

หน่วยที่ 12

การสื่อสารข้อมูล

อาจารย์ปิยพร นุรารักษ์



ชื่อ
วุฒิ

ตำแหน่ง

หน่วยที่ปรับปรุง

อาจารย์ปิยพร นุรารักษ์
วศ.บ. (วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม)
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
M.Sc. (Electrical Engineering)
University of Massachusetts Lowell, USA.
อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
หน่วยที่ 12

แผนการสอนประจำหน่วย

ชุดวิชา คอมพิวเตอร์เบื้องต้น

หน่วยที่ 12 การสื่อสารข้อมูล

ตอนที่

- 12.1 การสื่อสารข้อมูลภายในเครื่องคอมพิวเตอร์
- 12.2 การสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์

แนวคิด

1. การสื่อสารข้อมูลภายในเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยระบบบัสซึ่งทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารข้อมูลกับหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียูจะต้องอ่านคำสั่งหรือโปรแกรมจากหน่วยความจำมาตีความและทำตามคำสั่งนั้นๆ ซึ่งในบางครั้งจะต้องอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อใช้ประกอบในการทำงาน หรือใช้ในการประมวลผลด้วยซึ่งผลลัพธ์ของการประมวลผลก็ต้องถูกส่งไปแสดงผลที่จอภาพ หรือเครื่องพิมพ์หรืออุปกรณ์อื่นๆ
2. การนำเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปมาเชื่อมต่อกันอย่างเป็นระบบด้วยอุปกรณ์และสื่อกลางที่ใช้ส่งผ่านข้อมูลประเภทต่างๆ ซึ่งมีรูปแบบการเชื่อมโยงหลายรูปแบบเพื่อให้สามารถสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลและสารสนเทศไปมาระหว่างกันได้ และใช้ทรัพยากรสารสนเทศร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เรียกว่า เครือข่ายคอมพิวเตอร์ ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีองค์ประกอบที่เป็นพื้นฐานสำคัญอยู่ 5 ส่วน คือ
 - 1) เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งรวมทั้งส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์
 - 2) สื่อกลางที่ใช้ส่งผ่านข้อมูล
 - 3) อุปกรณ์เชื่อมต่อระบบหรือสวิตช์ ซึ่งเป็นตัวกำหนดเส้นทางที่จะไปให้ถึงปลายทาง
 - 4) โพรโทคอล เป็นตัวกำหนดว่าคอมพิวเตอร์จะสื่อสารให้เข้าใจกันได้อย่างไรบนเครือข่าย
 - และ 5) ผู้ใช้คอมพิวเตอร์

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาหน่วยที่ 12 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายการสื่อสารข้อมูลภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้
2. อธิบายการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ได้

กิจกรรมระหว่างเรียน

1. ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนหน่วยที่ 12
2. ศึกษาเอกสารการสอนตอนที่ 12.1-12.2
3. ปฏิบัติกิจกรรมตามที่ได้รับมอบหมายในเอกสารการสอนแต่ละเรื่อง
4. ทำกิจกรรมประจำชุดวิชา (ถ้ามี)
5. ชมรายการสอนเสริมผ่านทางอินเทอร์เน็ตหรือเข้ารับบริการสอนเสริม (ถ้ามี)
6. ชมสื่ออิเล็กทรอนิกส์ประจำชุดวิชา
7. ทำแบบประเมินผลตนเองหลังเรียนหน่วยที่ 12

สื่อการสอน

1. เอกสารการสอน
2. แบบฝึกปฏิบัติ
3. สื่ออิเล็กทรอนิกส์ประจำชุดวิชา
4. การสอนเสริมทางอินเทอร์เน็ตหรือเอกสารการสอนเสริม (ถ้ามี)

การประเมินผล

1. ประเมินผลจากแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน
2. ประเมินผลจากกิจกรรมและแนวตอบท้ายเรื่อง
3. ประเมินผลจากกิจกรรมประจำชุดวิชา (ถ้ามี)
4. ประเมินผลจากการสอบไล่ประจำภาคการศึกษา

เมื่ออ่านแผนการสอนแล้ว ขอให้ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียน
หน่วยที่ 12 ในแบบฝึกปฏิบัติ แล้วจึงศึกษาเอกสารการสอนต่อไป

ตอนที่ 12.1

การสื่อสารข้อมูลภายในเครื่องคอมพิวเตอร์

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 12.1 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

12.1.1 ความรู้เบื้องต้นของการสื่อสารข้อมูล

12.1.2 ระบบบัสและอุปกรณ์สื่อสารในคอมพิวเตอร์

แนวคิด

1. การสื่อสารข้อมูล หมายถึง การแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งอาจเป็นข้อความ เสียง ภาพเคลื่อนไหว หรือข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของมัลติมีเดียก็ได้ระหว่างหน่วยส่งที่อยู่ต้นทางและหน่วยรับที่อยู่ปลายทางโดยผ่านสื่อกลางซึ่งอาจเป็นสื่อกลางประเภทใช้สายหรือไม่ใช้สาย โดยการส่งผ่านข้อมูลนั้นมีวิธีการส่งผ่านข้อมูลอยู่ 3 รูปแบบ คือ แบบทางเดียว แบบครึ่งอัตรา และแบบเต็มอัตรา และชนิดของสัญญาณที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลสามารถเป็นได้ทั้งสัญญาณแอนะล็อกและดิจิทัล
2. ระบบบัสในเครื่องคอมพิวเตอร์คือ เส้นทางการติดต่อสื่อสารเพื่อรับส่งข้อมูลร่วมกันระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่เสียบเข้ากับสล롯ต่างๆ บนเมนบอร์ดของเครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบบัสในคอมพิวเตอร์สามารถแบ่งตามข้อมูลที่ส่งได้เป็น 3 แบบ คือ บัสข้อมูล บัสที่อยู่และบัสควบคุม นอกจากนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์ยังสามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม ยูเอสบี และไฟร์ไวร์

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 12.1 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. บอกความหมาย และองค์ประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารข้อมูลได้
2. จำแนกรูปแบบ ชนิดของสัญญาณ และประเภทของการส่งผ่านข้อมูลได้
3. อธิบายคุณลักษณะของระบบบัสและอุปกรณ์สื่อสารในคอมพิวเตอร์ได้

เรื่องที่ 12.1.1

ความรู้เบื้องต้นของการสื่อสารข้อมูล

การสื่อสาร (communication) เป็นสิ่งสำคัญและเกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของมนุษย์ทุกคน ไม่ว่าจะเป็นคนปกติธรรมดาที่สามารถมองเห็นหรือรับฟังเสียงได้ หรือคนพิการทางสายตาก็ยังสามารถสื่อสารด้วยการไต่คนหรือสัมผัส หรือคนพิการทางหูก็ยังสามารถสื่อสารกันด้วยภาษามือได้ การสื่อสารได้เกิดขึ้นเป็นประจำทุกวันในรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น การสนทนากันแบบเผชิญหน้า การสนทนากันผ่านทางโทรศัพท์ การอ่านหนังสือ การส่งและรับจดหมาย การฟังวิทยุ การชมภาพยนตร์หรือโทรทัศน์ และการฟังบรรยาย เป็นต้น

ในปัจจุบันนี้สามารถติดต่อสื่อสารกับคนทั่วโลกได้สะดวกมาก แต่กว่าจะมาถึงวันนี้ได้ การสื่อสารได้มีวิวัฒนาการมาหลายยุคหลายสมัย วิวัฒนาการของการสื่อสารของมนุษย์เริ่มจากในระยะแรกนั้นเชื่อกันว่า มนุษย์จะใช้เทคโนโลยีที่ประดิษฐ์ขึ้นจากธรรมชาติ เช่น การตีกลอง การเป่าเขาสัตว์ เป็นต้น ดังนั้นการสื่อสารระยะไกลของมนุษย์ในยุคแรกๆ จะเป็นการตีเกราะ เคาะไม้ การส่งเสียงต่อเป็นทอดๆ และการส่งสัญญาณควัน พอยุคต่อมามีการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ การสื่อสารด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ก็ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเป็นลำดับ โดยเริ่มจากการส่งรหัสมอร์ส (เป็นรหัสตัวอักษรซึ่งพัฒนาโดย Samuel F.B. Mours ในปี พ.ศ. 2391) โดยใช้รหัสจุดและขีดเพื่อแทนข้อความซึ่งนำมาใช้ครั้งแรกกับโทรเลข หลังจากนั้นกิจการการสื่อสารก็ได้เจริญรุดหน้ามาเป็นลำดับ ตั้งแต่มีการใช้โทรเลข วิทยุกระจายเสียง โทรพิมพ์ โทรศัพท์ โทรภาพ โทรทัศน์ ครั้นเมื่อถึงยุคสมัยของคอมพิวเตอร์ ความจำเป็นของการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ก็มีมากขึ้น การพัฒนาการสื่อสารข้อมูลทำให้การใช้งานของคอมพิวเตอร์มีประโยชน์มากมายมหาศาล และมีอิทธิพลต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์ในปัจจุบันและอนาคต กิจการหลายอย่างได้อาศัยความสะดวกสบายของการสื่อสารข้อมูล เช่น กิจการธนาคาร กิจการการบิน การท่องเที่ยว การโรงแรม เป็นต้น จนในที่สุดมนุษย์ได้เข้ามาอยู่ในยุคของการใช้ข่าวสารข้อมูลอย่างเต็มที่ ดังจะเห็นได้จาก มีการประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูลต่างๆ มากมาย เช่น การให้บริการไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์หรืออีเมล (E-mail) การซื้อขายบนระบบออนไลน์หรืออีคอมเมิร์ซ (E-commerce) และการเรียนการสอนผ่านสื่อออนไลน์หรืออีเลิร์นนิง (E-learning) เป็นต้น

1. ความหมายของการสื่อสารข้อมูล

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์นั้นจะเห็นได้ว่ารูปแบบของการสื่อสารมีลักษณะต่างๆ กัน สามารถเกิดขึ้นโดยการเผชิญหน้ากันหรือการสื่อสารระยะไกล เช่น โทรศัพท์ โทรเลข หรือโทรทัศน์ เป็นต้น แต่ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดก็ตาม จุดประสงค์ของการสื่อสารก็ยังคงเหมือนเดิมคือ การส่งข่าวสาร (information) จากที่แห่งหนึ่งไปยังที่อีกแห่งหนึ่ง สำหรับข่าวสารที่ถูกส่งอาจจะเป็นเรื่องที่กำลังพูดจาคุยกัน ข้อความในจดหมาย หรือเสียงดนตรีก็ได้

ข้อมูล (data) หมายถึง ข้อเท็จจริง แนวคิด หรือการเสนอรูปแบบต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ที่สร้างจะสร้างขึ้นมา ข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์จะอยู่ในรูปของไบนารี (binary) คือ 0 กับ 1

การสื่อสารข้อมูล (data communication) หมายถึง การแลกเปลี่ยนข้อมูล (ในรูป 0 และ 1) ระหว่างผู้ส่งที่อยู่ต้นทางและผู้รับที่อยู่ปลายทางโดยผ่านสื่อกลางที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลซึ่งอาจเป็นสื่อกลางประเภทใช้สายหรือไม่ใช้สายก็ได้ ส่วนข้อมูลที่ส่งนั้นอาจเป็นตัวอักษร ข้อความ เสียง ภาพเคลื่อนไหว หรือข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของมัลติมีเดีย (multimedia) ก็ได้ การสื่อสารข้อมูลจะเกิดขึ้นได้นั้นระบบสื่อสารต้องประกอบด้วยอุปกรณ์การสื่อสารทั้งที่เป็นฮาร์ดแวร์ (hardware) และซอฟต์แวร์ (software) ระบบการสื่อสารข้อมูลจะมีประสิทธิภาพที่ดีนั้น จะต้องประกอบด้วย 3 คุณลักษณะพื้นฐาน ดังนี้

1. การส่ง (delivery) ระบบสามารถส่งข้อมูลไปยังที่หมายที่ถูกต้อง ข้อมูลจะถูกรับโดยผู้ใช้หรืออุปกรณ์ที่ถูกกำหนดไว้เท่านั้น เรียกว่า “ถูกที่”

2. ความถูกต้อง (accuracy) ระบบต้องส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ข้อมูลที่ถูกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขณะส่งหรือผิดพลาดจะไม่สามารถใช้งานได้ เรียกว่า “ถูกต้อง”

3. ความทันเวลา (timeliness) ระบบต้องมีการจัดการเวลาในการสื่อสารให้ถูกต้อง ข้อมูลที่ถูกส่งมาล่าช้าเกินกว่าเวลาที่กำหนดจะไม่มีประโยชน์ เช่น กรณีของวิดีโอ การถ่ายทอดทางเสียงหรือข้อมูลเสียง เวลาในการส่งนั้นจะต้องเป็นการส่งแบบ real-time เท่านั้น เพราะถ้าการส่งเกิดการ delay ของข้อมูลก็จะมีประโยชน์ในการใช้งาน เรียกว่า “ถูกเวลา”

2. องค์ประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารข้อมูล

โดยปกติ ในการส่งข่าวสารจากที่แห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่ง จะต้องมียุทธศาสตร์ประกอบของระบบอย่างน้อย 3 ส่วน ดังภาพที่ 12.1 คือ

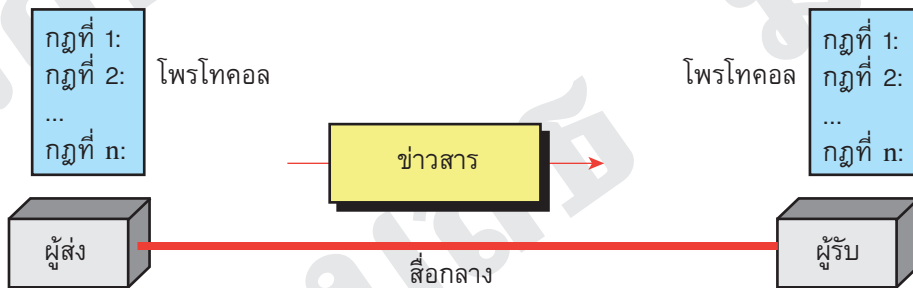
- 1) ผู้ส่ง (source): สร้างข้อมูลและส่งข้อมูลไป
- 2) ผู้รับ (receiver): ปลายทางของการส่งข่าวสาร
- 3) สื่อกลางในการส่ง (transmission medium): นำข้อมูลจากผู้ส่งไปให้ผู้รับ



ภาพที่ 12.1 แสดงองค์ประกอบของระบบการสื่อสาร

ตัวอย่างเช่น ในการอ่านหนังสือ ผู้ส่งก็คือผู้เขียน ผู้รับก็คือผู้อ่าน และสื่อกลางก็คือหนังสือ ในการสนทนาระหว่างบุคคล ผู้ส่งคือผู้ที่กำลังพูด ผู้รับก็คือผู้ที่กำลังฟัง และสื่อกลางในการสื่อสารก็คือ อากาศ

ในการสื่อสารข้อมูลด้วยระบบคอมพิวเตอร์นอกจากจะมีองค์ประกอบในการสื่อสารเหมือนกับการสื่อสารโดยทั่วไปแล้วยังต้องมีรูปแบบที่เป็นมาตรฐานในการจัดส่งข้อมูลด้วย เพื่อให้คอมพิวเตอร์หลากหลายชนิดสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ องค์ประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารข้อมูลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ประกอบไปด้วย 5 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 12.2 ได้แก่



ภาพที่ 12.2 องค์ประกอบของการสื่อสารข้อมูล

ที่มา: Behrouz Forouzan. (2013). *Introduction to Data Communications and Networking*.

1) **ข่าวสาร (message)** คือ สัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งผ่านไปในระบบสื่อสารผ่านสื่อกลาง ซึ่งอาจถูกเรียกว่า สารสนเทศ (information) หรือข้อมูลที่อยู่ในรูปของข้อความ ตัวเลข รูปภาพ เสียง หรือวิดีโอ หรือสื่อผสมก็ได้

2) **ผู้ส่ง (sender)** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งข้อมูลซึ่งเป็นต้นทางของการสื่อสารข้อมูล มีหน้าที่เตรียมสร้างข้อมูล อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งข้อมูล เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ โทรทัศน์ กล้องวิดีโอ เป็นต้น

3) **ผู้รับ (receiver)** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับข้อมูลซึ่งเป็นปลายทางของการสื่อสารข้อมูล มีหน้าที่รับข้อมูลที่ส่งมาให้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการรับข้อมูล เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ โทรทัศน์ กล้องวิดีโอ เป็นต้น

อุปกรณ์ที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลมี 2 ชนิด คือ DTE (Data Terminal Equipment) และ DCE (Data Communications Equipment) โดยอุปกรณ์ DTE เป็นแหล่งต้นกำเนิดข้อมูลหรืออุปกรณ์รับข้อมูล เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องสแกนภาพ หรือเครื่องพิมพ์ เป็นต้น ส่วนอุปกรณ์ DCE เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารเพื่อรับและส่งข้อมูลต่อเท่านั้น เช่น โมเด็ม จานไมโครเวฟ หรือจานดาวเทียม เป็นต้น ซึ่งในบางครั้ง DTE และ DCE ก็เป็นอุปกรณ์ตัวเดียวกันได้ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ เป็นต้น

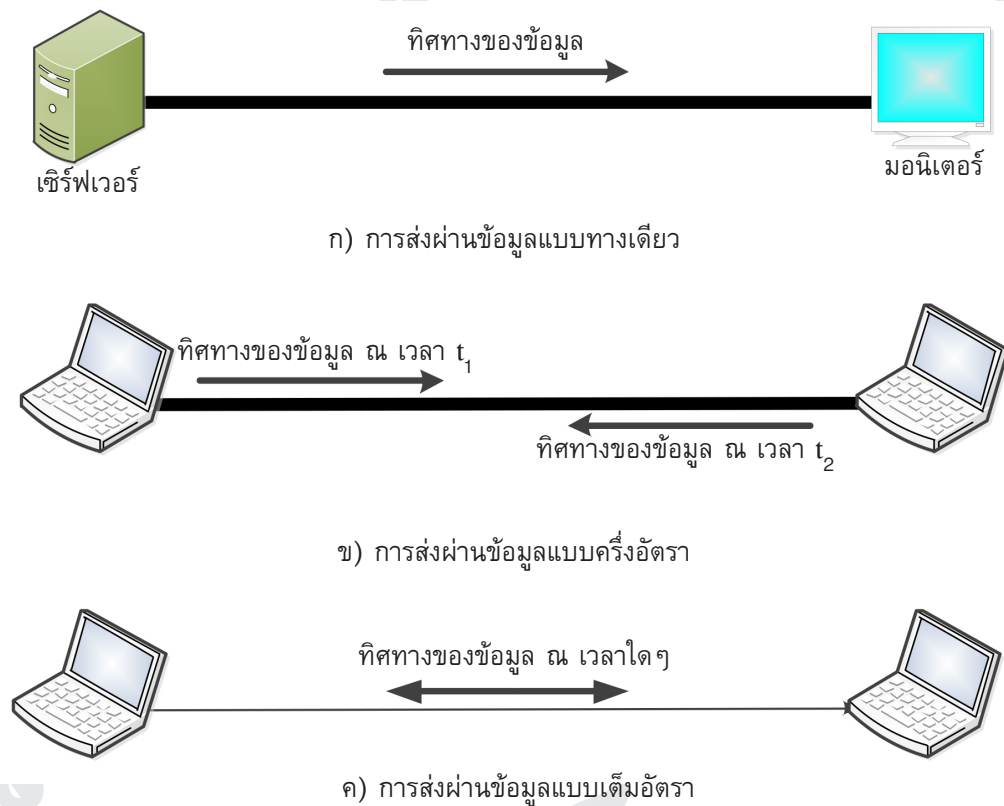
4) **สื่อกลาง (medium)** หรือสื่อ เป็นเส้นทางการสื่อสารเพื่อนำข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง ซึ่งสื่อกลางของสัญญาณแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ สื่อกลางที่สามารถกำหนดเส้นทางได้ (guided media) หรือสื่อกลางไร้สาย เช่น สายเคเบิลคู่ สายโทรศัพท์ สายโคแอกเชียล สายใยแก้วนำแสง เป็นต้น และ

สื่อกลางที่ไม่สามารถกำหนดเส้นทางได้ (unguided media) หรือสื่อกลางไร้สาย เช่น ชั้นบรรยากาศ สุธัญญากาศ น้ำ เป็นต้น

5) โพรโทคอล (protocol) คือ วิธีการหรือกฎระเบียบที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลเพื่อให้ด้านรับและด้านส่งสามารถเข้าใจกันหรือคุยกันรู้เรื่อง โดยทั้งสองด้านทั้งด้านรับและผู้ส่งได้ตกลงกันไว้ก่อนล่วงหน้าแล้ว ในระบบคอมพิวเตอร์โพรโทคอลอยู่ในส่วนของซอฟต์แวร์ที่มีหน้าที่ทำให้การดำเนินการสื่อสารข้อมูลเป็นไปตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ เช่น X.25, SDLC, HDLC และ TCP/IP เป็นต้น

3. วิธีการส่งผ่านข้อมูล

การส่งผ่านข้อมูล หมายถึง การส่งหรือนำข้อมูลข่าวสารจากเครื่องผู้ส่งหรือผู้ส่งผ่านทางสื่อหรือสื่อกลางไปยังเครื่องรับหรือผู้รับ ข้อมูลหรือข่าวสารที่ถูกส่งออกไปอาจจะอยู่ในรูปสัญญาณเสียง สัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือแสงโดยผ่านสื่อกลางใช้สายหรือสื่อกลางไร้สายได้ ในการส่งผ่านข้อมูลนั้นมีวิธีการส่งผ่านข้อมูล (transmission mode) อยู่ 3 รูปแบบ คือ แบบทางเดียว แบบครึ่งอัตรา และแบบเต็มอัตรา ดังแสดงในภาพที่ 12.3



ภาพที่ 12.3 วิธีการส่งผ่านข้อมูล

3.1 การส่งผ่านข้อมูลแบบทางเดียว (simplex transmission) เป็นการสื่อสารข้อมูลที่เกิดขึ้นในลักษณะทิศทางเดียวจากฝ่ายที่เป็นผู้ส่งข้อมูลไปยังฝ่ายที่เป็นผู้รับข้อมูล โดยฝ่ายที่เป็นผู้รับจะไม่สามารถสื่อสารกลับไปยังฝ่ายที่เป็นผู้ส่งได้ด้วยระบบสื่อสารประเภทเดียวกัน

ตัวอย่างของการสื่อสารข้อมูลแบบทิศทางเดียวที่สามารถพบเห็นได้ชัดเจน เช่น การกระจายเสียงของระบบวิทยุกระจายเสียงและวิทยุโทรทัศน์ และระบบแสดงเวลาขึ้นลงของเครื่องบินในสนามบิน โดยคอมพิวเตอร์หลักจะทำหน้าที่ติดตามเวลาขึ้นและลงของเครื่องบิน และส่งผลไปให้มอนิเตอร์ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ที่วางอยู่หลายๆ จุดให้ผู้โดยสารได้ทราบข่าวสาร คอมพิวเตอร์หลักทำหน้าที่เป็นผู้ส่งข้อมูล มอนิเตอร์ต่างๆ ทำหน้าที่เป็นผู้รับข้อมูล โดยไม่มีการเปลี่ยนทิศทางของข้อมูล จึงเป็นการส่งข้อมูลแบบทางเดียว ซึ่งผู้รับจะไม่สามารถสื่อสารกลับไปยังผู้ส่งด้วยระบบสื่อสารระบบเดิมในขณะเดียวกันนั้นได้เลย

3.2 การส่งผ่านข้อมูลแบบครึ่งอัตรา (half-duplex transmission) เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบสองทิศทาง ซึ่งทั้งสองฝ่ายจะสามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งผู้ส่งและผู้รับ แต่จะต้องผลัดกันทำหน้าที่เป็นผู้รับหรือผู้ส่งคนละช่วงเวลากัน เช่น ในขณะที่ฝ่ายหนึ่งกำลังทำหน้าที่เป็นผู้ส่งอยู่นั้น อีกฝ่ายหนึ่งจะต้องทำหน้าที่เป็นผู้รับ โดยผู้รับจะไม่สามารถส่งข้อมูลอื่นโต้ตอบกลับไปได้ในขณะที่กำลังรับข้อมูลอยู่ แต่จะต้องรอจนกระทั่งการส่งข้อมูลของฝ่ายส่งสิ้นสุดลงเสียก่อนจึงจะสามารถเปลี่ยนจากผู้รับไปเป็นผู้ส่งได้

ตัวอย่างของการสื่อสารข้อมูลลักษณะนี้ที่สามารถพบเห็นได้ชัดเจน เช่น การสื่อสารโดยใช้วิทยุสื่อสารที่เรียกว่า วอล์คกี้-ทอล์คกี้ (walky-talky radio) การสื่อสารภายในอาคารด้วยระบบอินเตอร์คอม (intercom) และการสื่อสารระหว่างนักบินกับหอบังคับการ เป็นต้น ซึ่งจะพบว่าในขณะที่อุปกรณ์หนึ่งกำลังส่งข้อมูล อุปกรณ์ที่เหลือก็จะเป็นผู้รับข้อมูล โดยจะไม่สามารถส่งข้อมูลกลับไปได้ แต่จะต้องรอจนกว่าฝ่ายส่งทำการส่งข้อมูลเสร็จก่อนจึงจะส่งข้อมูลโต้ตอบกลับไปได้

3.3 การส่งผ่านข้อมูลแบบเต็มอัตรา (full-duplex transmission) เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบสองทิศทางอย่างอิสระโดยทั้งสองฝ่ายสามารถทำหน้าที่เป็นผู้ส่งและเป็นผู้รับได้ในเวลาเดียวกัน โดยไม่ต้องหยุดรอให้อีกฝ่ายหนึ่งทำหน้าที่เสร็จสิ้นก่อน

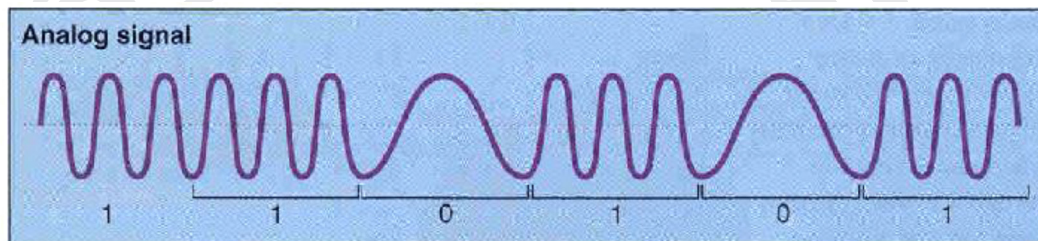
ตัวอย่างของการสื่อสารข้อมูลลักษณะนี้ที่สามารถพบเห็นได้ชัดเจน เช่น การสื่อสารด้วยระบบโทรศัพท์ ทั้งที่เป็นระบบโทรศัพท์พื้นฐานและระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งจะพบว่าทั้ง 2 ฝ่ายสามารถสนทนาโต้ตอบกันได้ตลอดเวลาโดยไม่ต้องรอให้อีกฝ่ายหนึ่งพูดจบก่อน รวมถึงการส่งผ่านข้อมูลบนระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วย

4. ชนิดของสัญญาณที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูล

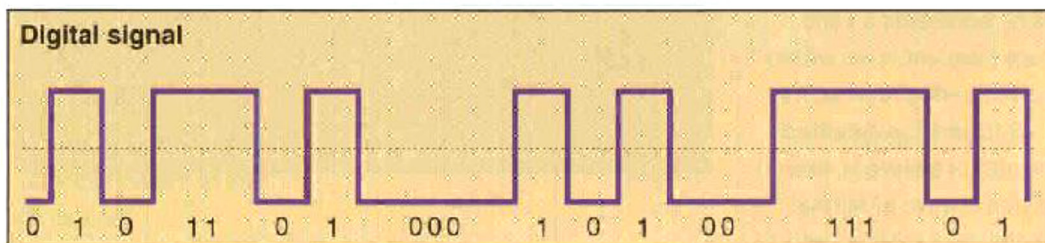
สัญญาณที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลเป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ดังภาพที่ 12.4 คือ

4.1 สัญญาณแบบแอนะล็อก (analog signal) จะเป็นสัญญาณแบบต่อเนื่องที่ทุกๆ ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปของระดับสัญญาณจะมีความหมาย การส่งสัญญาณแบบแอนะล็อกจะถูกรบกวนให้มีความหมายผิดพลาดได้ง่ายกว่าสัญญาณดิจิทัล เนื่องจากค่าทุกค่าถูกนำมาใช้งานนั่นเอง ซึ่งสัญญาณแบบแอนะล็อกนี้จะเป็นสัญญาณที่เป็นสื่อกลางในการสื่อสารที่ใช้กันอยู่แพร่หลาย เช่น สัญญาณเสียงในสายโทรศัพท์ เป็นต้น

4.2 สัญญาณแบบดิจิทัล (digital signal) จะเป็นสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่อง ที่ประกอบขึ้นจากระดับสัญญาณเพียง 2 ค่า คือ สัญญาณระดับสูงสุดและสัญญาณระดับต่ำสุด ซึ่งแทนด้วยระดับแรงดันที่แสดงสถานะ 2 สถานะ คือ “0” และ “1” ดังนั้น สัญญาณแบบดิจิทัลจะมีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือสูงกว่าแบบแอนะล็อก เนื่องจากมีการใช้งานค่าเพียง 2 ค่าเท่านั้น ซึ่งค่าแรงดันดังกล่าวจะถูกนำมาตีความหมายเป็น on/off หรือ 1/0 เท่านั้น และสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการทำงานและติดต่อสื่อสารกัน



ก) สัญญาณแอนะล็อก



ข) สัญญาณดิจิทัล

ภาพที่ 12.4 ชนิดของสัญญาณที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูล

5. ประเภทของการส่งผ่านข้อมูล

การส่งผ่านข้อมูลในระบบการสื่อสารข้อมูลนั้น สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม และการส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน

5.1 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (serial transmission) เป็นการส่งข้อมูลออกไปทีละบิตอย่างต่อเนื่องกัน โดยใช้สายส่งเพียงเส้นเดียวเท่านั้น การส่งผ่านข้อมูลแบบนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีอะซิงโครนัส และวิธีซิงโครนัส

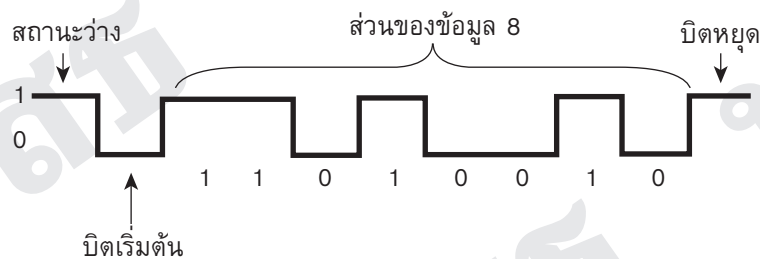
5.1.1 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมโดยวิธีอะซิงโครนัส (Asynchronous transmission)

วิธีนี้จะเป็นการส่งข้อมูลทีละบิต ดังแสดงในภาพที่ 12.5 ก) ในขณะที่ยังไม่มีการส่งข้อมูล สัญญาณจะอยู่ในสถานะว่าง (idle state) ซึ่งมีค่าเป็น “1” จนกระทั่งพร้อมที่จะส่งข้อมูลจึงส่งบิตเริ่มต้น (start bit) ซึ่งมีค่าเป็น “0” จำนวน 1 บิตไปก่อน เพื่อเป็นการบอกจุดเริ่มต้นของข้อมูล ต่อจากนั้นจึงส่งบิตข้อมูล

ออกไป จากภาพเป็นการส่งข้อมูลที่แทนตัวอักษร 1 ตัว ซึ่งประกอบด้วยบิตข้อมูลจำนวน 8 บิต คือ 11010010 แล้วจึงส่งบิตหยุด (stop bit) จำนวน 1 บิต ซึ่งมีค่าเป็น “1” กำกับไปกับข้อมูลนั้น การส่งผ่านข้อมูลแบบนี้จะมีความเร็วในการส่งต่ำเนื่องจากต้องสูญเสียช่องทางการสื่อสารให้กับบิตเริ่มต้นและบิตหยุด จึงมักใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ต่อพ่วงที่มีความเร็วในการทำงานไม่สูงมากนัก

5.1.2 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมโดยวิธีซิงโครนัส (Synchronous transmission) วิธีนี้จะเป็นการส่งบิตของข้อมูลจำนวนมากในคราวเดียว โดยจะส่งข้อมูลเป็นกลุ่มข้อมูล เรียกว่า เฟรม (frame) หรือแพ็กเก็ต (packet) โดยไม่มีการส่งบิตเริ่มต้นและบิตหยุด ในหนึ่งเฟรมจะประกอบด้วยส่วนหัวและส่วนท้ายของข้อมูลเรียกว่า แฟล็ก (flag) ซึ่งมีความยาว 8 บิต ต่อจากส่วนหัวจะเป็นอักขระที่ใช้ควบคุมข้อมูล (control fields) ส่วนของข้อมูล (data fields) แล้วตามด้วยอักขระที่ใช้ควบคุมข้อมูลอีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงปิดด้วยส่วนท้าย ดังแสดงในภาพที่ 12.5 ข) การส่งสัญญาณข้อมูลแบบนี้จะมีความเร็วสูงกว่าแบบแรก จึงนิยมใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยกัน

ข้อดีของการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม คือ สามารถส่งได้ระยะทางไกลมากกว่าการส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน ส่วนข้อจำกัดของการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมคือ ความเร็วในการรับส่งข้อมูลมีจำกัด



ก) การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมโดยวิธีอะซิงโครนัส



ข) การส่งสัญญาณแบบอนุกรมโดยวิธีซิงโครนัส

ภาพที่ 12.5 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม

5.2 การส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน (parallel transmission) เป็นการส่งข้อมูลเป็นชุด ซึ่งประกอบด้วยหลายๆ บิตออกไปพร้อมกันในการส่งแต่ละครั้ง โดยข้อมูลแต่ละชุดจะมีสายสัญญาณสำหรับส่งเป็นของตนเอง เช่น ข้อมูลหนึ่งตัวอักษรที่มีขนาด 8 บิต จะถูกส่งออกไปพร้อมกันทั้งหมด โดยผ่านสายส่งข้อมูลหรือช่องสัญญาณที่มี 8 เส้น ดังแสดงในภาพที่ 12.6 ดังนั้น ปลายทางจะได้รับข้อมูลทั้ง 8 บิตพร้อมๆ กัน

การส่งข้อมูลแบบนี้จะต้องมีสายสัญญาณควบคุมแยกออกจากสายสัญญาณที่ใช้ส่งข้อมูล สายสัญญาณควบคุมจะทำหน้าที่แจ้งให้หน่วยรับปลายทางทราบว่าพร้อมที่จะส่งข้อมูลแล้ว และหน่วยรับปลายทางก็จะใช้สายสัญญาณควบคุมนี้ แจ้งให้หน่วยส่งทราบว่าได้รับข้อมูลแล้วและพร้อมที่จะรับข้อมูลชุดใหม่หรือไม่ ดังนั้นการส่งผ่านข้อมูลแบบขนานจึงทำได้รวดเร็วกว่าแบบอนุกรม แต่เสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าเนื่องจากสายที่ใช้ส่งข้อมูลจะต้องมีช่องสัญญาณจำนวนมากเพื่อให้สามารถส่งข้อมูลได้พร้อมกัน การส่งสัญญาณแบบขนานจึงมักใช้กับการส่งข้อมูลระยะสั้น เช่น การต่อเครื่องพิมพ์เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

ข้อดีของการส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน คือ สามารถส่งข้อมูลได้รวดเร็ว เพราะส่งได้ครั้งละหลายบิตพร้อมๆ กัน ส่วนข้อจำกัดคือ ใช้ส่งข้อมูลได้ในระยะใกล้ๆ เท่านั้น เพราะค่าใช้จ่ายสูง



ภาพที่ 12.6 การส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน

6. ความรู้พื้นฐานในการสื่อสารข้อมูล

ในการศึกษาเรื่องการสื่อสารข้อมูลควรเข้าใจความหมายของคำศัพท์พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการสื่อสาร ดังนี้

6.1 ช่องทางการสื่อสาร (channel) ช่องทางการสื่อสาร จะนำข่าวสารจากจุดต้นกำเนิดไปยังจุดปลายทางหนึ่งหรือมากกว่า สำหรับชนิดของช่องทางการสื่อสาร (channel type) ได้แก่ ช่องทางแอนะล็อก (analog) และช่องทางดิจิทัล (digital)

6.2 แบนด์วิดท์หรือแถบความถี่ (bandwidth) หมายถึงขีดจำกัดที่ช่องทางสื่อสารสามารถนำข่าวสารหรือข้อมูลผ่านทางช่องทางในช่วงเวลาที่กำหนด หรืออีกนัยหนึ่ง คือช่วงที่เป็นค่าความถี่ต่ำสุดและความถี่สูงสุดของสัญญาณแอนะล็อก สำหรับความถี่มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที หรือเฮิรตซ์ (Hertz) ดังเช่น สายโทรศัพท์ในช่วงความถี่ 300-3400 Hz จะมีแบนด์วิดท์เท่ากับ 3100 Hz ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกว่า 3000 Hz หรือ 3 KHz

6.3 ช่องทางบรอดแบนด์และเบสแบนด์ (broadband and baseband channel) ช่องทางบรอดแบนด์คือช่องทางแอนะล็อกที่สามารถส่งผ่านสัญญาณแอนะล็อกได้หลายๆ สัญญาณ ส่วนช่องทางเบสแบนด์คือช่องทางดิจิทัลที่สามารถส่งผ่านสัญญาณดิจิทัลโดยส่งสัญญาณข้อมูลเป็นบิตหรือตัวเลขไบนารี (binary digit)

6.4 อัตราบิตและอัตราบอด (bit rate and baud rate) อัตราบิตเป็นความจุของช่องทางสื่อสารดิจิทัล คือ จำนวนบิตที่ช่องทางสื่อสารสามารถนำผ่านได้ภายใน 1 วินาที มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps หรือ bit per second) ส่วนอัตราข้อมูล (data rate) คือ จำนวนบิตของข้อมูลจริงๆ ที่ผ่านไปในช่วงทางดิจิทัลซึ่งปกติจะน้อยกว่าอัตราบิต เนื่องจากจำนวนบิตส่วนหนึ่งจะใช้ไปในส่วนหัว (overhead) ของข่าวสารสำหรับการติดต่อระหว่างผู้ส่งและผู้รับ

อัตราบอด คือ จำนวนสัญญาณดิจิทัล (หรือแอนะล็อกซึ่งถูกเปลี่ยนเป็นดิจิทัลแล้ว) ที่ส่งผ่านไปในช่วงทางสื่อสารภายใน 1 วินาที มีหน่วยเป็นบอดต่อวินาที (baud per second)

6.5 การเบางของสัญญาณ (signal attenuation) เกิดจากความต้านทาน (resistance) ของช่องทางสื่อสาร ทำให้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนแผ่สู่สภาพแวดล้อมใกล้เคียง ซึ่งเป็นสาเหตุของการลดลงหรือเบางลงของสัญญาณข้อมูล ยิ่งสัญญาณเดินทางเป็นระยะทางไกลเท่าไร สัญญาณก็ยิ่งเบางลงเท่านั้น

6.6 สัญญาณรบกวน (noise) คือ สัญญาณไม่พึงประสงค์ที่เข้ามารวมกับสัญญาณข้อมูลที่มีรูปแบบไม่แน่นอน อาจเกิดขึ้นได้ทั้งทางด้านผู้ส่งหรือด้านผู้รับ หรือในช่องทางสื่อสาร ซึ่งจะมีผลรบกวนหรือลดทอนสัญญาณข้อมูลที่ส่งมาในช่องทางสื่อสาร ทำให้สัญญาณข้อมูลขาดคุณภาพหรือมีความผิดพลาดได้ในระบบสื่อสารข้อมูล สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นต่อระบบนั้นอาจเกิดจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น ฝนตก ไฟคะนอง ไฟแลบ ไฟผ่า ลมพายุ คลื่นความร้อน เป็นต้น หรืออาจเกิดจากอุปกรณ์ในการสื่อสาร เช่น สัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุณหภูมิ (thermal noise) เป็นต้น

6.7 การเข้ารหัส (encoding) และการถอดรหัส (decoding) ในการส่งข้อมูลข่าวสารผ่านช่องทางสื่อสารเพื่อให้สามารถส่งข้อมูลได้ไกล และมีความถูกต้องสูงนั้น จะต้องแปลงข้อมูลข่าวสารให้อยู่ในรูปของพลังงานที่พร้อมส่งไปในช่องทางสื่อสาร เช่น เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือคลื่นวิทยุ การแปลงรูปพลังงานพร้อมส่งออกไปนี้เรียกว่า “การเข้ารหัส” (encoding) เมื่อสัญญาณข้อมูลถูกส่งออกไปถึงผู้รับๆ ก็แปลงพลังงานนี้ให้กลับมาอยู่ในรูปข้อมูลข่าวสารแบบเดิม การแปลงสัญญาณกลับนี้เรียกว่า “การถอดรหัส” (decoding) ดังนั้น สิ่งสำคัญของการสื่อสารข้อมูลอย่างหนึ่งคือ ทั้งผู้ส่งและผู้รับจะต้องเข้าใจตรงกันว่า จะส่งหรือรับข้อมูลด้วยพลังงานรูปแบบใด และใช้รหัสแบบใดในการสื่อสารข้อมูล

กิจกรรม 12.1.1

1. การสื่อสารข้อมูลมีองค์ประกอบอะไรบ้าง
2. การส่งผ่านข้อมูล หมายถึงอะไร มีกี่รูปแบบ

แนวตอบกิจกรรม 12.1.1

1. การสื่อสารข้อมูลมีองค์ประกอบ 5 อย่าง ได้แก่ 1) ข่าวสาร (Message) 2) ผู้ส่ง (Sender) 3) ผู้รับ (Receiver) 4) สื่อกลาง (Medium) และ 5) โปรโตคอล (Protocol)
2. การส่งผ่านข้อมูล หมายถึง การส่งหรือนำข้อมูลข่าวสารจากเครื่องผู้ส่งผ่านทางสื่อหรือสื่อกลางไปยังเครื่องรับหรือผู้รับ ข้อมูลหรือข่าวสารที่ถูกส่งออกไปอาจจะอยู่ในรูปสัญญาณเสียง สัญญาณคลื่นแม่เหล็ก ไฟฟ้าหรือแสงก็ได้ การส่งผ่านข้อมูลนั้นมีวิธีการส่งผ่านข้อมูล (Transmission mode) อยู่ 3 รูปแบบ คือ แบบทางเดียว แบบครึ่งอัตรา และแบบเต็มอัตรา

เรื่องที่ 12.1.2

ระบบบัสและอุปกรณ์สื่อสารในคอมพิวเตอร์

การสื่อสารในคอมพิวเตอร์เพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ สามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านระบบบัสและอุปกรณ์สื่อสาร

1. ระบบบัส

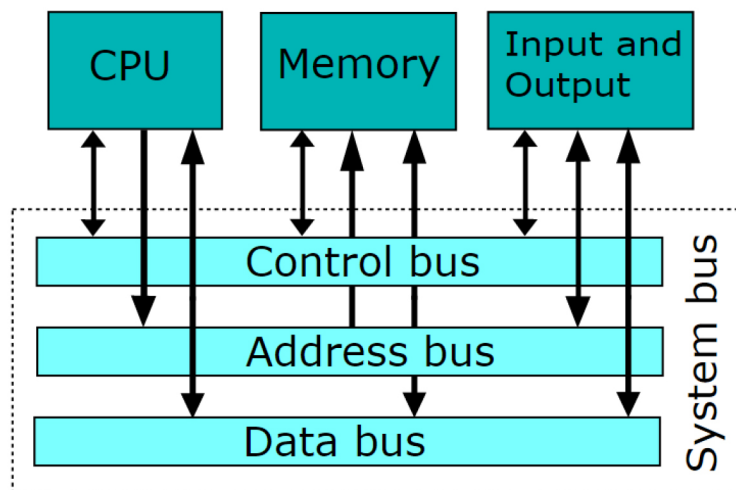
ระบบบัส (bus) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ คือ เส้นทางการติดต่อสื่อสารเพื่อรับส่งข้อมูลร่วมกัน (shared transmission medium) ระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่เสียบเข้ากับสล็อตต่างๆ บนเมนบอร์ดของเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซีดีรอมไดรฟ์ การ์ดเสียง และการ์ดแสดงผล เป็นต้น เนื่องจากการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู จะต้องอ่านคำสั่งหรือโปรแกรมจากหน่วยความจำมาตีความและทำตามคำสั่งนั้นๆ ซึ่งในบางครั้งจะต้องอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อใช้ประกอบในการทำงานหรือใช้ในการประมวลผลด้วย ซึ่งผลลัพธ์ของการประมวลผลก็ต้องถูกส่งไปแสดงผลที่จอภาพ หรือเครื่องพิมพ์หรืออุปกรณ์อื่นๆ ดังนั้น ระบบบัสจึงมีความสำคัญในการส่งถ่ายข้อมูลเป็นอย่างมาก

ทางกายภาพ ระบบบัส คือ สายทองแดงที่วางตัวอยู่บนแผงวงจรของเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่เชื่อมโยงกับอุปกรณ์ต่างๆ ความกว้างของระบบบัสจะนับขนาดข้อมูลที่วิ่งอยู่โดยจะมีหน่วยเป็น บิต (bit) ทั้งนี้บัสของระบบคอมพิวเตอร์จะมีความกว้างหลายขนาด ขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น บัสขนาด 16 บิต 32 บิต 64 บิต และ 128 บิต เป็นต้น ซึ่งขนาดความกว้างของบัสจะมีผลต่อการส่งถ่ายข้อมูล โดย

ถ้าขนาดความกว้างของบัสเพิ่มขึ้นจะทำให้ส่งข้อมูลได้มากขึ้นและจะมีผลทำให้คอมพิวเตอร์เครื่องนั้นทำงานได้เร็วตามไปด้วย

ระบบบัสในคอมพิวเตอร์สามารถแบ่งชนิดของบัสตามข้อมูลที่ส่งได้เป็น 3 แบบ ดังภาพที่ 12.7 ได้แก่

- 1) บัสข้อมูล (data bus) เป็นบัสที่หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ใช้เป็นเส้นทางผ่านในการควบคุมการส่งถ่ายข้อมูลจากหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไปยังอุปกรณ์ภายนอกหรือรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อทำการประมวลผลที่หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)
- 2) บัสที่อยู่ (address bus) คือ บัสที่หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) เลือกว่าจะส่งข้อมูลหรือรับข้อมูลจากอุปกรณ์ไหนไปที่ใด โดยจะต้องส่งสัญญาณเลือกออกมาทางบัสที่อยู่
- 3) บัสควบคุม (control bus) เป็นบัสส่วนที่นำคำสั่งควบคุม และคำสั่งสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ จากหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) โดยบัสควบคุมนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานและกิจกรรมที่เกิดขึ้นในส่วนต่างๆ ของระบบคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 12.7 ระบบบัส

ที่มา: [https://en.wikipedia.org/wiki/Bus_\(computing\)#/media/File:Computer_system_bus.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Bus_(computing)#/media/File:Computer_system_bus.svg) สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2558.

2. พอร์ตอนุกรม

พอร์ตอนุกรม (serial port) หรือเรียกอีกอย่างว่า com port (communication port) ดังภาพที่ 12.8 จะเห็นว่าลักษณะของพอร์ตตัวผู้มีความสำคัญ 9 ขา ซึ่งใช้ RS-232C เป็นมาตรฐานในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมที่ถูกกำหนดโดยสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industrial Association) หรือ EIA เพื่อให้ผู้ผลิตสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ระหว่างกันได้ และนิยมใช้แพร่หลายจนกระทั่งกลายเป็นมาตรฐานในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมที่นิยมใช้กันมาก ลักษณะการใช้งานของพอร์ต

อนุกรมนี้ส่วนใหญ่จะใช้กับอุปกรณ์รุ่นเก่าๆ เช่น โมเด็ม เมาส์ เป็นต้น สำหรับในปัจจุบันอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้หันไปใช้การเชื่อมต่อผ่านทางพอร์ต USB ที่มีความเร็วการรับส่งข้อมูลมากกว่า ดังนั้นในปัจจุบันอาจพบการใช้พอร์ตอนุกรมในการเชื่อมต่อแอลซีดีโปรเจกเตอร์ และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นต้น

ข้อดีของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม คือ สามารถส่งข้อมูลได้ในระยะทางที่ไกลและใช้สายสัญญาณที่น้อยกว่าการสื่อสารข้อมูลแบบขนาน โดยปกติพอร์ตอนุกรม RS-232C จะสามารถต่อสายได้ยาว 50 ฟุตโดยประมาณขึ้นอยู่กับชนิดของสายสัญญาณ ระยะทาง และปริมาณสัญญาณรบกวน



พอร์ตอนุกรม PC DB9 ตัวผู้ (Male)



พอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ภายนอก DB9 ตัวเมีย (Female)

ภาพที่ 12.8 พอร์ตอนุกรม

3. ยูเอสบี

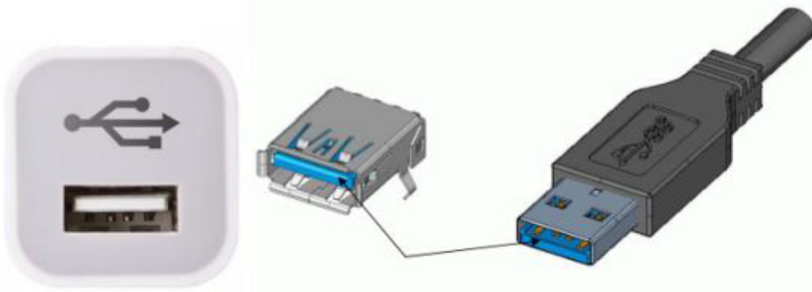
ยูเอสบี (USB) ย่อมาจาก Universal Serial Bus ซึ่งเป็นข้อกำหนดมาตรฐานของบัสดการสื่อสารแบบอนุกรมเพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้กับคอมพิวเตอร์ แต่สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์อื่น เช่น เครื่องเล่นเกม (game console) และแท็บเล็ต เป็นต้น ยูเอสบีถูกพัฒนาขึ้นมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 และเริ่มมีการนำออกมาใช้ในเชิงพาณิชย์ตั้งแต่รุ่น USB 1.1 ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาให้มีความเร็วสูงขึ้น โดยเปลี่ยนเวอร์ชันเป็น USB 2.0 และ 3.0 ตามลำดับ โดยความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่สูงขึ้นดังนี้

USB 1.1 มีความเร็วในการรับส่งข้อมูล 12 Mbps

USB 2.0 มีความเร็วในการรับส่งข้อมูล 480 Mbps สูงกว่า USB 1.1 40 เท่า

USB 3.0 มีความเร็วในการรับส่งข้อมูล 5 Gbps สูงกว่า USB 2.0 10 เท่า

ข้อดีของยูเอสบี คือ สามารถต่อพ่วงอุปกรณ์แล้วใช้งานได้ทันที ไม่ต้องปิด-เปิดเครื่องใหม่ เรียกว่า ระบบปลั๊กแอนด์เพลย์ (plug and play) สามารถต่ออุปกรณ์ได้มากถึง 127 ชิ้น เพราะมีแบนด์วิดท์ในการรับส่งข้อมูลสูงกว่าพอร์ตอนุกรม RS-232C



ภาพที่ 12.9 พอร์ตยูเอสบี

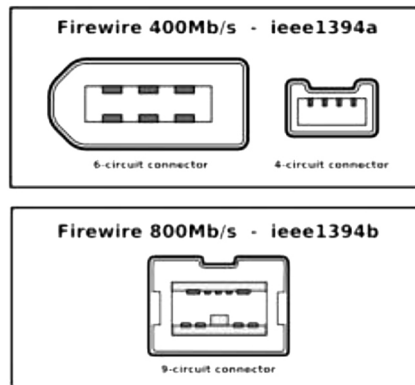
4. ไฟร์ไวร์

ไฟร์ไวร์ (firewire) คือ ระบบการเชื่อมต่อความเร็วสูงชนิดหนึ่ง สามารถเชื่อมต่อได้ทั้งระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ หรือจะต่อพ่วงระหว่างอุปกรณ์กับอุปกรณ์ก็ได้ โดยที่การเชื่อมต่อแบบไฟร์ไวร์จะมีหลักการทำงานเหมือนกับการเชื่อมต่อแบบ USB การเชื่อมต่อแบบไฟร์ไวร์ถูกพัฒนาขึ้นมาโดย บริษัทแอปเปิล (Apple) โดยใช้ชื่อทางการค้าว่า ไฟร์ไวร์ (Firewire) ในขณะที่ บริษัทโซนี่ได้พัฒนารูปแบบการเชื่อมต่อแบบไฟร์ไวร์ขึ้นมาด้วยเช่นกัน โดยใช้ชื่อการค้าว่า ไอลิงก์ (iLink) หรือ S400 ในขณะที่หน่วยงานกลางด้านมาตรฐานการเชื่อมต่ออย่าง IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ได้รับรองมาตรฐานการเชื่อมต่อในชื่อรหัสมาตรฐาน IEEE 1394 ไฟร์ไวร์สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทตามความเร็วของการรับ-ส่งข้อมูลดังนี้

Firewire 400 (IEEE 1394) คือ การเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อสามารถรับ-ส่งข้อมูลระหว่างกันด้วยความเร็ว 400 Mbps

Firewire 800 (IEEE 1394b) คือ มาตรฐานใหม่ของไฟร์ไวร์ที่สามารถรับ-ส่งข้อมูลระหว่างกันด้วยความเร็ว 800 Mbps

ข้อดีของไฟร์ไวร์ คือ สามารถรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ด้วยความเร็วสูงและมีเสถียรภาพสูงกว่ายูเอสบี จึงนิยมใช้ในงานมัลติมีเดีย เช่น การเชื่อมต่อกล้องดิจิทัล กล้องถ่ายวิดีโอ สแกนเนอร์ ฮาร์ดดิสก์แบบพกพา (external harddisk) อุปกรณ์บันทึกเสียง และอุปกรณ์แบ็กอัพ (backup device) ชนิดความจุสูง เป็นต้น



ภาพที่ 12.10 แสดงไฟร์ไวร์พอร์ตทั้ง 2 แบบ

กิจกรรม 2.1.1

1. ระบบบัสในคอมพิวเตอร์มีกี่ชนิด อะไรบ้าง
2. ยูเอสบีคืออะไร และความเร็วในแต่ละเวอร์ชันเป็นอย่างไร

แนวตอบกิจกรรม 2.1.1

1. ระบบบัสในคอมพิวเตอร์สามารถแบ่งชนิดของบัสตามข้อมูลที่ส่งได้เป็น 3 แบบ ได้แก่
 - 1) บัสข้อมูล (data bus) เป็นบัสที่หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ใช้เป็นเส้นทางผ่านในการควบคุมการส่งถ่ายข้อมูลจากหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไปยังอุปกรณ์ภายนอกหรือรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อทำการประมวลผลที่หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)
 - 2) บัสที่อยู่ (address bus) คือ บัสที่หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) เลือกที่จะส่งข้อมูลหรือรับข้อมูลจากอุปกรณ์ไหนไปที่ใด โดยจะต้องส่งสัญญาณเลือกออกมาทางบัสที่อยู่
 - 3) บัสควบคุม (CONTROL BUS) เป็นบัสส่วนที่นำคำสั่งควบคุม และคำสั่งสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ จากหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) โดย บัสควบคุมนี้ จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน และกิจกรรมที่เกิดขึ้น ในส่วนต่างๆ ของระบบคอมพิวเตอร์
2. ยูเอสบี (USB) ย่อมาจาก Universal Serial Bus ซึ่งเป็นข้อกำหนดมาตรฐานของบัสการสื่อสารแบบอนุกรม เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์โดยความเร็วในการรับส่งข้อมูล ดังนี้
 - USB 1.1 มีความเร็วในการรับส่งข้อมูล 12 Mbps
 - USB 2.0 มีความเร็วในการรับส่งข้อมูล 480 Mbps สูงกว่า USB 1.1 40 เท่า
 - USB 3.0 มีความเร็วในการรับส่งข้อมูล 5 Gbps สูงกว่า USB 2.0 10 เท่า

ตอนที่ 12.2

การสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 12.2 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

- 12.2.1 สื่อกลางการสื่อสารข้อมูล
- 12.2.2 เครือข่ายคอมพิวเตอร์
- 12.2.3 อุปกรณ์สื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์

แนวคิด

1. สื่อกลางในการรับส่งข้อมูลเป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งที่ทำให้การสื่อสารข้อมูลมีประสิทธิภาพ เนื่องจากในปัจจุบันมีสื่อกลางมากมายหลายชนิดให้เลือกใช้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สื่อกลางประเภทใช้สาย และสื่อกลางประเภทไร้สาย ซึ่งสื่อกลางแต่ละแบบก็มีข้อดีและข้อจำกัดต่างกันไป ดังนั้น การเลือกสื่อกลางมาใช้ในระบบต้องพิจารณาถึงคุณลักษณะเฉพาะของสื่อกลางแต่ละประเภท ระยะเวลาในการส่งผ่านข้อมูล สภาพแวดล้อมในระบบเครือข่ายสื่อสาร รวมถึงค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและการบำรุงรักษา
2. เครือข่ายคอมพิวเตอร์ หมายถึง การนำเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปมาเชื่อมต่อกันอย่างเป็นระบบ ด้วยอุปกรณ์และสื่อกลางที่ใช้ส่งผ่านข้อมูลประเภทต่างๆ ซึ่งมีรูปแบบการเชื่อมโยงได้หลายรูปแบบ เพื่อให้สามารถสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลและสารสนเทศไปมาระหว่างกันได้ และแบ่งปันกันใช้ทรัพยากรสารสนเทศร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีองค์ประกอบที่เป็นพื้นฐานสำคัญอยู่ 5 ส่วน คือ 1) เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งรวมทั้งส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ 2) สื่อกลางที่ใช้ส่งผ่านข้อมูล 3) อุปกรณ์เชื่อมต่อระบบหรือสวิตช์ ซึ่งเป็นตัวกำหนดเส้นทางที่จะไปให้ถึงปลายทาง 4) โพรโทคอล เป็นตัวกำหนดว่าคอมพิวเตอร์จะสื่อสารให้เข้าใจกันได้อย่างไรบนเครือข่าย และ 5) ผู้ใช้คอมพิวเตอร์
3. การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปเพื่อให้เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ รวมทั้งการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายหลายๆ เครือข่ายเข้าด้วยกัน จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อหลากหลายชนิด อุปกรณ์แต่ละชนิดมีคุณลักษณะและหน้าที่แตกต่างกัน และทำงานอยู่ในระดับชั้นที่ต่างกัน

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 12.2 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายคุณลักษณะของสื่อกลางแต่ละประเภทได้
2. บอกความหมาย วัตถุประสงค์ และองค์ประกอบพื้นฐานของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้
3. อธิบายลักษณะโครงสร้างของและสถาปัตยกรรมของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้
4. อธิบายคุณลักษณะของอุปกรณ์สื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ได้

เรื่องที่ 12.2.1

สื่อกลางการสื่อสารข้อมูล

สื่อกลางในการรับส่งข้อมูลเป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งที่ทำให้การสื่อสารข้อมูลมีประสิทธิภาพ เนื่องจากในปัจจุบันมีสื่อกลางมากมายหลายชนิดให้เลือกใช้ ซึ่งสื่อกลางแต่ละแบบก็มีข้อดีและข้อจำกัดต่างกันไป ดังนั้น การเลือกสื่อกลางมาใช้ในระบบ ต้องพิจารณาถึงคุณลักษณะเฉพาะของสื่อกลางแต่ละประเภท ระยะเวลาในการส่งผ่านข้อมูล สภาพแวดล้อมในระบบเครือข่ายสื่อสาร รวมถึงค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและการบำรุงรักษาในภายหลังด้วย

สื่อกลางที่ใช้ส่งผ่านข้อมูล (transmission media) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สื่อกลางประเภทใช้สาย และสื่อกลางประเภทไร้สาย

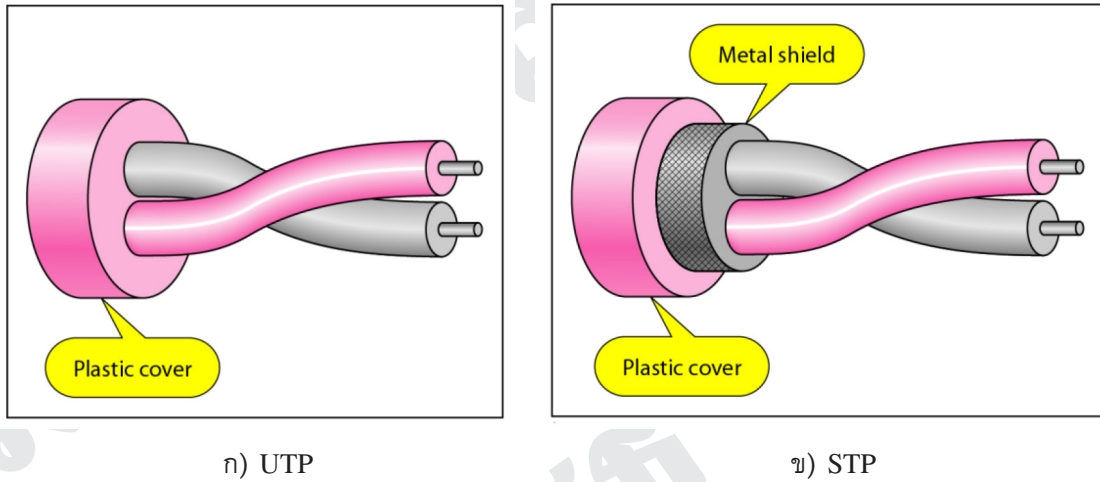
1. สื่อกลางประเภทใช้สาย

สายสัญญาณที่นิยมใช้ แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ สายคู่บิดเกลียว สายโคแอกเชียล และสายใยแก้วนำแสง ซึ่งทั้งสามแบบมีคุณลักษณะแตกต่างกัน ได้แก่

1.1 สายคู่บิดเกลียว (twisted-pair cable) เป็นสายที่มีราคาถูกที่สุด ประกอบด้วยสายทองแดงที่มีฉนวนหุ้ม 2 เส้น นำมาพันกันเป็นเกลียว จะใช้กันแพร่หลายในระบบโทรศัพท์ สายคู่บิดเกลียวสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ดังแสดงในภาพที่ 12.11 คือ

1) สายคู่บิดเกลียวแบบไม่มีชีลด์ (Unshielded Twisted-Pair; UTP) เป็นสายคู่บิดเกลียวที่ไม่มีตัวหุ้ม เป็นสายเคเบิลที่ถูกรบกวนจากภายนอกได้ง่าย แต่ก็มีคามยืดหยุ่นในการใช้งานสูงและราคาไม่แพง

2) สายคู่บิดเกลียวแบบมีชีลด์ (Shielded Twisted-Pair; STP) เป็นสายที่มีปลอกหุ้มอีกรอบเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอก จึงทำให้สายเคเบิลชนิดนี้สามารถใช้ในการเชื่อมต่อในระยะไกลได้มากขึ้น แต่ราคาแพงกว่าแบบ UTP

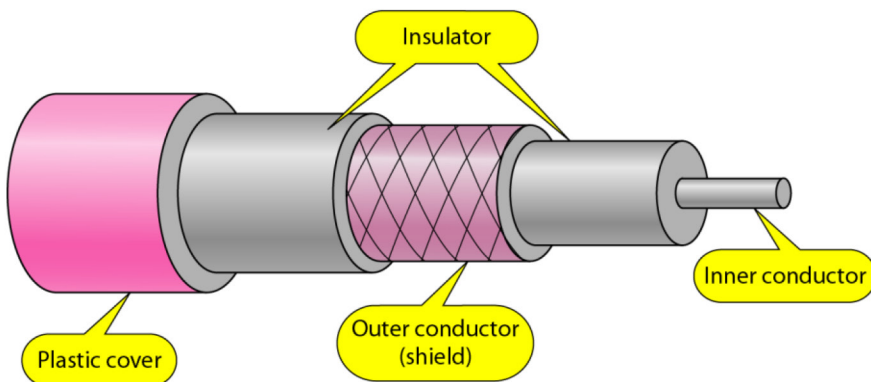


ภาพที่ 12.11 สายคู่บิดเกลียว

ที่มา: Behrouz Forouzan. (2013). *Introduction to Data Communications and Networking*.

สายคู่บิดเกลียวแบบ UTP ถูกพัฒนาขึ้นตามมาตรฐานของสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Industries Association) หรือ EIA และสมาคมอุตสาหกรรมโทรคมนาคม (Telecommunication Industries Association) หรือ TIA ซึ่งมีชื่อเรียกมาตรฐานเหล่านี้ว่า มาตรฐาน EIA/ITA-568

1.2 สายโคแอกเชียล (coaxial cable) มักนิยมเรียกย่อๆ ว่า สายโคแอก (coax) เป็นสายสัญญาณที่ทำจากลวดทองแดงเป็นแกนกลาง มีฉนวนหุ้มตลอดความยาวสาย เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน ดังแสดงในภาพที่ 12.12



ภาพที่ 12.12 สายโคแอกเชียล

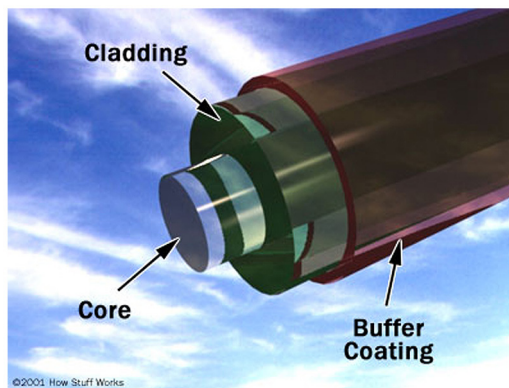
ที่มา: Behrouz Forouzan. (2013). *Introduction to Data Communications and Networking*.

ในอดีตนิยมใช้สายโคแอกเชียลสำหรับระบบเครือข่าย LAN แต่ปัจจุบันไม่นิยมใช้มากนัก แต่ที่นิยมใช้มากในปัจจุบันคือ การใช้สายโคแอกเชียลเป็นสายสัญญาณจากเสาอากาศต่อเข้าโทรทัศน์ สายโคแอกเชียลที่ใช้งานในเครือข่าย LAN แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1) **สายโคแอกเชียลอย่างหนา หรือสาย thick ethernet** มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ซม. เป็นสายสัญญาณที่มีฉนวนหุ้มหนา และมีแกนทองแดงที่ใช้ในการส่งสัญญาณหนากว่าสายอย่างบาง ทำให้สามารถส่งสัญญาณได้ระยะทางไกลกว่าสายอย่างบาง ตามมาตรฐาน EIA/TIA568 กำหนดความยาวของสายอย่างหนาไว้ที่ประมาณ 500 เมตรต่อ 1 เซกเมนต์ (segment) ทำให้ในอดีตนิยมใช้สายชนิด RG-8 A/U สำหรับเป็นสายสัญญาณหลัก (backbone) ของระบบเครือข่าย แต่ปัจจุบันสายสัญญาณชนิดนี้ไม่ได้รับความนิยม และถูกแทนที่ด้วยสายใยแก้วนำแสง

2) **สายโคแอกเชียลอย่างบาง หรือสาย thin ethernet** มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 ซม. เป็นสายสัญญาณที่นิยมใช้กับเครือข่าย LAN โดยในเครือข่าย ethernet ระยะแรก กำหนดให้ใช้สายชนิด RG-58 A/U โดยมีระยะทางสูงสุดไม่เกิน 185 เมตร ต่อ 1 เซกเมนต์ (segment)

1.3 สายใยแก้วนำแสง (fiber-optic cable) สายใยแก้วนำแสงเป็นสายสัญญาณที่ใช้ส่งสัญญาณแสงแทนการใช้สัญญาณไฟฟ้า ทำให้มีคุณลักษณะที่ดีกว่าสายทองแดง คือ สามารถทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดีกว่าสายทองแดง สามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงและได้ระยะทางในการส่งที่มากกว่าสายทองแดง เพราะสามารถส่งได้ไกลหลายกิโลเมตรโดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์ทวนสัญญาณ ทำให้ได้รับความนิยมในการใช้งาน โดยเฉพาะกับเครือข่ายหลักต่างๆ โครงสร้างของสายใยแก้วนำแสงจะประกอบด้วย แกนกลางนำแสง คือ คอร์ (core) ซึ่งจะถูกห่อหุ้มด้วยชั้นเคลดดิ้ง (cladding) โดยทั้งสองชั้นนี้จะเป็นชั้นแก้วที่มีค่าการหักเหแสงต่างกัน โดยเคลดดิ้งจะเป็นชั้นที่ทำหน้าที่บังคับให้สัญญาณแสงสะท้อนอยู่แต่ในชั้นคอร์ จึงทำให้สัญญาณสามารถเดินทางไปยังปลายทางได้ต่อจากชั้นเคลดดิ้งจะเป็นชั้นบัฟเฟอร์ (buffer) ที่ทำหน้าที่ป้องกันแสงจากภายนอกเข้าไปรบกวนการส่งสัญญาณภายใน และป้องกันการกระเจิงของแสงจากคอร์กระจายออก ในชั้นถัดไปเป็นชั้นแจ็คเก็ต (jacket) ซึ่งเป็นตัวห่อหุ้มสายสัญญาณเพื่อป้องกันสายสัญญาณอีกชั้นหนึ่ง



ภาพที่ 12.13 สายใยแก้วนำแสง

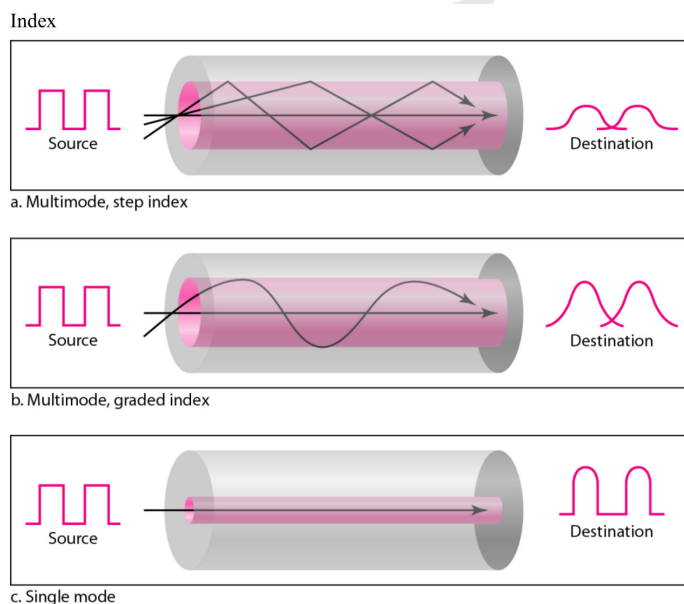
ประเภทของสายใยแก้วนำแสงแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) **สายใยแก้วแบบโหมดเดียว (single mode)** มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนและแคลดดิ้งประมาณ 5-10 และ 125 ไมครอน ตามลำดับ ซึ่งส่วนของแกนมีขนาดเล็กกว่าสายใยแก้วนำแสงชนิดหลายโหมดมาก และให้แสงออกมาเพียงโหมดเดียว ทำให้แสงเดินทางไปได้ไกลโดยไม่ต้องมีการสะท้อนมากนัก ทำให้มีระยะทางในการส่งสัญญาณได้ไกลกว่าสายแบบหลายโหมด

2) **สายใยแก้วแบบหลายโหมด (multi mode)** มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนและแคลดดิ้งโดยประมาณ 50-62.5 ไมครอน และ 125 ไมครอน ตามลำดับ และเนื่องจากขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนมีขนาดใหญ่ ดังนั้นแสงที่ตกกระทบที่ด้านปลายอินพุตของสายใยแก้วนำแสงจะมีมุมตกกระทบที่แตกต่างกันหลายค่า และจากหลักการสะท้อนแสงกลับหมดของแสงที่เกิดขึ้น ภายในส่วนของแกนทำให้มีแนวของลำแสงเกิดขึ้นหลายโหมด โดยแต่ละโหมดใช้ระยะเวลาในการเดินทางที่แตกต่างกัน อันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการแตกกระจายของแสง (mode dispersion)

สายใยแก้วนำแสงแบบหลายโหมดมี 2 แบบ ได้แก่ สเต็ปอินเด็กซ์ (step index) และเกรดอินเด็กซ์ (grade index) ซึ่งจะมีลักษณะการสะท้อนของแสงที่แตกต่างกัน

- สายใยแก้วนำแสงแบบสเต็ปอินเด็กซ์ การสะท้อนของแสงบางส่วนอาจอยู่ในมุมที่หักเหมากจนบางส่วนออกไปพ้นส่วนแกนของสาย ทำให้สายใยแก้วแบบนี้มีการสูญเสียสัญญาณแสงบางส่วนได้ ทำให้ระยะความยาวของสายด้อยกว่าสายใยแก้วแบบอื่นๆ
- สายใยแก้วนำแสงแบบเกรดอินเด็กซ์ มีลักษณะการหักเหแสงที่คงที่ตลอดความยาวของสาย ทำให้สัญญาณแสงสามารถหักเหได้ดีกว่าแบบสเต็ปอินเด็กซ์จึงมีการสูญเสียสัญญาณที่น้อยกว่าแบบสเต็ปอินเด็กซ์



ภาพที่ 12.14 สายใยแก้วนำแสงแบบต่าง ๆ

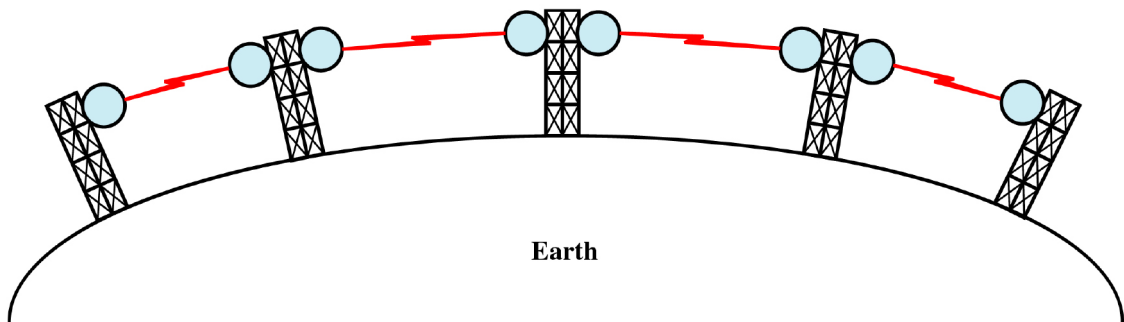
ที่มา: Behrouz Forouzan. (2013). *Introduction to Data Communications and Networking*.

2. สื่อกลางประเภทไร้สาย

การสื่อสารข้อมูลระหว่างหน่วยรับและหน่วยส่งโดยใช้สื่อกลางประเภทไร้สายในบางครั้งอาจทำได้ไม่สะดวกนัก จึงจำเป็นต้องใช้สื่อกลางประเภทไร้สาย (wireless) ซึ่งจะส่งผ่านข้อมูลด้วยการแพร่สัญญาณในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านไปสู่อากาศ ตัวอย่างของสื่อกลางประเภทไร้สาย ได้แก่

2.1 ระบบไมโครเวฟ (microwave system) การส่งสัญญาณข้อมูลไปกับคลื่นไมโครเวฟจะเป็นการส่งสัญญาณข้อมูลแบบรับช่วงต่อๆ กันจากสถานีส่ง-รับสัญญาณหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่ง แต่ละสถานีจะครอบคลุมพื้นที่รับสัญญาณประมาณ 30-50 กม. การส่งสัญญาณข้อมูลด้วยไมโครเวฟมักใช้กันในกรณีที่ต้องการติดตั้งสายเคเบิลทำได้ไม่สะดวก เช่น ในเขตเมืองใหญ่ๆ หรือป่าเขา เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟเป็นการแพร่สัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในลักษณะที่เดินทางเป็นเส้นตรง ดังนั้นการติดตั้งจานรับส่งสัญญาณของแต่ละสถานีจะติดตั้งอยู่บนเสาหรือบนยอดอาคารไปยังจานรับสัญญาณปลายทางในลักษณะเส้นสายตา (light of sight) หมายความว่า ถ้าส่องไฟออกจากจานด้านที่ส่งสัญญาณแล้วจานด้านที่รับสัญญาณจะต้องสามารถมองเห็นแสงไฟที่ส่องนั้นได้

ระบบไมโครเวฟได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย สำหรับการสื่อสารข้อมูลในระยะทางไกลๆ หรือระหว่างอาคาร โดยเฉพาะในกรณีที่ไม้สะดวกที่จะใช้สายใยแก้วนำแสง หรือการสื่อสารด้วยดาวเทียม เพราะระบบไมโครเวฟนี้มีราคาถูก ติดตั้งใช้งานได้ง่าย และสามารถส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราความเร็วสูง แต่สัญญาณไมโครเวฟอาจถูกรบกวนจากพายุ ฝน หรือแม้กระทั่งอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย ทำให้สัญญาณอาจขาดหายไประหว่างการส่งได้

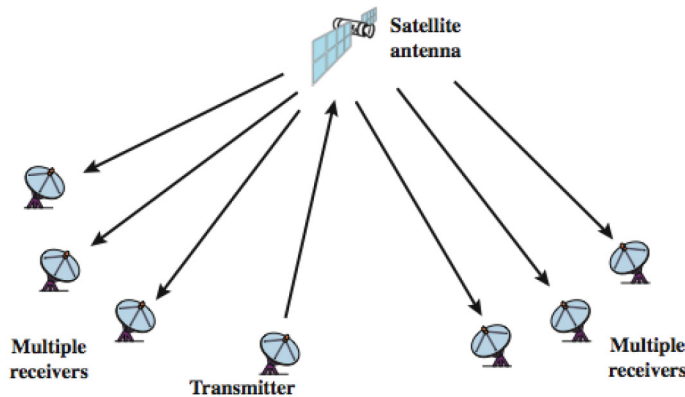


ภาพที่ 12.15 การสื่อสารผ่านระบบไมโครเวฟ

2.2 ระบบดาวเทียม (satellite system) ระบบดาวเทียมก็คือสถานีระบบไมโครเวฟลอยฟ้า ซึ่งทำหน้าที่ขยายและทวนสัญญาณข้อมูลรับและส่งสัญญาณข้อมูลกับสถานีดาวเทียมบนพื้นโลก สถานีดาวเทียมภาคพื้นจะทำการส่งสัญญาณข้อมูลไปยังดาวเทียมซึ่งจะหมุนไปตามการหมุนของโลกซึ่งมีตำแหน่งคงที่เมื่อเทียบกับตำแหน่งบนพื้นโลก ดาวเทียมจะถูกส่งขึ้นไปลอยอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 36,000 กม. เครื่องทวนสัญญาณดาวเทียม (transponder) จะรับสัญญาณข้อมูลจากสถานีภาคพื้น

ซึ่งกำลังอ่อนลงมากแล้วมาขยาย จากนั้นจะทำการทวนสัญญาณและตรวจสอบตำแหน่งของสถานีปลายทาง แล้วจึงส่งสัญญาณข้อมูลไปด้วยความถี่หนึ่งลงไปยังสถานีปลายทาง การส่งสัญญาณข้อมูลขึ้นไปเรียกว่า สัญญาณอัปลิงก์ (up-link) และการส่งสัญญาณข้อมูลกลับมายังพื้นโลกเรียกว่า สัญญาณดาวนลิงก์ (down-link) ลักษณะการรับส่งสัญญาณข้อมูลอาจจะเป็นแบบจุดต่อจุด หรือแบบแพร่สัญญาณก็ได้ สถานีดาวเทียมหนึ่งดวงสามารถมีเครื่องทวนสัญญาณดาวเทียมได้ถึง 25 เครื่อง และสามารถครอบคลุมพื้นที่ในการส่งสัญญาณได้ถึง 1 ใน 3 ของพื้นผิวโลก ดังนั้นถ้าจะส่งสัญญาณข้อมูลให้เ็ร็อบโลก สามารถทำได้ โดยการส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมเพียง 3 ดวงเท่านั้น

ข้อจำกัดของการส่งสัญญาณข้อมูลดาวเทียมคือ สัญญาณข้อมูลสามารถถูกรบกวนจากสัญญาณภาคพื้นอื่น ๆ ได้ อีกทั้งยังมีเวลาประวัังในการส่งสัญญาณเนื่องจากระยะทางขึ้น-ลงของสัญญาณ และที่สำคัญคือ มีราคาสูงในการลงทุนทำให้ค่าบริการสูงตามไปด้วย



ภาพที่ 12.16 การสื่อสารผ่านระบบดาวเทียม

2.3 คลื่นวิทยุ (radio) เป็นการแพร่สัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในคลื่นความถี่ตั้งแต่ 30 เมกะเฮิรซ์ (MHz) จนถึง 1 กิกะเฮิรซ์ (GHz) เหมาะสำหรับการกระจายเสียง เนื่องจากรื่นวิทยุไม่สะท้อนที่ชั้นบรรยากาศ จึงไม่เกิดการรบกวนของคลื่นวิทยุที่ตัวเครื่องรับแม้จะอยู่ในระยะทางไกล แต่คลื่นวิทยุจะแพร่กระจายไปทั่วทุกทิศทางจึงมีความปลอดภัยของข้อมูลน้อย คลื่นวิทยุถูกนำมาใช้เป็นระบบวิทยุสื่อสารในงานด้านการขนส่ง หรือการสื่อสารในรถแท็กซี่ หรืองานด้านการทหารและตำรวจ เป็นต้น อย่างไรก็ตามระบบนี้จะมีปัญหาเกี่ยวกับการขออนุญาตใช้คลื่นความถี่ ซึ่งจะมีข้อกำหนดในแต่ละประเทศที่เข้มางวดต่างกันไป

2.4 เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือเครือข่ายเซลลูลาร์ (cellular network) เป็นเครือข่ายการสื่อสารไร้สายที่ใช้สำหรับให้บริการการสื่อสารด้วยเสียงเป็นหลัก การสื่อสารประเภทนี้จะต้องมีการให้บริการครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง เช่น ระดับจังหวัดหรือระดับประเทศ ดังนั้นจึงต้องมีกรออกแบบเพื่อแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อยเรียกว่า เซลล์ (cell) แต่ละเซลล์จะมีสถานีฐาน (Base Transceiver Station; BTS

หรือ Base Station; BS) ซึ่งทำหน้าที่ในการรับส่งสัญญาณกับโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่องโดยสถานีฐานที่เซลล์อยู่ติดกันจะไม่สามารถใช้ความถี่เหมือนกันสำหรับให้บริการในเซลล์ของตน แต่ความถี่นี้สามารถถูกนำไปใช้ได้อีกครั้งในเซลล์ที่อยู่ห่างออกไป

2.5 ไวแมกซ์ (Worldwide Interoperability for Microwave Access; WiMAX) เป็นการสื่อสารไร้สายที่ใช้เทคโนโลยีบรอดแบนด์ความเร็วสูง เน้นการให้บริการการสื่อสารข้อมูลเป็นหลัก ซึ่งถ้าหากเปรียบเทียบกับแลนไร้สายซึ่งให้บริการการสื่อสารข้อมูลเช่นเดียวกัน ไวแมกซ์สามารถให้บริการครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณที่กว้างกว่า และรองรับการใช้งานในขณะที่ผู้ใช้งานกำลังเคลื่อนที่ได้ดีกว่า แต่อย่างไรก็ตามอัตราเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุดของไวแมกซ์อยู่ที่ประมาณ 75 Mbps เท่านั้นในขณะที่แลนไร้สายในบางมาตรฐานสามารถให้บริการด้วยอัตราเร็วสูงสุดถึง 1,300 Mbps ดังนั้นแลนไร้สายจึงนิยมนำมาใช้งานในสำนักงานซึ่งผู้ใช้ไม่มีความจำเป็นต้องมีการเคลื่อนที่มากนักแต่ต้องการอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่สูง ส่วนไวแมกซ์จะนิยมนำไปให้บริการในพื้นที่สาธารณะซึ่งมีโอกาสนักผู้ใช้จะเคลื่อนที่มากกว่าและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูงกว่า เช่น การใช้งานบนรถยนต์หรือบนรถไฟ เป็นต้น

2.6 สัญญาณอินฟราเรด (infrared) เป็นระบบที่ใช้ส่งสัญญาณโดยใช้คลื่นแสงเช่นเดียวกับเทคโนโลยีการควบคุมระยะไกล (remote control) ของเครื่องรับโทรทัศน์หรือไมโครโฟนแบบไร้สาย ระบบนี้มีข้อจำกัดในการรับส่งโดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ในระยะทางใกล้ๆ เท่านั้น สัญญาณที่ส่งผ่านระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่งสัญญาณจะต้องเดินทางเป็นเส้นตรง และจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางบนเส้นทางของการส่งผ่านข้อมูลเนื่องจากเป็นสัญญาณคลื่นแสง สัญญาณอินฟราเรดจึงถูกนำมาใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบไร้สายภายในห้องทำงาน รวมทั้งมีการนำไปใช้ในการส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องพิมพ์ด้วย โดยการติดตั้งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณอินฟราเรดที่สามารถกระจายคลื่นได้รอบทิศทางไว้ในอุปกรณ์ที่ต้องการให้รับส่งสัญญาณได้

2.7 เครือข่ายแลนไร้สาย (Wireless LAN; WLAN) เป็นเครือข่ายการสื่อสารแบบที่ไม่ต้องใช้สายเคเบิลในการรับส่งข้อมูล นิยมเรียกเครือข่ายแบบนี้ว่า ไวไฟ (Wi-Fi) เป็นมาตรฐาน IEEE 802.11 ที่กำหนดโดยองค์การวิชาชีพด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือ IEEE เครือข่ายแลนไร้สายอาศัยหลักการในการรับส่งข้อมูลเหมือนกับการสื่อสารไร้สายแบบอื่น แต่ใช้ย่านความถี่สาธารณะ ซึ่งไม่ต้องขออนุญาตก่อนใช้งานในการรับส่งข้อมูล ความถี่ในย่านนี้ ได้แก่ ย่านความถี่ 2.4 GHz และย่านความถี่ 5 GHz เครือข่ายแลนไร้สายสามารถเชื่อมต่อได้ 3 รูปแบบหลักๆ คือ การเชื่อมต่อแบบแอดฮอค (ad-hoc) การเชื่อมต่อแบบมีโครงสร้าง (infrastructure) และการเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุด (point-to-point)

2.8 เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายระยะใกล้ เป็นคลื่นความถี่ที่ใช้ส่งผ่านข้อมูลในระยะทางใกล้ๆ โดยใช้คลื่นวิทยุในย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งใช้กันทั่วโลกโดยไม่ต้องขออนุญาตจากภาครัฐ ใช้กับอุปกรณ์สื่อสารที่ใช้กำลังส่งต่ำ ซึ่งสนับสนุนให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมใหม่ในระบบสื่อสารข้อมูล เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายระยะใกล้ที่ใช้กันแพร่หลายอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่

1) บลูทูธ (bluetooth) เป็นมาตรฐาน IEEE 802.15.1 ที่กำหนดโดยองค์การวิชาชีพด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือ IEEE เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายที่ใช้ส่งข้อมูลข้อความ และเสียง ในระยะทางใกล้ประมาณ 10 เมตร สามารถใช้สื่อสารข้อมูลแทนสายเคเบิลระหว่าง

คอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์ หรือระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กกับสมาร์ทโฟน หรือระหว่างกล้องดิจิทัลกับเครื่องพิมพ์ได้เป็นอย่างดี

2) **ซิกบี (ZigBee)** เป็นมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ที่กำหนดโดย IEEE เป็นเทคโนโลยีไร้สายที่ร่วมกันสื่อสารข้อมูลผ่านเซ็นเซอร์ขนาดเล็กมาก จำนวนเป็นพันๆ หมื่นๆ ชั้นที่ฝังอยู่ตามส่วนต่างๆ ในอาคาร สำนักงาน โรงงาน หรือแม้แต่ในบ้าน การทำงานของซิกบี จะเป็นการรับ-ส่ง คลื่นสัญญาณข้อมูลผ่านชิปเล็กๆ นี้จุดต่อจุดไปเรื่อยๆ จนถึงปลายทางที่ต้องการดาวน์โหลดข้อมูลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่ได้อาจจะเป็นการวัดอุณหภูมิ การเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต จับปริมาณมลพิษในอากาศ ปริมาณน้ำ ท่อแก๊สโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์หรือแบตเตอรี่ขนาดเล็กที่กินไฟน้อยมาก จึงสามารถฝังทิ้งไว้ในที่ห่างไกลได้เป็น 10 ปี เทคโนโลยีซิกบีจะช่วยทำให้บริษัทที่เกี่ยวข้องกับการส่งพลังงาน เช่น น้ำมัน ประปา น้ำในเขื่อน ท่อแก๊ส สามารถประหยัดการสูญเสียได้อย่างน้อย 10-15 เปอร์เซ็นต์ และในอนาคตอันใกล้นี้ เมื่อเทคโนโลยีนาโนก้าวหน้ามากขึ้น เซ็นเซอร์ซิกบีจะมีขนาดเล็กเท่าหัวเข็มหมุด สามารถฝังได้แม้กับในร่างกายของสิ่งมีชีวิตได้

3) **อาร์เอฟไอดี (Radio Frequency Identification; RFID)** เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายสำหรับส่งข้อมูลในระยะไกลโดยใช้คลื่นความถี่ โดยทั่วไปจะใช้เพื่อระบุเอกลักษณ์ของวัตถุหรือตัวบุคคล ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้หลายรูปแบบ ในประเทศไทยมีการนำมาประยุกต์ใช้งานในลักษณะต่างๆ เช่น บัตรโดยสารรถไฟฟ้าฟ้ามหานคร (รถไฟฟ้าใต้ดิน) กุญแจรถยนต์ บัตรประจำตัวพนักงาน เป็นต้น อาร์เอฟไอดีที่มีใช้งานอยู่ทั่วไปมีอยู่สองแบบด้วยกันคือ แบบพาสซีฟ (passive) ซึ่งมีขนาดเล็กน้ำหนักเบา มีอายุการใช้งานนาน แต่ระยะการรับส่งข้อมูลระหว่างป้ายและเครื่องอ่านจะต้องอยู่ใกล้กันมาก เนื่องจากป้ายต้องอาศัยพลังงานจากคลื่นวิทยุที่ส่งมาจากเครื่องอ่าน ส่วนแบบแอ็กทีฟ (active) จะมีแบตเตอรี่ภายใน ทำให้มีกำลังส่งสูงสามารถรับส่งข้อมูลได้ไกลขึ้น และทนต่อสัญญาณรบกวนรอบข้างได้ดี แต่จะทำให้ป้ายมีขนาดใหญ่ และมีอายุการใช้งานจำกัดตามอายุของแบตเตอรี่

กิจกรรม 2.2.1

1. สายคู่ตีเกลียวสามารถแบ่งได้เป็นกี่ประเภทอะไรบ้าง
2. IEEE 802.11 คืออะไร

แนวตอบกิจกรรม 2.2.1

1. สายคู่ตีเกลียวสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ
 - 1) สายคู่ตีเกลียวแบบไม่มีชีลด์ (Unshielded Twisted-Pair; UTP) เป็นสายคู่ตีเกลียวที่ไม่มีตัวหุ้ม เป็นสายเคเบิลที่ถูกรบกวนจากภายนอกได้ง่าย แต่ก็มีคามยืดหยุ่นในการใช้งานสูงและราคาไม่แพง

2) สายคู่ตีเกลียวแบบมีชีลด์ (Shielded Twisted-Pair; STP) เป็นสายที่มีปลอกหุ้มอีกรอบเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอก จึงทำให้สายเคเบิลชนิดนี้สามารถใช้ในการเชื่อมต่อในระยะไกลได้มากขึ้น แต่ราคาแพงกว่าแบบ UTP

2. IEEE 802.11 คือ มาตรฐาน IEEE 802.11 ที่กำหนดโดยองค์การวิชาชีพด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Institute of Electrical and Electronics Engineers–IEEE) ของเทคโนโลยีไร้ไฟ

เรื่องที่ 12.2.2

เครือข่ายคอมพิวเตอร์

การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานของหน่วยงานต่างๆ เริ่มมีการพัฒนาขึ้นเป็นลำดับ และเนื่องจากอุปกรณ์คอมพิวเตอร์บางชนิดมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงมีผู้คิดค้นที่จะนำอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่มีราคาสูงบางชนิดมาใช้ร่วมกันเพื่อให้เกิดความคุ้มค่า ซึ่งแทนที่จะติดตั้งฮาร์ดดิสก์ เครื่องพิมพ์ ฐานข้อมูล หรือโปรแกรมระบบงานต่างๆ ให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ในลักษณะหนึ่งเครื่องต่อหนึ่งคน จึงทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวไว้กับคอมพิวเตอร์เครื่องใดเครื่องหนึ่งแล้วให้คอมพิวเตอร์เครื่องอื่นสามารถเชื่อมต่อเข้าไปใช้ทรัพยากรต่างๆ เหล่านี้ร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1. ความหมายของเครือข่ายคอมพิวเตอร์

เครือข่ายคอมพิวเตอร์ (computer network) หมายถึง การนำเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปมาเชื่อมต่อกันอย่างเป็นระบบ ด้วยอุปกรณ์และสื่อกลางที่ใช้ส่งผ่านข้อมูลประเภทต่างๆ เพื่อให้สามารถสื่อสารกัน แลกเปลี่ยนข้อมูลและสารสนเทศไปมาระหว่างกันได้ และแบ่งปันกันใช้ทรัพยากรสารสนเทศร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ เครือข่ายคอมพิวเตอร์ยังมีบทบาทสำคัญในการเป็นสื่อกลางเพื่อการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้แต่ละคน หากผู้ที่เราต้องการติดต่อด้วยไม่ได้เปิดใช้เครื่องคอมพิวเตอร์อยู่ ก็ยังสามารถฝากข้อความเอาไว้ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้ เมื่อผู้ที่เราต้องการติดต่อด้วยเปิดใช้เครื่องเมื่อใดก็จะได้รับแจ้งข่าวสารให้ทราบได้ในทันที

2. วัตถุประสงค์ของการใช้งานเครือข่ายคอมพิวเตอร์

การนำคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อกันเป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์นั้น มีวัตถุประสงค์หลายประการ ดังนี้

1) เพื่อการติดต่อสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างกัน ผู้ใช้ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์สามารถรับหรือส่งข้อมูลข่าวสารจากคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานอยู่ไปยังคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้รายอื่นๆ ซึ่งอยู่ห่างไกลออกไปได้ ซึ่งผู้รับอาจไม่จำเป็นต้องอยู่เพื่อคอยรับข่าวสารในขณะที่มีการส่ง การใช้งานเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในลักษณะนี้อำนวยประโยชน์ให้กับหน่วยงานต่างๆ มากมาย เช่น หน่วยงานธุรกิจหรือบริษัทในเครือสามารถติดต่อสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างกันได้ตลอดเวลาโดยผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

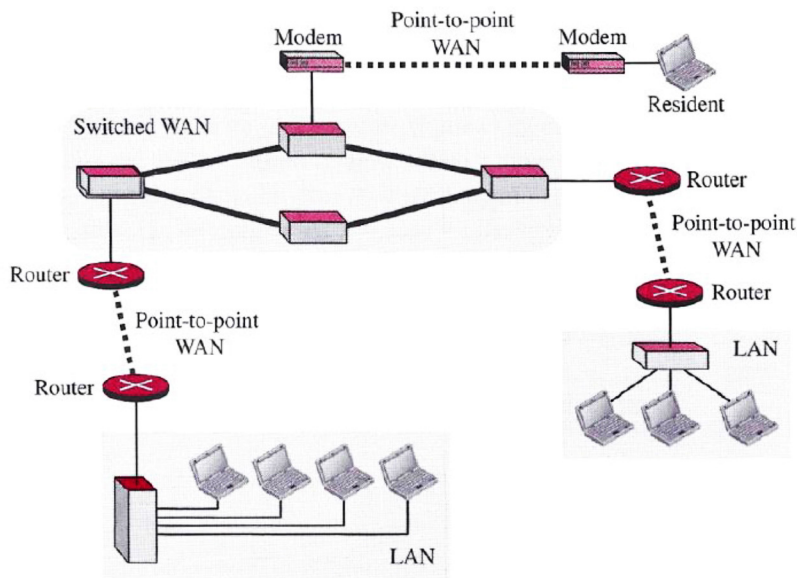
2) เพื่อการใช้ทรัพยากรสารสนเทศร่วมกัน ปัจจุบันหลายๆ หน่วยงานสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านการจัดซื้อและจัดหาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อนำมาใช้ในหน่วยงานได้เป็นอย่างมาก ด้วยการติดตั้งอุปกรณ์บางอย่างที่มีราคาแพงและใช้งานไม่บ่อยนัก เช่น ซีพียูที่มีความเร็วในการประมวลผลสูง ฮาร์ดดิสก์ที่มีขนาดความจุสูงมากๆ และเครื่องพิมพ์ที่มีความเร็วในการพิมพ์สูง เป็นต้น ติดตั้งไว้ที่หน่วยงานส่วนกลางเพียงชุดเดียว และเปิดโอกาสให้หน่วยงานย่อยอื่นๆ สามารถใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์เหล่านี้ผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้

3) เพื่อสนับสนุนการจัดการภายในหน่วยงาน ผู้ดูแลระบบคอมพิวเตอร์สามารถทำการสำรองข้อมูล (backup) หรือแก้ไขปัญหาข้อขัดข้องของการใช้ซอฟต์แวร์ที่ติดตั้งอยู่ในคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ที่กระจายอยู่ตามหน่วยงานย่อยต่างๆ ได้ง่ายผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยไม่จำเป็นต้องส่งบุคลากรออกไปทำการสำรองข้อมูลหรือแก้ไขปัญหาข้อขัดข้องของการใช้งานที่หน่วยงานย่อยต่างๆ เหล่านั้น อีกทั้งการมีเครื่องหลายๆ เครื่องที่เชื่อมต่อถึงกัน ถ้าเครื่องใดเครื่องหนึ่งเสียไม่สามารถทำงานได้ก็สามารถใช้เครื่องอื่นทำงานแทนได้

4) เพื่อการเข้าถึงและใช้งานทรัพยากรสารสนเทศจากระยะไกล พนักงานของหน่วยงานบางแห่งสามารถเรียกใช้ข้อมูลหรือติดต่อกับสำนักงานได้จากระยะไกลโดยไม่จำเป็นต้องเข้าไปนั่งทำงานที่สำนักงานเลย ซึ่งหน่วยงานบางแห่งอาจยกเลิกข้อกำหนดที่ต้องให้พนักงานต้องเข้ามาลงเวลาที่สำนักงานก่อนการปฏิบัติงาน แต่อนุโลมให้พนักงานสามารถติดต่อสำนักงานผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แทน และพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ที่บ้านหรือภายนอกสำนักงานยังสามารถเข้าถึงระบบคอมพิวเตอร์และฐานข้อมูลที่ติดตั้งอยู่ที่ส่วนกลาง เพื่อการตรวจสอบหรือเรียกดูข้อมูลที่ต้องการได้ตลอดเวลาเสมือนกับข้อมูลถูกจัดเก็บอยู่ที่เดียวกับที่ๆ เขาทำงานอยู่ ทำให้การปฏิบัติงานต่างๆ สามารถดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องและเกิดประสิทธิภาพแม้จะปฏิบัติหน้าที่อยู่ที่ใดก็ตาม

3. องค์ประกอบพื้นฐานของเครือข่ายคอมพิวเตอร์

ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ใดๆ ก็ตาม จำเป็นต้องมีองค์ประกอบที่เป็นพื้นฐานสำคัญอยู่ 5 ส่วน คือ 1) เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งรวมทั้งส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ 2) สื่อกลางที่ใช้ส่งผ่านข้อมูล 3) อุปกรณ์เชื่อมต่อบริบทหรือสวิตช์ ซึ่งเป็นตัวกำหนดเส้นทางที่จะไปให้ถึงปลายทาง 4) โพรโทคอล เป็นตัวกำหนดว่าคอมพิวเตอร์จะสื่อสารให้เข้าใจกันได้อย่างไรบนเครือข่าย และ 5) ผู้ใช้คอมพิวเตอร์



ภาพที่ 12.17 องค์ประกอบของเครือข่ายคอมพิวเตอร์

3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

3.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นสถานีบริการหรือเซิร์ฟเวอร์ (server) ซึ่งจะมีซอฟต์แวร์ที่ช่วยควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆ ให้สามารถเชื่อมต่อกันเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างกันได้ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ในการควบคุม ตรวจสอบ และบันทึกความผิดปกติต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในขณะที่ระบบกำลังทำงานอยู่ รวมทั้งควบคุมระบบความปลอดภัยและตรวจสอบสิทธิ์ของผู้ใช้ที่ต้องการติดต่อเข้าสู่ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วย

3.1.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นสถานีงานหรือไคลเอ็นต์ (client) ประกอบด้วยจอภาพและอุปกรณ์นำเข้าหรือแสดงผล ซึ่งผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูลที่ต้องการส่งหรือใช้แสดงผลข้อมูลที่ได้รับ

3.2 สื่อกลางที่ใช้ส่งผ่านข้อมูล เป็นเส้นทางที่ใช้ลำเลียงข้อมูลข่าวสารระหว่างหน่วยส่งและหน่วยรับ ซึ่งอาจเป็นสื่อกลางประเภทใช้สายหรือสื่อกลางประเภทไร้สายก็ได้

3.3 อุปกรณ์เชื่อมต่อระบบหรือสวิตช์ (switch) ในการนำคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อกันเป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์นั้นจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ในการเชื่อมต่อ ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์ใดบ้างนั้นขึ้นอยู่กับโครงสร้างหรือลักษณะของการเชื่อมต่อเครือข่าย ตัวอย่างของอุปกรณ์เชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ได้แก่ ฮับ บริดจ์ เราเตอร์ เกทเวย์ เป็นต้น (รายละเอียดของอุปกรณ์เชื่อมต่อระบบจะกล่าวถึงต่อไปในเรื่องที่ 12.2.3)

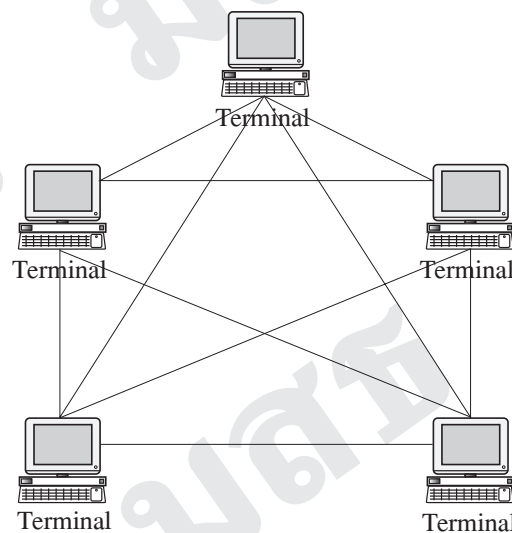
3.4 โพรโทคอล (protocol) คือ กฎเกณฑ์หรือข้อตกลงที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูล ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นกฎจราจรที่ใช้ควบคุมการลำเลียงข้อมูลภายในช่องทางการสื่อสารข้อมูลของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

3.5 ผู้ใช้คอมพิวเตอร์ หมายถึง ผู้ที่ต้องการส่งหรือรับข้อมูลข่าวสารภายในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ รวมถึงบุคลากรของหน่วยงานที่ทำหน้าที่ดูแลและบำรุงรักษาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วย

4. โครงสร้างของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

โครงสร้างหรือโทโพโลยีของระบบเครือข่าย (network topology) หมายถึง ลักษณะทางกายภาพ (ภายนอก) ของเครือข่าย เป็นรูปแบบของการเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ตั้งแต่สองเครื่องขึ้นไป และอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ภายในเครือข่ายคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน ซึ่งมีรูปแบบการเชื่อมโยงหลายรูปแบบดังนี้

4.1 โครงสร้างแบบจุดต่อจุด (mesh topology) เป็นการเชื่อมโยงแบบสมมาตรโดยการเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องในเครือข่ายเข้าด้วยกันแบบจุดต่อจุด ดังแสดงในภาพที่ 12.18



ภาพที่ 12.18 โครงสร้างแบบจุดต่อจุด

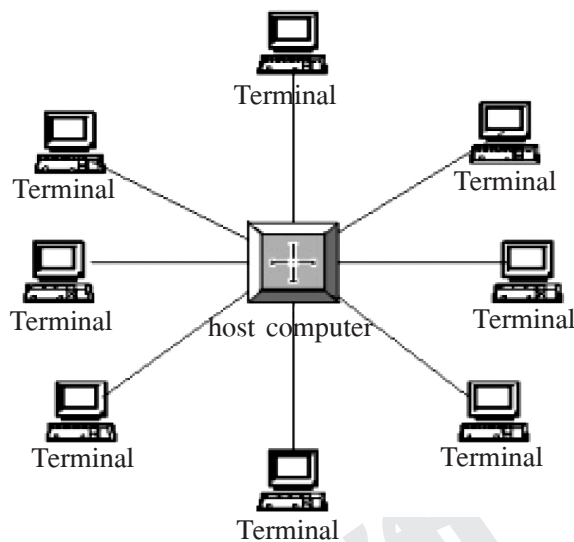
ข้อดีของการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบจุดต่อจุด

- 1) คอมพิวเตอร์ทุกตัวทำการเชื่อมต่อตรงกับคอมพิวเตอร์ตัวอื่นๆ ในระบบ จึงทำให้มีความเร็วในการสื่อสารข้อมูลสูง
- 2) ความเสถียรของระบบสูง ไม่เกิดการชนกันของข้อมูล
- 3) ความปลอดภัยของข้อมูลสูงเนื่องจากการส่งข้อมูลจะส่งจากผู้ส่งถึงผู้รับโดยตรง
- 4) ถ้าเกิดการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์บางจุดล้มเหลว จะไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของคอมพิวเตอร์อื่นๆ ในระบบ
- 5) มีความน่าเชื่อถือสูงเพราะมีช่องสัญญาณมาก

ข้อจำกัดของการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบจุดต่อจุด

- 1) เนื่องจากการเป็นการเชื่อมโยงโดยตรงถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องจึงต้องใช้สายเคเบิลจำนวนมาก
- 2) ใช้พื้นที่มากในการติดตั้งระบบ
- 3) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง

4.2 โครงสร้างแบบดาว (star topology) เป็นโครงสร้างที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์แต่ละตัวเข้ากับคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง เรียกว่า “โฮสต์คอมพิวเตอร์ (host computer)” หรือ ฮับ (hub) การรับส่งข้อมูลทั้งหมดจะต้องผ่านคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางเสมอ ดังภาพที่ 12.19



ภาพที่ 12.19 โครงสร้างแบบดาว

ข้อดีของการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบดาว

- 1) เครือข่ายแบบสตาร์จะมีโฮสต์คอมพิวเตอร์อยู่ที่จุดเดียว ทำให้ง่ายในการติดตั้งหรือจัดการกับระบบ
- 2) จุดใช้งาน 1 จุด ต่อกับสายส่งข้อมูล 1 เส้น เมื่อเกิดการเสียหายของจุดใช้งานใดในเครือข่ายจะไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของจุดอื่นๆ และทำให้การติดตั้งจุดเพิ่มเติมทำได้ง่าย
- 3) การติดต่อสื่อสารในเครือข่ายแบบดาวจะเกี่ยวข้องกันระหว่างโฮสต์คอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์อีกจุดหนึ่งเท่านั้น ส่งผลให้การควบคุมการส่งข้อมูลทำได้ง่าย
- 4) ความเสถียรของระบบสูง
- 5) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งน้อยกว่าแบบจุดต่อจุด

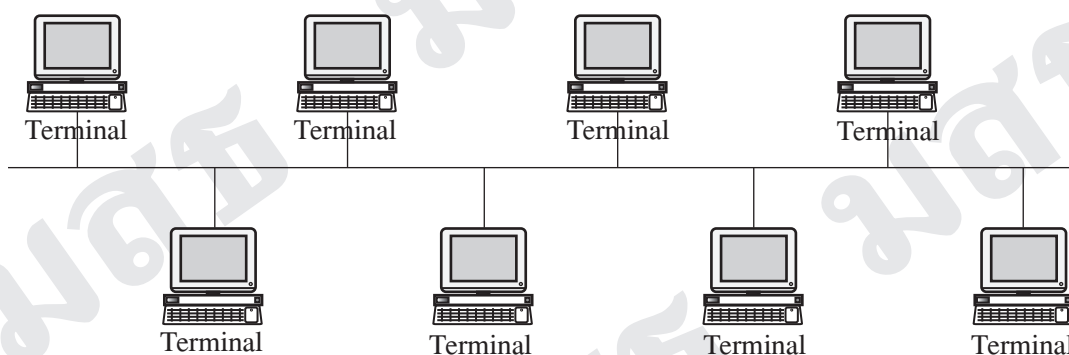
ข้อจำกัดของการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบดาว

1) ถึงแม้ว่าค่าใช้จ่ายในการติดตั้งจะถูกกว่าแบบจุดต่อจุด แต่เนื่องจากแต่ละจุดจะต่อโดยตรงกับโฮสต์คอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงต้องใช้สายส่งข้อมูลจำนวนมาก ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการติดตั้งและบำรุงรักษาเมื่อเทียบกับการเชื่อมต่อแบบอื่นๆ ที่จะกล่าวถึงต่อไป

2) การเพิ่มจุดใหม่เข้าในระบบจะต้องเดินสายจากโฮสต์คอมพิวเตอร์ออกมาส่งผลให้การขยายระบบทำได้ยาก

3) การทำงานขึ้นอยู่กับโฮสต์คอมพิวเตอร์ ถ้าโฮสต์คอมพิวเตอร์เกิดเสียหายขึ้น จะไม่สามารถใช้งานเครือข่ายได้

4.3 โครงสร้างแบบบัส (bus topology) เป็นโครงสร้างที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์แต่ละตัวด้วยสายเคเบิลที่ใช้ร่วมกัน ดังภาพที่ 12.20 ซึ่งการเดินทางของข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ในสายเคเบิลหรือบัสนี้ สัญญาณจะถูกส่งกระจายออกไปตลอดเส้นทางโดยผ่านไประหว่างแต่ละเครื่องได้ตลอดเวลา โดยไม่ต้องผ่านไปที่ศูนย์กลางก่อน



ภาพที่ 12.20 โครงสร้างแบบบัส

ข้อดีของการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบบัส

1) การใช้สายส่งข้อมูลจะใช้สายส่งข้อมูลร่วมกัน ทำให้ใช้สายส่งข้อมูลได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและการบำรุงรักษา

2) เครือข่ายแบบบัสมีโครงสร้างที่ง่ายและมีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากใช้สายส่งข้อมูลเพียงเส้นเดียว

3) การเพิ่มจุดให้บริการใหม่เข้าไปในเครือข่ายสามารถทำได้ง่าย เนื่องจากจุดใหม่จะใช้สายส่งข้อมูลที่มีอยู่แล้วได้

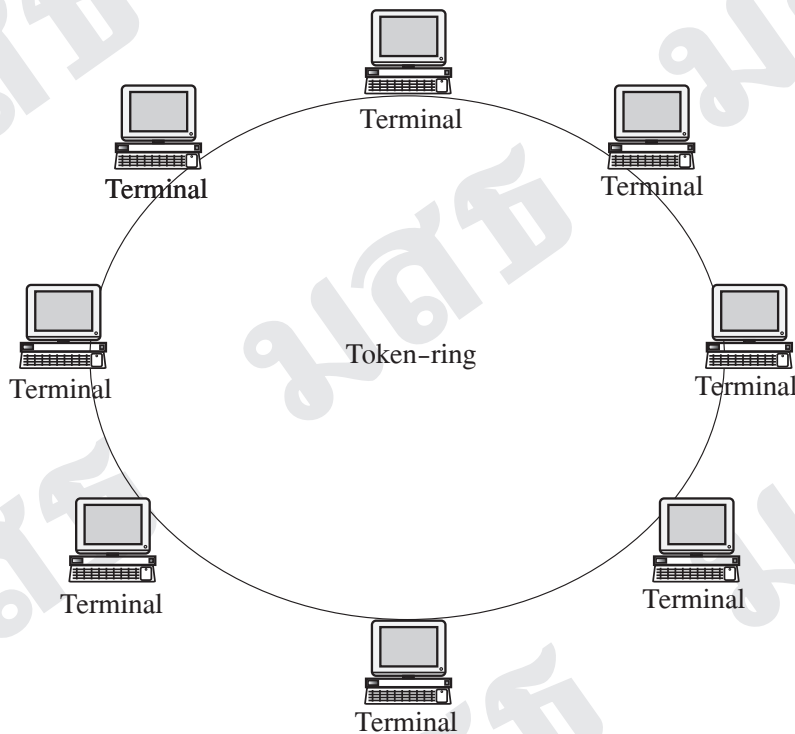
4) มีความเชื่อถือได้สูงเนื่องจากเป็นรูปแบบง่ายที่สุด

ข้อจำกัดของการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบบัส

1) การหาข้อผิดพลาดทำได้ยาก เนื่องจากในเครือข่าย จะไม่มีศูนย์กลางในการควบคุมอยู่ที่จุดใดจุดหนึ่ง ดังนั้นการตรวจสอบข้อผิดพลาดจึงต้องทำจากหลายๆ จุดในเครือข่าย

- 2) ในกรณีที่เกิดการเสียหายในสายส่งข้อมูล จะทำให้ทั้งเครือข่ายไม่สามารถทำงานได้
- 3) เมื่อมีผู้ใช้งานเพิ่มขึ้น อาจทำให้เกิดการชนกันของข้อมูลเมื่อมีการรับส่งข้อมูล
- 4) ระบบจะมีประสิทธิภาพลดลงอย่างมากถ้ามีการจราจรของข้อมูลสูง

4.4 โครงสร้างแบบวงแหวน (ring topology) เป็นโครงสร้างที่เชื่อมคอมพิวเตอร์ทั้งหมดเข้าเป็นวงแหวน ข้อมูลจะถูกส่งต่อๆ กันไปในวงแหวนจนกว่าจะถึงเครื่องผู้รับที่ต้องการ ดังภาพที่ 12.21



ภาพที่ 12.21 โครงสร้างแบบวงแหวน

ข้อดีของการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบวงแหวน

1) ใช้สายส่งข้อมูลน้อย ความยาวของสายส่งข้อมูลที่ใช้ในเครือข่ายแบบนี้จะใกล้เคียงกับแบบบัส แต่จะน้อยกว่าแบบสตาร์

2) มีประสิทธิภาพสูง แม้ว่าการจราจรของข้อมูลในเครือข่ายจะมาก

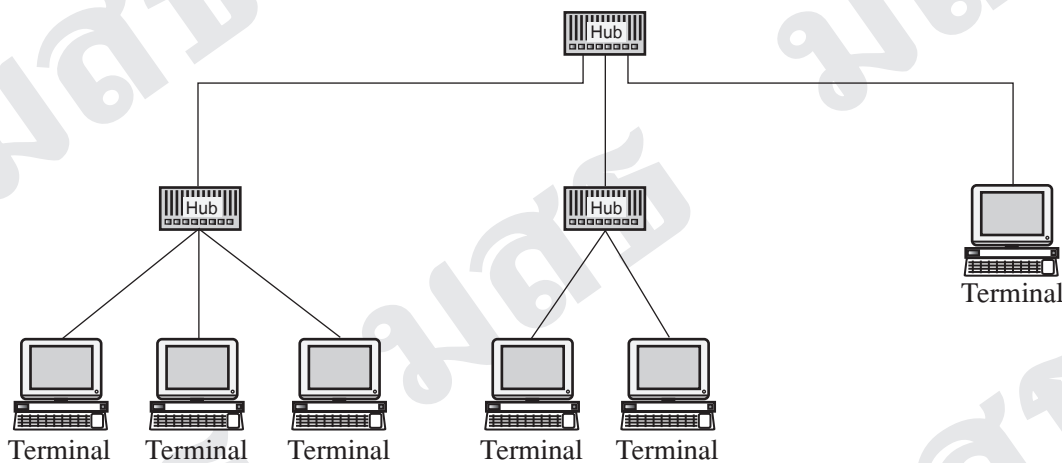
ข้อจำกัดของการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบวงแหวน

1) การส่งข้อมูลบนเครือข่ายแบบวงแหวนจะต้องผ่านทุกๆ จุดที่อยู่ในวงแหวน ดังนั้นหากมีจุดหนึ่งจุดใดเสียหาย ทั้งเครือข่ายจะไม่สามารถติดต่อกันได้ จนกว่าจะนำจุดที่จะเสียหายออกไป หรือแก้ไขให้ใช้งานได้

2) การเปลี่ยนแปลงเครือข่ายทำได้ยากและอาจต้องหยุดการใช้งานเครือข่ายชั่วคราวขณะทำการเปลี่ยนแปลง

3) ในการตรวจสอบข้อผิดพลาดอาจจะต้องทดสอบระหว่างจุดกับจุดถัดไป เพื่อหาว่าจุดใดเสียหาย ซึ่งเป็นเรื่องที่ยากเสียเวลามาก และยากต่อการเพิ่มจุดใช้งานใหม่

4.5 โครงสร้างแบบต้นไม้ (tree topology) มีลักษณะเชื่อมโยงคล้ายกับโครงสร้างแบบดาวแต่จะมีโครงสร้างแบบต้นไม้ โดยมีสายนำสัญญาณแยกออกไปเป็นแบบกิ่งไม่เป็นวงรอบ โครงสร้างแบบนี้จะเหมาะกับการประมวลผลแบบกลุ่ม ซึ่งประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับต่างๆ กันอยู่หลายเครื่องแล้วต่อกันเป็นชั้นๆ ดูราวกับแผนภาพองค์กร แต่ละกลุ่มจะมีโหนดแม่และโหนดลูกในกลุ่มนั้นที่มีความสัมพันธ์กัน ดังภาพที่ 12.22



ภาพที่ 12.22 โครงสร้างแบบต้นไม้

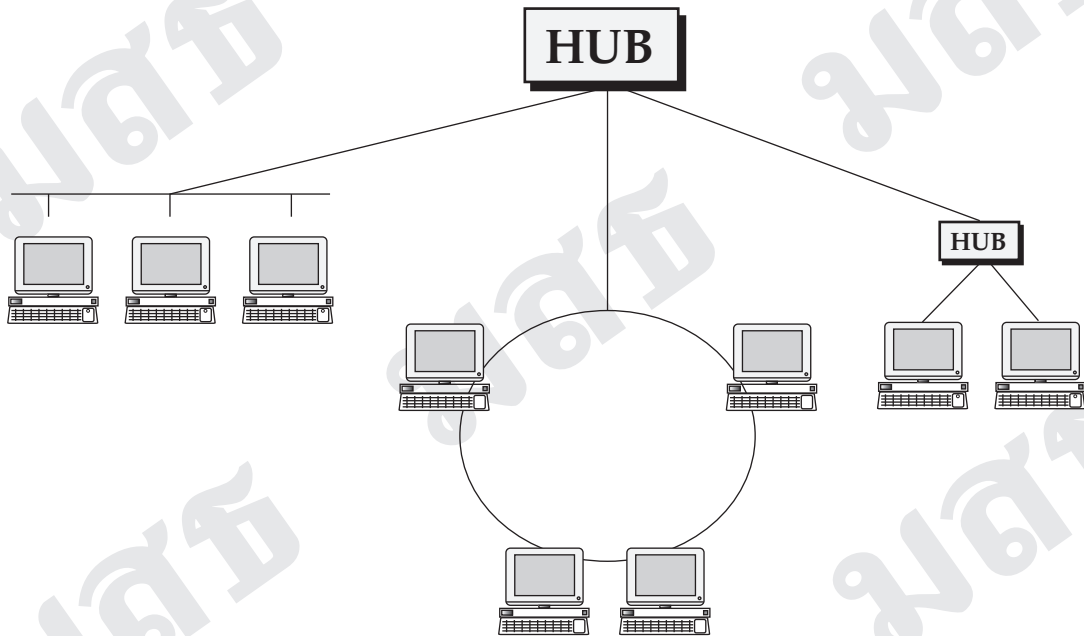
ข้อดีของการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบต้นไม้

- 1) ในแต่ละกลุ่มย่อยมีโฮสต์คอมพิวเตอร์เป็นของกลุ่มเอง ทำให้ง่ายในการติดตั้งหรือจัดการกับระบบ
- 2) จุดใช้งาน 1 จุด ต่อกับสายส่งข้อมูล 1 เส้น เมื่อเกิดการเสียหายของจุดใช้งานใดในเครือข่าย จะไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของจุดอื่นๆ และทำให้ติดตั้งง่าย
- 3) การติดต่อสื่อสารในเครือข่ายแบบต้นไม้คล้ายกับแบบดาว จะเกี่ยวข้องกันระหว่างโฮสต์คอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์อีกจุดหนึ่งเท่านั้น ส่งผลให้การควบคุมการส่งข้อมูลทำได้ง่าย
- 4) ความเสถียรของระบบสูงกว่าเครือข่ายแบบดาว เนื่องจากการแยกโฮสต์คอมพิวเตอร์ออกไปในแต่ละกลุ่ม

ข้อจำกัดของการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบต้นไม้

- 1) การเพิ่มจุดใหม่เข้าในระบบจะต้องเดินสายจากโฮสต์คอมพิวเตอร์ออกมาส่งผลให้การขยายระบบทำได้ยาก
- 2) การทำงานขึ้นอยู่กับโฮสต์คอมพิวเตอร์ ถ้าโฮสต์คอมพิวเตอร์เกิดเสียหายขึ้น กลุ่มย่อยนั้นก็จะไม่สามารถใช้งานเครือข่ายได้
- 3) การเชื่อมต่อของคอมพิวเตอร์ผ่านสื่อกลางไปยังคอมพิวเตอร์อื่นๆ ได้ทั้งหมด เพราะทุกตัวจะอยู่บนทางเชื่อมและรับส่งข้อมูลเดียวกัน ดังนั้นในแต่ละกลุ่มย่อยจะส่งข้อมูลได้ที่ละเครื่องโดยไม่สามารถส่งพร้อมกัน

4.6 โครงสร้างแบบผสม (hybrid topology) เป็นโครงสร้างที่ผสมผสานความสามารถของโครงสร้างหลายๆ แบบรวมกัน ประกอบด้วยเครือข่ายคอมพิวเตอร์ย่อยๆ หลายเครือข่ายที่มีโครงสร้างแตกต่างกันมาเชื่อมต่อกันตามความเหมาะสม ทำให้เกิดเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพสูงในการสื่อสารข้อมูล ดังภาพที่ 12.23

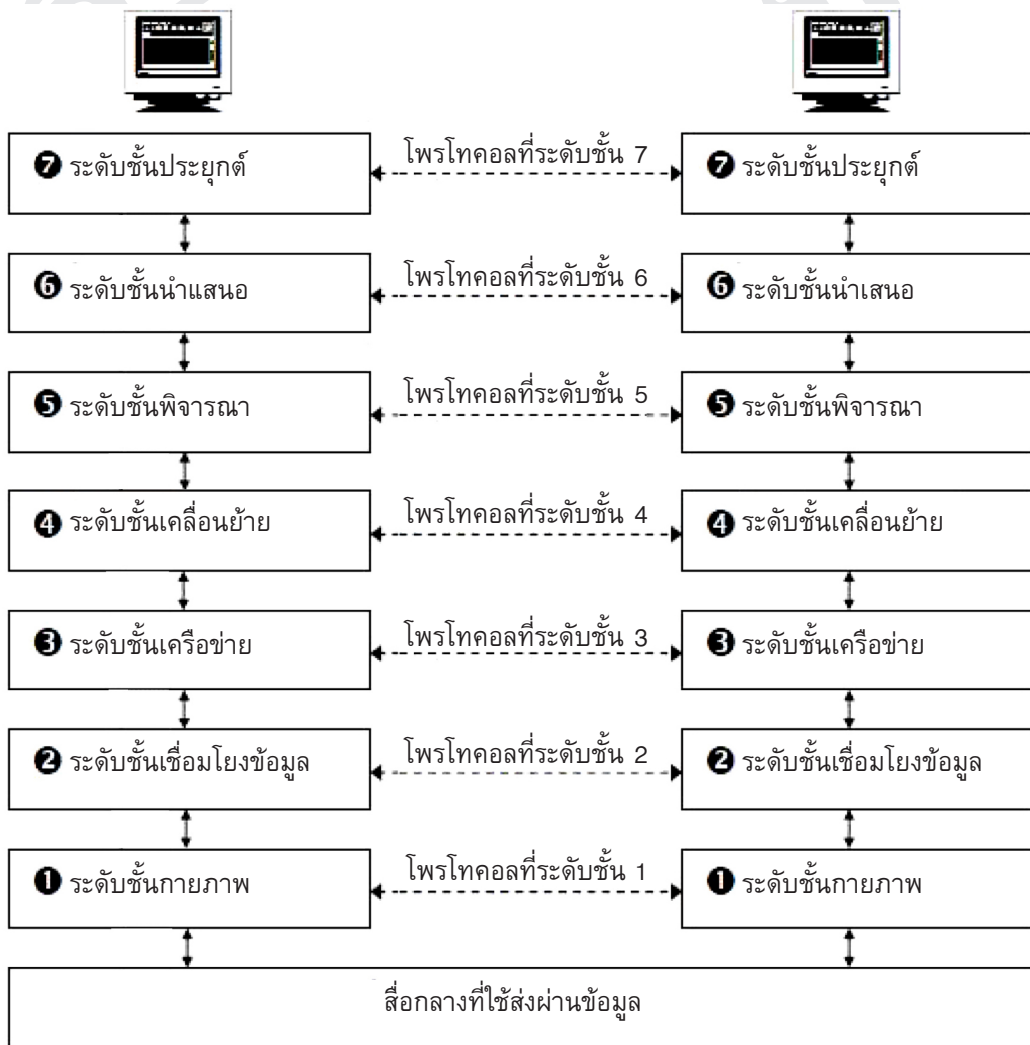


ภาพที่ 12.23 โครงสร้างแบบผสม

5. สถาปัตยกรรมเครือข่าย

การสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ต่างผู้ผลิต หรือต่างรุ่นอาจจะทำให้เกิดความแตกต่างในการกำหนดรูปแบบของข้อมูลและรูปแบบการส่งรับข้อมูลในเครือข่าย ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องพิจารณาซอฟต์แวร์ที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงความแตกต่างกันนั้นให้สามารถเข้าใจกันได้เพื่อที่อุปกรณ์เหล่านี้จะสามารถใช้งานร่วมกันได้ ด้วยปัญหาดังกล่าว ทำให้องค์กรอิสระหรือกลุ่มผู้ผลิตต่างๆ ได้พยายามพัฒนามาตรฐานการสื่อสารข้อมูลแบบต่างๆ เพื่อให้ผู้ผลิตอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่างๆ ยึดเป็นแบบในการผลิตสินค้าและพัฒนาสินค้าของตนให้เป็นระเบียบและเป็นระบบเดียวกัน หรือสามารถใช้ร่วมกันได้ แต่ก่อนที่จะกำหนดมาตรฐานหนึ่งขึ้นมาก็จำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดโครงสร้างหรือสถาปัตยกรรมของการสื่อสารข้อมูลขึ้นมาก่อน เพื่อให้การออกแบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์เป็นไปด้วยมาตรฐานเดียวกัน ในการแบ่งโครงสร้างเครือข่ายออกเป็นเลเยอร์ และกำหนดหน้าที่การทำงานให้ในแต่ละเลเยอร์นั้นมีหลายองค์ประกอบ และหลายบริษัทผู้ผลิตได้พยายามกำหนดรูปแบบมาตรฐานขึ้นใช้กัน และรูปแบบของสถาปัตยกรรมเครือข่ายที่ถือว่าเป็นมาตรฐานสำหรับระบบเปิดมากที่สุดก็เห็นจะได้แก่ แบบจำลองโอเอสไอ

5.1 แบบจำลองโอเอสไอ องค์การมาตรฐานสากล (International Standards Organization; ISO) โดยได้กำหนดมาตรฐานกลางในการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขึ้น เรียกว่า มาตรฐานการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ในระบบเปิด (Open Systems Interconnection; OSI) หรือเรียกว่า แบบจำลองโอเอสไอ ประกอบด้วย ข้อกำหนดและกฎเกณฑ์ของการทำงานในแต่ละระดับชั้น หรือเลเยอร์ (layer) บนระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งแบ่งกลุ่มการทำงานตามหน้าที่ในแต่ละระดับออกเป็น 7 ระดับชั้น ดังแสดงในภาพที่ 12.24



ภาพที่ 12.24 แบบจำลองโอเอสไอ

1) ระดับชั้นประยุกต์ (application layer) เป็นระดับชั้นบนสุดของแบบจำลองโอเอสไอ ซึ่งเป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้โดยตรง ประกอบด้วยโพรโทคอลชนิดต่างๆ ที่ช่วยสนับสนุนให้ผู้ใช้สามารถใช้งานระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้อย่างสะดวก เช่น เทลเน็ต (telnet) เป็นโพรโทคอลที่ใช้ติดต่อเข้าสู่เครื่องแม่ข่าย เอฟทีพี (File Transfer Protocol; FTP) เป็นโพรโทคอลที่ใช้ถ่ายโอนแฟ้มข้อมูล เอชทีทีพี (Hypertext Transport Protocol; HTTP) เป็นโพรโทคอลที่ใช้นำเสนอข้อมูลแบบไฮเปอร์เทกซ์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เอสเอ็มทีพี (Simple Mail Transfer Protocol; SMTP) เป็นโพรโทคอลที่ใช้ส่งอีเมล เป็นต้น

2) ระดับชั้นนำเสนอ (presentation layer) ทำหน้าที่จัดรูปแบบ (format) หรือไวยากรณ์ (syntax) ของข้อมูลที่เข้ารหัสข้อมูลแตกต่างกันให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อให้หน่วยรับและหน่วยส่งสามารถเข้าใจกันได้ มีหน้าที่บีบอัดข้อมูลให้มีขนาดเล็กส่งเพื่อเพิ่มอัตราในการส่งข้อมูลได้สูงขึ้น รวมทั้งกำหนดวิธีการเข้ารหัสลับ (encryption) เพื่อช่วยรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระหว่างการจัดส่งด้วย หากจะเปรียบเทียบการทำงานของระดับชั้นนำเสนอกับการให้บริการจัดส่งพัสดุภัณฑ์แล้ว ระดับชั้นนำเสนอนี้เปรียบได้กับการเตรียมส่งพัสดุ เช่น พัสดุบางชิ้นอาจได้รับการเคลือบผิวเพื่อป้องกันการผุกร่อน หรือพัสดุบางชิ้นที่แตกหักง่ายอาจต้องนำมาห่อหุ้มด้วยวัสดุกันกระแทกเพื่อป้องกันการแตกหัก เป็นต้น

3) ระดับชั้นพิจารณา (session layer) ทำหน้าที่สร้างการเชื่อมต่อ จัดการระหว่างการเชื่อมต่อและตัดการเชื่อมต่อ โดยจะทำการจับคู่ระหว่างโปรแกรมประยุกต์ที่อยู่ต่างเครื่องกันให้สามารถแยกแยะได้ว่าข้อมูลที่รับมาควรจะเป็นของโปรแกรมประยุกต์ตัวไหน นอกจากนี้ยังทำการตรวจสอบสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล ตรวจสอบตราเส้นทางการต่อถึงกัน หากเส้นทางใดขัดข้องก็จะทำการสร้างเส้นทางการต่อถึงกันขึ้นใหม่ รวมถึงการกำหนดคาบเวลาของการติดต่อถึงกันด้วย หากจะเปรียบเทียบการทำงานของระดับชั้นพิจารณากับการให้บริการจัดส่งพัสดุภัณฑ์แล้ว ระดับชั้นพิจารณานี้เปรียบได้กับการที่ผู้ซื้อกับผู้ขายกำหนดตัวสัญญาซื้อขายระหว่างกัน การเจรจาต่อรองในรายละเอียดถือเป็นหน้าที่ของระดับชั้นพิจารณา เช่น การวางบิล ระยะเวลาในการส่งของ ความรับผิดชอบด้านการเงิน เป็นต้น

4) ระดับชั้นเคลื่อนย้าย (transport layer) เป็นระดับชั้นกลางที่แยกระหว่าง 3 ชั้นล่าง และ 3 ชั้นบน หน้าที่หลักของชั้นนี้คือ รับข้อมูลมาจากระดับชั้นพิจารณา แล้วแบ่งแยกข้อมูลที่ได้รับมาออกเป็นหน่วยเล็กๆ เรียกว่า แพ็กเก็ต (packet) เพื่อส่งต่อไปกับชั้นเครือข่าย นอกจากนี้ยังทำการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาด จัดลำดับและควบคุมการไหลของข้อมูล กำหนดวิธีการอ้างอิงถึงตำแหน่งของผู้รับข้อมูลปลายทาง กำหนดวิธีรับข้อมูลว่าจะรวมกันได้อย่างไร และควบคุมความเร็วในการรับส่งข้อมูล หากจะเปรียบเทียบการทำงานของระดับชั้นเคลื่อนย้ายกับการให้บริการจัดส่งพัสดุภัณฑ์แล้ว การติดต่อระหว่างผู้ซื้อกับผู้ผลิตเทียบได้กับการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ การที่ผู้ผลิตส่งเครื่องจักรมาให้ผู้ซื้อเปรียบเสมือนกับการส่งแฟ้มข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ ก่อนส่งเครื่องจักร ผู้ผลิตต้องทำการถอดเครื่องจักรออกเป็นชิ้นๆ เพื่อง่ายต่อการส่ง ในขณะที่เดียวกันก็ต้องส่งคำอธิบายวิธีการประกอบเครื่องจักรมาพร้อมกับเครื่องจักรที่ทำการแยกชิ้นส่วนและบรรจุอยู่ในหีบห่อเหล่านั้นด้วย หลังจากนั้นต้องทำการปิดที่อยู่ที่ของผู้ซื้อในแต่ละหีบห่อนั้น ผู้ผลิตส่งแต่ละหีบห่อให้กับผู้ให้บริการส่งพัสดุ ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นผู้ทำหน้าที่ของระดับชั้นเครือข่าย เมื่อพัสดุทุกชิ้นถูกส่งถึงผู้ซื้อ หีบห่อเหล่านั้นจะถูกเปิดและนำเอาชิ้นส่วนทั้งหมดมาประกอบกันเป็นเครื่องจักร

ที่สมบูรณ์ การถอดเครื่องจักรออกเป็นชิ้นๆ การจำหน่ายหีบห่อพัสดุถึงผู้ซื้อและการประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดให้กลับมาเป็นเครื่องจักรดั้งเดิม เทียบได้กับหน้าที่การทำงานของชั้นเคลื่อนย้าย โพรโทคอลที่ใช้งานกันมากที่สุดในระดับชั้นเคลื่อนย้าย คือ ทีซีพี (Transmission Control Protocol; TCP)

5) ระดับชั้นเครือข่าย (network layer) ทำหน้าที่หลักคือ เลือกเส้นทางเดินของข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด จากเครื่องของหน่วยส่งต้นทางผ่านไปยังคอมพิวเตอร์อื่นๆ ที่อยู่ระหว่างทาง จนกระทั่งไปถึงคอมพิวเตอร์ของหน่วยรับปลายทาง ควบคุมความคับคั่งของการสื่อสารในเครือข่าย และแยกแยะความแตกต่างของคอมพิวเตอร์แต่ละตัวในเครือข่ายโดยอาศัยหมายเลขประจำเครื่อง (address) โพรโทคอลในระดับชั้นนี้ เช่น ไอพี (Internet Protocol; IP) และไอซีเอ็มพี (Internet Control Message Protocol; ICMP) อุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายในระดับชั้นนี้ ได้แก่ เราเตอร์ และเกตเวย์

6) ระดับชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (data link layer) ทำหน้าที่ควบคุมการจัดส่งข้อมูล โดยการกำหนดหมายเลขลำดับของเฟรมข้อมูล กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของลำดับข้อมูลที่ต้องการส่ง การควบคุมอัตราการไหลของข้อมูล ตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการส่งข้อมูล และควบคุมเวลาที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูล หากเวลาผ่านไประยะหนึ่งแล้วหน่วยส่งยังไม่ได้รับสัญญาณตอบรับการส่งข้อมูลจากหน่วยรับ ก็จะมีการส่งข้อมูลเดิมซ้ำไปใหม่อีกครั้ง อุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายในระดับชั้นนี้ ได้แก่ บริดจ์

7) ระดับชั้นกายภาพ (physical layer) เป็นชั้นที่อยู่ล่างสุดของแบบจำลองโอเอสไอ ประกอบด้วยกฎเกณฑ์และข้อกำหนดต่างๆ เพื่อใช้ควบคุมการทำงานทางกายภาพของอุปกรณ์และระบบเชื่อมต่อต่างๆ ที่ใช้ส่งผ่านข้อมูล รวมทั้งควบคุมระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ภายในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ การทำงานของระดับชั้นนี้เกี่ยวกับการส่งสัญญาณบิตข้อมูลผ่านช่องสัญญาณให้ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ กล่าวคือเมื่อผู้ส่งส่งบิตที่มีค่าเป็น 1 ผู้รับต้องได้รับบิตมีค่าเป็น 1 เช่นเดียวกัน หากจะเปรียบเทียบการทำงานของระดับชั้นกายภาพกับการให้บริการจัดส่งพัสดุภัณฑ์แล้ว ระดับชั้นกายภาพนี้เปรียบได้กับการส่งพัสดุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งไม่ว่าจะเป็นการถือไปโดยตรง บรรทุกในรถยนต์ รถไฟ หรือเครื่องบิน ของการให้บริการจัดส่งพัสดุภัณฑ์ อุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายในระดับชั้นนี้ ได้แก่ เครื่องทวนสัญญาณ

5.2 แบบจำลองทีซีพี/ไอพี แบบจำลองทีซีพี/ไอพี (Transmission Control Protocol/Internet Protocol; TCP/IP) ได้ถูกพัฒนามาจากการศึกษาวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา (Department of Defense, USA; DoD) โดยจุดประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อทำการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ต่างแพลตฟอร์มกันให้สามารถสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลกันผ่านเครือข่ายได้ โดยเชื่อมโยงเครือข่ายระหว่างมหาวิทยาลัยต่างๆ ตลอดจนหน่วยงานของรัฐในสหรัฐอเมริกาผ่านสายเช่าโทรศัพท์และให้บริการส่งข้อมูลซึ่งเป็นการบริการแบบมีการตอบรับ (Connection-oriented)¹ และเรียกเครือข่ายนี้ว่า อาร์พาเน็ต (ARPANET) ต่อมาเมื่อมีการขยายเครือข่ายใช้งานกันแพร่หลายมากขึ้น ทำให้มีความจำเป็น

¹ การบริการแบบมีการตอบรับ (Connection-oriented) เป็นการบริการที่เหมือนการบริการของเครือข่ายโทรศัพท์ที่มีขั้นตอนการยกหูโทรศัพท์ หมุนหมายเลข ปลายสายรับสาย พูดคุย แลกเปลี่ยนข่าวสาร และสุดท้ายคือการวางหู การส่งข้อมูลแบบนี้ก็มีลักษณะเช่นเดียวกันคือ มีการกำหนดการติดต่อ เริ่มติดต่อส่ง-รับข้อมูลและยกเลิกการติดต่อ การบริการแบบนี้เป็นการที่เชื่อถือได้ เพราะมีการโต้ตอบยืนยันการตอบรับว่าส่งและได้รับข้อมูลกัน ข้อมูลไม่มีการสูญหาย และเป็นลำดับแน่นอนจึงเหมาะกับงานการโอนถ่ายไฟล์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ

ในการกำหนดเป็นสถาปัตยกรรมเครือข่าย เพื่อให้สามารถบริการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายได้ทั้งแบบ การบริการแบบมีการตอบรับและการบริการแบบไม่มีการตอบรับ (connectionless)² ซึ่งสถาปัตยกรรมนี้ เรียกกันทั่วไปว่า แบบจำลอง TCP/IP (TCP/IP Reference Model) ตามโพรโทคอลที่ซีพี (Transmission Control Protocol; TCP) ในระดับชั้นทรานสปอร์ตและโพรโทคอลไอพี (Internet Protocol; IP) ในระดับชั้นเน็ตเวิร์กซึ่งเป็นโพรโทคอลสำคัญของสถาปัตยกรรมเครือข่ายนี้ ซึ่งต่อมาได้ขยายการเชื่อมต่อ ไปทั่วโลกเป็นเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้โพรโทคอล TCP/IP เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางจนถึงปัจจุบัน โพรโทคอล TCP/IP จะทำให้ข้อมูลถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆ เรียกว่า “แพ็กเก็ต” (packet) ข้อมูลแต่ละ ส่วนนี้จะถูกส่งไปให้คอมพิวเตอร์ผู้รับปลายทางผ่านทางสื่อกลาง โพรโทคอล TCP/IP เป็นโพรโทคอล การสื่อสารพื้นฐานของระบบอินเทอร์เน็ต และสามารถใช้เป็นโพรโทคอลในการสื่อสารภายในเครือข่าย อินทราเน็ต (Intranet) และเอ็กซ์ทราเน็ต (Extranet) ได้ด้วย โพรโทคอล TCP/IP เป็นโพรโทคอลในระบบเปิด ที่ใช้งานกันแพร่หลายจนกลายเป็นมาตรฐานอย่างหนึ่งในการสื่อสารในระบบอินเทอร์เน็ต ปัจจุบันได้มีการ พัฒนาแอปพลิเคชันที่ใช้งานบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและให้บริการด้านข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตภายใต้ มาตรฐานโพรโทคอล TCP/IP เพิ่มขึ้นอย่างมาก เพื่อรองรับการทำ E-commerce และ E-application ต่างๆ ในอนาคต

โครงสร้างของสถาปัตยกรรมของชุดโพรโทคอล TCP/IP นั้นแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือส่วน กรรมวิธีปฏิบัติการหรือโปรเซส (process) โฮสต์ (host) และเครือข่าย (network) ในส่วนของโปรเซส ได้แก่ เอนทิตีหรือแอปพลิเคชันที่ต้องการติดต่อสื่อสารนั่นเอง ทุกโปรเซสจะกระทำในเครื่องโฮสต์ (หรือ สเตชัน) ซึ่งในแต่ละโฮสต์สามารถจะมีหลายๆ เอนทิตีได้พร้อมกัน การสื่อสารระหว่างเอนทิตีของโฮสต์ เครื่องหนึ่งหรือหลายเครื่องจะกระทำโดยผ่านทางเครือข่ายที่โฮสต์เชื่อมต่ออยู่ การทำงานที่สัมพันธ์กัน ระหว่างโปรเซส โฮสต์ และเครือข่ายของสถาปัตยกรรม TCP/IP ทำให้สามารถจัดรูปแบบของสถาปัตยกรรม TCP/IP ได้เป็น 4 ระดับชั้น และสามารถกำหนดชนิดของโพรโทคอลที่ทำงานในแต่ละระดับชั้นได้เช่นกัน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ในชุดโพรโทคอล TCP/IP นั้นเอนทิตีของแต่ละระดับชั้นอาจจะติดต่อสื่อสารข้อมูล โดยผ่านเอนทิตีในระดับชั้นเดียวกัน หรือเอนทิตีในระดับชั้นล่างลงไปซึ่งไม่จำเป็นจะต้องเป็นระดับชั้น ติดกันได้ ระดับชั้นของชุดโพรโทคอล TCP/IP ทั้ง 4 ระดับชั้น คือ

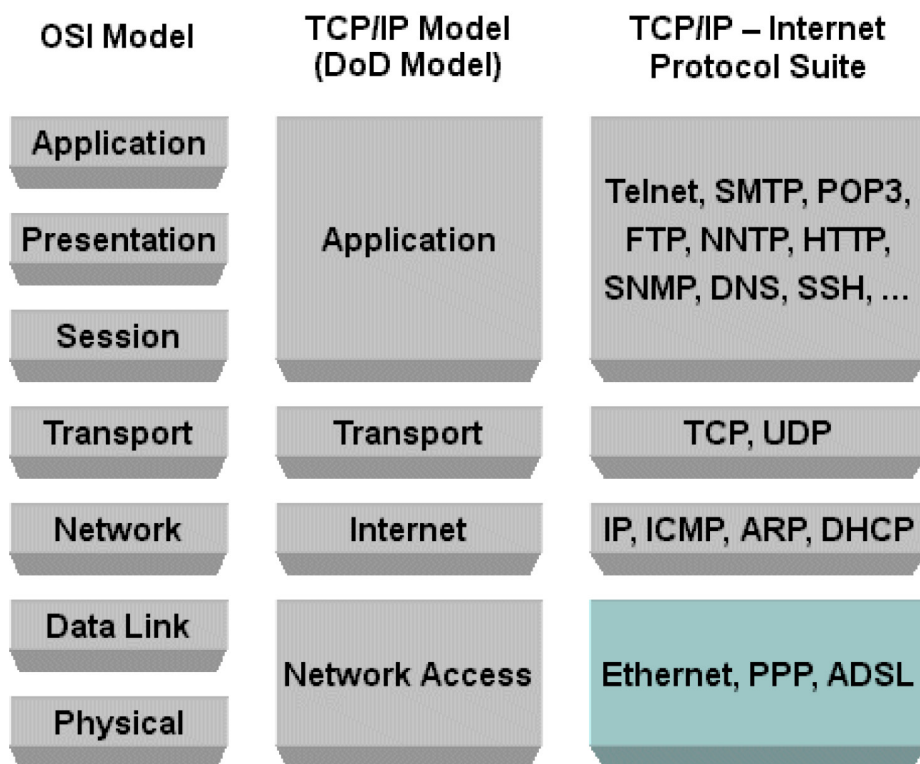
- 1) ระดับชั้นการเชื่อมต่อ (link layer) หรือระดับชั้นโฮสต์ทูเน็ตเวิร์ก (host to network) หน้าที่ของโพรโทคอลในเลเยอร์ชั้นนี้ คือ จัดการเส้นทางของข้อมูลให้ระหว่างโฮสต์กับโฮสต์ ควบคุมการไหลของข้อมูล และควบคุมความผิดพลาดของข้อมูล
- 2) ระดับชั้นอินเทอร์เน็ต (internet layer) หน้าที่ของโพรโทคอลในระดับชั้นนี้คือ การหาเส้นทางส่งข้อมูล (routing) ในการส่งข้อมูลจากโฮสต์ต้นทางไปถึงโฮสต์ปลายทางได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยอนุญาตให้ข้อมูลไหลผ่านไปมาระหว่างโฮสต์ของเครือข่าย 2 เครือข่ายหรือมากกว่า และ ยังต้องทำหน้าที่เป็นเกตเวย์สำหรับการติดต่อกับเครือข่ายอื่นอีกด้วย

² การบริการแบบไม่มีการตอบรับ (connectionless) เป็นการบริการเหมือนการให้บริการของเครือข่ายไปรษณีย์ คือในแต่ละข่าวสารจะบอกตำแหน่งที่อยู่ปลายทางของข่าวสารอย่างชัดเจน และแต่ละข่าวสารจะไปในเส้นทางของตัวเองตามที่กำหนดไว้ โดยไม่ขึ้นกับข่าวสารอื่น การบริการแบบนี้จะขาดความเชื่อถือในแง่ที่ว่า ข่าวสารนั้นจะถึงผู้รับจริงหรือไม่ เพราะไม่มีการตอบรับ มาว่าได้รับข่าวสารนั้นหรือไม่ แต่เป็นการประหยัดเวลามากกว่าเพราะไม่ต้องเสียเวลาในการรอคอยการตอบรับข่าวสาร

3) ระดับชั้นทรานสปอร์ต (transport layer) หรือระดับชั้นโฮสต์ทูโฮสต์ (host to host) ประกอบด้วยโพรโทคอลที่ทำหน้าที่ส่งผ่านแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเอนทิตีของโฮสต์ต่างเครื่องกัน นอกจากนั้น โพรโทคอลในระดับชั้นนี้ยังมีหน้าที่ในการควบคุมการไหลของข้อมูลและควบคุมความผิดพลาดของข้อมูลด้วย

4) ระดับชั้นแอปพลิเคชัน (application layer) ประกอบด้วยโพรโทคอลที่ทำหน้าที่แชร์แลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์ หรือคอมพิวเตอร์กับเทอร์มินัลที่อยู่ไกลออกไป

5.3 การเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองโอเอสไอและแบบจำลองทีซีพี/ไอพี ในปัจจุบันโพรโทคอล TCP/IP นอกจากจะเป็นโพรโทคอลหลักที่ใช้ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแล้ว ยังเป็นโพรโทคอลที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ทั้งในเครือข่ายระดับแลน และระดับแวน ในการเชื่อมโยงระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความแตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นระบบ UNIX, Microsoft Windows, MS-DOS, OS/2 มินิคอมพิวเตอร์ หรือเมนเฟรม และระบบปฏิบัติการหลายชนิดในเครือข่ายแลน เช่น NetWare, Windows NT, VINES และ LAN Manager ก็ออกแบบมาให้สามารถรองรับโพรโทคอล TCP/IP ได้ทั้งสิ้น



ภาพที่ 12.25 แสดงการเปรียบเทียบระดับชั้นระหว่างแบบจำลองโอเอสไอและแบบจำลองทีซีพี/ไอพี

ที่มา: <http://bit.kuas.edu.tw/~csshie/teach/np/tcpip/dod.gif> สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2558.

จากภาพที่ 12.25 แสดงการเปรียบเทียบระดับชั้นระหว่างแบบจำลองโอเอสไอและแบบจำลองที่ซีพี/ไอพี จะเห็นว่าแบบจำลองโอเอสไอและแบบจำลองที่ซีพี/ไอพีมีหลายด้านที่คล้ายคลึงกัน โดยที่แบบจำลองทั้งสองมีแนวคิดในการแบ่งเครือข่ายออกเป็นระดับชั้นต่าง ๆ ซึ่งแต่ละระดับชั้นมีสาระหน้าที่แตกต่างกันไป นอกจากนั้นสาระของระดับชั้นทั้งสองก็มีหน้าที่คล้ายคลึงกัน เช่น ระดับชั้นจากล่างจนถึงระดับชั้นทรานสปอร์ต ทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ และระดับชั้นที่อยู่เหนือระดับชั้นทรานสปอร์ตจะทำหน้าที่ให้บริการยูทิลิตี้ต่าง ๆ แก่งานประยุกต์ของผู้ใช้

แต่อย่างไรก็ตาม แบบจำลองทั้งสองมีสิ่งที่แตกต่างกันหลายด้าน เช่น แบบจำลองโอเอสไอได้แยกแยะระหว่างบริการ อินเทอร์เน็ต และโพรโทคอลอย่างชัดเจน ดังได้กล่าวข้างต้นแล้วว่า การบริการจะระบุถึงเนื้อหาของบริการที่ระดับชั้นล่างจะให้แก่ระดับชั้นที่เหนือกว่า ส่วนอินเทอร์เน็ตจะระบุถึงวิธีการที่เอนทิตีของระดับชั้นข้างบนจะเรียกใช้การบริการของระดับชั้นข้างล่าง โดยจะระบุถึงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเรียกใช้บริการและผลที่จะได้รับจากการใช้บริการ สำหรับโพรโทคอลนั้นจะกล่าวถึงบริการต่าง ๆ ที่เอนทิตีในระดับเดียวกันใช้ในการโต้ตอบและทำงานเพื่อให้บริการแก่ระดับชั้นที่สูงกว่า ด้วยแนวคิดนี้ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงโพรโทคอลที่ใช้ในระดับชั้นหนึ่ง ๆ เมื่อเทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงไปโดยไม่กระทบถึงการบริการแก่ระดับชั้นข้างบน แต่สำหรับแบบจำลองที่ซีพี/ไอพีนั้นไม่ได้ถูกออกแบบให้แยกแยะระหว่างการบริการ อินเทอร์เน็ต และโพรโทคอลตั้งแต่แรก ดังนั้นทำให้การเปลี่ยนแปลงโพรโทคอลตามเทคโนโลยีทำได้ยาก

แบบจำลองโอเอสไอถูกออกแบบก่อนที่จะสร้างโพรโทคอลสำหรับระดับชั้นต่าง ๆ ดังนั้นแบบจำลองจึงเปิดกว้างโดยไม่เอนเอียงไปยังโพรโทคอลใดๆ ที่มีใช้กันอยู่ แต่ในทางตรงกันข้ามผู้ออกแบบเครือข่ายจะไม่คุ้นเคยกับสิ่งที่ระบุในแบบจำลองโอเอสไอทำให้การออกแบบเครือข่ายทำได้ยากนอกจากนั้นคณะกรรมการที่กำหนดแบบจำลองโอเอสไอนั้นคาดว่าแต่ละประเทศจะมีเครือข่ายให้บริการส่งข้อมูลเพียงเครือข่ายเดียว และดำเนินงานโดยรัฐบาลของแต่ละประเทศโดยใช้โพรโทคอลตามแบบจำลองโอเอสไอ จึงไม่ได้คำนึงถึงการเชื่อมโยงระหว่างเครือข่ายชนิดต่างๆ กัน

แต่สำหรับแบบจำลองที่ซีพี/ไอพี นั้นเริ่มมาจากโพรโทคอล TCP/IP ที่ใช้ในระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ แล้วจึงมีการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายโพรโทคอล ดังนั้นโพรโทคอลที่ใช้อยู่จึงเข้ากับแบบจำลองได้พอดี แต่ปัญหาก็คือแบบจำลองนี้เข้าไม่ได้กับโพรโทคอลชนิดอื่น ดังนั้นแบบจำลองนี้จึงไม่สามารถใช้อธิบายเครือข่ายอื่นๆ นอกจากเครือข่ายที่ใช้โพรโทคอล TCP/IP

ในส่วนของการออกแบบเป็นระดับชั้นต่างๆ แบบจำลองทั้งสองยังมีความแตกต่างกันบ้าง กล่าวคือแบบจำลองโอเอสไอมีทั้งหมด 7 ระดับชั้น ส่วนแบบจำลองที่ซีพี/ไอพี มีแค่ 4 ระดับชั้นเท่านั้น ทั้งคู่มีระดับชั้นเน็ตเวิร์ก ทรานสปอร์ต และแอปพลิเคชันเช่นเดียวกัน ส่วนระดับชั้นอื่นแตกต่างกันไป

สำหรับความแตกต่างในแง่มุมมองของการบริการแบบ Connection-oriented และ Connectionless นั้น ในระดับชั้นเน็ตเวิร์ก แบบจำลองโอเอสไอกำหนดทั้งการบริการแบบ Connection-oriented และ Connectionless ส่วนแบบจำลองที่ซีพี/ไอพี นั้นกำหนดเฉพาะการบริการแบบ Connectionless และในระดับชั้นทรานสปอร์ต แบบจำลองโอเอสไอกำหนดการบริการแบบ Connection-oriented เท่านั้นเพราะต้องการให้ผู้ใช้และโปรแกรมประยุกต์ได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง แต่สำหรับแบบจำลองที่ซีพี/ไอพี กำหนดทั้งการบริการแบบ Connection-oriented และ Connectionless ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ใช้ที่จะเลือกใช้ตามความเหมาะสมของโปรแกรมประยุกต์

จากที่ได้อธิบายข้างต้นจะเห็นว่าแบบจำลองโอเอสไอถึงแม้จะถูกออกแบบมาอย่างดีโดยคณะกรรมการที่มาจากทั้งองค์กรของรัฐและเอกชน แต่กลับไม่ได้รับความนิยมเท่าไรนัก ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากสาเหตุหลายประการดังต่อไปนี้

1) ช่วงเวลาไม่เหมาะสม กล่าวคือในช่วงเวลาที่มีการสร้างโปรโตคอลของแบบจำลองโอเอสไอนั้น โปรโตคอล TCP/IP ถูกใช้ทั่วไปในมหาวิทยาลัยต่างๆ และในวงการศึกษาก่อนและมีการใช้กันอย่างแพร่หลายมากเพียงพอที่ทำให้บริษัทคอมพิวเตอร์ได้ลงทุนสร้างผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทั้งซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่สนับสนุนการทำงานของ TCP/IP แล้ว ดังนั้นบริษัทเหล่านั้นจึงไม่ต้องการที่จะลงทุนพัฒนาโปรโตคอลชนิดอื่นที่แข่งขันกับผลิตภัณฑ์เดิม บริษัทต่างๆ จึงรอให้บริษัทอื่นเริ่มดำเนินการก่อน แต่ก็ไม่มีบริษัทใดเริ่มก่อนจึงทำให้เครือข่ายที่ใช้แบบจำลองโอเอสไอไม่ถูกพัฒนาขึ้น

2) เทคโนโลยีไม่เหมาะสม กล่าวคือจำนวนของระดับชั้นของแบบจำลองโอเอสไอตลอดจนเนื้อหาไม่เหมาะสม เช่น เนื้อหาในระดับชั้นเซสชันไม่ค่อยเป็นประโยชน์สำหรับผู้ใช้และในระดับชั้นพรีเซนเตชันก็มีเนื้อหาน้อยมาก แต่ในส่วนของระดับชั้นดาต้าลิงก์และเน็ตเวิร์กก็มีเนื้อหาค่อนข้างมากจนต้องแบ่งเป็นระดับชั้นย่อยๆ ซึ่งมีเนื้อหาแตกต่างกันไป ความจริงแล้วการที่แบบจำลองโอเอสไอมีถึง 7 ระดับชั้นนั้นก็เพราะในขณะนั้นบริษัทไอบีเอ็มได้สร้างเครือข่าย SNA (Systems Network Architecture) ซึ่งมี 7 ระดับชั้น และไอบีเอ็มได้ครองตลาดคอมพิวเตอร์จนมีอิทธิพลเพียงพอที่จะทำให้องค์กรและหน่วยงานต่างๆ ใช้มาตรฐาน SNA ดังนั้นเมื่อถึงหลังแนวความคิดของแบบจำลองโอเอสไอ ก็คือการสร้างแบบจำลองและโปรโตคอลที่คล้ายแบบจำลองของไอบีเอ็ม แต่ควบคุมโดยองค์กรระหว่างประเทศนั่นเอง

นอกจากนั้นแบบจำลองโอเอสไอมีเนื้อหาสาระมากจึงทำให้การพัฒนาเครือข่ายทำได้ยาก และการทำงานของเครือข่ายไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เช่น มีการกำหนดแอตเดรส การควบคุมการไหลของข้อมูล การควบคุมความผิดพลาดของการส่งข้อมูลในทุกๆ ระดับชั้นทำให้การใช้งานล่าช้า

3) การพัฒนาเครือข่ายทำได้ยาก เนื่องจากเนื้อหาสาระตลอดจนโปรโตคอลของแบบจำลองโอเอสไอมีความสลับซับซ้อนมาก ทำให้การพัฒนาเครือข่ายยุ่งยากและเชื่องช้า ทุกคนที่พยายามพัฒนาจึงเลิกล้มความตั้งใจ ส่วนโปรโตคอล TCP/IP นั้นเริ่มมาจากระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ของมหาวิทยาลัยเบิร์กลีย์ ซึ่งสามารถใช้งานได้ดี ทำให้ได้รับความนิยมจนได้รับการปรับปรุง ตลอดจนมีโปรแกรมยูนิกซ์มากมายที่พัฒนาโดยใช้โปรโตคอล TCP/IP จึงทำให้การใช้งานโปรโตคอล TCP/IP แพร่กระจายออกไปอย่างกว้างขวาง

4) นโยบายไม่เหมาะสม ในด้านของ TCP/IP นั้นคนส่วนใหญ่เห็นว่า TCP/IP เป็นส่วนหนึ่งของระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ ซึ่งนิยมใช้ในวงการศึกษแล้วแพร่ออกไปยังวงการอื่นๆ แต่สำหรับแบบจำลองโอเอสไอนั้นคนส่วนใหญ่เห็นว่าเป็นการกำหนดมาจากองค์กรการสื่อสารของยุโรปตลอดจนรัฐบาลสหรัฐอเมริกา และผลักดันให้เป็นมาตรฐานในการติดต่อเชื่อมโยงส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ต่างๆ ทั่วโลก ซึ่งมีหลายฝ่ายไม่เห็นด้วย

สิ่งที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้เป็นข้อบกพร่องต่างๆ ของแบบจำลองโอเอสไอในส่วน of แบบจำลองที่ซีพี/ไอพี เองก็มีข้อเสียหลายด้าน เช่น แบบจำลองที่ซีพี/ไอพี ไม่ได้แยกแยะระหว่างการให้บริการอินเทอร์เน็ตเฟส และโปรโตคอลอย่างชัดเจน ดังนั้นทำให้แบบจำลองที่ซีพี/ไอพี ไม่เหมาะที่จะเป็นต้นแบบในการออกแบบเครือข่ายใหม่ๆ โดยอาศัยเทคโนโลยีใหม่ๆ

กิจกรรม 2.2.2

1. แบบจำลองโอเอสไอมีกี่ระดับชั้น อะไรบ้าง
 2. แบบจำลองทีซีพี/ไอพีมีกี่ระดับชั้น อะไรบ้าง
-

แนวตอบกิจกรรม 2.2.2

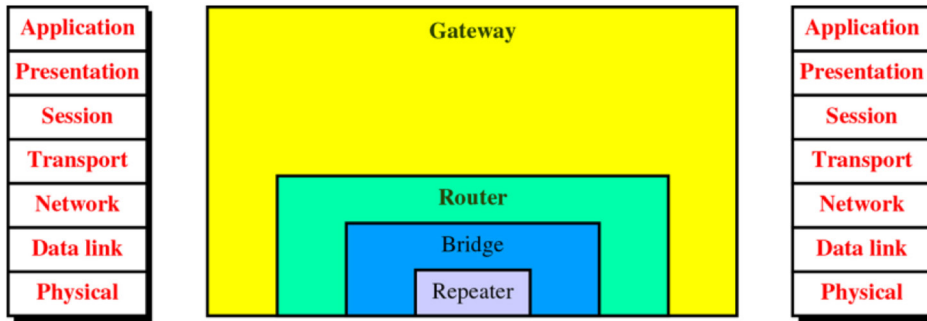
1. แบบจำลองโอเอสไอมี 7 ระดับชั้น ได้แก่
 - 1) ระดับชั้นประยุกต์ (application layer)
 - 2) ระดับชั้นนำเสนอ (presentation layer)
 - 3) ระดับชั้นพิจารณา (session layer)
 - 4) ระดับชั้นเคลื่อนย้าย (transport layer)
 - 5) ระดับชั้นเครือข่าย (network layer)
 - 6) ระดับชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (data link layer)
 - 7) ระดับชั้นกายภาพ (physical layer)
 2. แบบจำลองทีซีพี/ไอพีมี 4 ระดับชั้น ได้แก่
 - 1) ระดับชั้นการเชื่อมต่อ (link layer) หรือระดับชั้นโฮสต์ทูเน็ตเวิร์ก (Host-to-network)
 - 2) ระดับชั้นอินเทอร์เน็ต (internet layer)
 - 3) ระดับชั้นทรานสปอร์ต (transport layer) หรือระดับชั้นโฮสต์ทูโฮสต์ (host to host)
 - 4) ระดับชั้นแอปพลิเคชัน (application layer)
-

เรื่องที่ 12.2.3

อุปกรณ์สื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์

การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปเพื่อให้เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ รวมทั้งการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายหลายๆ เครือข่ายเข้าด้วยกัน จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อหลากหลายชนิด อุปกรณ์แต่ละชนิดมีคุณลักษณะและหน้าที่แตกต่างกัน ซึ่งในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์หนึ่งระบบไม่จำเป็นจะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ครบทุกชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของเครือข่ายและความจำเป็นในการใช้อุปกรณ์แต่ละตัวเป็นสำคัญ

ภาพที่ 12.26 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์สื่อสารกับแบบจำลองโอเอสไอ จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายมีมากมายหลายชนิดและหลายรูปแบบและมีการเชื่อมต่อในระดับชั้นเลเยอร์ที่ต่างกัน อุปกรณ์ในเครือข่ายที่ควรรู้จัก ได้แก่



ภาพที่ 12.26 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์สื่อสารกับแบบจำลองโอเอสไอ

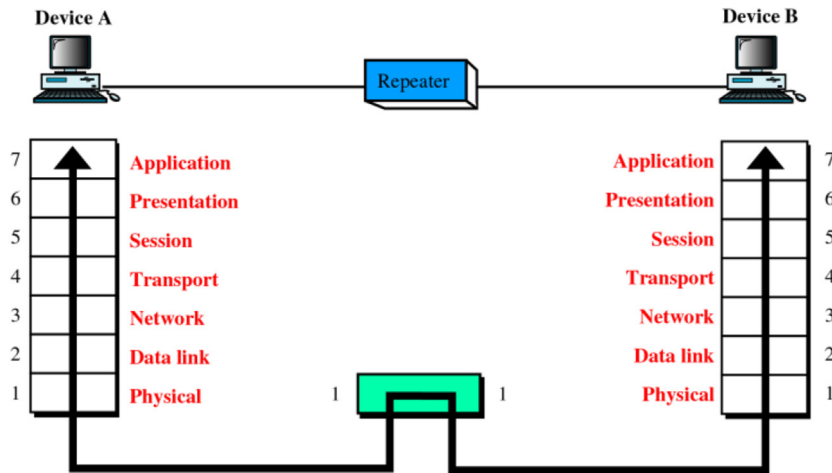
ที่มา: Behrouz Forouzan. (2013). *Introduction to Data Communications and Networking*.

1. **แลนการ์ด หรือ NIC (Network Interface Card)** คือแผงวงจรสำหรับเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับเครือข่าย พื้นฐาน ดังภาพที่ 12.27 การทำงานของแผงวงจรหรือ NIC การ์ด คือ การเชื่อมต่อในระดับฮาร์ดแวร์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับสายเคเบิลของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ติดตั้งแลนการ์ดมาพร้อมกับเมนบอร์ดเลย

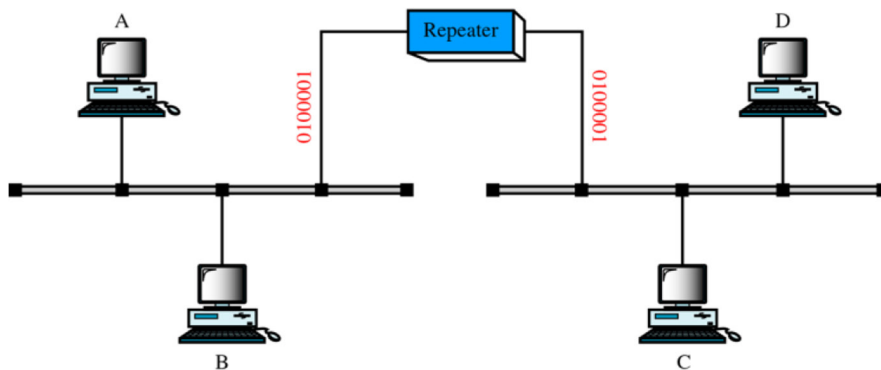


ภาพที่ 12.27 แลนการ์ดหรือ NIC

2. **เครื่องทวนสัญญาณ (repeater) หรือรีพีตเตอร์** เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานในระดับชั้นกายภาพเท่านั้น โดยสามารถทำให้สัญญาณสามารถเดินทางไปได้ไกลขึ้น เนื่องจากการส่งสัญญาณจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอีกอุปกรณ์นั้น เมื่อสัญญาณเดินทางจะมีการอ่อนกำลังลงเรื่อยๆ จึงมีโอกาที่จะเกิดการผิดพลาดของการส่งข้อมูลได้ ดังนั้นรีพีตเตอร์จึงมีหน้าที่รับสัญญาณเข้ามา แล้วทำการสร้างสัญญาณใหม่ให้เป็นเหมือนของเดิม ซึ่งจะทำให้สามารถส่งสัญญาณไปได้ไกลกว่าเดิม



ก) แสดงระดับชั้นที่อุปกรณ์ทำงาน



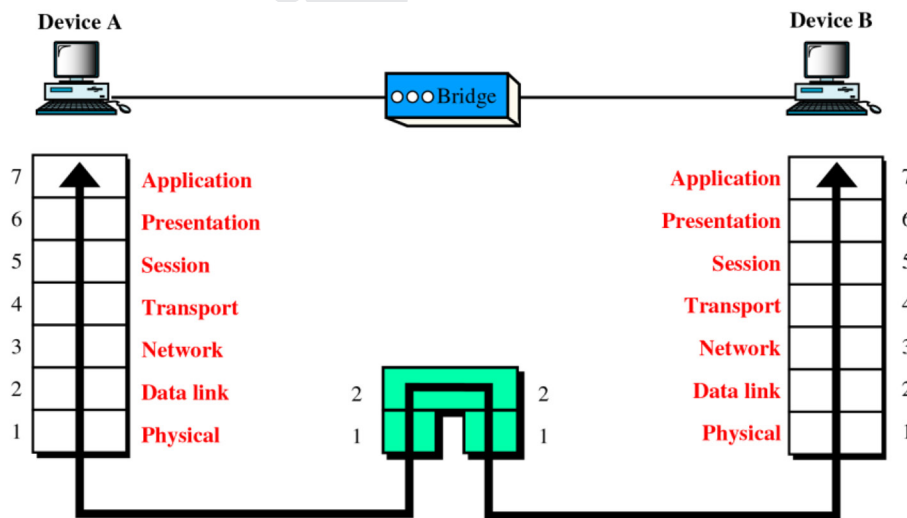
ข) แสดงการใช้งานในระบบเครือข่าย

ภาพที่ 12.28 แสดงระดับชั้นและการใช้งานเครื่องทวนสัญญาณในระบบเครือข่าย

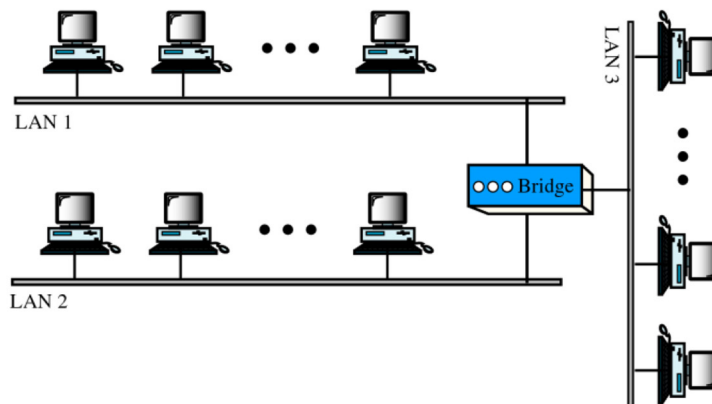
ที่มา: Behrouz Forouzan. (2013). *Introduction to Data Communications and Networking*.

3. บริดจ์ (bridge) เป็นอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อเครือข่ายแลน 2 เครือข่ายเข้าด้วยกัน ซึ่งระบบเครือข่ายแลนที่นำมาต่อเชื่อมกันอาจมีโครงสร้างการเชื่อมต่อเครือข่ายเป็น คนละชนิดกันก็ได้ ทำให้สามารถขยายขอบเขตของเครือข่ายออกไปเรื่อยๆ โดยที่ประสิทธิภาพรวมของ ระบบไม่ลดลงมากนัก โดยบริดจ์อาจเป็นได้ทั้งฮาร์ดแวร์เฉพาะ หรือซอฟต์แวร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ บริดจ์ จะมีการทำงานที่ดาดาลิ๊งค์เลเยอร์ (data link layer) ทำการกรองสัญญาณและส่งผ่านแพ็กเก็ตข้อมูลไป ยังส่วนต่างๆ ของระบบเครือข่าย ซึ่งอาจจะเป็นส่วนของระบบเครือข่ายที่มีการส่งข้อมูลที่แตกต่างกันได้ เช่น บริดจ์สามารถเชื่อมโยงส่วนของ ethernet เข้ากับส่วนของ token ring ได้ และถึงแม้ว่าระบบ เครือข่ายทั้งคู่จะใช้โปรโตคอลที่แตกต่างกัน บริดจ์ก็ยังคงสามารถโยกย้ายแพ็กเก็ตข้อมูลระหว่างระบบเครือข่าย ทั้งสองได้ หากที่ตั้งของหน่วยงานภายในองค์กรอยู่ห่างกันมาก ก็อาจพิจารณาใช้บริดจ์เพื่อขยายขอบเขต

และเพิ่มระยะทางในการติดต่อสื่อสารได้ และยังสามารถนำไปใช้ในองค์กรขนาดใหญ่ที่มีผู้ใช้เครือข่ายจำนวนมาก โดยแบ่งออกเป็นเครือข่ายย่อยๆ และเชื่อมเครือข่ายย่อยทั้งหมดเข้าด้วยกันโดยใช้บริดจ์



ก) แสดงระดับชั้นที่อุปกรณ์ทำงาน



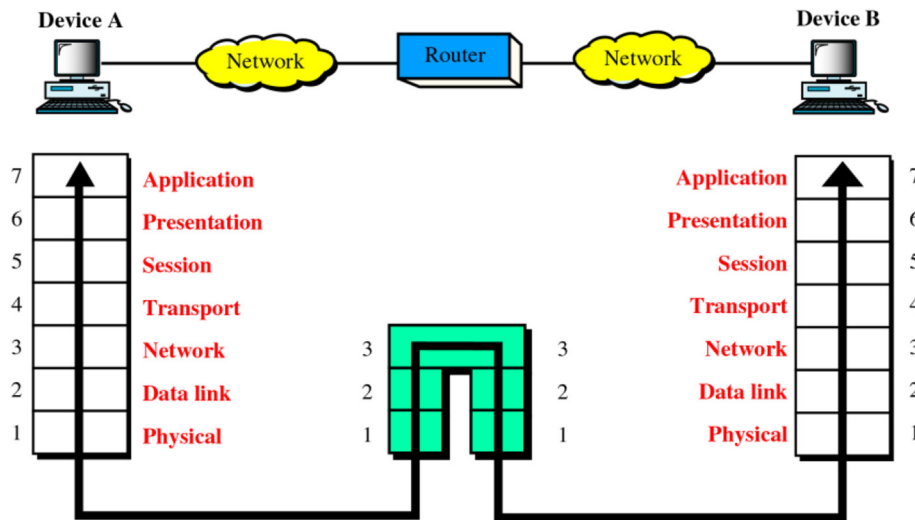
ข) แสดงการใช้งานในระบบเครือข่าย

ภาพที่ 12.29 แสดงระดับชั้นและการใช้งานบริดจ์ในระบบเครือข่าย

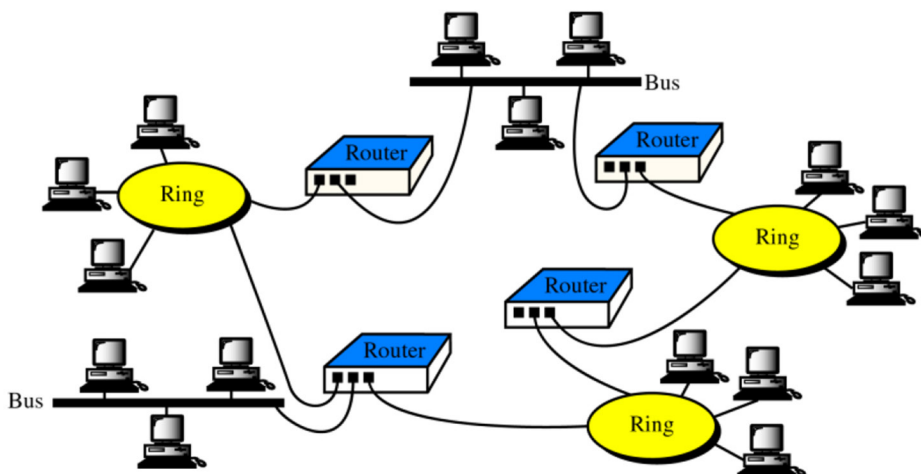
ที่มา: Behrouz Forouzan. (2013). *Introduction to Data Communications and Networking*.

4. เราเตอร์ (router) เป็นอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ทำงานในระดับชั้นเครือข่ายเพื่อทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายคอมพิวเตอร์หลายๆ เครือข่ายที่ใช้โปรโตคอลต่างกันเข้าด้วยกัน โดยเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่นำมาเชื่อมต่อกันนั้นอาจเป็นเครือข่ายที่มีโทโปโลยีแตกต่างกันก็ได้ ดังแสดงในภาพที่ 12.30 นอกจากนี้ เราเตอร์ยังทำหน้าที่จัดแบ่งเครือข่ายและเลือกเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำ

ส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในกรณีที่สามารถเข้าถึงเครือข่ายผ่านทางเราเตอร์ได้หลายเส้นทาง และสามารถทำการกรอง (filter) เลือกเฉพาะชนิดของข้อมูลที่ระบุไว้ว่าให้ผ่านไปได้ทำให้ช่วยลดปัญหาการจราจรที่คับคั่งของข้อมูล และเพิ่มระดับความปลอดภัยของเครือข่าย นอกจากนี้ เราเตอร์ยังสามารถหาเส้นทางการส่งข้อมูลที่เหมาะสมให้โดยอัตโนมัติด้วย เราเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขององค์กรเข้าสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งมักเรียกว่า ไอพีเราเตอร์ (IP router)



ก) แสดงระดับชั้นที่อุปกรณ์ทำงาน

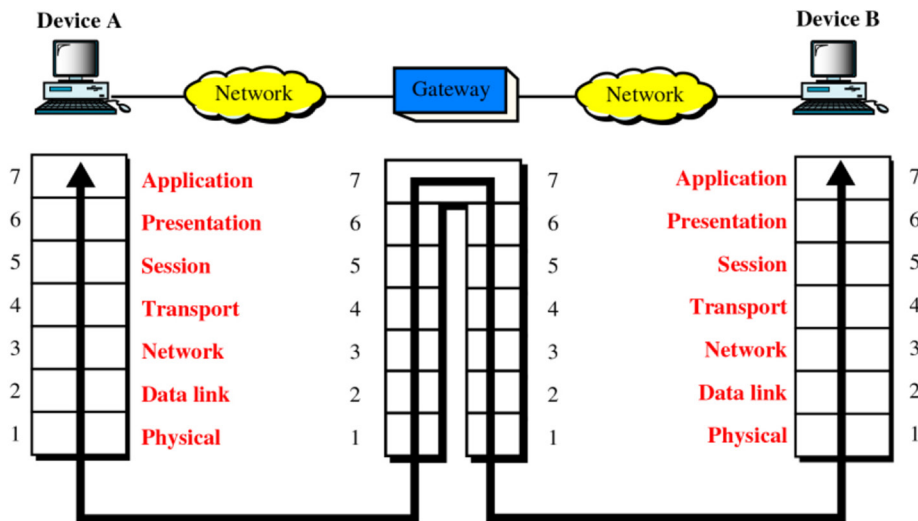


ข) แสดงการใช้งานในระบบเครือข่าย

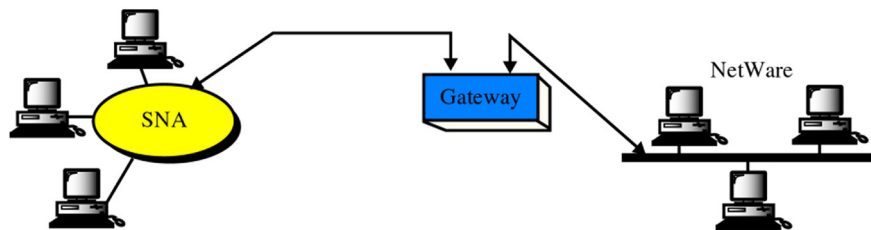
ภาพที่ 12.30 แสดงระดับชั้นและการใช้งานเราเตอร์ในระบบเครือข่าย

ที่มา: Behrouz Forouzan. (2013). *Introduction to Data Communications and Networking*.

5. **เกตเวย์ (gateway)** เป็นอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ทำงานในระดับชั้นเครือข่าย เพื่อทำหน้าที่เชื่อมต่อและแปลงข้อมูลระหว่างเครือข่ายที่ใช้โปรโตคอลและมีสถาปัตยกรรมของเครือข่ายแตกต่างกัน เช่น เชื่อมต่อและแปลงข้อมูลระหว่างระบบเครือข่ายเอสเอ็นเอกับระบบเครือข่ายเน็ตแวร์ เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 12.31 โดยปกติเกตเวย์มักจะเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องใดเครื่องหนึ่ง ซึ่งทำให้เครื่องนั้นมีสถานะเป็นเกตเวย์ และมักใช้สำหรับเชื่อมสถานงานเข้าสู่เครื่องที่เป็นเครื่องหลัก (host) ทำให้เครื่องที่เป็นสถานงานสามารถทำงานติดต่อกับเครื่องหลักได้โดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับข้อแตกต่างของระบบเครือข่ายที่ใช้อยู่ เกตเวย์จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพง ซึ่งบางตัวได้รวมคุณสมบัติในการเป็นเราเตอร์เข้าไว้ด้วย หรืออาจรวมเอาฟังก์ชันการทำงานด้านการรักษาความปลอดภัยที่เรียกว่า ไฟร์วอลล์ (firewall) เข้าไว้ด้วย



ก) แสดงระดับชั้นที่อุปกรณ์ทำงาน



ข) แสดงการใช้งานในระบบเครือข่าย

ภาพที่ 12.31 แสดงระดับชั้นและการใช้งานเกตเวย์ในระบบเครือข่าย

ที่มา: Behrouz Forouzan. (2013). *Introduction to Data Communications and Networking*.

6. ฮับ (hub) เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานในระดับชั้นกายภาพเพื่อเชื่อมต่อสถานีงานเข้าสู่ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ด้วยการกระจายสายเคเบิลและช่องสัญญาณจากเครื่องแม่ข่ายไปยังสถานีงานต่างๆ ภายในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ประเภทเดียวกันเท่านั้น ฮับเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการเชื่อมต่อเครือข่ายแลนที่มีโครงสร้างแบบดาว ข้อจำกัดของฮับคือ ฮับไม่สามารถกรองข้อมูลที่จะส่งไปยังสถานีงานได้ ดังนั้นแพ็คเกจข้อมูล (data packet) จะถูกส่งไปยังทุกที่ที่อุปกรณ์หรือคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อ จึงทำให้ความเร็วของเครือข่ายลดลงและทำให้ความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูลต่ำ

7. สวิตช์ (switch) หรือที่นิยมเรียกว่า อีเทอร์เน็ตสวิตช์ (ethernet switch) จะเป็นบริดจ์แบบหลายช่องทาง (multiport bridge) ที่นิยมใช้ในระบบเครือข่ายแลนแบบ ethernet เพื่อใช้เชื่อมต่อเครือข่ายหลายๆ เครือข่ายเข้าด้วยกัน สวิตช์จะช่วยลดการจราจรระหว่างเครือข่ายที่ไม่จำเป็น และเนื่องจากการเชื่อมต่อแต่ละช่องทางกระทำอยู่ภายในตัวสวิตช์เอง ทำให้สามารถทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลในแต่ละเครือข่าย (switching) ได้อย่างรวดเร็วกว่าการใช้บริดจ์จำนวนหลายๆ ตัวเชื่อมต่อกัน ทำงานที่ระดับชั้นดาต้าลิงค์ สวิตช์ถูกสร้างขึ้นมาทำหน้าที่แทนฮับ โดยหลักการพื้นฐานยังคงเป็นอุปกรณ์กระจายสัญญาณแต่ดีกว่าฮับคือ สมมติว่ามีสวิตช์ตัวหนึ่งมีขนาด 8 ports เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ 8 เครื่อง ถ้าเครื่องหมายเลข 1 ต้องการติดต่อกับเครื่องหมายเลข 2 โดยผ่านสวิตช์ เครื่องอื่นๆ ที่เหลือทั้ง 6 เครื่องก็จะยังสามารถติดต่อกันได้ ดังนั้น ณ ขณะหนึ่งจะสามารถติดต่อกันได้ 4 คู่ เป็นต้น ในปัจจุบันสวิตช์มีทั้งแบบโปรแกรมได้ (managed switch) และแบบที่ไม่สามารถโปรแกรมได้ (unmanaged switch) ซึ่งสวิตช์แบบโปรแกรมได้จะมีราคาแพงกว่าสวิตช์แบบโปรแกรมไม่ได้ สวิตช์มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ

- สวิตช์เลเยอร์ 2 (layer-2 switch) หรือ แอล 2 สวิตช์ (L2 switch) คือ บริดจ์ที่ได้รับการปรับปรุงให้มี อินเตอร์เฟสในการเชื่อมต่อกับส่วนย่อยๆ ของเครือข่ายได้มากขึ้นทำให้สามารถแบ่งเครือข่ายแลนเป็นย่อยๆ เพื่อประโยชน์ในการบริหารจัดการเครือข่ายได้ดียิ่งขึ้น และมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่าบริดจ์ทำให้ในปัจจุบันนิยมใช้ สวิตช์เลเยอร์ 2 แทนบริดจ์

- สวิตช์เลเยอร์ 3 (layer-3 switch) หรือ แอล 3 สวิตช์ (L3 switch) คือ เราเตอร์ที่ได้รับการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นแต่มีราคาถูกลง โดยสวิตช์เลเยอร์ 3 นี้จะสามารถจัดการกับเครือข่ายที่มีส่วนย่อยๆ มากๆ ได้ดีกว่า เราเตอร์

8. ไฟร์วอลล์ (firewall) เป็นได้ทั้งอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่องค์กรต่างๆ มีไว้เพื่อป้องกันเครือข่ายคอมพิวเตอร์จากอันตรายที่มาจากเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายนอก เช่น ผู้บุกรุกหรือแฮกเกอร์ ไฟร์วอลล์จะอนุญาตให้เฉพาะข้อมูลที่มีคุณลักษณะตรงกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้ผ่านเข้าออกระบบเครือข่ายเท่านั้น และทำหน้าที่ป้องกันไวรัส นอกจากนี้ยังเก็บบันทึกข้อมูลการใช้งานระหว่างเครือข่ายคอมพิวเตอร์กับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตภายนอก ไฟร์วอลล์ โดยทั่วไปจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ไฟร์วอลล์ระดับเครือข่าย (network level firewall) และไฟร์วอลล์ระดับแอปพลิเคชัน (application level firewall)

1) **ไฟร์วอลล์ระดับเครือข่าย** จะตัดสินใจยอมให้ทราฟฟิก (traffic) ไດผ่านนั้น จะดูที่แอดเดรสของผู้ส่งและผู้รับ และพอร์ตในแต่ละไอพีแพ็คเกจ เราเตอร์โดยทั่วไปแล้วก็จะถือว่าเป็นไฟร์วอลล์ระดับเครือข่ายชนิดหนึ่ง ไฟร์วอลล์ประเภทนี้จะมีประสิทธิภาพสูงและจะโปร่งใส (transparent) ต่อผู้ใช้ คือ ผู้ใช้มองไม่เห็นความแตกต่างระหว่างระบบที่ไม่มีไฟร์วอลล์กับระบบที่มีไฟร์วอลล์ระดับเครือข่าย

2) **ไฟร์วอลล์ระดับแอปพลิเคชัน** โดยทั่วไปก็คือ ผู้ใช้จะต้องตั้งเครื่องของตนให้ใช้กับไฟร์วอลล์ประเภทนี้ได้สามารถบังคับนโยบายความปลอดภัยได้มากกว่าไฟร์วอลล์ระดับเครือข่ายแต่มีความเร็วน้อยกว่าไฟร์วอลล์ระดับเครือข่าย

กิจกรรม 2.2.3

จยกตัวอย่างพร้อมทั้งอธิบายคุณลักษณะของอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มา 3 ชนิด

แนวตอบกิจกรรม 2.2.3

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายมีมากมายหลายชนิดและหลายรูปแบบและมีการเชื่อมต่อในระดับชั้นเลเยอร์ที่ต่างกัน เช่น

1. แลนการ์ด หรือ NIC (Network Interface Card) คือ แผงวงจรสำหรับเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับเครือข่าย พื้นฐาน
 2. เครื่องทวนสัญญาณ (repeater) หรือรีพีตเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานในระดับชั้นกายภาพเท่านั้น โดยสามารถทำให้สัญญาณสามารถเดินทางไปได้ไกลขึ้น เนื่องจากการส่งสัญญาณจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอีกอุปกรณ์นั้น เมื่อสัญญาณเดินทางจะมีการอ่อนกำลังลงเรื่อยๆ จึงมีโอกาที่จะเกิดการผิดพลาดของการส่งข้อมูลได้ ดังนั้นรีพีตเตอร์จึงมีหน้าที่รับสัญญาณเข้ามา แล้วทำการสร้างสัญญาณใหม่ให้เป็นเหมือนของเดิม ซึ่งจะทำให้สามารถส่งสัญญาณไปได้ไกลกว่าเดิม
 3. เราเตอร์ (router) เป็นอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ทำงานในระดับชั้นเครือข่ายเพื่อทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายคอมพิวเตอร์หลายๆ เครือข่ายที่ใช้โพรโทคอลต่างกันเข้าด้วยกัน โดยเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่นำมาเชื่อมต่อกันนั้นอาจเป็นเครือข่ายที่มีโทโปโลยีแตกต่างกันก็ได้
-

บรรณานุกรม

จตุชัย แพงจันทร์. (2012). *Master in Security* (2nd ed.). นนทบุรี: ไอดีซีซ.

Behrouz A.Forouzan. (2013). *Introduction to Data Communication and Networking*. Singapore: McGraw-Hill.

Charles P., Pfleeger and Shari L. Pfleeger. (2007). *Security in Computing* (4th ed.).

Joseph Migga Kizza. (2009). *A Guide to Computer Network Security*. Springer-Verlag London, ISBN 978-1-84800-916-5, UK.

Krawetz, Neal. (2007). *Introduction to Network Security*. Massachusetts: Charles River Media. ISBN 1-58450-464-1, USA.

McCumber John. (2004). *Assessing and Managing Security Risk in IT System: A Structure Methodology*. Auerbach Publication Boston, MA, USA, ISBN 0849322324.

Solomon David. (2010). *Elements of Computer Security*. Springer-Verlag London. ISBN 978-0-85729-005-2, UK.

Theodore S.Rappaport. (2002). *Wireless Communications*. Principle and Practice. United State of America: Prentice Hal PTR.

