

## บทที่ 1

### แนวคิดของการสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย

จากการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายทำให้วิถีการดำเนินชีวิตและวิถีการดำเนินธุรกิจในปัจจุบันมีการปรับตัวตามไปด้วย โดยเฉพาะธุรกิจที่ต้องการความรวดเร็ว และความถูกต้องของข้อมูลเพื่อใช้ในการตัดสินใจ ทำให้สามารถตัดสินใจเป็นไปได้อย่างทันที โดยไม่จำเป็นต้องรอคอยเหมือนในอดีต

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายทำให้มนุษย์สามารถติดต่อสื่อสารได้ด้วยความเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้มีการเพิ่มความถี่และความสามารถในการสื่อสารอีกด้วย เช่น วิดีโอคอนเฟอเรนซ์ (Video conference) เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคือ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนข้อมูล เช่น ข้อความ ภาพ เสียง วิดีโอ จากต้นทางไปยังปลายทางหรือจากผู้ส่งไปยังผู้รับได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง ซึ่งการทำงานของระบบการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายย่อมมีความซับซ้อนและมีรายละเอียดในเชิงลึกมากมาย ดังนั้นเราจำเป็นต้องทำความเข้าใจภาพรวมและพื้นฐานของการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายก่อน

ในบทนี้จึงได้นำเสนอภาพรวมและพื้นฐานของการสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย โดยเริ่มต้นจากความหมายของการสื่อสารข้อมูล องค์ประกอบพื้นฐาน รูปแบบของข้อมูลที่ส่งผ่าน และเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วย

#### 1.1 ความหมายของการสื่อสาร ข้อมูล และการสื่อสารข้อมูล

การสื่อสาร (Communications) หมายถึง การแลกเปลี่ยนข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง หรือจากผู้ส่งไปยังผู้รับ ซึ่งอาจจะเป็นการสื่อสารระยะใกล้ หรือระยะไกลก็ได้ หากเป็นการสื่อสารระยะใกล้ การสื่อสารอาจจะเป็นลักษณะตัวต่อตัว (face to face) แต่หากเป็นการสื่อสารระยะไกลจำเป็นต้องอาศัยโครงข่ายสาธารณะ หรือโครงข่ายส่วนตัวที่มีอยู่แล้ว เช่น โทรศัพท์ โทรทัศน์ เป็นต้น จึงอาจเรียก telecommunication

ข้อมูล (Data) หมายถึง ข้อมูลที่แสดงในรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น ภาพ เสียง ข้อความ เป็นต้น ซึ่งเกิดจากการตกลงกันระหว่างผู้ส่งและผู้รับ

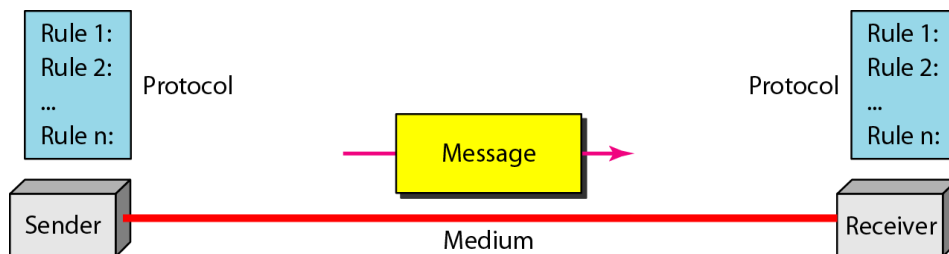
การสื่อสารข้อมูล (Data Communications) หมายถึง การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้รับและผู้ส่งโดยผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอร์ รวมทั้งยังต้องอาศัยสื่อกลางในการนำส่งข้อมูลจากผู้ส่งไปยังผู้รับอีกด้วย นอกจากนี้การสื่อสารข้อมูลยังจำเป็นต้องมีซอฟต์แวร์ หรือโปรแกรมที่ใช้สำหรับควบคุมการไหลของข้อมูล ความคุมความผิดพลาดของข้อมูล รวมทั้งแก้ไขข้อผิดพลาดของข้อมูลอีกด้วย

ประสิทธิภาพของระบบการสื่อสารข้อมูลจะประกอบด้วย คุณสมบัติพื้นฐาน 3 ประการด้วยกัน นั่นคือ

- 1) การส่งมอบ (Delivery) ระบบจะต้องทำการส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางได้อย่างถูกต้อง
- 2) ความเที่ยงตรง (Accuracy) ระบบจะต้องส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางที่ถูกต้อง และแม่นยำ
- 3) ระยะเวลา (Timeliness) ระบบจะต้องไม่ส่งข้อมูลล่าช้า เพราะข้อมูลที่ล่าช้าจะกลายเป็นเป็นข้อมูลที่ไม่มีความประโยชน์ โดยเฉพาะข้อมูลที่มีลักษณะเป็น real-time

## 1.2 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารข้อมูล

ในการรับส่งข้อมูลจากผู้ส่งไปยังผู้รับ หรือจากต้นทางไปยังปลายทางนั้น ประกอบไปด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน 5 อย่างด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 องค์ประกอบของระบบสื่อสารข้อมูล

1) ผู้ส่งหรืออุปกรณ์ส่งข้อมูล (Sender) เป็นต้นทางของการสื่อสารข้อมูล โดยมีหน้าที่ในการเตรียมข้อมูล หรือสร้างข้อมูลสำหรับส่งไปยังผู้รับ เช่น ผู้พูด คอมพิวเตอร์ต้นทาง โทรศัพท์ เป็นต้น

2) ผู้รับหรืออุปกรณ์รับข้อมูล (Receiver) เป็นปลายทางของการสื่อสารข้อมูล โดยมีหน้าที่รับข้อมูลที่ส่งมาจากผู้ส่งหรืออุปกรณ์ส่งข้อมูล เช่น ผู้ฟัง คอมพิวเตอร์ปลายทาง เครื่องพิมพ์ เป็นต้น

3) ข่าวสาร (Message) เป็นเนื้อหาของข้อมูลอยู่ในรูปสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งผ่านในระบบการสื่อสาร ซึ่งมีอยู่ 4 รูปแบบด้วยกัน คือ

- เสียง (Voice) ซึ่งอาจจะเป็นเสียงที่มนุษย์หรืออุปกรณ์บางชนิดสร้างขึ้น
- รูปภาพ (Image) เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของกราฟิก ซึ่งจะใช้หน่วยความจำค่อนข้างสูง
- ข้อความ (Text) เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของอักขระหรือเอกสาร
- สื่อผสม (Multimedia) เป็นข้อมูลที่มีลักษณะผสม ซึ่งอาจจะรวมทั้งรูปภาพ เสียง และข้อความเข้าด้วยกัน ข้อมูลมักจะมีขนาดใหญ่มาก เช่น Video conference เป็นต้น

4) สื่อกลางหรือตัวกลางในการนำส่งข้อมูล (Medium) เป็นเส้นทางหรือช่องทางที่นำข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง โดยแบ่งสื่อกลางออกเป็น 2 ประเภท คือ

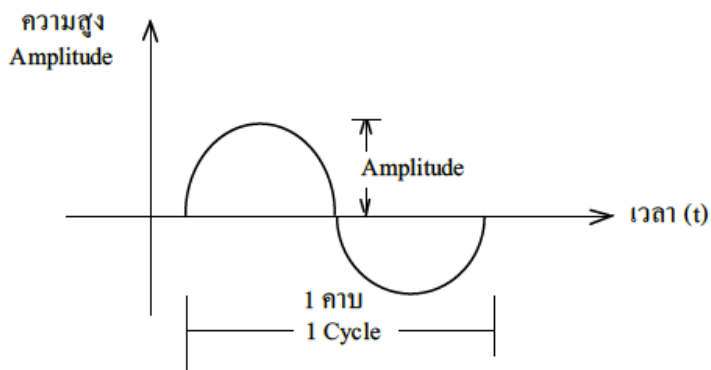
- สื่อกลางที่สามารถกำหนดเส้นทางได้ (Guided Media) เช่น สายเคเบิลคู่ สายโทรศัพท์ สายโคแอกเชียล สายไฟเบอร์ออปติก เป็นต้น
- สื่อกลางที่ไม่สามารถกำหนดเส้นทางได้ (Unguided Media) เช่น อากาศ คลื่นวิทยุ เป็นต้น

5) โพรโตคอล (Protocol) เป็นข้อกำหนด ข้อตกลง วิธีการ หรือกฎระเบียบที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล เพื่อให้ผู้ส่งและผู้รับสามารถเข้าใจตรงกัน

### 1.3 ชนิดของสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์

#### 1.3.1 สัญญาณแอนะล็อก (Analog signal)

เนื่องจากการสื่อสารเริ่มต้นด้วยการใช้คลื่นเสียงมนุษย์เป็นสื่อของการติดต่อ คลื่นเสียงมนุษย์มีความถี่ตั้งแต่ 100 ไปถึง 10,000 เฮิรตซ์ (Hertz : Hz) โดยประมาณ ในขณะที่เครื่องดนตรีสามารถผลิตเสียงตั้งแต่ 50 ไปถึง 15,000 เฮิรตซ์ นั้นหมายถึงหูของมนุษย์จะต้องสามารถแยกคลื่นเสียงต่าง ๆ ได้ตั้งแต่ 20 ถึง 20,000 เฮิรตซ์ ซึ่งเป็นแถบความถี่ของเสียงที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ ด้วยเหตุดังกล่าวโทรศัพท์จึงถูกออกแบบให้ทำงานในช่วงความถี่ตั้งแต่ 300 ถึง 4,000 เฮิรตซ์ ซึ่งเพียงพอที่มนุษย์จะสามารถรับรู้ และติดต่อสื่อสารกันได้ คลื่นเสียงถูกส่งผ่านอากาศโดยอาศัยการบีบอัดของอากาศที่ต่างกัน ทำให้เกิดเสียงในลักษณะต่างกัน เสียงที่มีความยาวคลื่นที่สั้นจะมีความถี่สูงหรือมีเสียงแหลมนั่นเอง เดิมทีสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้แทนเสียงมนุษย์อยู่ในรูปของสัญญาณต่อเนื่อง (Continuous) หรืออาจจะเรียกว่าสัญญาณธรรมชาติ (Analog signal) ในรูปของไฟฟ้า หมายถึงสัญญาณที่แอมพลิจูด (Amplitude) แปรผันต่อเนื่องกันกับเวลา ดังแสดงดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 สัญญาณแอนะล็อก (Analog)

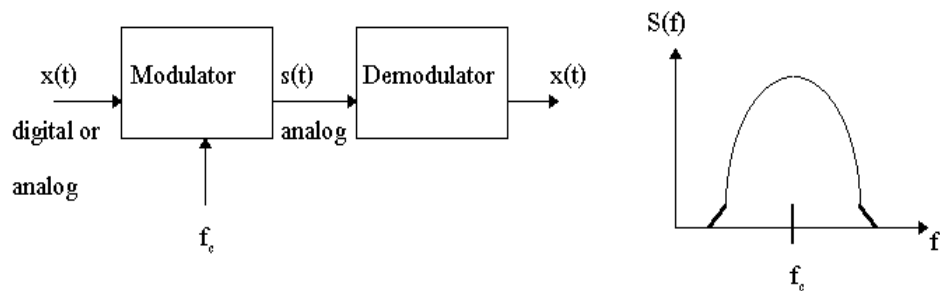
สัญญาณแอนะล็อก (Analog) ที่ใช้กันโดยทั่วไปในการรับส่งข้อมูล ได้แก่ สัญญาณโทรศัพท์ สัญญาณวิทยุกระจายเสียง สัญญาณโทรทัศน์ เป็นต้น เมื่อวิเคราะห์รูปคลื่นของสัญญาณแอนะล็อกอันหนึ่ง จะพบว่าประกอบด้วย Sine wave ที่มีความถี่ต่าง ๆ กัน โดยทั่วไปแล้วความถี่ของสัญญาณแอนะล็อกที่ใช้กับโทรศัพท์นั้นจะใช้นัยความถี่ตั้งแต่ 300 ถึง 3,400 เฮิรตซ์ เท่านั้น

ดังที่กล่าวมาเบื้องต้นข้อมูลข่าวสารในยุคต้น ๆ จะเป็นการสื่อสารผ่านระบบโทรศัพท์โดยใช้เสียงมนุษย์ ดังนั้นเครือข่ายโทรศัพท์ในยุคต้นจึงออกแบบเพื่อเสียงมนุษย์เท่านั้น ข้อเสียในการส่งสัญญาณแบบแอนะล็อกคือมีปัจจัยที่ทำให้รูปสัญญาณเสียรูป หรือสูญหายได้ง่าย เช่น สัญญาณรบกวน (Noise) และประกอบกับตัวสื่อสารทองแดง มีช่วงแถบ

ความถี่ที่แคบไม่สามารถส่งข้อมูลที่มีความถี่สูง ๆ ได้ ดังนั้นมนุษย์จึงคิดหาวิธีการส่งสัญญาณแบบดิจิทัล (Digital) ที่ทนต่อสัญญาณรบกวน และทำงานที่ความเร็วสูง

### - โครงข่ายวงจรการส่งข้อมูลแบบแอนะล็อก

ในกรณีที่ต้องการส่งข้อมูลดิจิทัลผ่านสายสื่อสารสัญญาณ เช่น สายทองแดง ในระบบโทรศัพท์พื้นฐาน จำเป็นต้องมีกรรมวิธีพิเศษ เช่น การเข้ารหัสเพื่อส่งสัญญาณดังกล่าวไปในสายแบบนี้ เนื่องจากสัญญาณดิจิทัลประกอบด้วยสัญญาณความถี่ต่าง ๆ มากมาย ทำให้มีบางส่วนไม่สามารถผ่านไปยังสายสื่อสารสัญญาณดังกล่าวได้ ทำให้รูปสัญญาณที่ได้ปลายทางผิดเพี้ยนอย่างแน่นอน เพื่อให้การสื่อสารถูกต้องแม่นยำ การเข้ารหัสจึงมีความจำเป็นและความหมายอย่างสรุปก็คือ วิธีการนำข้อมูลส่งไปสื่อตัวนำต่าง ๆ เพื่อให้มีประสิทธิภาพเพียงพอในรูปแบบที่ผู้ส่งและผู้รับเข้าใจได้ ดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 การเข้ารหัสโดยใช้สัญญาณแอนะล็อก (Analog)

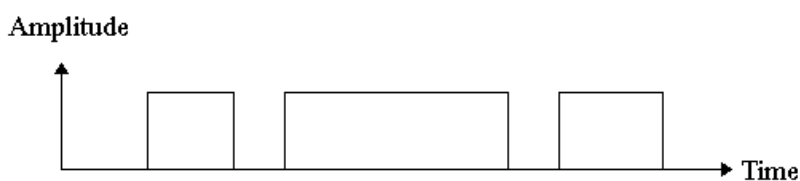
การส่งข้อมูลในรูปแบบสัญญาณแอนะล็อก (Analog) จำเป็นต้องใช้ “สัญญาณพาหะ (Carrier signal)” เพื่อนำพาข้อมูลของผู้ส่งไปถึงผู้รับ โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า “โมดูเลชัน (Modulation)” เทคนิคดังกล่าวเป็นกระบวนการเข้ารหัสสัญญาณที่ต้องการส่งไปบนสัญญาณพาหะด้วยความถี่กลาง ( $f_c$ ) ของแถบความถี่

ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนคือการส่งสัญญาณดิจิทัลผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า “โมเด็ม (Modem)” โมเด็ม ย่อมาจาก Modulation Demodulation เป็นอุปกรณ์ในการแปลงสัญญาณทางลอจิกให้เหมาะสมก่อนส่งผ่านสื่อตัวนำที่มีความกว้างของแถบความถี่ต่ำ เช่น สายโทรศัพท์ ในตัวอย่างนี้คือ การส่งข้อมูลลอจิกซึ่งเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม (Square wave) ที่มีค่าแรงดันสองระดับ คือ 0 หรือ 1 คลื่นสี่เหลี่ยมประกอบด้วยคลื่นรูปไซน์หลายความถี่ เป็นทวีคูณของความถี่พื้นฐาน ถ้าหากส่งสัญญาณดิจิทัลผ่านสื่อตัวนำที่มีความกว้างของ

แถบความถี่ต่ำแล้ว ความถี่สูง ๆ ก็จะไป ทำให้สัญญาณปลายทางเพี้ยนไปจากเดิม ซึ่งสายโทรศัพท์ที่ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน ยังคงออกแบบให้ใช้การสื่อสารที่เป็นเสียงมนุษย์ที่มีความถี่กว้างเพียง 3 กิโลเฮิรตซ์ ผ่านสายแอนะล็อก ด้วยเหตุผลดังกล่าวเราจำเป็นต้องแปลงสัญญาณลอจิกให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมก่อนที่จะส่งออกไปในสื่อตัวนำ และทางฝ่ายผู้รับก็จำเป็นต้องมีกระบวนการแปลงสัญญาณดังกล่าวกลับมาให้เป็นสัญญาณลอจิกเหมือนเดิม อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ดังกล่าวเรียกว่า โมเด็ม (Modem) อย่างไรก็ตามสายโทรศัพท์ในปัจจุบันได้ออกแบบให้สามารถทำงานกับสัญญาณดิจิทัลบนแถบความถี่ที่กว้างพอที่จะสามารถส่งสัญญาณลอจิกโดยไม่เพี้ยน เช่น สายโทรศัพท์ ISDN และยังสามารถทำให้เราสามารถส่งข้อมูลได้มากขึ้นบนสายทองแดงที่แถบความถี่ต่ำด้วย

### 1.3.2 สัญญาณดิจิทัล (Digital signal)

สัญญาณดิจิทัล หมายถึงสัญญาณที่แอมพลิจูดถูกจัดระดับให้แปรผันไปกับเวลาตามค่าที่กำหนดให้ เช่น ถ้าแปรผันอยู่ระหว่าง 2 ค่าเรียกว่าสัญญาณไบนารี (Binary Signal) ดังแสดงตามรูปที่ 1.4 รหัสสัญญาณยูนิโพลาร์ (Unipolar Signal) คือสัญญาณที่มีระดับลอจิกเพียงอย่างเดียวหนึ่งเพื่อแทนสถานะหนึ่ง ๆ เช่น แรงดันไฟบวกหรือลบเพียงอย่างเดียว แทนลอจิก “1” ในขณะที่รหัสสัญญาณโพลาร์ (Polar Signal) ในหนึ่งสถานะสามารถถูกแทนด้วยหลายระดับลอจิก ความเร็วของการส่งข้อมูล (Data signaling rate) คือ จำนวนบิตที่สามารถส่งได้ในหนึ่งหน่วยเวลา



รูปที่ 1.4 สัญญาณดิจิทัล

สัญญาณดิจิทัลที่ใช้กันในงานด้านโทรคมนาคมโดยทั่วไปจะเป็นแบบสัญญาณไบนารี (Binary signal) ทั้งสิ้นซึ่งเป็นลักษณะของ Pulse ที่มีอยู่ 2 ค่าคือ 0 และ 1 โดยที่ 0 หมายถึงไม่มี Pulse และ 1 หมายถึงมี Pulse

เราสามารถจัดกลุ่มของสัญญาณไบนารี ให้อยู่ในรูปของรหัส (Code) เพื่อใช้แทนค่าระดับของแรงดัน (Voltage) ในการกำหนดจำนวนบิต (Bit) ของรหัสไบนารี (Binary code) นั้น จะขึ้นอยู่กับจำนวนระดับของแรงดัน เช่น

1 Bit Code แทนได้ 2 ค่า คือ 0 และ 1

2 Bit Code แทนได้ 4 ค่า คือ 00, 01, 10 และ 11

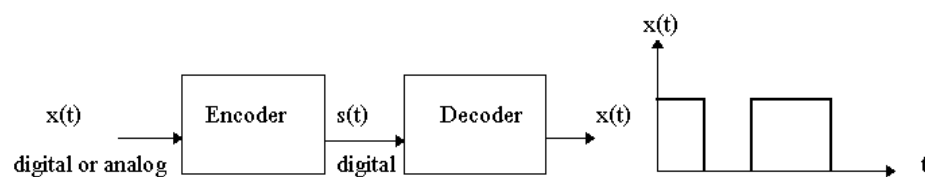
3 Bit Code แทนได้ 8 ค่า คือ 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 และ 111

โดยทั่วไป N Bit Code สามารถแทนจำนวนระดับของแรงดันได้  $2^n$  ค่า เช่น 8 Bit Code สามารถแทนจำนวนระดับของแรงดันได้ 28 เท่ากับ 256 ค่า เป็นต้น

### - โครงข่ายวงจรถูกส่งข้อมูลแบบดิจิทัล

เนื่องจากสัญญาณดิจิทัล เป็นสัญญาณที่ประกอบจากหลายความถี่ย่อย ๆ รวมกัน แต่ไม่ใช่ทุกความถี่สามารถผ่านไปแถบความถี่ (Bandwidth) ของตัวนำได้ เพราะฉะนั้นตัวนำที่มีแถบความถี่ที่กว้างจึงสามารถนำสัญญาณดิจิทัลได้ดีกว่าตัวนำที่มีแถบความถี่แคบ ซึ่งนั่นหมายถึงสัญญาณปลายทางจะมีรูปร่างที่ไม่เพี้ยนมาก

การเข้ารหัสข้อมูลโดยใช้สัญญาณดิจิทัล มีความสำคัญมากขึ้นเพราะคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทมากกับชีวิตประจำวัน เนื่องด้วยคอมพิวเตอร์เก็บและประมวลผลแบบดิจิทัล อีกทั้งคุณภาพของสื่อตัวนำดีมากพอที่จะส่งสัญญาณลอกจิกโดยไม่เพี้ยน ทำให้เราไม่จำเป็นต้องแปลงสัญญาณกลับไปกลับมาอย่างในตัวอย่างข้างต้น



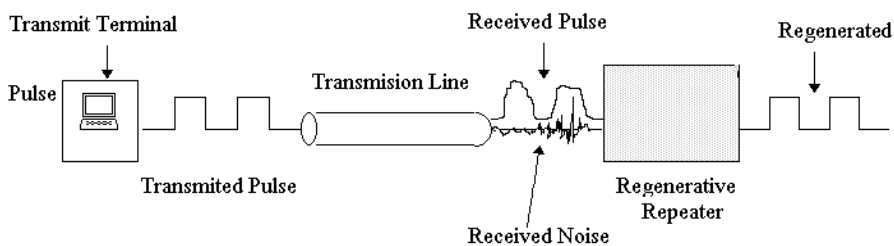
รูปที่ 1.5 การเข้ารหัสโดยใช้สัญญาณดิจิทัล

ในการส่งสัญญาณดิจิทัล แอมพลิจูดของสัญญาณไบนารี จะมีค่าได้เพียงค่าใดค่าหนึ่งใน 2 ค่าเท่านั้น ซึ่งแทนด้วยเลขไบนารี คือ 1 หรือ 0 การตรวจหาว่ามี Pulse (1) หรือไม่มี Pulse (0) สามารถทำได้ภายใต้ภาวะที่มีสิ่งรบกวนและความเพี้ยนมากกว่าที่จะพึงยินยอมให้เกิดขึ้นได้ในการส่งสัญญาณแอนะล็อก การยอมให้มีสิ่งรบกวนและความเพี้ยนเกิดขึ้นได้มากกว่า จึงนับได้ว่าเป็นข้อดีประการหนึ่งของวิธีการส่งสัญญาณดิจิทัล ข้อดีอีกประการหนึ่ง คือ การผลิตสัญญาณดิจิทัลขึ้นมาใหม่ที่ Regenerative Repeater โดยที่

สัญญาณไบนารีมีค่าได้เพียงค่าใดค่าหนึ่งใน 2 ค่าคือมี Pulse และไม่มี Pulse เมื่อสัญญาณไบนารีถูกส่งมาถึง Regenerative Repeater มักจะตรวจว่ามี Pulse หรือไม่มี Pulse ที่ input ของมัน ถ้ามี Pulse มันก็จะผลิต Pulse ที่ปราศจากสิ่งรบกวนและความเพี้ยนขึ้นมาใหม่ ถ้าตรวจพบว่าไม่มี Pulse มันก็จะไม่มีการผลิต Pulse ออกไป

จากที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นว่า การส่งสัญญาณดิจิทัลมีข้อได้เปรียบเหนือกว่าการส่งสัญญาณแอนะล็อกอยู่ 2 ประการ คือ

- มีภูมิคุ้มกันต่อสิ่งรบกวนและความเพี้ยนได้มากกว่า
- สามารถผลิตสัญญาณดิจิทัลที่ปราศจากสิ่งรบกวนและความเพี้ยนขึ้นมาใหม่ที่ Regenerative Repeater ได้



รูปที่ 1.6 ลักษณะการส่งสัญญาณดิจิทัล

เนื่องจากการส่งสัญญาณดิจิทัลมีข้อได้เปรียบเหนือกว่าการส่งสัญญาณแอนะล็อก ดังนั้นจึงมีแนวโน้มที่จะส่งสัญญาณแอนะล็อกในรูปของการส่งสัญญาณดิจิทัลมากขึ้นตามลำดับด้วย วิธีการนี้จึงจำเป็นต้องแปลงสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลที่ปลายทางด้านส่ง และแปลงกลับเป็นสัญญาณแอนะล็อกตามเดิมที่ปลายทางด้านรับ วิธีที่นิยมใช้มากที่สุดคือ วิธีการของ Pulse Code Modulation (PCM)

ระบบโทรศัพท์ดั้งเดิมเป็นระบบแอนะล็อก เพราะคลื่นเสียงเป็นคลื่นที่เป็นแอนะล็อกและแปลงเป็นสัญญาณแอนะล็อกได้ง่าย และเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาททำให้อุปกรณ์ในระบบโทรศัพท์สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและแม่นยำขึ้น ดังจะเห็นได้จากอุปกรณ์ชุมสายสมัยใหม่ได้เปลี่ยนแปลงระบบดิจิทัลหมดแล้ว ทำให้ระบบโทรศัพท์จึงค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นระบบดิจิทัล เพื่อช่วยให้การส่งข่าวสารในรูปดิจิทัลทำได้ง่ายขึ้นและรวดเร็วขึ้น โดยคลื่นเสียงจะถูกแปลงให้เป็นรูปดิจิทัล

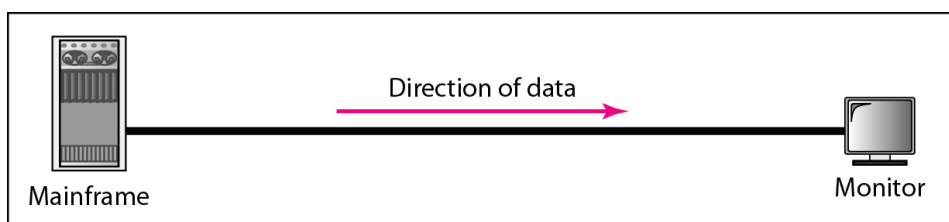


องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยได้ให้บริการใหม่บนโทรศัพท์ระบบดิจิทัลที่เรียกว่า ระบบ ISDN (Integrated Service Digital Network) เป็นระบบดิจิทัลตลอดเส้นทาง โดยสามารถสื่อสารทั้งภาพ เสียงและข้อความได้พร้อม ๆ กัน ระบบการส่งแบบดิจิทัล หมายถึง การส่งภาพ เสียง และข้อมูลในรูปของสัญญาณดิจิทัลนั้นหมายถึงสัญญาณแอนะล็อกจะต้องถูกแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิทัลโดยเครื่องมือที่เรียกว่า Codec (Coder/Decoder)

#### 1.4 ทิศทางการส่งข้อมูล

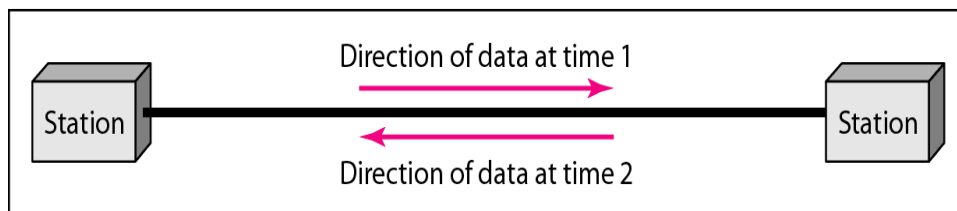
การสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต้นทางและอุปกรณ์ปลายทางสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทด้วยกัน

1.4.1 การสื่อสารข้อมูลทิศทางเดียวหรือซิมเพล็กซ์ (One-way communication หรือ Simplex) เป็นการสื่อสารเพียงทิศทางเดียว คืออุปกรณ์ต้นทางจะส่งข้อมูลเพียงฝั่งเดียว และอุปกรณ์ปลายทางจะไม่มี การตอบกลับ เช่น การกระจายเสียงของสถานีวิทยุ การแพร่ภาพทางโทรทัศน์ เป็นต้น ลักษณะการสื่อสารดังแสดงในรูปที่ 1.7



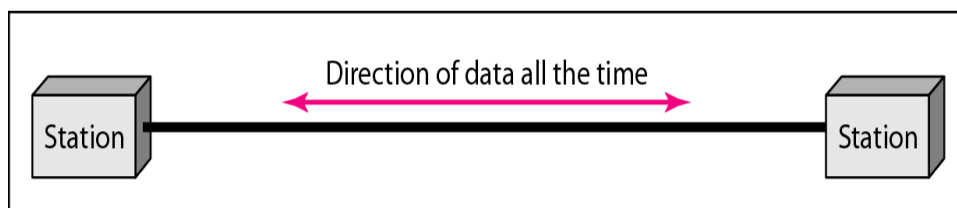
รูปที่ 1.7 การสื่อสารข้อมูลทิศทางเดียว

1.4.2 การสื่อสารแบบสองทิศทางสลับกันหรือฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Either-way communication หรือ Half duplex) เป็นการสื่อสารแบบสองทิศทางแต่คนละเวลา ซึ่งการส่งข้อมูลแบบนี้ อุปกรณ์ต้นทางและปลายทางสามารถส่งหรือรับข้อมูลได้ แต่จะต้องมีการสลับกันส่งจะส่งในเวลาเดียวกันไม่ได้ เช่น วิทยุสื่อสาร เป็นต้น ลักษณะการสื่อสารดังแสดงในรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 การสื่อสารข้อมูลแบบสองทิศทางสลับกัน

1.4.3 การสื่อสารแบบสองทิศทางพร้อมกันหรือฟูลดูเพล็กซ์ (Both-Way communication หรือ Full duplex) เป็นการสื่อสารที่อุปกรณ์ต้นทางและอุปกรณ์ปลายทางสามารถรับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน เช่น ระบบโทรศัพท์ เป็นต้น ลักษณะการสื่อสารดังแสดงในรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 การสื่อสารข้อมูลแบบสองทิศทางพร้อมกัน

สำหรับการส่งข้อมูลแบบสองทิศทางพร้อมกัน สัญญาณข้อมูลที่อยู่ในช่องสัญญาณจะต้องแบ่งใช้สมรรถนะของช่องสัญญาณร่วมกัน ซึ่งสามารถทำได้ 2 รูปแบบคือ

- 1) ช่องสัญญาณอาจจะประกอบไปด้วยช่องสัญญาณสองช่อง ซึ่งช่องทางหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล และอีกช่องสำหรับรับข้อมูล
- 2) ช่องสัญญาณอาจจะถูกแบ่งใช้สมรรถนะของช่องสัญญาณด้วยตัวสัญญาณข้อมูลเองโดยพิจารณาจากขนาดของข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ช่องสัญญาณ

## 1.5 ความหมายของเครือข่ายคอมพิวเตอร์

เครือข่าย (Network) หมายถึง กลุ่มของอุปกรณ์ต่าง ๆ เรียกว่าโหนด (Node) ที่นำเชื่อมต่อกันเพื่อทำการสื่อสาร ซึ่งโหนดอาจหมายถึง คอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลจากโหนดอื่นบนเครือข่าย

เครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์ตั้งแต่สองเครื่องขึ้นไปมาเชื่อมต่อกันโดยใช้สื่อกลาง เพื่อให้สามารถสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูล และใช้ทรัพยากร (Resources) ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในเครือข่ายร่วมกันได้

ซึ่งในปัจจุบันระบบเครือข่ายมีความสำคัญเป็นอย่างมากทั้งทางด้านธุรกิจ หรือทางด้านการศึกษา เช่น การใช้ระบบเครือข่ายของธนาคาร การใช้เครือข่ายในมหาวิทยาลัย เพื่อการค้นหนังสือ หรือหาข้อมูลการวิจัย เป็นต้น โดยการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์นั้นเป็นการเพิ่มความสามารถของระบบให้สูงขึ้นและเป็นการลดต้นทุนระบบโดยรวมลง ซึ่งจะมีการแบ่งการใช้งานอุปกรณ์และข้อมูลต่าง ๆ ตลอดจนสามารถทำงานร่วมกันได้ เช่น สามารถโอนย้ายข้อมูลระหว่างกัน หรือการนำข้อมูลไปใช้ประมวลผลในลักษณะแบ่งกันใช้ทรัพยากร เช่น แบ่งใช้ซีพียู แบ่งการใช้ฮาร์ดดิสก์ แบ่งการใช้งานโปรแกรม หรือแบ่งใช้อุปกรณ์อื่น ๆ ที่มีราคาแพง เป็นต้น

## 1.6 ประโยชน์ของเครือข่ายคอมพิวเตอร์

การใช้ทรัพยากร (Resources) ร่วมกัน คือ สามารถใช้อุปกรณ์ที่มีราคาสูงร่วมกันได้ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายฮาร์ดแวร์ลงไปได้มาก เนื่องจากไม่ต้องมีอุปกรณ์เหล่านี้ในทุก ๆ จุด เช่น ซื้อเครื่องพิมพ์คุณภาพดีมาใช้ร่วมกัน ดีกว่าซื้อเครื่องพิมพ์ให้แก่คอมพิวเตอร์ทุกตัว ดังนั้นการเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์เป็นเครือข่ายจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานให้กว้างขวางและมากขึ้นจากเดิม และการเชื่อมต่อเครือข่ายนั้นยังไม่ได้จำกัดอยู่ที่การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์เท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงการเชื่อมต่ออุปกรณ์รอบข้าง เช่น การเชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์ เป็นต้น

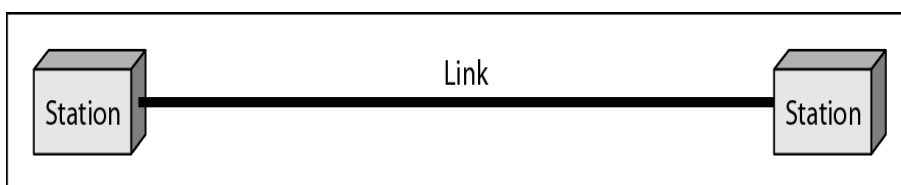
การใช้ข้อมูลในไฟล์ร่วมกัน เป็นการเข้าถึงข้อมูลและแบ่งปันข้อมูลของเครื่องคอมพิวเตอร์ตัวใดก็ได้ที่เชื่อมต่อกัน โดยไม่ต้องใช้แผ่นดิสก์หรืออุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบอื่นช่วยในการโอนย้ายข้อมูล เช่น การใช้ฟอร์มงานเอกสารต่าง ๆ ร่วมกัน หรือการถ่ายโอนข้อมูล เป็นต้น

## 1.7 ชนิดของการเชื่อมต่อ

การเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์จะมี 2 แบบ คือ 1) แบบจุดต่อจุด (Point-to-Point) และ 2) แบบหลายจุด (Multipoint) ซึ่งทั้งสองแบบจะมีวิธีการเชื่อมต่อ และข้อดีข้อเสีย ที่แตกต่างกันดังนี้

### 1.7.1 แบบจุดต่อจุด (Point-to-Point)

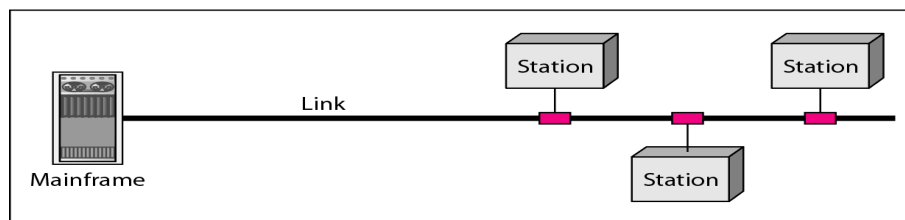
การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบนี้ จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่นำมาเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายเพียงสองเครื่องเท่านั้น ซึ่งการเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุดนี้จะใช้ประสิทธิภาพการรับข้อมูล ส่งข้อมูลของเครือข่ายได้สูงสุด เนื่องจากมีเพียงอุปกรณ์สองเครื่องเท่านั้นที่ทำการรับข้อมูล และส่งข้อมูล ซึ่งเส้นทางสื่อสารจะถูกจองสำหรับการส่งระหว่าง 2 อุปกรณ์ตลอดเวลา ตัวอย่างเช่น เครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องพิมพ์ หรือการจองสายโทรศัพท์ (lease line) สำหรับใช้ในระบบ ATM (Automatic Teller Machine) แสดงดังรูปที่ 1.10



รูปที่ 1.10 การเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุด

### 1.7.2 แบบหลายจุด (Multipoint)

การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบนี้ จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่นำมาเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายมากกว่าสองเครื่อง ซึ่งการเชื่อมต่อแบบหลายจุดนี้จะใช้ประสิทธิภาพการรับข้อมูล ส่งข้อมูลของเครือข่ายได้ไม่เท่ากับแบบจุดต่อจุด เนื่องจากมีการใช้สื่อส่งข้อมูลร่วมกัน โดยถูกแบ่งด้วยเวลาหรือวิธีการอื่นที่เหมาะสม ซึ่งการเชื่อมต่อแบบหลายจุดเหมาะสำหรับการส่งข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง และมีจำนวนข้อมูลไม่มากนัก ตัวอย่างเช่น เครือข่ายในสำนักงาน หรือระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แสดงดังรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 การเชื่อมต่อแบบหลายจุด

### 1.8 โครงสร้างของระบบเครือข่าย

เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถติดต่อสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์อื่นๆ ที่อยู่ในระบบเครือข่ายได้โดยผ่านอุปกรณ์การเชื่อมต่อตัวกลางในการรับส่งข้อมูล การเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์สามารถทำได้หลายรูปแบบที่แตกต่างกันและเรียกรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์นี้ว่า "สถาปัตยกรรมของ ระบบเครือข่าย (Network architecture)" หรือ "โทโพโลยี (Topology)"

โทโพโลยี หมายถึง รูปแบบการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบเครือข่ายเพื่อเชื่อมต่อ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ให้สามารถติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้ อย่างมีประสิทธิภาพ โทโพโลยีแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ โทโพโลยีทางกายภาพ (Physical topology) และ โทโพโลยีทางตรรกะ (Logical topology)

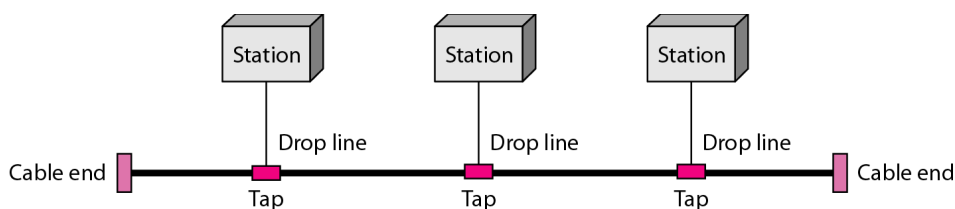
โทโพโลยีทางกายภาพ (Physical topology) คือ การเชื่อมต่อที่มีรูปลักษณะที่มองเห็นได้จาก ภายนอก มีการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ทั้งหมดในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อทางวงจร อิเล็กทรอนิกส์ เช่น การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์หลาย ๆ เครื่องเข้ากับอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่าย คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

โทโพโลยีทางตรรกะ (Logical topology) คือ การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครือข่าย คอมพิวเตอร์ในลักษณะเส้นทางเดินของข้อมูลขณะที่มีการรับส่งข้อมูลภายในเครือข่าย คอมพิวเตอร์ การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อการรับส่งข้อมูลจะใช้สัญญาณไฟฟ้า โดยสัญญาณนี้จะวิ่งอยู่บน ตัวกลางที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน แต่สัญญาณจะใช้เส้นทางแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับรูปแบบการ เชื่อมต่อของเครือข่าย

โทโพโลยีเครือข่ายแบ่งออกได้เป็นหลายรูปแบบ โดยแต่ละแบบมีการใช้งานแตกต่างกัน การเลือก โทโพโลยีเครือข่ายต้องมีการวางแผนที่ดี เพราะจะมีผลต่อสมรรถนะภาพของเครือข่าย ชนิดของอุปกรณ์ที่ เชื่อมต่อ ตัวกลางในการรับส่งข้อมูลที่ใช้ในเครือข่าย รวมถึงลักษณะการเดินสายสัญญาณผ่านชั้นเพดาน และผนังของอาคาร ดังนั้นจึง จำเป็นที่ต้องศึกษาลักษณะ คุณสมบัติ ข้อดีและข้อด้อยของโทโพโลยี แต่ละแบบ เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบเครือข่ายให้เหมาะสมกับการใช้งาน โทโพโลยีของเครือข่าย สามารถแบ่งออกเป็นหลายรูปแบบดังมีรายละเอียดดังนี้

### 1.8.1 โครงสร้างแบบบัส (Bus Topology)

บางทีก็เรียกว่า “Linear bus” เป็นการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ทั้งหมดบนสายสื่อสารเพียงเส้นเดียว เช่น สายคู่บิดเกลียว สายโคแอกเชียล หรือสายใยแก้วนำแสง โดยสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากอุปกรณ์หรือคอมพิวเตอร์ตัวใดก็ตามจะเป็นลักษณะการกระจายข่าว (Broadcast) คือ ส่งออกไปทั้งสองทิศทางไปยังทุกส่วนของระบบเครือข่ายนั้นโดยมีซอฟต์แวร์ที่ติดตั้งกับอุปกรณ์ แต่ละตัวเป็นตัวควบคุมการสื่อสาร ซึ่งเป็นการทำงานที่ไม่มีอุปกรณ์ตัวใดทำหน้าที่เป็นผู้ควบคุมระบบเลย ในกรณีนี้ถ้าอุปกรณ์ใดก็ตามหยุดการทำงานไปก็จะมีผลกระทบต่ออุปกรณ์ที่ยังคงทำงานอยู่ แต่อย่างไรก็ตาม ณ ระยะเวลาๆ หนึ่งระบบนี้จะมีอุปกรณ์เพียงตัวเดียวเท่านั้นที่สามารถส่งสัญญาณออกมาได้ โดยอุปกรณ์ตัวอื่นที่ต้องการส่งสัญญาณจะต้องหยุดรอจนกว่าในระบบจะไม่มีผู้ใดส่งสัญญาณจึง จะสามารถเริ่มส่งสัญญาณของตนเองออกมาได้ ถ้ามีอุปกรณ์ตั้งแต่สองตัวขึ้นไปส่งสัญญาณออกมาพร้อมกันก็จะเกิดปัญหาสัญญาณชนกัน (Collision) ซึ่งจะทำให้สัญญาณของทุกฝ่ายเสียหายไม่สามารถนำไปใช้งานได้ระบบนี้จะมีประสิทธิภาพต่ำในกรณีที่มีอุปกรณ์เชื่อมต่ออยู่เป็นจำนวนมาก แสดงดังรูปที่ 1.12



รูปที่ 1.12 โครงสร้างแบบบัส

คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อเข้ากับสายสัญญาณรวมหรือบัส จะสื่อสารกันโดยใช้ที่อยู่ ซึ่งคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะมีที่อยู่ที่ไม่ซ้ำกัน ในการส่งสัญญาณในสายที่ใช้งานร่วมกันนี้จำเป็นต้องเข้าใจหลักการต่อไปนี้

- ลักษณะการส่งข้อมูล

การส่งข้อมูลบนเครือข่ายที่มีโทโปโลยีแบบบัสนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปบนสายสัญญาณในรูปแบบของสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสัญญาณนี้จะเดินทางไปถึงคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่เชื่อมต่อเข้ากับสื่อกลางหรือบัส

เนื่องจากมีคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียวเท่านั้นที่จะสามารถส่งข้อมูลได้ในเวลาหนึ่ง ดังนั้นจำนวนคอมพิวเตอร์ที่พ่วงต่อเข้ากับสื่อกลางจะมีผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่าย เพราะยิ่งจำนวนคอมพิวเตอร์มากเท่าไร ยิ่งทำให้คอมพิวเตอร์ต้องรอนานเพื่อที่จะส่งข้อมูล ซึ่งอาจมีผลทำให้เครือข่ายช้ามากขึ้นและยังไม่มีวิธีการที่เป็นมาตรฐานในการวัดว่าจำนวนคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกันเข้ากับเครือข่ายนั้นมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายอย่างไร ปัจจัยที่จะทำให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายลดลงนั้นก็ไม่ใช่เฉพาะจำนวนคอมพิวเตอร์อย่างเดียว สิ่งต่อไปนี้เป็นปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายได้

- ประสิทธิภาพของฮาร์ดแวร์ของคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย
- จำนวนของโปรแกรมที่กำลังรันบนเครื่องคอมพิวเตอร์
- ชนิดของแอปพลิเคชันที่ใช้เครือข่าย
- ประสิทธิภาพของสายสัญญาณที่ใช้
- ระยะห่างระหว่างคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย

ในขณะใดขณะหนึ่งคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายก็จะถูกเช็คว่ามีข้อมูลส่ง มาถึงตัวเองหรือไม่ หรือไม่ก็กำลังจะส่งข้อมูล เนื่องจากคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องไม่มีหน้าที่ในการส่งข้อมูลได้ ดังนั้นเมื่อคอมพิวเตอร์เครื่องใดเครื่องหนึ่งจะหยุดทำงานก็จะไม่ทำให้เครือข่ายล่มได้ ตัวเทอร์มินเตอร์ (Terminator) จะทำหน้าที่ดูดกลืนสัญญาณเพื่อไม่ให้สะท้อนกลับและจะถูกติดตั้งไว้ที่ปลายสายสัญญาณการดูดกลืนสัญญาณนี้จะทำให้สายสัญญาณว่าง และพร้อมสำหรับการส่งข้อมูลอีกที่ปลายทั้งสองข้างของ

สายสัญญาณ จะต้องเสียบเข้ากับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ตัวอย่าง เช่น เน็ตเวิร์คการ์ด หรือตัวเชื่อมต่อที่ใช้ในการเชื่อมต่อสายสัญญาณให้มีระยะยาวขึ้นปลายที่ไม่ได้เสียบเข้ากับอุปกรณ์ใดๆ จะต้องติดตัวเทอร์มิเนเตอร์เพื่อป้องกันการสะท้อนกลับของสัญญาณการรบกวนการสื่อสารของเครือข่ายเมื่อเกิดสายสัญญาณขาด ณ จุดใดจุดหนึ่ง หรือมีการถอดปลายสายออกจากเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งทำให้สายสัญญาณ ณ จุดนั้นไม่มีตัวเทอร์มิเนเตอร์ อันเป็นเหตุให้สัญญาณสะท้อนกลับ ซึ่งจะไปรบกวนสัญญาณเดิม และทำให้ข้อมูลนั้นเสียไป สัญญาณนี้ก็จะสะท้อนกลับไปกลับมาซึ่งทำให้ไม่สามารถส่งข้อมูลใหม่ได้ นี่เป็นประเภทรูปหนึ่งที่ทำให้เครือข่ายนี้ล่ม ซึ่งมีผลทำให้เครือข่ายไม่สามารถทำงานได้

#### ข้อดี

- ง่ายต่อการนำอุปกรณ์เชื่อมต่อเข้ากับระบบเครือข่าย
- ใช้สายเคเบิลน้อยกว่าการต่อแบบ Star

#### ข้อเสีย

- ระบบเครือข่ายทั้งหมดจะไม่สามารถใช้งานได้ ถ้าสายหลักชำรุด
- จำเป็นต้องมี Terminator ที่ปลายทั้ง 2 ข้างของสายหลัก เพื่อป้องกัน

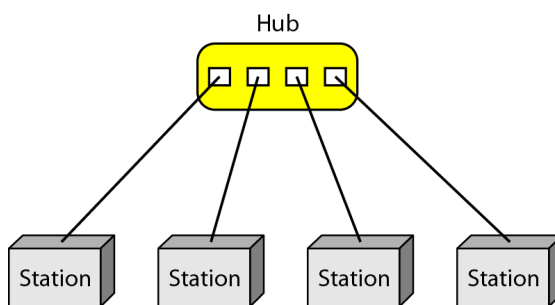
สัญญาณสะท้อนกลับไปมาภายในสาย

- ค้นหาจุดที่เกิดปัญหาได้ยาก ถ้าระบบเครือข่ายทั้งหมดไม่สามารถใช้งานได้

### 1.8.2 โครงสร้างแบบสตาร์ (Star Topology)

โทโพโลยีแบบสตาร์ ถือกำเนิดมาจากเครือข่ายที่มีการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์เมนเฟรม ซึ่งจะมีคอมพิวเตอร์เมนเฟรมทำหน้าที่เป็นศูนย์กลาง โดยมีเครื่องเทอร์มินัลเชื่อมโยงไปยังจุดศูนย์กลาง ในปัจจุบันได้มีการนำโทโพโลยีแบบสตาร์มาประยุกต์ใช้งาน โดยมีรูปแบบการเชื่อมต่อทางกายภาพที่กำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ศูนย์กลางที่เรียกว่า "ฮับ" หรือ "สวิตช์" โดยอุปกรณ์ศูนย์กลางจะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมเส้นทางการสื่อสารทั้งหมด และคอยจัดส่งข้อมูลให้กับเครื่องปลายทางอีกด้วย การเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องเข้ากับฮับ แสดงดังรูปที่ 1.13





รูปที่ 1.13 โครงสร้างแบบสตาร์

การเชื่อมต่อในแบบนี้มีข้อดีคือ การรวมศูนย์เพื่อเป็นการบริหารทรัพยากร อย่างไรก็ตามการเชื่อมต่อแบบนี้จะสิ้นเปลืองสายสัญญาณมาก เนื่องจากเครื่องทุกเครื่องจะต้องใช้สายสัญญาณเชื่อมต่อเข้ากับฮับ และอีกอย่างหนึ่ง ถ้าหากอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางรับส่งข้อมูลหยุดทำงาน ระบบเครือข่ายจะล่มทันที แต่อย่างน้อยก็รู้สาเหตุข้อดีอีกอย่างของโทโพโลยีแบบนี้คือ ถ้าสายสัญญาณขาด เฉพาะเครื่องที่ใช้สายสัญญาณนั้นเท่านั้นที่ไม่สามารถใช้เครือข่ายได้ ส่วนเครื่องอื่นๆยังใช้เครือข่ายได้เช่นเดิม เนื่องจากฮับจะทำหน้าที่เป็นตัวสิ้นสุดสัญญาณโดยอัตโนมัติเมื่อสายขาด การเชื่อมต่อแบบนี้จะเป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากอีเทอร์เน็ตซึ่งกลายมาเป็นมาตรฐานเครือข่ายแบบท้องถิ่น ซึ่งในปัจจุบันนั้น ก็จะใช้การเชื่อมต่อหรือโทโพโลยีแบบดวงดาว

การรับส่งข้อมูลทางกายภาพแบบดาวที่ใช้ฮับเป็นศูนย์กลางมีรูปแบบการรับส่งข้อมูลทาง ตรรกะเหมือนกับโทโพโลยีแบบบัส เนื่องจากฮับจะส่งข้อมูลที่รับมาจากเครื่องผู้ส่งไปยังเครื่องอื่น ๆ ที่เชื่อมต่อกับฮับทุกเครื่อง เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องใดที่มีที่อยู่ตรงกับที่อยู่ของผู้รับที่ระบุมาในข้อมูล เครื่องนั้นสามารถนำเอาข้อมูลที่รับไปใช้งานได้ ส่วนเครื่องอื่น ๆ เมื่อได้รับข้อมูลและไม่ใช่เป็นเครื่อง ผู้รับปลายทางแท้จริงจะต้องทิ้งข้อมูลนี้ไป เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ A ต้องการส่งข้อมูลไปยังเครื่อง คอมพิวเตอร์ D ที่มีค่าแมคแอดเดรสเท่ากับ F217742B8234 ดังนั้นจะมีเฉพาะเครื่องคอมพิวเตอร์ D เพียงเครื่องเดียวเท่านั้นที่มีค่าแมคแอดเดรสตรงกับค่าที่อยู่ของผู้รับที่ระบุมาในข้อมูล โทโพโลยีแบบดาวที่มีฮับเป็นศูนย์กลางอาจทำให้เกิดการชนกันของข้อมูลได้ ถ้าในเวลาหนึ่งมีเครื่องกำลังส่งข้อมูลไปที่ฮับและ ในขณะเดียวกันกับที่ฮับกำลังส่งข้อมูลออกไปยังเครื่องทุกเครื่อง ดังนั้นหากเครื่องใดที่ต้องการส่งข้อมูล จะต้องตรวจสอบก่อนว่าไม่มีข้อมูลกำลังถูกส่งผ่านตัวกลางมาจากฮับ ถ้าสัญญาณว่างเครื่องนั้นจึงจะสามารถส่งข้อมูลได้ แต่ถ้าไม่ว่างจะต้องรอจนกว่าตัวกลางจะว่าง ทำให้ต้องเสียเวลามากโดยเฉพาะถ้ามี จำนวนเครื่องที่เชื่อมต่อเข้ากับฮับเป็นจำนวนมาก โดยใช้โทโพโลยีทางกายภาพแบบดาวแต่ใช้โทโพโลยี ทางตรรกะ

แบบบัส ดังนั้นเพื่อให้การรับส่งข้อมูลทำได้รวดเร็วมากขึ้น โทโพโลยีแบบดาวจะเปลี่ยนมาใช้แบบ สวิตช์เป็นศูนย์กลางแทนฮับ ซึ่งทำให้โทโพโลยีนี้มีรูปแบบการรับส่งข้อมูลทางตรรกะเป็นแบบดาวโดย สวิตช์จะทำการตรวจสอบที่อยู่ข้อมูลและกำหนดเส้นทางในการส่งข้อมูลเพื่อจัดส่งถึงปลายทางที่แท้จริง เพียงเครื่องเดียวเท่านั้น ส่วนเครื่องอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ผู้รับปลายทางจะไม่ได้รับข้อมูลนี้ ทำให้ไม่เกิดการชนกัน ของข้อมูลขึ้น โทโพโลยีแบบดาวเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบ 2 ทิศทาง โดยอนุญาตให้มีเพียงเครื่อง คอมพิวเตอร์เครื่องเดียวเท่านั้นที่สามารถส่งข้อมูลเข้าสู่เครือข่ายได้ ดังนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์หลาย ๆ เครื่องจึงไม่สามารถส่งข้อมูลเข้าสู่เครือข่ายในเวลาเดียวกันได้ เป็นการป้องกันการชนกันของสัญญาณข้อมูล โทโพโลยีแบบดาวจึงเป็นโทโพโลยีแบบหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน

#### ข้อดี

- ง่ายต่อการต่ออุปกรณ์และการเดินสาย
- สามารถเพิ่มเติมอุปกรณ์ หรือถอดอุปกรณ์ออกได้ง่าย และไม่รบกวนส่วน

#### อื่น

- ง่ายต่อการตรวจสอบจุดที่เกิดปัญหา และการแยกอุปกรณ์บางส่วนออก

#### จากระบบ

#### ข้อเสีย

- เปลืองสายเคเบิ้ลมากกว่าการต่อแบบ Bus
- ถ้า hub หรือ switch ที่เชื่อมอยู่ตรงกลางมีปัญหา จะทำให้ระบบ

เครือข่ายทั้งหมดมีปัญหาไปด้วย

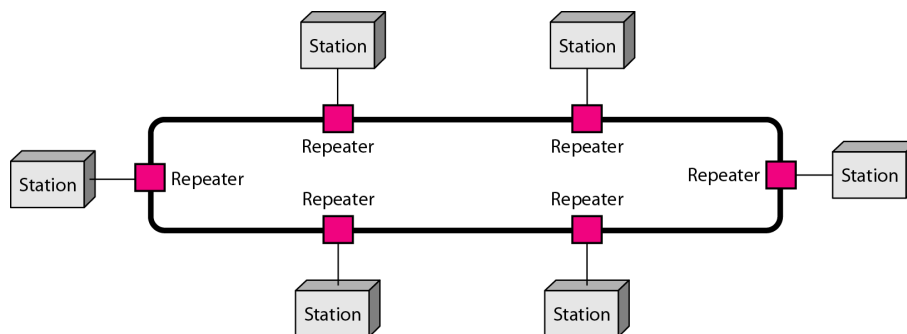
- ค่าใช้จ่ายสูงกว่าการต่อแบบ Bus เนื่องจากจำเป็นต้องมี Hub หรือ

Switch เชื่อมตรงกลาง

### 1.8.3 โครงสร้างแบบริง (Ring Topology)

เป็นการเชื่อมต่อที่มีลักษณะเป็นวงแหวน หรือ Loop โดยที่แต่ละโหนดบนเครือข่ายมีจุดเชื่อมต่อทั้งสองด้าน เพื่อเชื่อมต่อโหนดต้นทางและโหนดปลายทางเข้าด้วยกัน ตัวอย่างของเครือข่ายชนิดนี้ได้แก่ IBM Token Ring การรับส่งข้อมูลจะเป็นไปในทิศทางเดียวโดยใช้ Token ซึ่งเป็นตัวอนุญาตให้คอมพิวเตอร์ตัวใดมีสิทธิ์ส่งข้อมูลเพื่อไม่ให้เกิดการชนกันของข้อมูล โดย Token จะวิ่งไปในทิศทางเดียวของวงแหวนผ่านเครื่องแต่ละเครื่อง โดยถ้าคอมพิวเตอร์ตัวใดต้องการส่งข้อมูลก็จะไปจับ Token มาและใส่ข้อมูลไปกับ Token ซึ่งในขณะที่ Token ไม่ว่าง คอมพิวเตอร์ตัวอื่นก็ไม่สามารถส่งข้อมูลได้ จึงจำเป็นต้องรอให้

Token ว่าง ซึ่ง Token จะว่างก็ต่อเมื่อส่งข้อมูลได้ถูกต้องเรียบร้อยแล้ว ซึ่งการส่งข้อมูลในลักษณะนี้ช่วยป้องกันปัญหาอันเกิดจากการชนกันของข้อมูล ซึ่งจะมีแค่เครื่องเดียวเท่านั้นที่สามารถส่งได้ในเวลาใดเวลาหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 1.14



รูปที่ 1.14 โครงสร้างแบบริง

ข้อดี

- การเพิ่มเติมขนาดของระบบเครือข่าย ส่งผลต่อประสิทธิภาพไม่มาก
- ลดจำนวนตัวรับและส่งสัญญาณลงครึ่งหนึ่ง (ในกรณี Ring ทางเดียว)
- ทุกๆ อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อจะช่วยขยายสัญญาณ ทำให้สามารถต่อเป็นวง

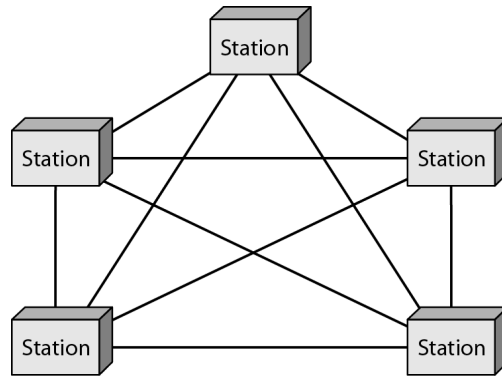
ใหญ่ได้

ข้อเสีย

- ประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบอื่น เนื่องจากต้องผ่านอุปกรณ์หลายตัว
- ถ้าอุปกรณ์บางตัวหรือสายเคเบิลชำรุด จะทำให้เครือข่ายทั้งหมดไม่สามารถใช้งานได้ (ในกรณี Ring ทางเดียว)

### 1.8.3 โครงสร้างแบบเมช (Mesh Topology )

โครงสร้างเครือข่ายแบบเมช จะเป็นการนำคอมพิวเตอร์ทุกตัวมาเชื่อมต่อถึงกันหมด ซึ่งการสร้างโครงสร้างแบบนี้เพื่อป้องกันการล่มของระบบ การทำงานโดยเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะมีช่องสัญญาณจำนวนมาก เพื่อที่จะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น ๆ ทุกเครื่อง โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์นี้เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะส่งข้อมูล ได้อิสระไม่ต้องรอการส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น ๆ ทำให้การส่งข้อมูลมีความรวดเร็ว แต่ค่าใช้จ่ายสายเคเบิลก็สูงเช่นกัน แสดงดังรูปที่ 1.15



รูปที่ 1.15 โครงสร้างแบบเมซ

ข้อดี

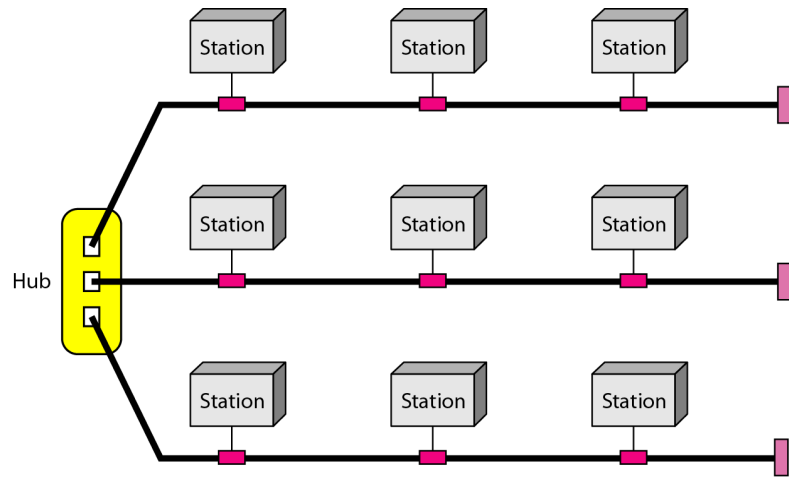
- ในกรณีสายเคเบิลบางสายชำรุด เครือข่ายทั้งหมดยังสามารถใช้ได้ ทำให้ระบบมีเสถียรภาพสูง นิยมใช้กับเครือข่ายที่ต้องการเสถียรภาพสูง และเครือข่ายที่มีความสำคัญ

ข้อเสีย

- สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และสายเคเบิลมากกว่าการต่อแบบอื่น ๆ
- ยากต่อการติดตั้ง เดินสาย เคลื่อนย้ายปรับเปลี่ยน และบำรุงรักษาระบบเครือข่าย

#### 1.8.4 โครงสร้างแบบไฮบริด (Hybrid Topology)

เป็นเครือข่ายที่ไม่มีรูปร่างที่แน่นอน เป็นการผสมเครือข่ายหลายๆ แบบเข้าด้วยกัน เช่น เครือข่ายแบบบัสผสมกับแบบวงแหวน หรือเครือข่ายแบบบัสผสมกับแบบดวงดาว แสดงดังรูปที่ 1.16



รูปที่ 1.16 โครงสร้างแบบไฮบริด