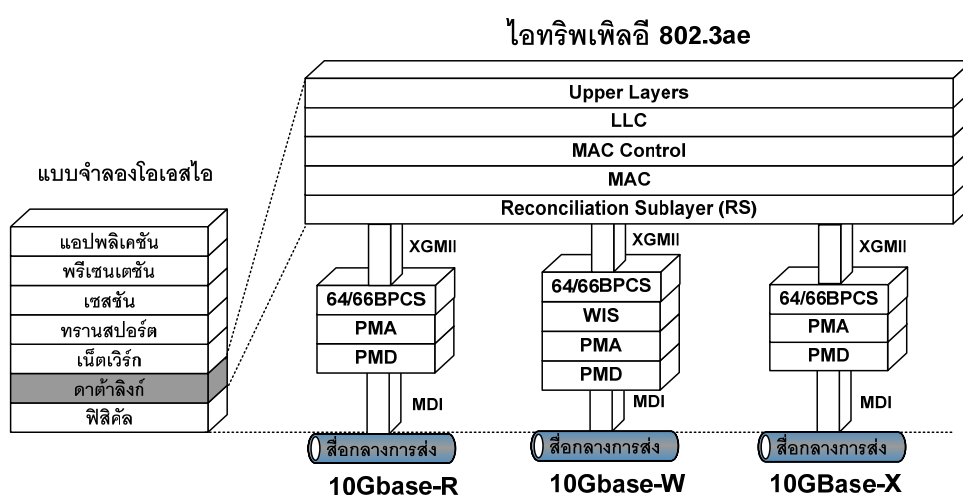
ที่มา (จตุชัย แพงจันทร์ และอนุโชค วุฒิพรพงษ์, 2546, หน้า129)

ตารางที่ 8.8 แสดงความยาวสายใยเส้นนำแสงที่ใช้กับ 10 กิกะบิตอีเทอร์เน็ต

ความยาวคลื่น/ช่องสัญญาณ	ประเภทของสาย	ระยะทาง (เมตร)
850 nm / อนุกรม	ใยเส้นนำแสงแบบมัลติโหมด	65
1310 nm / WWDM	ใยเส้นนำแสงแบบมัลติโหมด	300
1310 nm / WWDM	ใยเส้นนำแสงแบบซิงเกิลโหมด	10,000
1310 nm / อนุกรม	ใยเส้นนำแสงแบบซิงเกิลโหมด	10,000
1550 nm / อนุกรม	ใยเส้นนำแสงแบบซิงเกิลโหมด	40,000

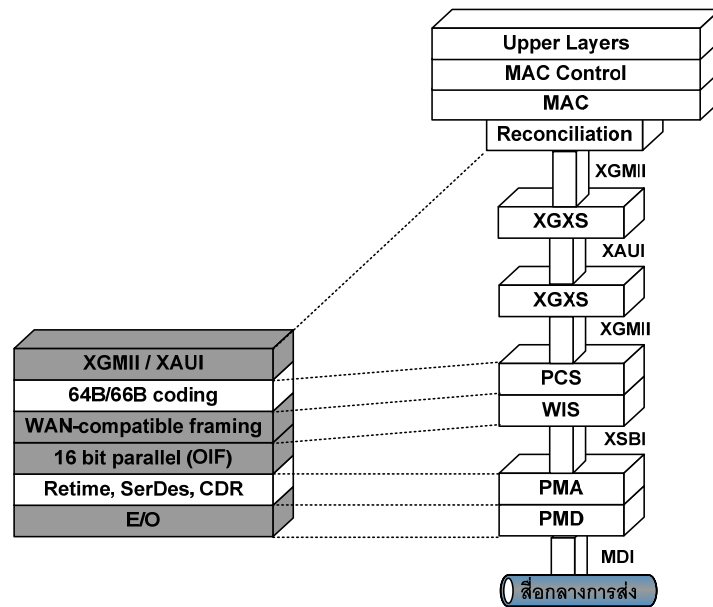
ที่มา (จตุชัย แพงจันทร์ และอนุชิต วุฒิพรพงษ์, 2546, หน้า 130)

ชั้นฟิสิคัลของอีเทอร์เน็ตนั้นเปรียบได้กับชั้นฟิสิคัลของแบบจำลองโอเอสไอ ทำหน้าที่เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างสายสัญญาณกับชั้นดาต้าลิงก์ เทนิกะบิตอีเทอร์เน็ตทำการแบ่งย่อยชั้นฟิสิคัล ออกเป็นชั้นย่อยอีก 2 ชั้น คือชั้นพีเอ็มดี (Physical Media Dependent: PMD) และชั้นพีซีเอส (Physical Coding Sublayer: PCS) ชั้นพีเอ็มดีทำหน้าที่เป็นตัวรับส่งสัญญาณของสายใยเส้นนำแสง ทำการแปลงข้อมูลให้สามารถส่งผ่านไปยังสายสัญญาณที่ใช้ได้ ส่วนชั้นพีซีเอส ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเข้ารหัสข้อมูล ซึ่งมีวิธีเข้ารหัส 2 วิธีคือ การเข้ารหัสแบบ 8B/10B และ 64B/66B นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เกี่ยวกับการจัดลำดับบิต และการมัลติเพล็กซ์ การทำงานดังแสดงในรูปที่ 8.18



รูปที่ 8.18 โครงสร้างโปรโตคอลไอทรพเฟิลอี 802.3ae

สิ่งที่พัฒนาขึ้นใหม่สำหรับเท็นกิกะบิตอีเทอร์เน็ตอีกอย่างหนึ่งคือ ระบบการต่อประสาน ซึ่งเรียกว่าซอวี (XAUI) ต่างจาก อีเทอร์เน็ตที่ใช้ใยไฟเบอร์ เป็นตัวประสาน ส่วนตัวอักษร X เป็นเลขโรมันซึ่งมีค่าเป็นสิบ ซึ่งมีความหมายโดยนัยว่า 10 กิกะบิตต่อวินาทีนั่นเอง ซอวีเป็นส่วนขยายของ XGMII (10 Gigabit Media Independent Interface) ซึ่ง XGMII จะมีความกว้างของบัสที่ 74 บิต (การรับและส่งข้อมูลใช้อย่างละ 32 บิต ส่วนที่เหลือเป็นบิตที่ใช้ควบคุม) รูปที่ 8.19 แสดงการเพิ่มซอวีเข้ากับแบบจำลองเดิม



รูปที่ 8.19 ซอวีทำหน้าที่เป็นตัวประสานระหว่างชั้นแมคและชั้นฟิสิคัล

8.12 บทสรุป

อีเทอร์เน็ตได้พิสูจน์แล้วว่าเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายที่ดีที่สุด เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่มีความนิยมมากที่สุดในปัจจุบัน ทีมงานที่พัฒนามาตรฐานอีเทอร์เน็ตได้เพิ่มขีดความสามารถให้กับอีเทอร์เน็ตโดยพัฒนามาตรฐานใหม่ของอีเทอร์เน็ตคือ เท็นกิกะบิตอีเทอร์เน็ตเพื่อสนองความต้องการทางด้านแบนด์วิธของเครือข่ายที่เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีที่สิ้นสุด มาตรฐานใหม่นี้รองรับแบนด์วิธ 10 กิกะบิตต่อวินาที ซึ่งเร็วกว่ากิกะบิตอีเทอร์เน็ต 10 เท่าตัว นอกจากความเร็วที่เพิ่มขึ้นแล้ว มาตรฐานเท็นกิกะบิตอีเทอร์เน็ตยังรองรับการทำงานเครือข่ายบริเวณกว้างได้โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ไกลถึง 40 กิโลเมตร

8.13 คำถามท้ายบท

1. เหตุใดเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจึงได้รับความนิยมและได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน
2. คอลลิชันโดเมนต่างจากบรอดคาสต์โดเมนอย่างไรบ้าง อธิบาย
3. จงอธิบายหน้าที่และการทำงานในชั้นของแบบจำลองโอเอสไอของอุปกรณ์ในเครือข่ายดังต่อไปนี้ ฮับ สวิตช์ เราเตอร์ และเกตเวย์
4. จงอธิบายความแตกต่างของการทำงานในชั้นที่ 2 ของแบบจำลองโอเอสไอของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงมาอย่างละเอียด
5. การพัฒนาจากเครือข่ายอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงไปสู่กิกะบิตอินเทอร์เน็ตต้องมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งใดบ้าง อธิบาย
6. โปรโตคอลไอทริฟเฟิลี 802.3ae ของเทนกิกะบิตอินเทอร์เน็ตมีการกำหนดมาตรฐานการใช้สายสัญญาณอย่างไรบ้าง อธิบาย
7. โปรโตคอลย่อยในชั้นแมคของกิกะบิตอินเทอร์เน็ตทำงานต่างจากเทนกิกะบิตอินเทอร์เน็ตอย่างไร
8. ค่าหน่วยเวลาการเดินทางครบรอบนำมาใช้เพื่อบอกสถานการณ์ทำงานอะไรบ้าง บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
9. บริดจ์ซึ่งในอดีตเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมเครือข่ายให้เป็นวงเดียว แต่กลับไม่พบเห็นในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในปัจจุบันเพราะเหตุใด
10. อุปกรณ์สวิตช์ในเครือข่ายมีกี่ประเภท แต่ละประเภทเหมาะกับงานในลักษณะใด

เอกสารอ้างอิง

จตุชัย แพงจันทร์ และอนุโชค วุฒิพรพงษ์. (2546). **เจาะระบบ Network ฉบับสมบูรณ์**.
กรุงเทพฯ : โอดีซี.

วิรินทร์ เมฆประดิษฐสิน. (2547). **คัมภีร์ระบบเครือข่ายแบบฉบับอาจารย์วิรินทร์ เล่ม 1**.
กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เทเนนบาม,แอนดรูว์. (2542). **Computer Network : เครือข่ายคอมพิวเตอร์**. (แปลจาก
Coomputer Network โดย สัลยุทธ์ สว่างวรรณ). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

Halsall, F. (1996). **Data Communications, Computer Networks, and Open systems** (4th
ed.). New York: Addison-Wesley.

Stallings, W.(1997). **Data and Computer Communication** (5th ed.). New Jersey: Prentice-
Hall.

Stallings, W.(1998). **High-Speed Networks:TCP/IP and ATM Design Principles**. New
Jersey: Prentice-Hall.