

## บทที่ 7

### เครือข่ายท้องถิ่น

#### 7.1 ความนำ

เครือข่ายท้องถิ่นเป็นรากฐานของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทั่วไป กล่าวคือ เกือบทุกเครือข่ายต้องมีเครือข่ายท้องถิ่นเป็นส่วนประกอบ อาจเป็นได้ตั้งแต่เครือข่ายแบบง่าย ๆ คือมีคอมพิวเตอร์เพียง 2 เครื่องเชื่อมต่อกันด้วยสายสัญญาณ ไปจนถึงเครือข่ายที่สลับซับซ้อนมีคอมพิวเตอร์นับพันเครื่อง และมีอุปกรณ์เครือข่ายอื่น ๆ เชื่อมต่ออีกมากมาย ลักษณะสำคัญของเครือข่ายท้องถิ่นคือ เครือข่ายประเภทนี้จะครอบคลุมพื้นที่จำกัด เป็นเครือข่ายข้อมูลที่มีความเร็วสูงและทนทานต่อการเกิดข้อผิดพลาดระหว่างการรับส่งข้อมูล โดยปกติจะเป็นการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่อยู่ไม่ห่างกันมากนัก เครือข่ายท้องถิ่นมีประโยชน์แก่ผู้ใช้อย่างหลายอย่าง เช่น การใช้อุปกรณ์และโปรแกรมร่วมกัน การแลกเปลี่ยนไฟล์ระหว่างผู้ใช้ การสื่อสารโดยใช้โปรโตคอลอิเล็กทรอนิกส์ และโปรแกรมประยุกต์ด้านการสื่อสารต่าง ๆ เป็นต้น

เทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่นมีหลายประเภท เช่น อีเทอร์เน็ต โทเคนริง เอฟดีดีไอ และเครือข่ายไร้สาย เป็นต้น แต่ที่นิยมกันมากที่สุดในปัจจุบันก็คือ อีเทอร์เน็ต การแบ่งประเภทของเครือข่ายทำได้หลายประเภท เช่น แบ่งตามรูปแบบการแพร่ข้อมูลข่าวสาร แบ่งตามรูปแบบการเข้าถึงเครือข่าย แบ่งตามโทโพโลยี และแบ่งตามคุณลักษณะของสายสัญญาณที่ใช้ เทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่นแต่ละประเภทมีทั้งข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน การเลือกใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ควรให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานขององค์กร ก่อนการติดตั้งระบบควรมีการสำรวจความพร้อมทางภูมิศาสตร์ กำลังคนที่มีดูแลระบบว่าสอดคล้องกับปริมาณอุปกรณ์ที่นำมาเชื่อมต่อหรือไม่ การวางแผนให้สามารถยืดหยุ่นในการขยายระบบในอนาคต และการวางแผนในเรื่องงบประมาณการติดตั้งและการดูแลรักษาในอนาคต

## 7.2 การแบ่งประเภทของเครือข่าย

ระบบเครือข่ายถูกพัฒนามาตั้งแต่ปี 1970 (Halsall, 1996, p.284) เพื่อรองรับการใช้งานที่หลากหลาย มีการปรับโครงสร้างเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้ กระบวนการผลิตอุปกรณ์ การออกแบบสำหรับวางระบบต้องมีความชัดเจน ดังนั้นเพื่อให้ง่ายแก่การจัดการ ได้มีการจัดแบ่งเครือข่ายตามคุณลักษณะที่ต่างกันออกไปตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

### 7.2.1 ลักษณะการแพร่ของข้อมูลข่าวสารบนเครือข่าย

ลักษณะการแพร่ของข้อมูลข่าวสารบนเครือข่าย (type of data transmission) เป็นการจำแนกประเภทของเครือข่าย โดยพิจารณาที่ลักษณะของสัญญาณที่ลำเลียงอยู่ในเครือข่าย รูปแบบของการไหลของข้อมูล เทคนิคการใช้สายร่วมกัน ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของสัญญาณขณะมีการรับส่ง ลักษณะการแพร่ของข้อมูลข่าวสารบนเครือข่ายแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

7.2.1.1 ลักษณะการแพร่ของข้อมูลข่าวสารแบบเบสแบนด์ (baseband) มีรูปแบบสัญญาณที่แพร่อยู่ในเครือข่ายเป็นสัญญาณดิจิทัล ทิศทางการไหลของข้อมูลมี 2 ทิศทาง (bidirectional) สัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องต้นทางลงมายังเครือข่ายจะไม่มี การเปลี่ยนรูปแบบ นั่นหมายถึงเมื่อสัญญาณเดินทางไปถึง จุดใด ๆ บนเครือข่ายจะเป็นสัญญาณที่ถอยกลับมาเป็นข้อมูลที่เหมือนกันทุก ๆ จุด โดยมากใช้เทคนิคการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งโดยใช้เวลา แสดงว่า ณ เวลาหนึ่งจะมีเครื่องเพียงเครื่องเดียวที่สามารถส่งข้อมูลลงมายังเครือข่ายได้ หากมีการส่งข้อมูลลงมาพร้อมกันหลายเครื่องจะเกิดการชนกันของข้อมูล เทคโนโลยีที่มีลักษณะการแพร่ของข้อมูลข่าวสารแบบเบสแบนด์ คือ อีเทอร์เน็ต จะเห็นได้จากอีเทอร์เน็ต 100 Base-5 นั้น คำว่า Base ในที่นี้คำเต็มคือ baseband นั่นเอง

7.2.1.2 ลักษณะการแพร่ของข้อมูลข่าวสารแบบบรอดแบนด์ (broadband) มีรูปแบบสัญญาณที่แพร่อยู่ในเครือข่ายเป็นสัญญาณแอนะล็อก ทิศทางการไหลของข้อมูลมีทิศทางเดียว (unidirectional) สัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องต้นทางลงมายังเครือข่าย

สามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ พิจารณาจากการที่สัญญาณเดินทางไปในเครือข่าย เมื่อมีระยะทางไกลเกินกว่าที่สื่อกลางการส่งจะนำส่งสัญญาณได้ จะต้องทำการขยายสัญญาณโดยการนำคลื่นพาหะมาทำการกล้ำสัญญาณ สัญญาณที่ผ่านการกล้ำจะมีรูปแบบที่ต่างไปจากสัญญาณต้นฉบับ ในการถอดการกล้ำกลับมาเป็นข้อมูลต้องทำการกรองแยกคลื่นพาหะออกไป โดยมากใช้เทคนิคการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งโดยใช้ความถี่ แสดงว่า ณ เวลาหนึ่งจะมีเครื่องหลาย ๆ เครื่องสามารถส่งข้อมูลลงมายังเครือข่ายได้ เทคโนโลยีที่มีลักษณะการแพร่ของข้อมูลข่าวสารแบบบรอดแบนด์ ตัวอย่างคือ เครือข่ายเคเบิลทีวี

## 7.2.2 วิธีการเข้าถึงเครือข่าย

วิธีการเข้าถึงเครือข่าย (access method) เป็นวิธีที่เครื่องที่เชื่อมต่ออยู่บนเครือข่าย ก่อนที่จะทำการส่งข้อมูลลงมายังเครือข่าย ต้องดำเนินการอย่างไรจึงจะสามารถส่งข้อมูลได้ วิธีการเข้าถึงเครือข่ายมีการใช้งาน 3 วิธีดังนี้

7.2.2.1 วิธีการเข้าถึงเครือข่ายแบบสุ่ม (random) การเข้าถึงเครือข่ายวิธีนี้ แต่ละเครื่องที่อยู่บนเครือข่าย เมื่อทำการตรวจสอบสื่อกลางการส่งว่างหรือไม่ หากสายส่งว่างจะสามารถส่งข้อมูลลงมายังเครือข่ายได้เลย ไม่จำเป็นต้องรอในลักษณะแถวคอย หรือมีการตรวจสอบแถวคอยจากเครื่องควบคุมใด ๆ การเข้าถึงวิธีนี้อาจเกิดการชนกันของข้อมูลได้ ดังนั้นควรมีการจัดโปรโตคอลในการตรวจสอบและป้องกันการชนกันของข้อมูล ตัวอย่างเช่น เครือข่ายอีเทอร์เน็ต ใช้โปรโตคอลซีเอสเอ็มเอ/ซีดี ในการแก้ปัญหาการชนกันของข้อมูลของแต่ละเครื่อง

7.2.2.2 วิธีการเข้าถึงเครือข่ายแบบกระจาย (distributed) การเข้าถึงเครือข่ายวิธีนี้ แต่ละเครื่องจะส่งข้อมูลลงมายังเครือข่ายได้ ต้องรอจนกระทั่งถึงแถวคอยของตนเอง เครื่องแต่ละเครื่องต้องทำการตรวจสอบแถวคอย และรอจนกระทั่งจะได้รับสัญญาณที่บอกให้ส่งข้อมูลจึงจะสามารถส่งข้อมูลได้ วิธีการนี้จะทำให้เครื่องทุกเครื่องในเครือข่าย มีสิทธิในการส่งข้อมูลอย่างเสมอภาค และหลีกเลี่ยงการชนกันของการส่งข้อมูล ตัวอย่างเช่น เครือข่ายโทเคนริง เครื่องที่จะทำการส่งข้อมูล ต้องรอจนกว่าโทเคนเดินทางมาถึงตน จึงจะดำเนินการส่งข้อมูลได้

7.2.2.3 วิธีการเข้าถึงเครือข่ายแบบรวมศูนย์ (centralized) การเข้าถึงเครือข่ายวิธีนี้ อาศัยหลักการที่ว่า การที่แต่ละเครื่องบนเครือข่ายจะสามารถส่งข้อมูลลงมายังเครือข่ายได้ ต้องได้รับการอนุญาตจากเครื่องควบคุมเครือข่ายทั้งหมดก่อน ซึ่งหลักการที่เครื่องควบคุมใช้ในการจัดการมี 3 หลักการดังนี้

(1) พอลลิง (polling) หลักการทำงานคือ เครื่องควบคุมจะทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปถามเครื่องแต่ละเครื่องที่เชื่อมต่อในเครือข่ายทีละเครื่องตามลำดับ เครื่องที่ได้รับสัญญาณ พอลลิงเท่านั้นที่สามารถส่งข้อมูลลงมายังเครือข่ายได้ ดังนั้นปัญหาในเรื่องการชนกันของข้อมูลจะไม่เกิดขึ้น ตัวอย่างวิธีการเข้าถึงเครือข่ายแบบรวมศูนย์ใช้หลักการพอลลิงคือ เครื่องแม่ข่ายเมนเฟรมติดต่อกับเครื่องเทอร์มินัล โปรโตคอลที่ใช้คือ เอสดีแอลซี (Synchronous Data Link Control: SDLC)

(2) สลับวงจร (circuit switching) หลักการทำงานคือ เครื่องใดที่ต้องการส่งข้อมูลจะส่งสัญญาณการร้องขอไปยังเครื่องควบคุม เมื่อเครื่องควบคุมได้รับสัญญาณดังกล่าวจะทำการจัดเส้นทางในการส่งข้อมูลให้ และสามารถส่งข้อมูลได้ทันทีที่การจัดตั้งวงจรเชื่อมต่อสมบูรณ์ ตัวอย่างวิธีการเข้าถึงเครือข่ายแบบรวมศูนย์ใช้หลักการสลับวงจรคือ การทำงานของตู้สาขาโทรศัพท์ (PABX)

(3) ทีดีเอ็มเอ (Time Division Multiple Access: TDMA) หลักการทำงานคือ เครื่องแต่ละเครื่องที่อยู่ในเครือข่ายจะแบ่งเวลาในการส่งข้อมูลกันเป็นระยะเวลาหนึ่งเมื่อถึงเวลาตามช่องเวลา (time slot) ของตนก็สามารถส่งข้อมูลได้ ตัวอย่างวิธีการเข้าถึงเครือข่ายแบบรวมศูนย์ใช้หลักการทีดีเอ็มเอ คือ อุปกรณ์สวิตช์ในระบบเครือข่ายท้องถิ่น (Halsall, 1998, p.54)

การแบ่งประเภทของเครือข่ายนอกจากจะใช้คุณลักษณะดังที่กล่าวมาแล้ว ยังสามารถแบ่งได้ตามคุณลักษณะอื่น ๆ อีก อาทิ แบ่งโดยใช้ประเภทของสื่อกลางการส่ง ดังรายละเอียดที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 หรือแบ่งตามลักษณะการเชื่อมต่อทางกายภาพและตรรกะที่เรียกว่า โทโพโลยี ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

### 7.3 โทโพโลยี

โทโพโลยีของเครือข่ายจะอธิบายถึงแผนผังการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ตามลักษณะทางกายภาพ หรือทางตรรกะ ซึ่งจะแสดงถึงตำแหน่งของคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เครือข่ายอื่น และเส้นทางการเชื่อมต่อของอุปกรณ์เหล่านี้ การเลือกโทโพโลยีอาจมีผลต่อประเภทของอุปกรณ์ที่ใช้ในเครือข่าย สมรรถนะของอุปกรณ์เหล่านั้น ความสามารถในการขยายของเครือข่าย รวมถึงวิธีการดูแลและจัดการเครือข่าย

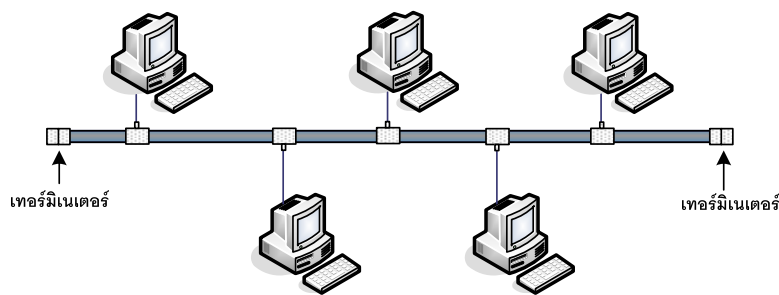
การรู้จักและเข้าใจโทโพโลยีประเภทต่าง ๆ มีความสำคัญต่อการเข้าใจประสิทธิภาพของเครือข่ายแต่ละชนิด ก่อนที่คอมพิวเตอร์จะสามารถใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ร่วมกัน หรือแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันได้ จะต้องพิจารณาที่การเชื่อมต่อกันก่อน เครือข่ายส่วนมากจะใช้สายสัญญาณในการเชื่อมต่อ แต่การเชื่อมต่อแบบไร้สายก็สามารถทำได้เช่นกัน เมื่อพิจารณาจากภาพการเชื่อมต่อที่มองเห็นและสัมผัสได้แล้ว ในบางครั้งต้องพิจารณาถึงวงจรตรรกะของอุปกรณ์ที่นำมาเชื่อมต่อด้วย

อย่างไรก็ตาม การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เป็นเครือข่ายนั้นไม่ใช่เป็นเพียงแค่การใช้สายสัญญาณเชื่อมต่อเข้าที่แผ่นวงจรประสานเครือข่ายของแต่ละเครื่องเท่านั้น โทโพโลยีที่ใช้ต้องสัมพันธ์กับสายสัญญาณ แผ่นวงจรประสานเครือข่าย ระบบปฏิบัติการเครือข่าย และอุปกรณ์เครือข่ายอื่น ๆ ที่นำมาเชื่อมกัน

การเลือกโทโพโลยีของเครือข่ายต้องมีการวางแผนที่ดี เพราะโทโพโลยีจะมีผลต่อชนิดของสายสัญญาณที่ใช้ รวมถึงลักษณะการเดินสายสัญญาณนี้ผ่านชั้นเพดาน และผนังของอาคารด้วย นอกจากนั้นโทโพโลยียังเป็นตัวกำหนดลักษณะการสื่อสารกันระหว่างคอมพิวเตอร์ หากเครือข่ายต่างโทโพโลยีกัน อาจต้องใช้วิธีการสื่อสารข้อมูลที่ต่างกัน เพราะในบางครั้งไม่สามารถเชื่อมโยงกันได้ การเลือกโทโพโลยีทำให้มีผลต่อการใช้งาน ปริมาณการเข้าถึงของอุปกรณ์ และประสิทธิภาพโดยรวมของเครือข่าย เครือข่ายแต่ละเครือข่ายจะต้องประกอบด้วยโทโพโลยีใดโทโพโลยีหนึ่งต่อไปนี้

### 7.3.1 โทโพโลยีแบบบัส

โทโพโลยีแบบบัส (bus topology) บางทีก็เรียกว่าบัสแบบเชิงเส้น (linear bus) เพราะมีการเชื่อมต่อแบบเส้นตรง ซึ่งเป็นลักษณะการเชื่อมต่อที่ง่ายที่สุด และเป็นโทโพโลยีที่นิยมกันมากที่สุดในยุคแรก ๆ ของเครือข่ายท้องถิ่น รูปที่ 7.1 แสดงการเชื่อมต่อแบบบัส การเชื่อมต่อแบบนี้จะใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียวเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ทุก ๆ เครื่องเข้าด้วยกัน

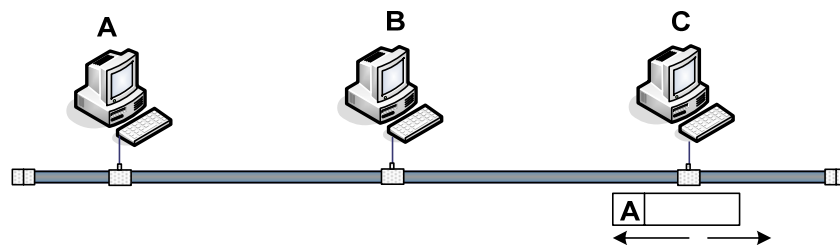


รูปที่ 7.1 โทโพโลยีแบบบัส

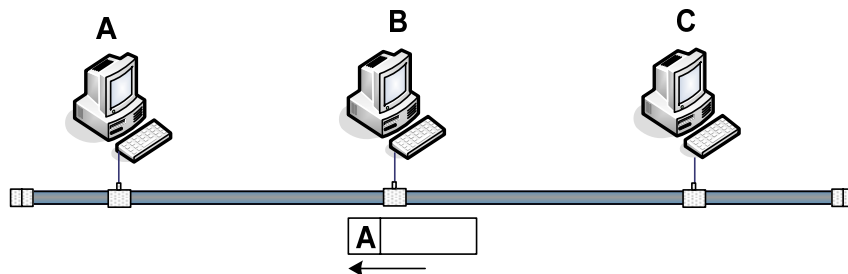
คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อเข้ากับสายสัญญาณร่วมหรือบัส จะสื่อสารกันโดยใช้ตำแหน่งที่อยู่ซึ่งคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องมี โดยตำแหน่งที่อยู่ต้องไม่ซ้ำกัน ในการส่งสัญญาณในสายที่ใช้ร่วมกันนี้จำเป็นต้องเข้าใจหลักการต่อไปนี้

7.3.1.1 ลักษณะการส่งข้อมูล การส่งข้อมูลบนเครือข่ายที่มีโทโพโลยีแบบบัสนั้น จะถูกส่งไปบนสายสัญญาณในรูปแบบของสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสัญญาณนี้จะเดินทางไปถึงคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่เชื่อมต่อเข้ากับสื่อกกลางหรือบัส แต่คอมพิวเตอร์เครื่องที่มีตำแหน่งที่อยู่ตรงกับตำแหน่งที่อยู่ของผู้รับเท่านั้น จึงจะสามารถนำข้อมูลนั้นไปทำการประมวลผลได้ ส่วนเครื่องอื่น ๆ ก็จะไม่สนใจข้อมูลนั้น เนื่องจากสายสัญญาณเป็นสื่อกกลางที่ใช้ร่วมกัน จะมีคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียวเท่านั้นที่สามารถส่งข้อมูลได้ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง รูปที่ 7.2 แสดงการส่งข้อมูลจากเครื่อง C ไปยังเครื่อง A จะเห็นได้ว่า สัญญาณข้อมูลจะถูกส่งออกไปในรูปสัญญาณไฟฟ้าบนสื่อกกลางการส่งสองทางไปทางขวามือจะถูกดูดซับสัญญาณทั้งไป โดยอุปกรณ์ที่เรียกว่าเทอร์มินเนเตอร์ (terminator) ดังรูปที่ 7.2 (ก) เมื่อสัญญาณเดินทาง

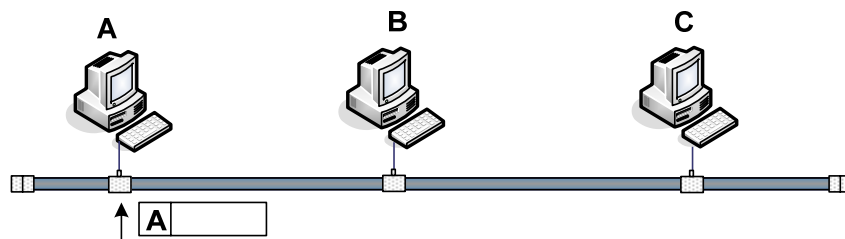
ถึงเครื่อง B แผ่นวงจรประสานเครือข่ายจะสำเนาข้อมูลขึ้นไป หากตรวจสอบแล้วไม่ใช่ตำแหน่งของตนจะทำการดูซ้ำสัญญาณทั้ง ดังรูปที่ 7.2 (ข) สัญญาณต้นฉบับจะเดินทางต่อไปตามสายสัญญาณจนถึงเครื่อง C แผ่นวงจรประสานเครือข่ายของเครื่อง C จะสำเนาข้อมูลขึ้นมาตรวจสอบ หากตำแหน่งตรงกับผู้รับจะนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผล ดังรูปที่ 7.2 (ค) ส่วนสัญญาณต้นฉบับจะเดินทางไปจนชั่วมือสุดและถูกเทอร์มินเตอร์ด้านซ้ายดูดซับสัญญาณทั้งไป ทำให้สายสัญญาณว่างพร้อมที่จะให้แต่ละเครื่องแย่งกันส่งสัญญาณลงมายังบัสต่อไป



(ก) เครื่อง C ส่งข้อมูลออกไป 2 ทิศทาง



(ข) เครื่อง B สำเนาข้อมูลขึ้นมาตำแหน่งผู้รับไม่ตรงจะดูดซับทั้งไป



(ค) เครื่อง A สำเนาข้อมูลขึ้นมาตรงตำแหน่งผู้รับจะนำข้อมูลไปประมวลผล

รูปที่ 7.2 แสดงการส่งข้อมูลจาก C ไป A บนบัส

เนื่องจากมีคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียวเท่านั้นที่สามารถส่งข้อมูลได้ในเวลาใดเวลาหนึ่ง ดังนั้นจำนวนคอมพิวเตอร์ที่พ่วงต่อเข้ากับสื่อกลางการส่ง จะมีผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่าย เพราะหากมีคอมพิวเตอร์จำนวนมาก จะทำให้เสียเวลานานจึงจะส่งข้อมูลได้ มีผลทำให้การรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายช้าตามไปด้วย

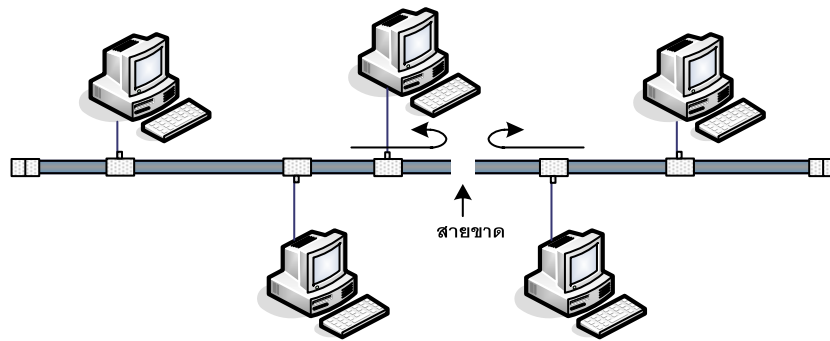
ปัจจัยที่ทำให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายลดลงนั้นไม่ใช่เฉพาะจำนวนคอมพิวเตอร์อย่างเดียว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายได้ อาทิ ประสิทธิภาพของฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ในเครือข่าย จำนวนของโปรแกรมที่กำลังทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ชนิดของโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้ในเครือข่าย ประสิทธิภาพของสื่อกลางการส่ง และระยะห่างระหว่างคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย เป็นต้น

7.3.1.2 การสะท้อนกลับของสัญญาณ เนื่องจากข้อมูลที่ส่งไปในเครือข่ายอยู่ในรูปของสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ สัญญาณนี้จะเดินทางจากปลายข้างหนึ่งไปยังปลายอีกข้างหนึ่งของสื่อกลางการส่ง ถ้าไม่มีการกำจัดสัญญาณนั้นมันก็จะสะท้อนกลับไปที่ปลายมาบนสื่อกลางการส่ง ซึ่งอาจทำให้เครื่องอื่น ๆ ไม่สามารถส่งข้อมูลได้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการหยุดการสะท้อนกลับไปที่ปลายของสัญญาณหลังจากข้อมูลได้ส่งถึงที่หมายเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เป็นหน้าที่ของอุปกรณ์เทอร์มินเตอร์ ในการดูดซับสัญญาณเพื่อไม่ให้สะท้อนกลับ และจะถูกติดตั้งไว้ที่ปลายสายส่งทั้ง 2 ด้านของบัส การดูดซับสัญญาณนี้จะทำให้สายสัญญาณว่าง พร้อมสำหรับการส่งข้อมูลชุดใหม่ ปลายทั้งสองข้างของสายสัญญาณจะต้องเสียบเข้ากับแผ่นวงจรประสานเครือข่ายหรือไม่ก็ตัวเชื่อมต่อที่ใช้ในการเชื่อมต่อสายสัญญาณเพื่อให้ได้ระยะยาวขึ้น ปลายที่ไม่ได้เสียบเข้ากับอุปกรณ์ใด ๆ จะต้องต่อเข้ากับเทอร์มินเตอร์เพื่อป้องกันการสะท้อนกลับของสัญญาณ

7.3.1.3 การรบกวนการสื่อสารข้อมูลของเครือข่าย เมื่อสายสัญญาณเกิดขาด ณ จุดใดจุดหนึ่ง ดังแสดงการทำงานในรูปที่ 7.3 หรือมีการถอดตัวเชื่อมต่อสายออกจากเครื่องคอมพิวเตอร์ จะทำให้สายสัญญาณ ณ จุดนั้นไม่มีการดูดซับสัญญาณ เป็นเหตุให้สัญญาณสะท้อนกลับ และสัญญาณดังกล่าวจะไปรบกวนสัญญาณเดิม ทำให้ข้อมูลนั้นเสียไป สัญญาณที่สะท้อนกลับไปที่ปลายนั้นเองเป็นตัวการทำให้สายสื่อสารไม่ว่าง ทำให้แต่ละเครื่องไม่สามารถส่ง



ข้อมูลใหม่ได้ เป็นผลให้ทุกเครื่องในเครือข่ายไม่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้อีกต่อไป ในระบบการสื่อสารข้อมูลนิยมเรียกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้ว่าเครือข่ายล่ม

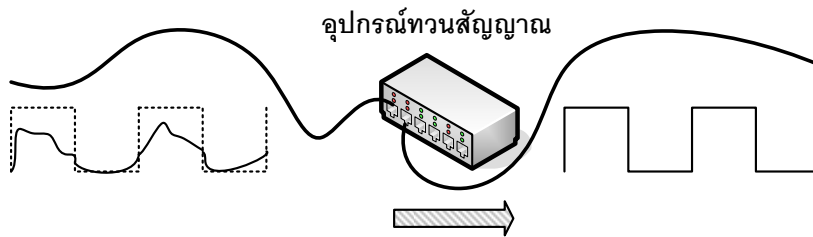


รูปที่ 7.3 ผลกระทบเมื่อสายสัญญาณขาด

7.3.1.4 ความสามารถในการขยายเครือข่าย เมื่อต้องการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ใหม่เข้ากับเครือข่าย จำเป็นต้องใช้สายสัญญาณที่ยาวขึ้น สายสัญญาณที่ใช้ในโทโพโลยีแบบบัสนี้สามารถต่อให้ยาวขึ้นได้ 2 วิธีต่อไปนี้

(1) ใช้หัวเชื่อมต่อ (barrel connector) เชื่อมสายสัญญาณสองเส้นซึ่งจะทำให้สายสัญญาณยาวขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้หัวเชื่อมต่อนี้จะลดกำลังของสัญญาณ ฉะนั้นควรหลีกเลี่ยงการใช้หัวเชื่อมต่อให้มากที่สุด การใช้สายสัญญาณที่ยาวเส้นเดียวจะดีกว่าการใช้สายสัญญาณหลาย ๆ เส้นเชื่อมต่อกันให้ยาวขึ้น การใช้หัวเชื่อมต่อหลายที่จะอาจทำให้สัญญาณลดทอนลงไปได้ ซึ่งอาจมีผลทำให้ได้รับข้อมูลไม่ถูกต้อง

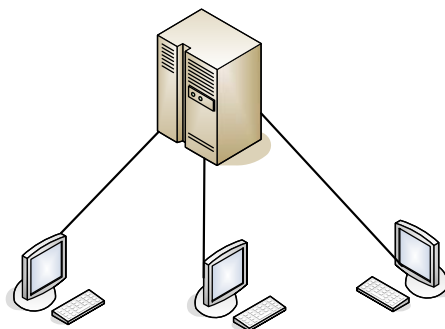
(2) ใช้อุปกรณ์ทวนสัญญาณ อุปกรณ์ประเภทนี้ใช้ในการเชื่อมต่อสายสัญญาณให้ได้ระยะการส่งไกลขึ้น และในขณะเดียวกันก็เพิ่มกำลังให้กับสัญญาณด้วย ดังรูปที่ 7.4 แสดงการใช้อุปกรณ์ทวนสัญญาณในการทวนสัญญาณ การใช้อุปกรณ์ทวนสัญญาณจะดีกว่าการใช้หัวเชื่อมต่อหรือสายที่ยาว เนื่องจากอุปกรณ์ทวนสัญญาณจะทำการทวนสัญญาณออกไปใหม่ จึงมีผลทำให้สัญญาณเหมือนกับต้นฉบับที่เพิ่งทำการเริ่มส่ง อันมีผลทำให้สัญญาณเดินทางไปได้ไกลยิ่งขึ้น



รูปที่ 7.4 การใช้อุปกรณ์ทวนสัญญาณเชื่อมต่อสายเพื่อเพิ่มระยะ

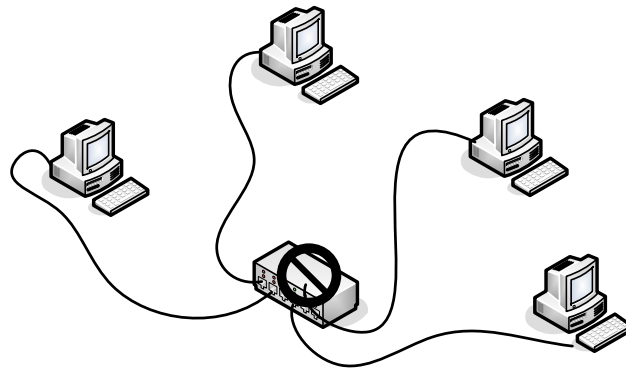
### 7.3.2 โทโพโลยีแบบดาว

โทโพโลยีแบบดาว (star topology) เป็นการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องด้วยสายสัญญาณ เข้ากับอุปกรณ์รวมศูนย์ที่เรียกว่าฮับ (hub) หรือสวิตช์ ดังรูปที่ 7.5 สำหรับการเชื่อมต่อแบบนี้ เมื่อคอมพิวเตอร์เครื่องใดจะส่งข้อมูลก็จะส่งไปที่ฮับก่อน แล้วฮับจะทำหน้าที่กระจายสัญญาณข้อมูลไปยังทุกเครื่องที่เชื่อมต่อด้วย นอกจากนี้การเชื่อมต่อแบบดาวยังถูกใช้ในสมัยแรก ๆ ของระบบเครือข่าย โดยการเชื่อมต่อเครื่องลูกข่ายหรือเทอร์มินัลที่ไม่มีหน่วยความจำและหน่วยประมวลผลกับเครื่องแม่ข่ายเมนเฟรม เพื่อให้ทรัพยากรและรอรับผลลัพธ์ของการประมวลผลจากศูนย์กลาง



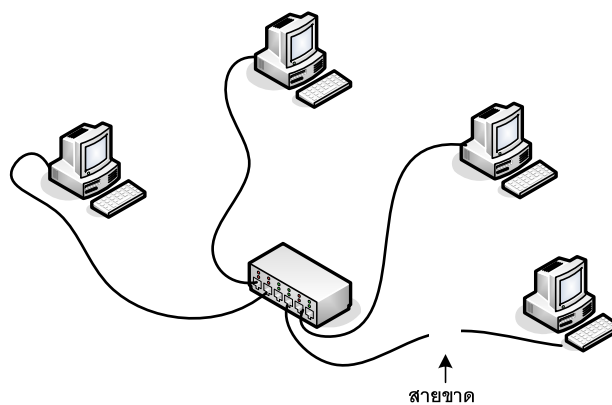
รูปที่ 7.5 โทโพโลยีแบบดาวของเครื่องเมนเฟรม

การเชื่อมต่อแบบนี้มีข้อดีคือ เป็นการรวมศูนย์เพื่อการบริหารทรัพยากร อย่างไรก็ตาม การเชื่อมต่อแบบนี้จะสิ้นเปลืองสายสัญญาณมาก เนื่องจากทุกเครื่องต้องใช้สายสัญญาณเชื่อมต่อเข้ากับฮับ และถ้าหากอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางรับส่งข้อมูลหยุดทำงาน ระบบเครือข่ายก็จะล่มทันที ดังแสดงในรูปที่ 7.6



รูปที่ 7.6 อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของโทโพโลยีแบบดาวชั่วคราว

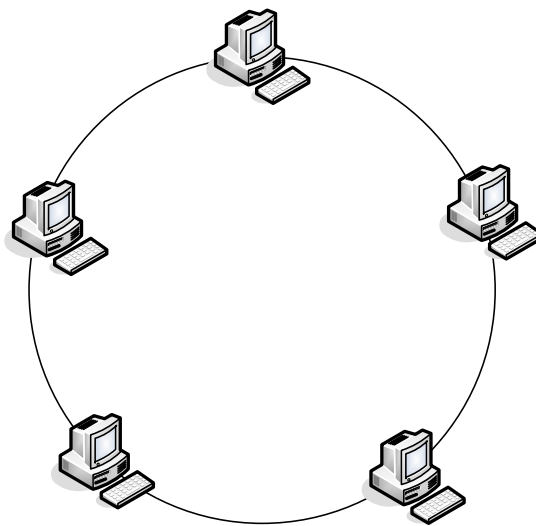
ข้อดีอีกอย่างของโทโพโลยีแบบดาวคือ ถ้าสายสัญญาณขาด การติดต่อสื่อสารจะใช้งานไม่ได้เฉพาะเครื่องที่สายสัญญาณขาดเท่านั้น ส่วนเครื่องอื่น ๆ ยังใช้เครือข่ายได้ตามปกติ เนื่องจากฮับจะทำหน้าที่เป็นตัวสิ้นสุดสัญญาณโดยอัตโนมัติเมื่อสายขาด ดังรูปที่ 7.7 ข้อดีอีกข้อหนึ่งคือ การตรวจสอบจุดที่สัญญาณขาดทำได้ง่าย สามารถสังเกตจากสถานะของดวงไฟที่บอกละการะการทำงานของฮับได้ หากจุดเชื่อมต่อใดเสียหายสถานะดวงไฟที่ติดต่อยังจุดนั้นจะดับ ด้วยความสามารถในการยืดหยุ่นดังกล่าว เป็นผลให้การเชื่อมต่อแบบนี้เป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน เครือข่ายอีเทอร์เน็ตซึ่งเป็นมาตรฐานเครือข่ายท้องถิ่นก็นิยมใช้ โทโพโลยีแบบดาว แต่วงจรตรรกะภายในของอุปกรณ์กระจายสัญญาณ อาทิ ฮับหรือสวิตช์ยังเป็นแบบต่อกันไปเรื่อย ๆ เหมือนโทโพโลยีแบบบัสอยู่



รูปที่ 7.7 สายสัญญาณขาดเฉพาะเครื่องภายใต้โทโพโลยีแบบดาว

### 7.3.3 โทโพโลยีแบบวงแหวน

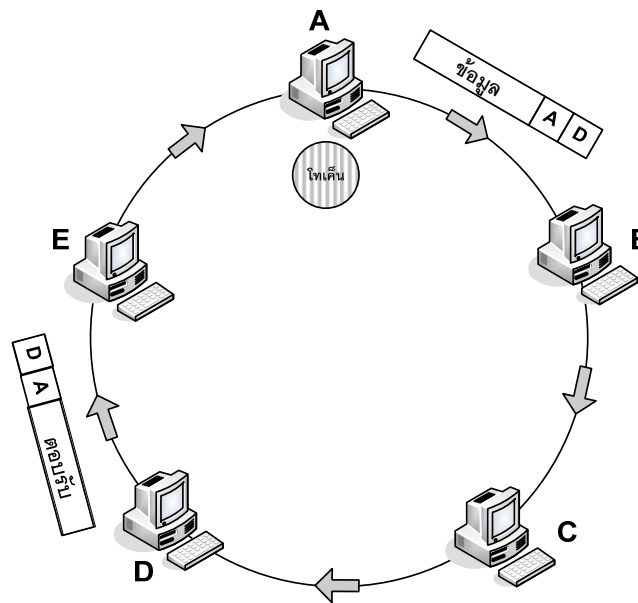
โทโพโลยีแบบวงแหวน (ring topology) จะใช้สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เป็นห่วงหรือวงแหวน การเชื่อมต่อแบบนี้สัญญาณจะเดินทางเป็นวงกลมในทิศทางเดียวกัน และจะวิ่งผ่านคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง แล้วส่งผ่านไปเครื่องถัดไป ดังรูปที่ 7.8 เป็นการเชื่อมต่อแบบโทโพโลยีวงแหวนของคอมพิวเตอร์ 5 เครื่อง ถ้าคอมพิวเตอร์เครื่องใดเครื่องหนึ่งหยุดทำงานก็จะทำให้ระบบเครือข่ายล่ม เนื่องจากข้อมูลจะเดินทางไปไม่ถึงจุดที่ให้กำเนิด เพื่อทำการดูซับสัญญาณทิ้ง ดังนั้นจะเกิดสัญญาณสะท้อนในสายสัญญาณในปริมาณสูง จนทำให้ไม่สามารถส่งผ่านข้อมูลใหม่ลงไปได้



รูปที่ 7.8 โทโพโลยีแบบวงแหวน

วิธีที่จะส่งข้อมูลในโทโพโลยีแบบวงแหวนเรียกว่าการส่งต่อโทเค้น (token passing) โทเค้นเป็นข้อมูลพิเศษที่ส่งผ่านในเครือข่ายแบบวงแหวน แต่ละเครือข่ายจะมีเพียงโทเค้นเดียวเท่านั้น โทเค้นนี้จะส่งต่อกันไปเรื่อย ๆ สำหรับเครื่องที่ต้องการส่งข้อมูลเมื่อได้รับโทเค้นแล้วก็มีสิทธิที่จะส่งข้อมูล การส่งข้อมูลก็ทำได้โดยใส่ที่อยู่ของเครื่องรับไว้ในข้อมูลแล้วส่งต่อกันไป เมื่อข้อมูลมาถึงเครื่องปลายทาง หรือเครื่องที่มีตำแหน่งที่อยู่ตรงกับที่ระบุในเฟรมข้อมูลเครื่องนั้นก็จะนำข้อมูลไปประมวลผล และส่งเฟรมข้อมูลตอบกลับไปยังเครื่องส่ง เพื่อบอกให้ทราบ

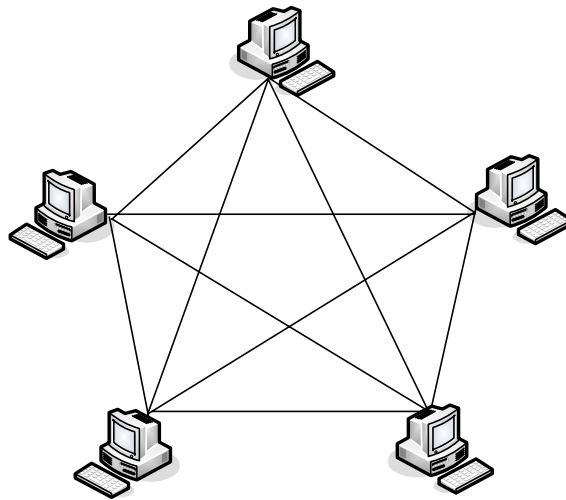
ว่าได้รับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว เมื่อเครื่องส่งได้รับการตอบรับแล้ว ก็จะส่งผ่านโทเค็นต่อไปยังเครื่องถัดไป เพื่อเครื่องอื่นจะได้มีโอกาสส่งข้อมูลบ้าง รูปที่ 7.9 แสดงการส่งข้อมูลจากเครื่อง A ไปยังเครื่อง D



รูปที่ 7.9 การส่งข้อมูลในโทเค็นริง

### 7.3.4 โทโพโลยีแบบตาข่าย

โทโพโลยีตาข่าย (mesh topology) คือการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์แบบสมมาตร และมีความสลับซับซ้อน กล่าวคือ คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องในเครือข่ายจะเชื่อมต่อถึงกันหมดโดยใช้สายสัญญาณเชื่อมต่อทุกจุดที่ตนเองติดต่อด้วย วิธีการนี้จะเป็นการสำรวจเส้นทางเดินของข้อมูลไปในตัว ถ้าสายสัญญาณเส้นใดเส้นหนึ่งเกิดขาด จะยังมีเส้นทางอื่นที่สามารถส่งข้อมูลได้ นอกจากนี้ยังเป็นระบบที่มีความน่าเชื่อถือสูง แต่มีข้อเสียคือเครือข่ายแบบนี้จะใช้สายสัญญาณจำนวนมาก ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบก็เพิ่มขึ้น การดูแลรักษาและการตรวจสอบความเสียหายของสายสัญญาณจะมีความยุ่งยาก อุปกรณ์ที่ติดตั้งที่ไหนทุกไหนจะเพิ่มขึ้นตามจุดที่อุปกรณ์ต่อเชื่อมด้วย แสดงการเชื่อมต่อแบบตาข่ายที่มีโหนดเชื่อมต่อกัน 5 โหนด สังเกตได้มีเส้นเชื่อมต่อไปยังจุดต่าง ๆ ทุกจุดเท่ากับ  $n-1$  ในที่นี้  $n=5$  ดังนั้นจุดเชื่อมเท่ากับ 4 จุด ดังรูปที่ 7.10



รูปที่ 7.10 โทโพโลยีแบบตาข่าย

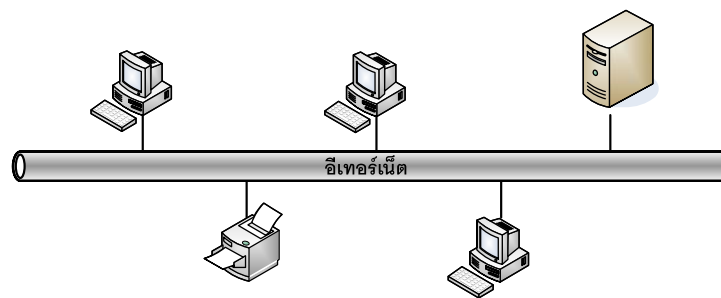
ในการเชื่อมต่อทางปฏิบัติ พบว่าการเชื่อมต่อแบบตาข่ายนั้นมีการใช้งานน้อยมาก เนื่องจากข้อเสียด้านการเชื่อมต่อที่ต้องเชื่อมกันหลายจุด แต่เนื่องจากยังมีข้อดีของการเชื่อมต่อแบบตาข่ายคือ การมีเส้นทางสำรองข้อมูล ต่อมาจึงได้มีการประยุกต์ใช้การเชื่อมต่อแบบตาข่าย เป็นการต่อแบบสมบูรณ์บางส่วน เรียกว่าเป็นการเชื่อมต่อแบบตาข่ายที่ไม่สมบูรณ์ กล่าวคือจะเชื่อมต่อเฉพาะจุดที่เป็นเส้นทางหลักที่จำเป็นหรือสำคัญ ที่เรียกว่าเส้นทางแกนหลักของเครือข่ายเท่านั้น

## 7.4 เทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่น

เทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่นเป็นการพิจารณาองค์ประกอบของโปรโตคอลที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล สายสัญญาณที่ใช้ และอุปกรณ์เครือข่ายที่จำเป็น แตกต่างจากโทโพโลยีที่เลือกพิจารณาเฉพาะลักษณะการเชื่อมต่อเพียงอย่างเดียว เนื่องจากเทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่น เป็นการเชื่อมต่อเครือข่ายในบริเวณจำกัด ดังนั้นธรรมชาติของเครือข่ายจึงต้องการความเร็วและความมีเสถียรภาพสูง นับจากอดีตมีเทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่นที่ถูกสร้างมาหลายแบบ บางเทคโนโลยีเป็นที่นิยมในปัจจุบัน บางเทคโนโลยีกำลังล้าสมัย บางเทคโนโลยีก็เลิกใช้ไปแล้ว เทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่นที่สำคัญ เช่น อีเทอร์เน็ต โทเคนริง เอฟดีดีไอ และเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย เป็นต้น

### 7.4.1 อีเทอร์เน็ต

อีเทอร์เน็ตเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายที่เป็นฐานหลักของเทคโนโลยีสารสนเทศ เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายแบบท้องถิ่นที่ได้รับความนิยมและใช้กันแพร่หลายที่สุด อีเทอร์เน็ตมีการใช้งานมากกว่า 30 ปี การเชื่อมต่อเริ่มต้นจากใช้โทโพโลยีแบบบัส ดังรูปที่ 7.11 (Spurgeon, 2005) และได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จากอัตราเร็วในการส่งข้อมูล 10 เมกะบิตต่อวินาที มีการพัฒนาจนมีความเร็วได้ถึง 10,000 เมกะบิตต่อวินาทีในปัจจุบัน ด้วยเหตุนี้ จึงเป็นการยากที่จะมีเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาแทนที่ได้ อีเทอร์เน็ตถูกพัฒนาและปรับปรุงภายใต้ความดูแลและรับผิดชอบของไอทริฟเฟิลอี สิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในการพัฒนา คือ การเพิ่มความเร็วในการรับส่งข้อมูลหรือการเพิ่มแบนด์วิธให้สูงขึ้น



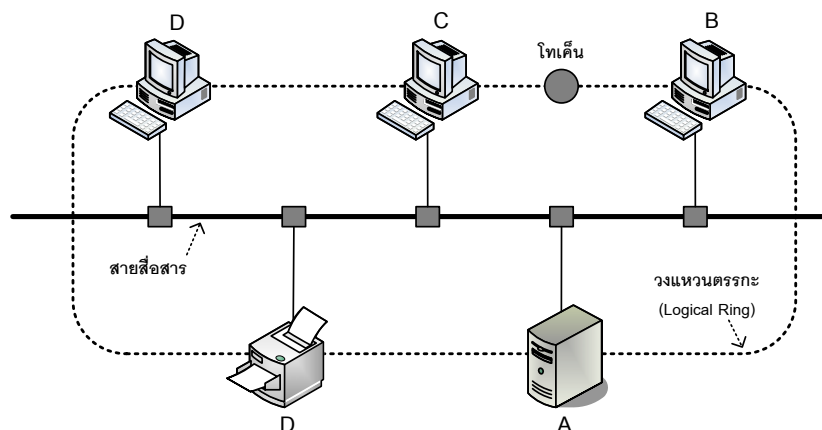
รูปที่ 7.11 โทโพโลยีแบบบัสของเครือข่ายอีเทอร์เน็ต

ความเกี่ยวข้องของเครือข่ายอีเทอร์เน็ตกับโปรโตคอลซีเอสเอ็มเอ/ซีดี เกิดจากอีเทอร์เน็ต จะใช้โปรโตคอลซีเอสเอ็มเอ/ซีดี ในการเข้าถึงสื่อกลางในการรับส่งข้อมูล แต่ในปัจจุบันอีเทอร์เน็ตได้มีการปรับปรุงเทคโนโลยี เช่น อีเทอร์เน็ตความเร็วสูง (fast ethernet) มีการพัฒนาโปรโตคอลในชั้นฟิสิคัลใหม่ และมีการปรับเปลี่ยนกลไกในการเข้าใช้สื่อกลาง สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการปรับให้มีการรับส่งข้อมูลแบบสื่อสารสองทางเต็มอัตรา ซึ่งการรับส่งข้อมูลแบบนี้จะใช้สายคู่บิดเกลียวหนึ่งคู่ในการส่งข้อมูล และอีกหนึ่งคู่ในการรับข้อมูล เมื่อใช้ผสมกับเทคโนโลยีสลับเส้นทางของอุปกรณ์สวิตช์ สามารถกำจัดการปัญหาในการเข้าใช้สื่อกลางได้ ไม่จำเป็นต้องใช้สื่อกลางการส่งสัญญาณพร้อม ๆ กัน อุปกรณ์สวิตช์สามารถรับส่งข้อมูลได้ในอัตราที่สูงขึ้น ประสิทธิภาพของเครือข่ายจึงถูกตัดสินด้วยสายสัญญาณที่ใช้มากกว่าการทำงานจากโปรโตคอลซีเอสเอ็มเอ/ซีดี

เมื่อกล่าวถึงอีเทอร์เน็ต จะหมายถึงอีเทอร์เน็ตแบบดั้งเดิมที่มีความเร็วที่ 10 เมกะบิตต่อวินาที ส่วนคำว่าอีเทอร์เน็ตความเร็วสูงหรือฟาสต์อีเทอร์เน็ตจะหมายถึงอีเทอร์เน็ตที่มีความเร็ว 100 เมกะบิตต่อวินาที กิกะบิตอีเทอร์เน็ต (gigabit ethernet) จะหมายถึงอีเทอร์เน็ตที่มีความเร็วที่ 1,000 เมกะบิตต่อวินาที หรือ 1 กิกะบิตต่อวินาที และเห็นกิกะบิตอีเทอร์เน็ต (10 gigabit ethernet) นั้นจะหมายถึง อีเทอร์เน็ตที่ความเร็ว 10 กิกะบิตต่อวินาที หรือบางทีก็เรียกว่า 10 GbE ก็ได้เช่นกัน รายละเอียดเรื่องเครือข่ายอีเทอร์เน็ต จะได้ศึกษาอย่างละเอียดในบทที่ 8 ต่อไป

#### 7.4.2 โทเค็นริง

โทเค็นริงเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายที่พัฒนาโดยบริษัทไอบีเอ็มในช่วงทศวรรษที่ 1980 (Walrand, 1991, p.220) ปัจจุบันยังคงเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่นหลักของบริษัทไอบีเอ็ม และเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายที่ได้รับความนิยมรองจากอีเทอร์เน็ต ในยุคแรก หลังจากที่บริษัทไอบีเอ็มพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าวแล้ว ไอทริฟเฟิลลีได้นำเทคโนโลยีนี้มาเป็นแม่แบบในการพัฒนามาตรฐานไอทริฟเฟิลลี 802.5 ซึ่งเป็นเครือข่ายที่คล้ายกับโทเค็นริงของบริษัทไอบีเอ็ม อย่างไรก็ตามในปัจจุบัน คำว่าโทเค็นริง จะหมายถึงทั้งโทเค็นริงของบริษัทไอบีเอ็มและโทเค็นริงตามมาตรฐานไอทริฟเฟิลลี 802.5 ลักษณะการเชื่อมต่อเครือข่ายโทเค็นริง จะดูจากการส่งผ่านข้อมูลแบบวนซ้ำเป็นวงแหวน ไม่ว่าจะเป็นวงแหวนนั้นจะมีลักษณะเป็นวงแหวนทางกายภาพหรือวงแหวนตรรกะ ดังแสดงในรูปที่ 7.12



รูปที่ 7.12 เครือข่ายโทเค็นริงในวงแหวนตรรกะ



ถึงแม้ว่ามาตรฐานโทเคนริงของบริษัทไอบีเอ็มและไอทริฟเฟิลอี 802.5 จะเหมือนกันเกือบทั้งหมด แต่ก็มีบางข้อกำหนดที่แตกต่างกัน อาทิ โทเคนริงของไอบีเอ็มจะมีข้อกำหนดเกี่ยวกับ โทโฟโลยีว่าเป็นแบบดาว ซึ่งจะมีอุปกรณ์ศูนย์กลางที่เรียกว่าหน่วยเข้าถึงหลายสถานี (Multi Station Access Unit: MSAU) ส่วนมาตรฐานไอทริฟเฟิลอี 802.5 ไม่ได้กำหนดโทโฟโลยี แต่เมื่อสร้างจริง ๆ มักจะใช้โทโฟโลยีแบบดาว ข้อแตกต่างอื่น ๆ ที่พบได้คือ ประเภทสายสัญญาณที่ใช้ มาตรฐานของไอบีเอ็มจะกำหนดให้ใช้สายคู่บิดเกลียว ส่วนไอทริฟเฟิลอี 802.5 ไม่ได้กำหนดประเภทของสายสัญญาณที่ใช้ ข้อเปรียบเทียบระหว่างมาตรฐานโทเคนริงของไอบีเอ็มและไอทริฟเฟิลอี 802.5 แสดงดังตารางที่ 7.1

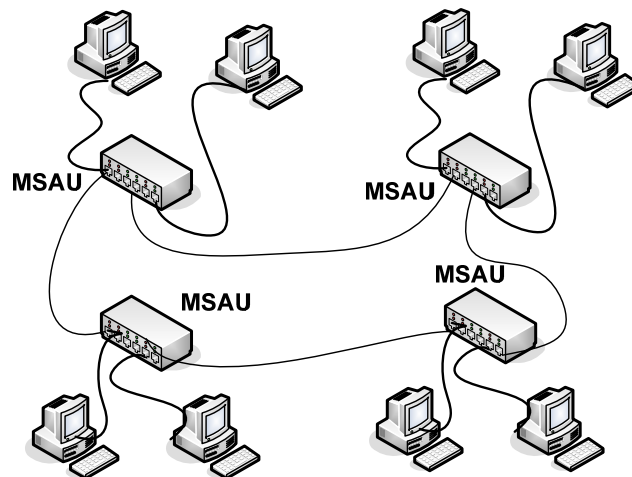
ตารางที่ 7.1 การเปรียบเทียบระหว่างมาตรฐานโทเคนริงของไอบีเอ็มและไอทริฟเฟิลอี 802.5

|                 | ของไอบีเอ็ม                | ของไอทริฟเฟิลอี 802.5      |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|
| อัตราข้อมูล     | 4 หรือ 16 Mbps             | 4 หรือ 16 Mbps             |
| จำนวนสถานี      | 260                        | 250                        |
| โทโฟโลยี        | แบบดาว                     | ไม่กำหนด                   |
| สายสัญญาณ       | สายคู่เกลียวบิด            | ไม่กำหนด                   |
| การส่งสัญญาณ    | เบสแบนด์                   | เบสแบนด์                   |
| วิธีเข้าถึงสื่อ | การส่งต่อโทเคน             | การส่งต่อโทเคน             |
| การเข้ารหัส     | ดิฟเฟอเรนเชียล แมนเชสเตอร์ | ดิฟเฟอเรนเชียล แมนเชสเตอร์ |

จากตารางที่ 7.1 ข้อแตกต่างข้อหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ จำนวนสถานีที่เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่าย มาตรฐานของไอบีเอ็มกำหนดให้ไม่เกิน 260 สถานี กรณีใช้สายคู่บิดเกลียว ส่วนมาตรฐานของไอทริฟเฟิลอี 802.5 กำหนดให้มีสถานีเชื่อมต่อได้ไม่เกิน 250 สถานี เครือข่ายโทเคนริงมีข้อกำหนดดังต่อไปนี้

7.4.2.1 รูปแบบการเชื่อมต่อของโทเคนริง ทุกสถานีจะเชื่อมต่อโดยตรงกับเอ็มเอสเอยู หรือโทเคนริงฮับภายใต้โทโฟโลยีแบบดาว ในเครือข่ายใด ๆ อาจมีฮับมากกว่าหนึ่งก็ได้ ซึ่งถ้ามีมากกว่าหนึ่งฮับขึ้นไป การพ่วงต่อฮับต้องเป็นรูปแบบวงแหวนด้วย ดังแสดงในรูปที่ 7.13 ที่

แสดงถึงการเชื่อมต่อของโทเค็นริง จากรูปคอมพิวเตอร์จะเชื่อมต่อโดยตรงเข้ากับฮับ แต่ละฮับจะมีสายสัญญาณเชื่อมต่อไปยังฮับที่อยู่ติดกันทำให้การเชื่อมต่อเป็นวงแหวน



รูปที่ 7.13 ลักษณะการเชื่อมต่อฮับของโทเค็นริง

7.4.2.2 เทคนิคการส่งข้อมูลในเครือข่ายโทเค็นริงจะเรียกว่าการส่งต่อโทเค็น ซึ่งจะเป็นเทคนิคเดียวกันกับที่ใช้ในเครือข่าย เอฟดีดีไอ ซึ่งจะได้กล่าวถึงในภายหลัง เครือข่ายโทเค็นริงจะส่งเฟรมข้อมูลที่เรียกว่าโทเค็น โดยส่งต่อ ๆ กันเป็นวงกลม สถานีที่ได้รับโทเค็นเท่านั้นถึงจะมีสิทธิที่จะส่งข้อมูลไปในเครือข่าย ถ้าสถานีใดที่ได้รับโทเค็นแล้วแต่ไม่มีข้อมูลที่จะส่ง ต้องส่งโทเค็นต่อไปยังสถานีถัดไป แต่ละสถานีที่ส่งข้อมูลจะมีเวลาจำกัดในการส่งข้อมูล

ถ้าสถานีได้รับโทเค็นและมีข้อมูลที่จะส่ง สถานีนั้นจะทำการปรับเปลี่ยนเฟรมโทเค็นเป็นเฟรมข้อมูล แล้วส่งเฟรมข้อมูลนี้ไปยังสถานีถัดไป จนกระทั่งเฟรมนี้เดินทางมาถึงสถานีปลายทาง เฟรมข้อมูลก็จะถูกคัดลอกไว้และใส่ข้อมูลเพิ่มลงไปในเฟรมเพื่อแจ้งให้สถานีปลายทาง ได้รับเฟรมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นก็จะส่งเฟรมต่อ ๆ กันไปเรื่อย ๆ จนเฟรมข้อมูลกลับมาที่สถานีส่ง สถานีส่งก็จะทำการตรวจสอบข้อมูลสถานีปลายทางได้รับเฟรมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ในขณะที่เฟรมข้อมูลกำลังเดินทางวนอยู่ในเครือข่าย จะไม่มีโทเค็นไหลเวียนอยู่ในเครือข่าย เฟรมโทเค็นจะถูกส่งต่อไปเมื่อการส่งข้อมูลสิ้นสุด หรือเวลาที่กำหนดให้ส่งข้อมูลได้หมดลง

เทคนิคการส่งข้อมูลแบบนี้จะป้องกันการชนกันของข้อมูลเหมือนกับที่เกิดขึ้นในเครือข่ายอีเทอร์เน็ต เนื่องจากมีสถานีเดียวเท่านั้นที่สามารถส่งข้อมูลได้ในเวลาใดเวลาหนึ่ง ทำให้ไม่เกิดการเกิดการชนกันของข้อมูล คุณสมบัติเฉพาะตัวอีกอย่างหนึ่งของเครือข่ายแบบโทเค็นคือ เครือข่ายจะเป็นดีเทอร์มินิสติก (deterministic) หมายความว่าสามารถคำนวณช่วงเวลาก่อนที่แต่ละสถานีจะทำการส่งเฟรมข้อมูลได้

7.4.2.3 ระบบการจัดลำดับความสำคัญ เครือข่ายแบบโทเค็นริงนั้นสามารถจัดลำดับความสำคัญให้กับผู้ใช้ หรือสถานีที่มีความสำคัญให้มีสิทธิในการส่งข้อมูลได้มากกว่า ในเฟรมของโทเค็นริงจะมีฟิลด์ที่ควบคุมสิทธิพิเศษนี้คือ ฟิลด์ลำดับความสำคัญ โดยจะทำการจองเฉพาะสถานีที่มีสิทธิพิเศษมากกว่าหรือเท่ากับสิทธิที่กำหนดอยู่ในเฟรมโทเค็นเท่านั้นจึงจะมีสิทธิครอบครองโทเค็นนั้นได้ เมื่อโทเค็นถูกยึดโดยสถานีใดสถานีหนึ่งแล้ว จะทำการเปลี่ยนเป็นเฟรมข้อมูล สถานีที่มีสิทธิสูงกว่าสถานีนั้นเท่านั้นที่สามารถจองโทเค็นเพื่อทำการส่งในครั้งต่อไปได้ เมื่อสถานีนั้นส่งเฟรมข้อมูลเสร็จและทำการส่งเฟรมโทเค็นออกไป โทเค็นนั้นจะถูกกำหนดให้มีค่าสิทธิเท่ากับสถานีที่จองโทเค็นไว้ สถานีใดที่ทำการเพิ่มค่าสิทธิของเฟรมจะต้องลดค่าสิทธิของเฟรมด้วย

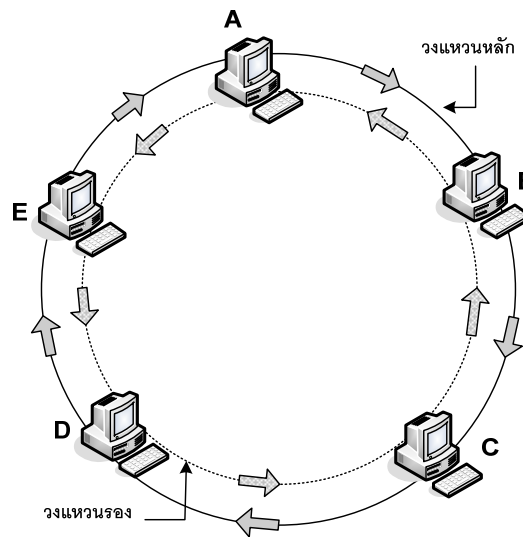
7.4.2.4 กลไกการจัดการข้อผิดพลาด เครือข่ายโทเค็นริงมีกลไกหลายอย่างที่ใช้ในการจัดการเกี่ยวกับข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในเครือข่าย ลักษณะของกลไกในการจัดการเกี่ยวกับข้อผิดพลาดคือ หากมีสถานีใดสถานีหนึ่งในเครือข่ายจะถูกเลือกให้เป็นแอ็กทีฟมอนิเตอร์ (active monitor) โดยเป็นสถานีที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการจัดการข้อมูลเกี่ยวกับวันเวลา (timing information) และทำหน้าที่ดูแลโทเค็น เช่น การกำจัดเฟรมที่หมุนเวียนในเครือข่ายโดยไม่มีที่สิ้นสุดออกไป ไม่เช่นนั้นอาจทำให้สถานีอื่นไม่สามารถส่งข้อมูลได้ รวมไปถึงอาจเป็นสาเหตุทำให้เครือข่ายล่มได้ การที่เฟรมหมุนเวียนสะท้อนอยู่ในเครือข่าย อาจเกิดจากการที่สถานีส่งเฟรมนั้นหยุดทำงาน หรือสายเชื่อมต่อขาด หลังจากนำเอาเฟรมดังกล่าวออกไปหรือทำการดูดซับทิ้งไปแล้ว แอ็กทีฟมอนิเตอร์ก็จะสร้างโทเค็นใหม่ขึ้นมาทันที การดำเนินการรับส่งข้อมูลในเครือข่ายจะสามารถดำเนินต่อไปได้

โทเค็นริงของไอพีเอ็ม เป็นโทโพลยีแบบดาวและมีเอ็มเอสเอสอยู่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลาง จะเป็นการช่วยเพิ่มความเชื่อถือของเครือข่ายได้ โดยทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะต่าง ๆ และจะตัดการเชื่อมต่อกับสถานะที่มีปัญหาโดยอัตโนมัติ นอกจากนี้ยังมีอีกหน้าที่หนึ่งของโทเค็นริงเรียกว่าบีคอนนิ่ง (beaconing) กลไกนี้จะทำหน้าที่ตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นในเครือข่ายและพยายามที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว ตัวอย่างเช่น กรณีที่สายสัญญาณเกิดชำรุด มันจะส่งเฟรมบีคอน (beacon frame) ซึ่งเป็นตัวกำหนดโดเมนที่ล้ม (failure domain) โดเมนนี้จะประกอบด้วยสถานะที่รายงานสถานะที่อยู่ข้างเคียงที่ใกล้ที่สุด (Nearest Active Upstream Neighbor: NAUN) และอุปกรณ์ทุกอย่างที่อยู่ระหว่างสองสถานะ หลังจากนั้นก็จะเริ่มกระบวนการกำหนดโครงสร้างเครือข่ายใหม่อัตโนมัติ (auto configuration) ซึ่งแต่ละสถานะจะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและพยายามที่จะกำหนดโครงสร้างเครือข่ายใหม่โดยใช้เอ็มเอสเอสอยู่

#### 7.4.3 เอฟดีดีไอ

เอฟดีดีไอเป็นเครือข่ายแบบส่งผ่านโทเค็นมีแบนด์วิธที่ 100 เมกะบิตต่อวินาทีต่อได้ระยะทางไกล 200 กิโลเมตร และมีสถานะได้ถึง 1,000 สถานะ โดยใช้สายใยเส้นนำแสงต่อสถานะเป็นวงแหวนสองวง ส่วนใหญ่จะใช้เป็นแกนหลักของเครือข่ายเนื่องจากมีแบนด์วิธที่สูง และสามารถเชื่อมต่อสถานะได้ระยะทางไกลกว่าสายทองแดงมาก ในทางปฏิบัตินิยมใช้เทคโนโลยีเอฟดีดีไอสำหรับเส้นทางที่เป็นแกนหลักของเครือข่าย ล่าสุดได้มีการพัฒนาเครือข่ายแบบซีดีดีไอ (Copper Distribution Data Interface: CDDI) โดยใช้สายคู่บิดเกลียวแทนสายใยเส้นนำแสงแต่ยังคงใช้โปรโตคอลของเอฟดีดีไอ

เอฟดีดีไอใช้สายสัญญาณเชื่อมต่อสถานะเป็นวงแหวนสองวง โดยทิศทางการไหลของข้อมูลในวงแหวนทั้งสองวงจะตรงกันข้ามกัน วงแหวนวงหนึ่งจะทำหน้าที่เป็นเส้นทางหลักเรียกว่าวงแหวนหลัก (primary ring) ในการรับส่งข้อมูล ส่วนวงที่สองจะเป็นเส้นทางสำรองเรียกว่าวงแหวนรอง (secondary ring) ดังรูปที่ 7.14 การที่ออกแบบเอฟดีดีไอให้เป็นแบบนี้ก็เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและความแข็งแกร่งให้กับเครือข่าย



รูปที่ 7.14 แสดงลักษณะของเครือข่ายเอฟดีดีไอ

เอฟดีดีไอพัฒนาโดยแอนซี เมื่อตอนประมาณกลางทศวรรษ 1986 (Walrand, 1991, p.232) ในช่วงนั้นข่ายงานแฟ้มบริการ (client server network) เริ่มใช้แบนด์วิธเครือข่ายมากขึ้น ดังนั้นจึงมีความต้องการที่จะใช้สายสัญญาณประเภทใหม่ เพื่อให้มีขีดความสามารถในการรองรับอัตราข้อมูลได้มากกว่า ในขณะเดียวกันโปรแกรมประยุกต์บางตัวต้องการความน่าเชื่อถือในเครือข่าย และยังมีความต้องการให้ความสำคัญกับคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่สำคัญ จุดประสงค์ของการพัฒนาเอฟดีดีไอเพื่อแก้ปัญหาเหล่านั้นนั่นเอง เมื่อแอนซีพัฒนาเอฟดีดีไอเสร็จได้เสนอมาตรฐานนี้แก่ไอเอสโอเพื่อทำให้เป็นมาตรฐานสากลต่อไป

7.4.3.1 สายสัญญาณของเอฟดีดีไอใช้สายใยเส้นนำแสงเป็นสายสัญญาณหลัก แต่ก็มีมาตรฐานที่ใช้สายคู่บิดเกลียวที่เรียกว่าว่าซีดีดีไอด้วย สายใยเส้นนำแสงจะมีข้อได้เปรียบสายคู่บิดเกลียวอยู่หลายประการ เช่น ความปลอดภัย ความน่าเชื่อถือ และประสิทธิภาพที่เหนือกว่าในการรับส่งข้อมูลด้วยสายสัญญาณโลหะที่ส่งด้วยสัญญาณไฟฟ้า ทั้งนี้เนื่องจากสามารถดูข้อมูลในสายได้เพียงการเชื่อมต่อกับสายนั้น แต่การเชื่อมต่อกับสายใยเส้นนำแสงจะทำได้ยากมาก และข้อมูลที่ส่งในสายใยเส้นนำแสงจะไม่ถูกรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กโดยทั่วไปแล้วสายใยเส้นนำแสงมีประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลดีกว่า และสามารถส่งสัญญาณไปได้ระยะทางไกลกว่าสายคู่บิดเกลียวมาก

7.4.3.2 มาตรฐานเอพดีดีไอ โปรโตคอลส่วนที่เป็นเอพดีดีไอจะอยู่ในชั้น ฟิสิคัลและชั้นดาต้าลิงก์ของแบบจำลองโอเอสไอเท่านั้น เอพดีดีไอจะแบ่งโปรโตคอลออกเป็น 4 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 7.15 ซึ่งเมื่อทำงานร่วมกันทำให้โปรโตคอลที่อยู่เหนือกว่า เช่น โปรโตคอล ทีซีพี/ไอพี สามารถส่งผ่านข้อมูลไปบนสายใยเส้นนำแสงได้ โปรโตคอลย่อย 4 ส่วนของเอพดีดีไอ มีดังต่อไปนี้

(1) แมค (Media Access Control: MAC) ใช้ในการกำหนด เกี่ยวกับการเข้าถึงสื่อกลางการส่งข้อมูล รวมถึงรูปแบบของเฟรมข้อมูล การจัดการเกี่ยวกับโทเค็น ตำแหน่ง วิธีการคำนวณ ค่าตรวจสอบข้อผิดพลาดของข้อมูล และกลไกเกี่ยวกับการกู้คืนข้อมูลเมื่อ พบว่ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น

(2) ฟิสิคัล (Physical Layer Protocol: PHY) ใช้ในการกำหนด เกี่ยวกับการขั้นตอนการเข้ารหัสข้อมูล การเข้ารหัสเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องต้องกันของสัญญาณนาฬิกา และการจัดเฟรมข้อมูล

(3) ฟิเอ็มดี (Physical Medium Dependent: PMD) ใช้ในการ กำหนดเกี่ยวกับคุณสมบัติของสายสัญญาณที่ใช้ ซึ่งรวมถึงคุณสมบัติของสายใยเส้นนำแสงที่ นำมาใช้ ระดับกำลังของสัญญาณ อัตราการเกิดข้อผิดพลาด ส่วนประกอบและการเชื่อมต่อต่าง ๆ ของสายใยเส้นนำแสง และหัวเชื่อมต่อที่ใช้

(4) เอสเอ็มที (Station Management: SMT) ใช้ในการกำหนด เกี่ยวกับการลักษณะการเชื่อมต่อกันของแต่ละสถานี ข้อกำหนดเกี่ยวกับการควบคุมสถานีที่เชื่อมต่อ เข้ากับวงแหวนเช่น การเพิ่มสถานี การนำสถานีออกจากเครือข่าย การแยกจุดเสียและการกู้คืน การกำหนดค่าเกี่ยวกับเวลาและการเก็บค่าสถิติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในวงแหวน

| แบบจำลองโอเอสไอ |             |                  |     |
|-----------------|-------------|------------------|-----|
| 7               | แอปพลิเคชัน |                  |     |
| 6               | พีเรนเตชัน  |                  |     |
| 5               | เซสชัน      |                  |     |
| 4               | ทรานสปอร์ต  |                  |     |
| 3               | เน็ตเวิร์ก  | มาตรฐานเอฟดีดีไอ |     |
| 2               | ดาต้าลิงก์  | MAC              | SMT |
| 1               | ฟิสิคัล     | PHY              |     |
|                 |             | PMD              |     |

รูปที่ 7.15 ชุดโปรโตคอลเอฟดีดีไอ  
ที่มา (Walrand, 1991, p.233)

จุดประสงค์หลักของเอฟดีดีไอก็เหมือนกับอีเทอร์เน็ตและโทเคนริง คือ จะให้บริการกับโปรโตคอลที่อยู่เหนือกว่า เช่น ทีซีพี/ไอพี ในการส่งข้อมูลผ่านอุปกรณ์เครือข่าย และสายสัญญาณ

7.4.3.3 ประเภทของสถานี ลักษณะเฉพาะตัวอย่างหนึ่งของเอฟดีดีไอ คือมีหลายวิธีที่สามารถเชื่อมต่อสถานีเข้ากับเครือข่ายเอฟดีดีไอได้ โดยสามารถแยกของสถานีที่เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

(1) เอสเอเอส (Single Attachment Station: SAS) เป็นสถานีที่เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายวงแหวนเดียว โดยเชื่อมผ่านตัวเชื่อมต่อ หรือคอนเซนเตรเตอร์ (concentrator) ข้อดีของการเชื่อมต่อแบบนี้ก็คือ สถานะของสถานีนี้จะไม่ส่งผลต่อการทำงานของเครือข่าย กล่าวคือไม่ว่าสถานีประเภทนี้จะเสียหรือปิดเครื่องก็จะมีผลอย่างไร หน้าต่าง ๆ จะรับผิดชอบโดยจุดเชื่อมต่อนั่นเอง

(2) ดีเอเอส (Data Attachment Station: DAS) เป็นสถานีประเภทที่เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายทั้งสองวงแหวน ซึ่งจุดเชื่อมต่อทั้งสองจะเรียกว่า พอร์ต A และ B สถานีประเภทนี้จะมีผลต่อการทำงานของเครือข่ายถ้ามีการเปลี่ยนแปลง เช่น การปิดเครื่อง หรือเครื่องหยุดทำงาน

(3) ดีเอซี (Dual Attachment Concentrator: DAC) จะเป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเข้ากับทั้งวงแหวนหลักและสำรอง ทำหน้าที่แทนเอสเอเอสในการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย ทำให้การทำงานของเอสเอเอสไม่มีผลต่อระบบทั้งหมด ดีเอซีจะมีประโยชน์เมื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องเปิดปิดบ่อย ๆ

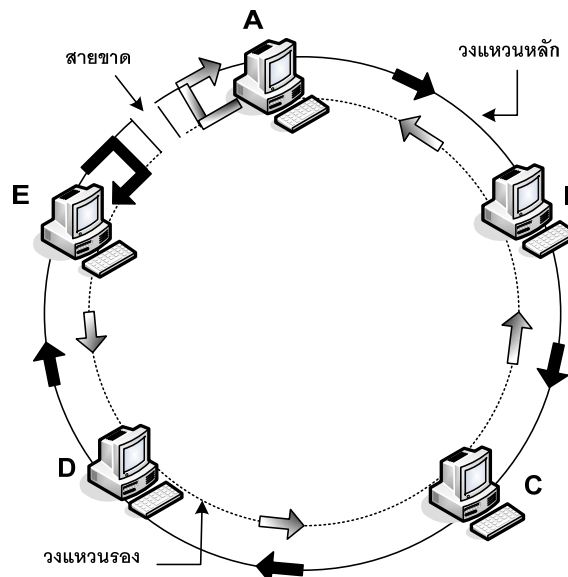
7.4.3.4 กลไกการจัดการข้อผิดพลาด มีการออกแบบเพื่อป้องกันความล้มเหลวของเครือข่าย (fault tolerance) หลายอย่าง เช่น การออกแบบให้เส้นทางส่งข้อมูลเป็นแบบวงแหวนคู่โดยการใช้สวิตช์ทางเบี่ยง (bypass switch) และการเชื่อมต่อเข้ากับดีเอซีเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับเครือข่ายแบบเอฟดีดีไอ

7.4.3.5 เส้นทางข้อมูลแบบวงแหวนคู่ (dual ring) คุณสมบัติที่สำคัญของเอฟดีดีไอคือ การมีเส้นทางส่งข้อมูลสองเส้น หรือที่เรียกว่ามีวงแหวนสองวง วงหนึ่งจะใช้เป็นเส้นทางหลักของการรับส่งข้อมูล ส่วนอีกวงหนึ่งจะเป็นเส้นทางสำรอง เส้นทางข้อมูลสำรองนี้จะใช้ในกรณีที่เส้นทางหลักใช้ไม่ได้หรือสถานีใดสถานีหนึ่งเกิดล้มเหลว หรือสายสัญญาณหลักขาด ก็จะทำให้การเชื่อมต่อวงแหวนทั้งสองวงให้เป็นวงเดียว ซึ่งจะทำให้ระบบยังคงทำงานได้เหมือนเดิม แต่วงแหวนจะมีขนาดใหญ่เป็นเท่าตัว

เมื่อสายข้อมูลหลักเกิดชำรุดหรือสถานีใดสถานีหนึ่งหยุดทำงาน สถานีที่อยู่ข้างเคียงก็จะทำการเชื่อมสายสัญญาณหลักและสำรองเข้าด้วยกัน ทำให้เครือข่ายยังคงสามารถรับส่งข้อมูลได้เช่นเดิม การเกิดจุดเสียจะมีอยู่สองกรณีหลักคือ ไม่สถานีหยุดทำงาน ก็สายสัญญาณขาด ในกรณีสถานีหยุดทำงาน สองสถานีที่เชื่อมต่อที่อยู่ข้าง ๆ ก็ทำการเชื่อมต่อกันระหว่างวงแหวนหลักและวงแหวนรอง ส่วนกรณีที่สายสัญญาณขาดหรือชำรุด สถานีที่ใช้



สายสัญญาณนั้นก็จะทำการเชื่อมต่อเส้นทางข้อมูลหลัก และวงแหวนรองให้เป็นวงแหวนเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 7.16



รูปที่ 7.16 การแก้ปัญหาของเอฟดีดีไอ เมื่อสายสัญญาณขาด

อย่างไรก็ตามเอฟดีดีไอ จะแก้ปัญหาได้เฉพาะกรณีที่มีจุดชำรุดแค่จุดเดียวเท่านั้น ถ้ามีจุดชำรุดมากกว่าหนึ่งจุด วงแหวนจะถูกแยกออกเป็นสองส่วน แต่ละส่วนจะติดต่อกันไม่ได้ แต่ปัญหานี้โอกาสจะเกิดขึ้นยาก

7.4.3.6 การใช้สวิตช์ทางเบี่ยง ในกรณีที่สถานีใดสถานีหนึ่งหยุดทำงาน สถานีที่อยู่ติดกันก็จะทำการเชื่อมต่อสายข้อมูลหลักและรองเข้าด้วยกัน ทำให้รับส่งข้อมูลได้เช่นเดิม แต่ระยะการเดินทางของข้อมูลก็จะเพิ่มเป็นสองเท่าเพราะต้องวนในวงแหวนถึงสองวง การแก้ปัญหาทำได้โดยใช้สวิตช์ทางเบี่ยง ซึ่งสวิตช์นี้จะทำงานเป็นดีเอสทีตัวหนึ่งคือเชื่อมต่อเอสเอสเอสกับวงแหวนข้อมูล ถ้าสถานีที่เชื่อมต่อเกิดชำรุดหรือหยุดทำงาน สวิตช์นี้ก็จะทำการต่อตรงสายสัญญาณโดยไม่ผ่านสถานีนั้น ๆ ทำให้ข้อมูลยังคงเดินทางผ่านได้เสมือนไม่มีสถานีเชื่อมต่อกันอยู่

7.4.3.7 ดีเอสอีสำรวจ บางสถานีที่เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายอาจมีระดับความสำคัญมาก เช่น อุปกรณ์เราเตอร์ หรือเครื่องแม่ข่าย ถ้าสถานีเหล่านี้เชื่อมต่ออยู่กับดีเอสอี จะทำให้สถานีเหล่านี้ขาดการเชื่อมต่อกับเครือข่าย เอฟดีดีไอมีวิธีแก้ปัญหานี้ โดยการเชื่อมต่อสถานีที่มีระดับความสำคัญสูงเหล่านี้เข้ากับดีเอสอีมากกว่าหนึ่งเครื่อง ถ้าดีเอสอีตัวแรกเกิดเสียสถานีเหล่านี้ก็สามารถติดต่อกับเครือข่ายโดยผ่านดีเอสอีเครื่องที่สองได้ ด้วยเหตุนี้จึงได้ชื่อว่าดีเอสอีสำรวจ เนื่องจากมีหน้าที่ในการสำรวจการเชื่อมต่อนั่นเอง

เอฟดีดีไอเคยเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่นที่มั่นคง มีความเร็วสูง และมีความน่าเชื่อถือของระบบสูง แต่เนื่องจากมีราคาค่อนข้างแพง ปัจจุบันจึงมีการใช้งานค่อนข้างน้อยมาก แต่แนวคิดในการออกแบบยังคงใช้เป็นมาตรฐานแนวความคิดในการออกแบบเครือข่ายสมัยใหม่หลายระบบ โดยเฉพาะเส้นทางที่เป็นแกนหลักของเครือข่ายในองค์กร

#### 7.4.4 เครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

เครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย (Wireless LAN: WLAN) คือระบบสื่อสารข้อมูลที่ใช้การเชื่อมต่อโดยไม่ต้องเดินสายสัญญาณ มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง ส่วนใหญ่จะนิยมติดตั้งเพิ่มเติมหรือแทนที่ระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบใช้สายสัญญาณ ระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายเริ่มจากการใช้คลื่นอินฟราเรดรับส่งสัญญาณ จนมีการพัฒนาใช้คลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency: RF) และใช้อากาศเป็นสื่อกลางการส่งแทน เนื่องจากคลื่นวิทยุสามารถใช้ความถี่สูง ทนต่อการรบกวน และผ่านสิ่งกีดขวางได้ดีกว่าคลื่นอินฟราเรด การสื่อสารมีข้อดีที่เห็นได้ชัดคือทำให้ลดปริมาณสายสัญญาณที่ใช้ ปัจจุบันเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายสามารถรับส่งข้อมูลได้ถึง 108 เมกะบิตต่อวินาที ซึ่งมีความเร็วมากกว่าอีเทอร์เน็ตความเร็วสูง ประโยชน์ที่สำคัญของการใช้ระบบนี้คือความสะดวกในการเคลื่อนย้ายคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย และไม่สะดวกในการเดินสายสัญญาณ ปัจจุบันระบบเครือข่ายไร้สายได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ พบเห็นทั่วไปตามสนามบิน สถาบันการศึกษา ห้างสรรพสินค้า โรงแรม และบ้านพักอาศัย การทำความเข้าใจเรื่องเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย จำเป็นต้องศึกษาคุณลักษณะและรูปแบบดังต่อไปนี้

7.4.4.1 ข้อดีของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย ธรรมชาติของธุรกิจในปัจจุบันจะขึ้นอยู่กับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ การเติบโตของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและการใช้บริการผ่านเครือข่ายเป็นข้อพิสูจน์ที่สำคัญของการใช้ข้อมูลและทรัพยากรต่าง ๆ ร่วมกัน ถ้าใช้ระบบเครือข่ายไร้สายผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องใช้สายคู่บิดเกลียวไม่หุ้มเกราะเชื่อมต่อกับแผ่นวงจรประสานเครือข่ายเข้ากับตัวเสียบเครือข่ายท้องถิ่นอีกต่อไป ข้อดีของเครือข่ายไร้สายมีดังนี้

(1) ความคล่องตัวผู้ใช้สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สายที่ไหนก็ได้ภายในองค์กร ซึ่งสถานที่บางแห่ง ไม่สามารถที่จะติดตั้งสายสัญญาณได้

(2) ความสะดวกในการติดตั้งและจัดการง่าย เนื่องจากระบบเครือข่ายไร้สายไม่ต้องติดตั้งสายสัญญาณ ทำให้ใช้เวลาในการติดตั้งการเชื่อมต่อเร็วขึ้นและไม่ต้องการจัดการเรื่องยุ่งยาก ต่าง ๆ ของสายสัญญาณ เช่นการเดินสาย การต่อหัวสาย การจัดวางราง การหาจุดรวมสาย และการเก็บสาย เป็นต้น

(3) ความยืดหยุ่น เทคโนโลยีไร้สายทำให้ระบบเครือข่ายไปถึงยังที่ซึ่งสายสัญญาณไม่สามารถติดตั้งได้ อาทิ ในสถานที่ที่มีสารเคมี ห้องประชุมที่ห้ามตอกตะปูหรือเดินราง และกลางสนามที่โล่งแจ้งบริเวณกว้าง ๆ เป็นต้น

(4) ประหยัดค่าใช้จ่าย ถึงแม้หากเทียบกันเมตรต่อเมตรการลงทุนด้านฮาร์ดแวร์ของเครือข่ายไร้สายจะเสียค่าใช้จ่ายถูกกว่ากรณีที่ติดตั้งสายสัญญาณ และในกรณีที่สายสัญญาณเก่าหรือล้าสมัย อาจต้องมีการติดตั้งใหม่ ถ้าใช้ระบบไร้สายไม่ต้องกังวลในเรื่องนี้

(5) ความสามารถในการขยายเครือข่าย ระบบเครือข่ายไร้สายสามารถติดตั้งได้หลากหลายโทโพโลยี และใช้ได้กับเครือข่ายขนาดเล็กไปจนถึงเครือข่ายขนาดใหญ่ สามารถใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร

7.4.4.2 ข้อเสียของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย เครือข่ายไร้สายแม้จะสะดวกในการเชื่อมต่อ แต่ยังมีข้อจำกัดในการพิจารณาเลือกใช้ดังต่อไปนี้

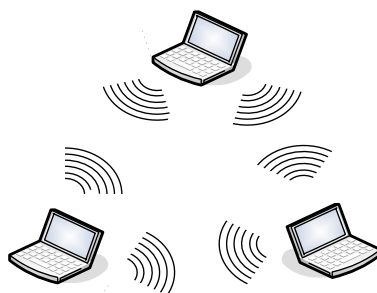
(1) อัตราข้อผิดพลาดของข้อมูล สำหรับระบบเครือข่ายที่ใช้สายสัญญาณอัตราการเกิดข้อผิดพลาดระหว่างการรับส่งข้อมูลแทบจะไม่มี แต่ในระบบไร้สายแล้ว อัตราข้อผิดพลาดค่อนข้างจะสูง เนื่องจากการใช้คลื่นวิทยุ โดยสิ่งที่เป็นเหตุให้เกิดข้อผิดพลาด เช่น คลื่นรบกวนทั่วไป เส้นทางข้อมูลหลายทาง การเบี่ยงเบนของสัญญาณค่อนข้างสูง การรบกวนข้ามสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น

(2) ความปลอดภัยของข้อมูล เนื่องจากไม่สามารถกำหนดทิศทางและขอบเขตของคลื่นวิทยุได้ ทำให้ข้อมูลที่ส่งด้วยคลื่นอาจถูกตรวจจับได้ง่าย

(3) การรบกวนในเครือข่ายที่ใช้สาย เฉพาะเครื่องที่เชื่อมต่อเข้ากับระบบเท่านั้นที่สามารถส่งสัญญาณข้อมูลได้ แต่สำหรับเครือข่ายไร้สายแล้ว เครื่องที่อยู่ต่างเครือข่ายกันจะสามารถส่งคลื่นสัญญาณได้ บางทีอาจทำให้รบกวนการส่งข้อมูลเครือข่ายข้างเคียง นอกจากนี้ยังมีแหล่งกำเนิดคลื่นสัญญาณอื่นที่รบกวนการส่งข้อมูลได้ เช่น โทรศัพท์ไร้สาย เตาอบไมโครเวฟ เป็นต้น

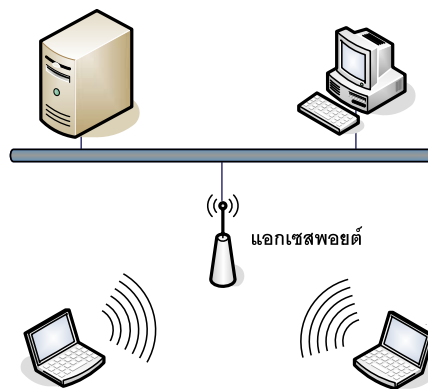
(4) กำลังไฟฟ้าสำรอง ส่วนใหญ่คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สายจะเป็นพวกเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดพกพา ในการส่งสัญญาณต้องใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากเดิม ดังนั้นจะทำให้แบตเตอรี่มีเวลาการใช้งานสั้นลง หากเทียบกับการไม่เชื่อมต่อ

7.4.4.3 โทโพโลยีของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย อาจเป็นแบบรวมดาวหรือแบบอื่นก็ได้ แบบที่รวมดาวที่สุดคือการเชื่อมต่อกันของคอมพิวเตอร์ 2-3 เครื่องที่ติดตั้งผ่านวงจรประสานเครือข่ายแบบไร้สาย จะเรียกว่าเครือข่ายแบบเพียร์ทูเพียร์ (peer to peer) ดังรูปที่ 7.17



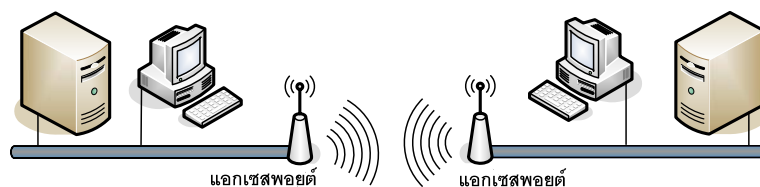
รูปที่ 7.17 การเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายแบบเพียร์ทูเพียร์

ส่วนเครือข่ายผสมระหว่างเครือข่ายไร้สายกับเครือข่ายที่ใช้สายสัญญาณ จุดที่เชื่อมต่อระหว่างสองเครือข่ายนี้จะเรียกว่าแอ็กเซสพอยต์ (access point) ซึ่งแต่ละจุดสามารถเชื่อมต่อเครื่องลูกข่ายได้ประมาณ 10-256 ลูกข่ายต่อหนึ่งแอ็กเซสพอยต์ หากเปรียบเทียบการทำงานของแอ็กเซสพอยต์ กับอุปกรณ์ในเครือข่ายที่ใช้สายสัญญาณจะเปรียบได้กับเครื่องกระจายสัญญาณ จำพวกฮับหรือสวิตช์นั่นเอง การเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายไร้สายกับเครือข่ายที่ใช้สาย แสดงดังรูปที่ 7.18



รูปที่ 7.18 การเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายไร้สายกับเครือข่ายที่ใช้สาย

ส่วนอุปกรณ์เครือข่ายและคอมพิวเตอร์ที่ใช้ช่องสัญญาณเดียวกันในการรับส่งข้อมูลจะเรียกว่าบีบีเอส (Basic Service Set: BSS) โดยมีระยะรับส่งสัญญาณประมาณ 100 - 1,000 เมตร ถ้าต้องการขยายระยะเครือข่าย สามารถทำได้โดยการใช้แอ็กเซสพอยต์หลาย ๆ เครื่อง หรือขึ้นเสากกระจายสัญญาณ ดังรูปที่ 7.19



รูปที่ 7.19 การใช้เครือข่ายท้องถิ่นไร้สายเพื่อเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์

7.4.4.4 เทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย ผู้ผลิตอุปกรณ์เครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย สามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้หลายประเภท แต่ละประเภทก็มีข้อดีข้อเสียที่ต่างกันดังนี้

(1) เทคโนโลยีคลื่นความถี่แคบ (narrowband) คลื่นวิทยุที่ใช้ส่งข้อมูลสำหรับเทคโนโลยีนี้จะใช้เพียงความถี่เดียว ระบบนี้จะพยายามใช้ช่องความถี่ในการส่งสัญญาณให้แคบมากที่สุด การป้องกันการรบกวนของคลื่นสามารถทำได้โดยการกำหนดให้ผู้ใช้งานแต่ละคนใช้ช่องความถี่ที่ต่างกัน ซึ่งเป็นการป้องกันไม่ให้ผู้ใช้แต่ละคนดูข้อมูลของกันและกันได้ ส่วนข้อเสียของเทคโนโลยีนี้ก็คือ ผู้ใช้ต้องขออนุญาตจากหน่วยงานรัฐบาลที่รับผิดชอบเกี่ยวกับช่องความถี่วิทยุที่จะใช้

(2) เทคโนโลยีสเปกตรัมแผ่กระจาย (spread spectrum) คือการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีคลื่นความถี่แคบและบรอดแบนด์ กล่าวคือ ช่วงความถี่ที่ใช้จะกว้าง แต่จะแบ่งออกเป็นช่องสัญญาณย่อยหลาย ๆ ช่อง แล้วส่งสัญญาณโดยใช้ช่องสัญญาณที่ละช่อง ระบบเครือข่ายไร้สายส่วนใหญ่จะใช้เทคโนโลยีนี้ จุดประสงค์ของการออกแบบเทคโนโลยีนี้คือ การแลกเปลี่ยนกันระหว่างความเร็วกับความน่าเชื่อถือ กล่าวคือ การส่งข้อมูลด้วยเทคโนโลยีนี้จะใช้ช่องความถี่ที่กว้าง ทำให้การรับสัญญาณง่ายขึ้น ประสิทธิภาพทางด้านความมีเสถียรภาพในการรับส่งข้อมูลสูงขึ้น

(3) เทคโนโลยีอินฟราเรด (infrared) จะใช้คลื่นอินฟราเรด หรือ IR สำหรับการส่งสัญญาณข้อมูล คลื่นอินฟราเรดนี้จะมีค่าความถี่ที่สูงมากซึ่งจะอยู่ใต้แสงที่มองเห็น คุณสมบัติของคลื่นนี้ก็จะเหมือนกับแสงคือ ไม่สามารถเดินทางผ่านวัตถุที่ทึบแสงได้ ดังนั้นการใช้งานจึงค่อนข้างน้อย และระยะการรับส่งสัญญาณไม่ไกล โดยเฉลี่ยประมาณ 1 เมตร อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีนี้ นิยมใช้กับอุปกรณ์ควบคุมทางไกลของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในบ้าน เช่น รีโมทคอนโทรลโทรทัศน์ วีดีทัศน์ และสเตอริโอ เป็นต้น ส่วนการใช้งานทางด้านเครือข่ายนั้นยังมีน้อย โดยมากจะเป็นยุคแรก ๆ ของการใช้งานระบบเครือข่ายไร้สาย เทคโนโลยีอินฟราเรดเหมาะสำหรับการสร้างเครือข่ายที่ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงมากนัก

(4) เทคโนโลยีเลเซอร์ (laser) สภาพแวดล้อมที่ใช้เลเซอร์นั้นเปรียบได้กับเครือข่ายที่ใช้ระบบการนำแสงโดยไม่ใช้สายใยเส้นนำแสงแต่ใช้อากาศแทน เนื่องจากเลเซอร์เป็นแสงที่มองเห็น ดังนั้นอุปกรณ์ประเภทนี้จึงเป็นแบบไลน์ออฟไซต์ (line of sight) หรืออุปกรณ์ที่ต้องการรับส่งสัญญาณที่อยู่ในแนวที่มองเห็นกันตลอด เป็นเหตุให้สัญญาณอาจถูกลดทอนได้ง่ายโดยหมอก ควัน หรือฝุ่น ที่คั่นอยู่ระหว่างอุปกรณ์รับส่ง ข้อกังวลอีกอย่างหนึ่งเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ประเภทนี้คือ แสงเลเซอร์อาจทำอันตรายให้กับแก้วตาหรือระบบประสาทของมนุษย์อย่างถาวรได้ ดังนั้นการติดตั้งต้องให้ความระมัดระวังเป็นอย่างมาก

#### 7.4.5 มาตรฐานไอทีพีเฟลอี 802.11

ในปี ค.ศ. 1997 คณะกรรมการของไอทีพีเฟลอีได้ประกาศมาตรฐานไอทีพีเฟลอี 802.11 ซึ่งเป็นมาตรฐานของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย (จุดซัฟ แวงจันท์ และอนุโซค วุฒิพรพงษ์, 2546, หน้า 104) ในตอนนั้นความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 2 เมกะบิตต่อวินาที ถือว่าค่อนข้างช้าเมื่อเปรียบเทียบกับเครือข่ายแบบมีสาย เนื่องจากเป็นมาตรฐานแรกเกี่ยวกับเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายจึงประสบปัญหาหลายอย่าง ที่สำคัญคือไม่สามารถรองรับการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ที่ผลิตโดยบริษัทต่างบริษัทกันได้ ด้วยเหตุนี้ไอทีพีเฟลอีจึงได้จัดตั้งทีมงานขึ้นมา 2 กลุ่ม เพื่อพัฒนามาตรฐานเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย โดยกลุ่มแรกคือ TGa (Task Group a) พัฒนามาตรฐานไอทีพีเฟลอี 802.11a ใช้ความถี่ 5 กิกะเฮิรท์ และสามารถรองรับอัตราข้อมูลที่ 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 และ 54 Mbps ส่วนทีม TGb พัฒนามาตรฐานไอทีพีเฟลอี 802.11b โดยใช้ความถี่ 2.4 กิกะเฮิรท์ สามารถรองรับอัตราข้อมูลทั้งสิ้น 4 อัตราคือ 1, 2, 5.5 และ 11 เมกะบิตต่อวินาที

ข้อจำกัดของไอทีพีเฟลอี 802.11a คือ ใช้ความถี่ที่ 5 กิกะเฮิรท์ ทำให้บางประเทศต้องขออนุญาตก่อนจึงจะสามารถใช้งานได้ ส่วนข้อจำกัดของไอทีพีเฟลอี 802.11b คือ แบนด์วิธ เนื่องจากมาตรฐานนี้รองรับ แบนด์วิธได้สูงสุดเพียง 11 เมกะบิตต่อวินาที ด้วยเหตุนี้ทำให้ไอทีพีเฟลอีจัดตั้งทีมขึ้นอีกหนึ่งกลุ่ม เพื่อพัฒนามาตรฐานอีกมาตรฐานหนึ่งนั่นคือ ไอทีพีเฟลอี 802.11g ลดความถี่ในการรับส่งลงเหลือเพียง 2.4 กิกะเฮิรท์ ขณะเดียวกันสามารถรองรับแบนด์วิธได้ถึง 54 เมกะบิตต่อวินาที มาตรฐานไอทีพีเฟลอี 802.11 แสดงดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 มาตรฐานไอทีพีพีอี 802.11 ของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

|                    | IEEE 802.11a | IEEE 802.11b  | IEEE 802.11g  |
|--------------------|--------------|---------------|---------------|
| โปรโตคอลแมค        | Hiper LAN II | CSMA/CD - ACK | CSMA/CD - ACK |
| เทคนิคการส่งสัญญาณ | OFDM/DSSS    | OFDM/DSSS     | OFDM/DSSS     |
| ความถี่            | 5 GHz        | 2.4 GHz       | 2.4 GHz       |
| อัตราข้อมูล        | 6-54 Mbps    | 1-11 Mbps     | 54 Mbps       |

ที่มา (จตุชัย แวงจันทร์ และอนุโชค วุฒิพรพงษ์, 2546, หน้า 105)

#### 7.4.6 แบบอ้างอิงเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

แบบอ้างอิงไอทีพีพีอี 802.11 มีส่วนคล้ายกับแบบอ้างอิงของไอทีพีพีอี 802.X อื่น กล่าวคือ โปรโตคอลจะครอบคลุม 2 ชั้นล่างคือ ดาต้าลิงก์ และฟิสิคัล โดยชั้นฟิสิคัล จะแบ่งเป็น 2 ชั้นย่อยคือพีแอลซีพี (Physical Layer Convergence Procedure: PLCP) และพีเอ็มดี (Physical Media Dependent : PMD) โดยที่พีแอลซีพีทำหน้าที่แปลงรูปแบบของข้อมูลผู้ใช้ให้สามารถส่งไปบนระบบรับสัญญาณ ส่วนพีแอลเอ็มเป็นชั้นที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลขึ้นอยู่กัเทคโนโลยีที่ใช้ ดังรูปที่ 7.20

| แบบจำลองโอเอสไอ |             | เครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย |
|-----------------|-------------|-------------------------|
| 7               | แอปพลิเคชัน |                         |
| 6               | พรีเซนเตชัน |                         |
| 5               | เซสชัน      |                         |
| 4               | ทรานสปอร์ต  |                         |
| 3               | เน็ตเวิร์ก  |                         |
| 2               | ดาต้าลิงก์  | MAC                     |
| 1               | ฟิสิคัล     | PLCP                    |
|                 |             | PMD                     |

รูปที่ 7.20 ชุดโปรโตคอลเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย

ที่มา (จตุชัย แวงจันทร์ และอนุโชค วุฒิพรพงษ์, 2546, หน้า 105)



## 7.5 บทสรุป

โทโพโลยีแบบบัส คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เครือข่ายต่าง ๆ จะใช้สายสัญญาณร่วมกัน จะมีการเชื่อมต่อกันไปเรื่อย ๆ เป็นเส้นตรง ส่วนโทโพโลยีแบบดาวนั้นเป็นการเชื่อมต่อแบบกระจาย โดยใช้สายสัญญาณเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์รวมศูนย์ เช่น ฮับหรือสวิตช์ การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ให้มีลักษณะเป็นวงแหวนโดยจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายมาบรรจบกันจะเรียกว่าโทโพโลยีแบบวงแหวน ส่วนการเชื่อมต่อแบบตารายนั้น คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะมีสายสัญญาณเชื่อมต่อไปยังคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่อยู่ในเครือข่าย การเชื่อมต่อกันของเครือข่ายนั้นอาจจะเป็นแบบผสมคือ ประกอบด้วยหลาย ๆ โทโพโลยีในหนึ่งเครือข่ายได้

ส่วนโทโพโลยีเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมีข้อได้เปรียบที่สำคัญคือไม่ต้องติดตั้งสายสัญญาณ ใช้การส่งผ่านข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุ ใช้อากาศเป็นสื่อกลางการส่ง แต่ประสิทธิภาพและความเชื่อถือได้ของระบบยังต้องมีการพัฒนาอีกมาก อย่างไรก็ตามเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของเทคโนโลยีเครือข่าย โดยเฉพาะสำหรับที่ติดตั้งไม่สามารถติดตั้งสายสัญญาณได้

## 7.6 คำถามท้ายบท

1. โทโพโลยีหมายถึงอะไร ต่างจากโปรโตคอลอย่างไรบ้าง
2. เหตุใดการส่งข้อมูลของโทโพโลยีแบบบัสจึงมีความเร็วสูงกว่าโทโพโลยีแบบวงแหวน
3. จงบอกความแตกต่างของเครือข่ายเอพดีดีไอกับเครือข่ายซีดีดีไอมาพอสังเขป
4. จงบอกข้อดีข้อเสียของเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายมาอย่างละเอียด
5. เครือข่ายอินเทอร์เน็ตใช้เทคโนโลยีในการเข้าถึงเครือข่ายแบบใด เหตุใดเครือข่ายนี้จึงได้รับความนิยมมาจนถึงปัจจุบัน
6. เครือข่ายไร้สายมาตรฐานไOTHIPเพิลอี 802.11b ต่างจากมาตรฐานไOTHIPเพิลอี 802.11a อย่างไร
7. จงบอกความแตกต่างระหว่างเครือข่ายโทเค็นริงของไอบีเอ็มกับไOTHIPเพิลอี 802.5
8. เครือข่ายเอพดีดีไอมีข้อได้เปรียบเครือข่ายโทเค็นริงอย่างไรบ้าง อธิบาย

## เอกสารอ้างอิง

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

Spurgo Charles.(2005). **Ethernet:: The Definition Guide**. [On-line]. Available:  
<http://www.ethermanage.com>.

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.

Walrand, J. (1991). **Communication Networks: A First Course**. Illinois: Aksen Associates.