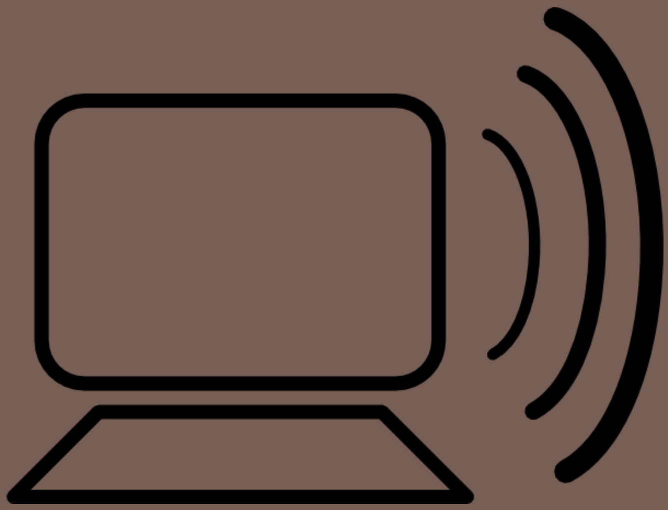
พื้นฐานข้อมูลและสัญญาณ (FUNDAMENTAL OF DATA AND SIGNALS)



วัตถุประสงค์

1. บอกความแตกต่างระหว่างข้อมูลและสัญญาณได้
2. อธิบายส่วนประกอบพื้นฐานของสัญญาณ Analog และสัญญาณ Digital ได้อย่างถูกต้อง
3. อธิบายความแตกต่างระหว่างหน่วยวัดความเร็ว Bit Rate และ Baud Rate ได้
4. บอกอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงข้อมูล Analog / Digital มาเป็นสัญญาณ Analog / Digital ได้
5. เข้าใจเทคนิคการเข้ารหัสสัญญาณ Digital แบบ NRZ-L, NRZ-I, Manchester และ Differential Manchester ได้
6. สามารถบอกรายละเอียดถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความสูญเสียของสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูลได้ ไม่ว่าจะเป็น Attenuation Distortion และ Noise

บทนำ

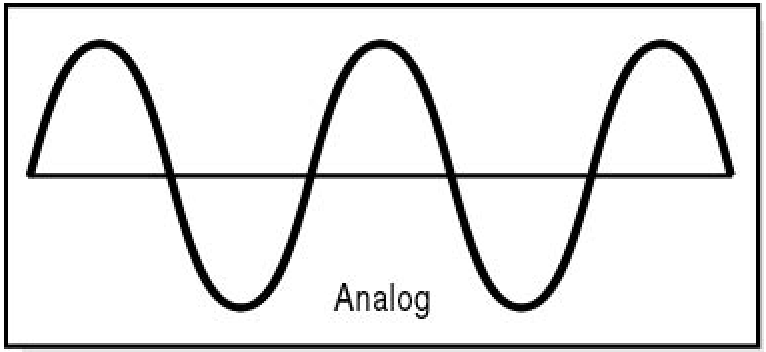
ความสำคัญของชั้นสื่อสาร Physical Layer คือ การเคลื่อนย้ายข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบสัญญาณผ่านสื่อกลาง โดยข้อมูลทั่วไป ที่อยู่ในรูปบบต่างๆ เช่น ตัวอักษร รูปภาพ ตัวเลข หรือภาพเคลื่อนไหว จะไม่สามารถส่งผ่านระบบสื่อสารได้โดยตรง จึงต้องมีการแปลงเป็นสัญญาณก่อนที่จะส่งผ่านสื่อกลางขอระบบสื่อสารไปยังปลายทางที่ต้องการ

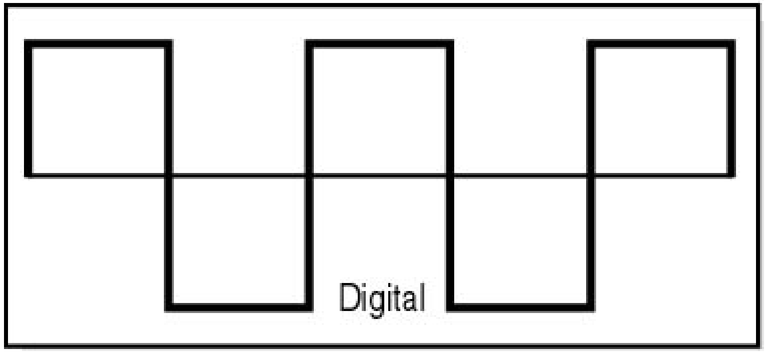
จากข้อมูลข้างต้นจึงทำให้ทราบว่า **ข้อมูล** (Data) และ**สัญญาณ** (Signals) มีความแตกต่างกัน ดังนี้

ข้อมูล (Data) คือ สิ่งที่มีความหมายในตัว โดยข้อมูลทั่วไปที่ใช้งานในระบบคอมพิวเตอร์จะเป็นข้อมูลชนิดตัวเลข ตัวอักษร ภาพนิ่ง รวมถึงภาพเคลื่อนไหวต่างๆ ในการส่งข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งผ่านทางสายสื่อสารหรือคลื่นวิทยุ ข้อมูลที่ต้องการส่ง จะต้องได้รับการแปลงให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณที่เหมาะสมกับระบบการสื่อสารนั้นๆ

บทนำ (ต่อ)

สัญญาณ (Signals) คือ ปริมาณใดๆ ที่สามารถเปลี่ยนแปลงและสัมพันธ์ไปกับเวลา โดยสัญญาณที่ใช้ในระบบสื่อสาร คือ กระแสไฟฟ้า หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น การสนทนาผ่านระบบโทรศัพท์ การสั่งพิมพ์งาน การดาวน์โหลดข้อมูล เป็นต้น





สัญญาณ Analog และสัญญาณ Digital

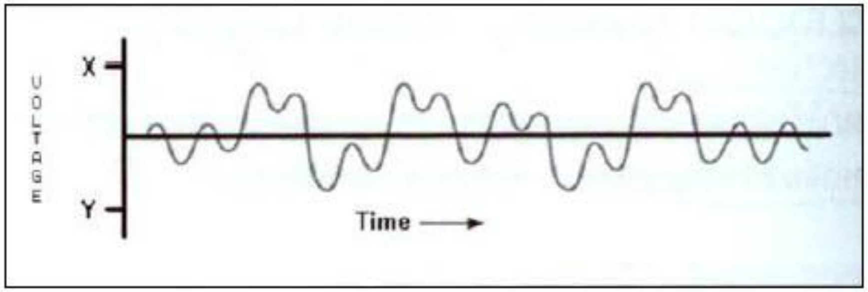
การส่งข้อมูลในระบบสื่อสาร จำเป็นต้องมีการเข้ารหัสข้อมูลมาเป็นสัญญาณในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งที่เหมาะสม เช่น ระบบสื่อสารบางระบบ ไม่สามารถส่งสัญญาณดิจิตอลได้ ดังนั้นจะต้องแปลงสัญญาณจากดิจิตอล ให้กลายเป็นแอนะล็อกก่อน แล้วจึงส่งผ่านไปยังสายสื่อสาร เมื่อปลายทางได้รับสัญญาณ จะสามารถอ่านค่าที่ส่งมาได้ ด้วยการแปลงสัญญาณที่รับเข้ามา นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

สัญญาณแอนะล็อกและข้อมูลแอนะล็อก (Analog Signals and Analog Data)

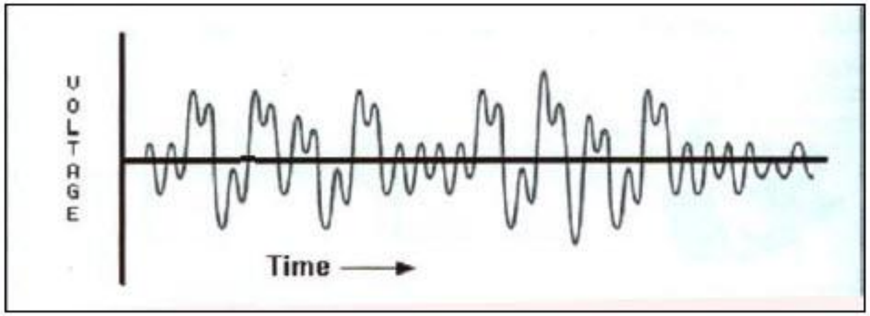
เป็นรูปคลื่นที่มีลักษณะต่อเนื่อง (สัญญาณจะแกว่งขึ้นลงอย่างต่อเนื่องและราบเรียบตลอดเวลา ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด) ค่าระดับสัญญาณสามารถอยู่ในช่วงระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของคลื่นได้ โดยค่าต่ำสุดและสูงสุดจะแทนด้วยหน่วยแรงดัน (voltage)

สัญญาณ Analog และสัญญาณ Digital (ต่อ)

ข้อมูลแอนะล็อกและสัญญาณแอนะล็อกสามารถถูกรบกวนได้ง่ายจากสัญญาณรบกวน (Noise) หากมีสัญญาณรบกวนปะปนมากับสัญญาณแอนะล็อกแล้ว จะส่งผลให้การส่งข้อมูลช้าลง และทำให้การจำแนกหรือตัดสัญญาณรบกวนออกจากข้อมูลต้นฉบับทำได้ยาก เมื่อสัญญาณแอนะล็อกถูกส่งบนระยะทางที่ไกลออกไป ระดับสัญญาณจะถูกลดทอนลง ดังนั้นจึงต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Amplifier ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการเพิ่มกำลังหรือความเข้มให้สัญญาณทำให้สามารถส่งสัญญาณในระยะทางที่ไกลออกไป แต่การเพิ่มกำลังของสัญญาณของ Amplifier จะส่งผลให้สัญญาณรบกวน (Noise) ขยายเพิ่มขึ้นด้วย



สัญญาณคลื่น Analog



สัญญาณคลื่น Analog ที่โดนสัญญาณรบกวน

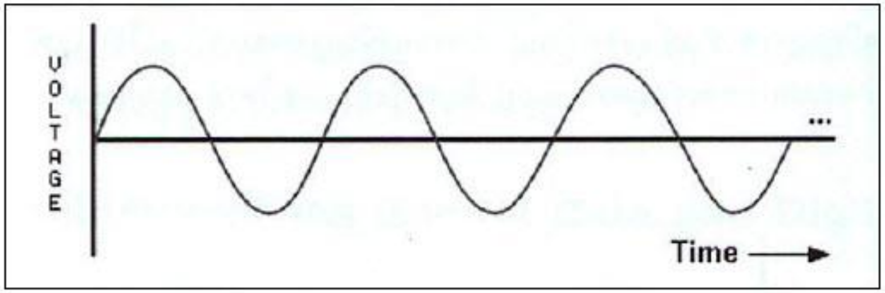
สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signals)

สัญญาณ Analog **โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนพื้นฐาน** 3 **ประการ ดังนี้**

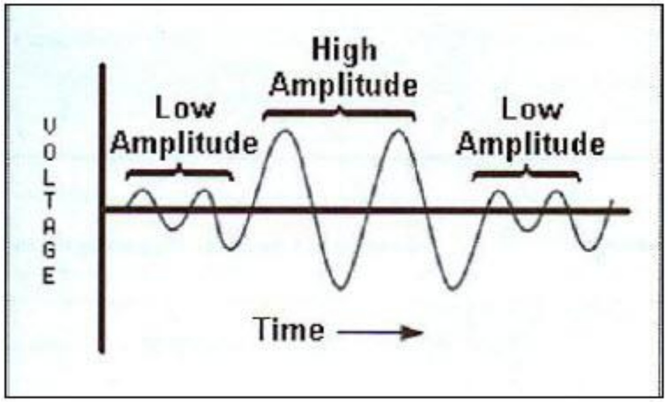
1. **แอมพลิจูด** (Amplitude)

สัญญาณแอนะล็อก ที่มีการเคลื่อนที่ในลักษณะเป็นรูปคลื่นขึ้นลงสลับกัน และก้าวไปตามเวลาแบบสมบูรณ์นั้น เรียกว่า คลื่นซายน์ (Sine Wave)

แอมพลิจูดจะเป็นค่าที่วัดจากแรงดันไฟฟ้า ซึ่งอาจเป็นระดับของคลื่นจุดสูงสุด (High Amplitude) หรือจุดต่ำสุด (Low Amplitude) และแทนด้วยหน่วยวัดเป็นโวลต์ (Volt)



คลื่นซายน์ (Sine Wave)

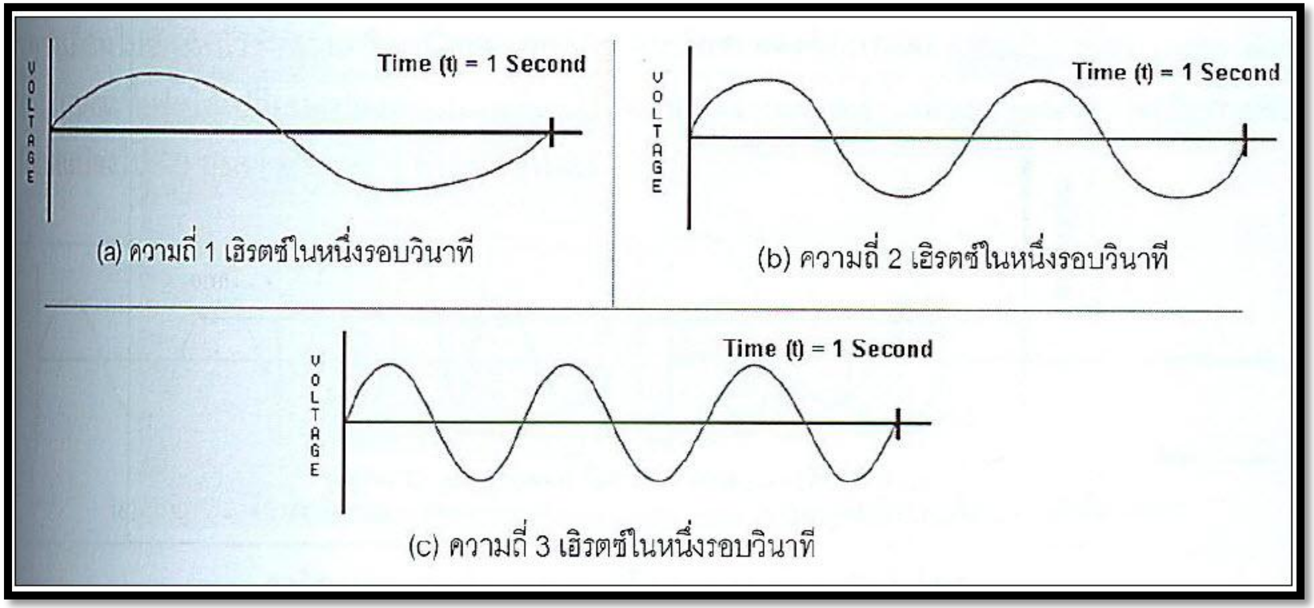


สัญญาณ Analog **กับความแตกต่างของระดับ** Amplitude **จะประกอบไปด้วยจุดสูงสุดและจุดต่ำสุด**

สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signals) (ต่อ)

2. **ความถี่** (Frequency)

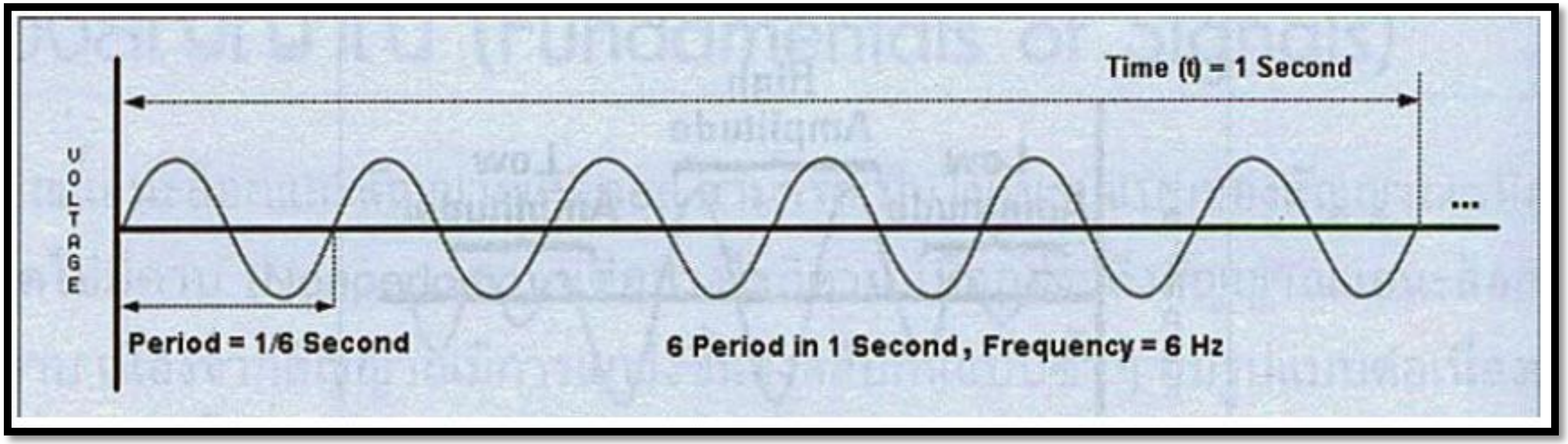
หมายถึง อัตราการขึ้นลงของคลื่น ซึ่งเกิดขึ้นจำนวนรอบใน 1 วินาที โดยความถี่นั้นจะใช้แทนหน่วยวัดเป็นเฮิรตซ์ (Hertz : Hz)



ความแตกต่างของสัญญาณความถี่ทั้งสาม

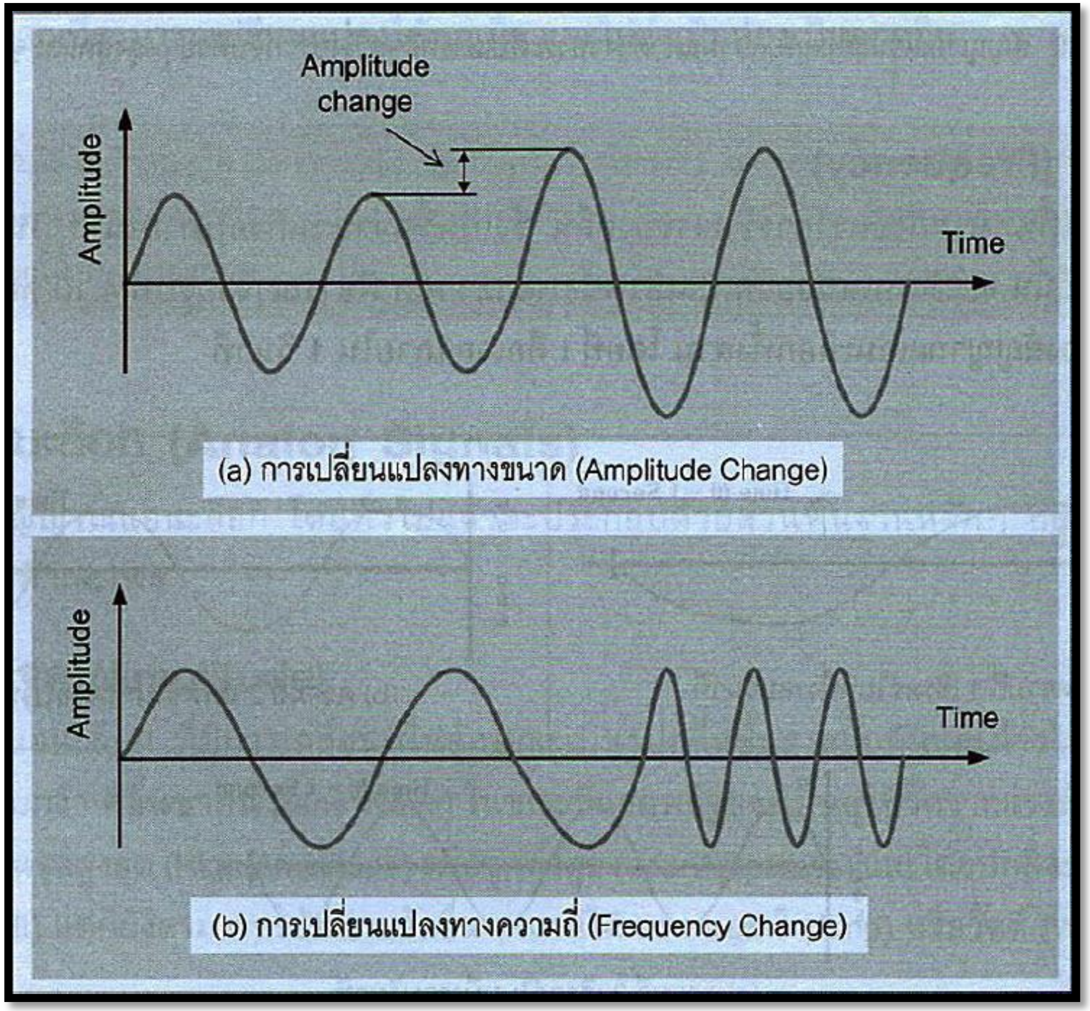
สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signals) (ต่อ)

คาบ (Period) เป็นระยะเวลาของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปจนครบรอบ โดยจะมีรูปแบบซ้ำๆ กันในทุกช่วงเวลา โดยหน่วยวัดของคาบเวลาจะใช้เป็นวินาที และเมื่อคลื่นสัญญาณทำงานครบ 1 รอบ จะเรียกว่า Cycle



คาบเวลา (Period)

สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signals) (ต่อ)



แสดงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ Analog

สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signals) (ต่อ)

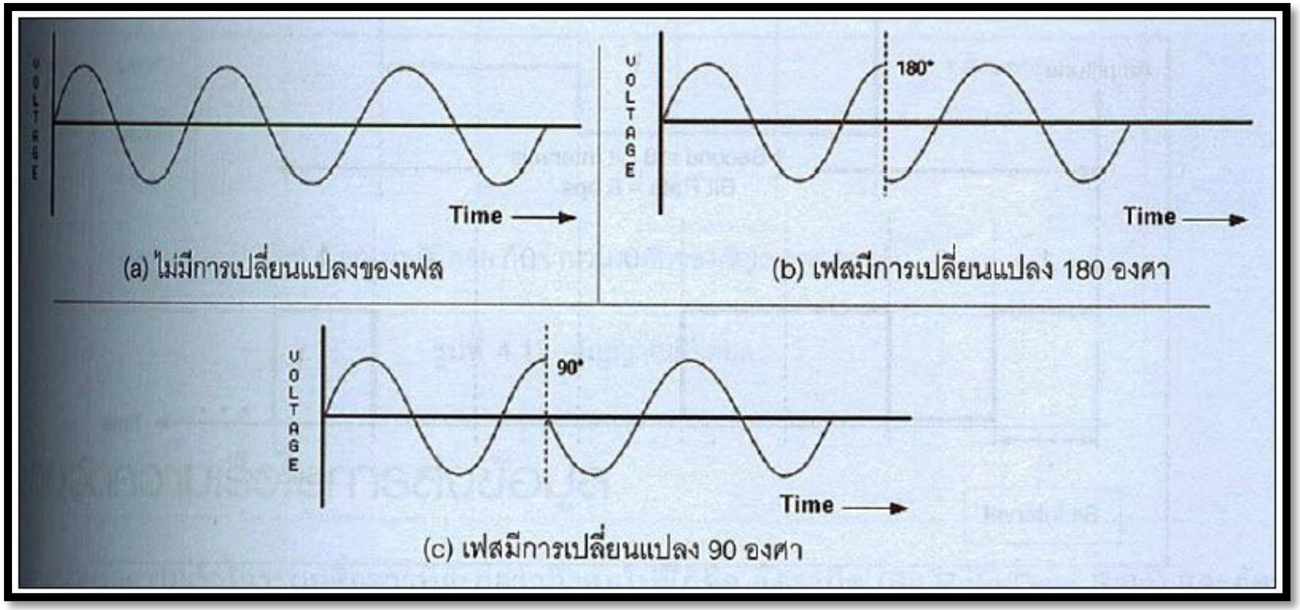
หน่วยของคาบ (Units of Periods)	แทนค่าโดย (Equivalent)	หน่วยของความถี่ (Units of Frequency)	แทนค่าโดย (Equivalent)
Seconds (s)	1 s	Hertz (Hz)	1 Hz
Milliseconds (ms)	10^{-3} s	Kilohertz (KHz)	10^{3} Hz
Microseconds (us)	10^{-6} s	Megahertz (MHz)	10^{6} Hz
Nanoseconds (ns)	10^{-9} s	Gigahertz (GHz)	10^{9} Hz
Picoseconds (ps)	10^{-12} s	Terahertz (THz)	10^{12} Hz

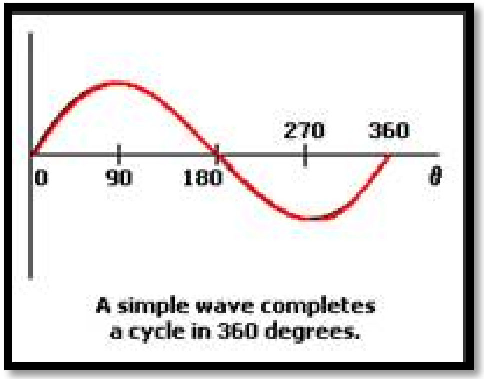
หน่วยวัดคาบและความถี่ จะแปรผันไปตามคาบเวลา

สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signals) (ต่อ)

3. **เฟส** (Phase)

เฟส เป็นการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ ซึ่งจะวัดจากตำแหน่งองศาของสัญญาณเมื่อเวลาผ่านไป โดยเฟสสามารถเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง (Phase Shift) ในลักษณะเลื่อนไปข้างหน้าหรือถอยหลังก็ได้ การเลื่อนไปข้างหน้าจำนวนครึ่งหนึ่งของลูกคลื่น จะถือว่าเฟสเปลี่ยนแปลงไป 180°



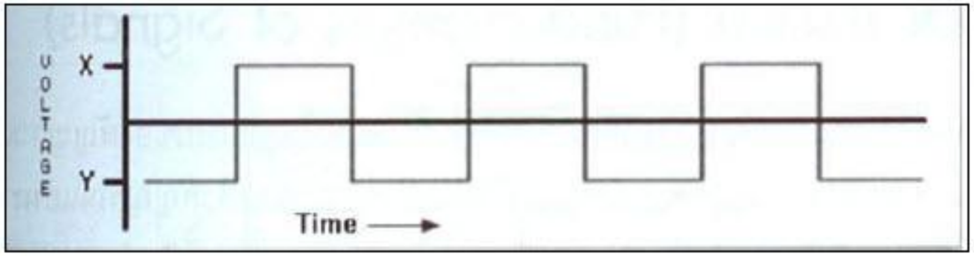


ในขณะที่เฟสเปลี่ยนแปลงหรือเลื่อนไปข้างหน้าจำนวน 1 ใน 4 ของลูกคลื่นจะถือว่าเฟสเปลี่ยนแปลงไป 90°

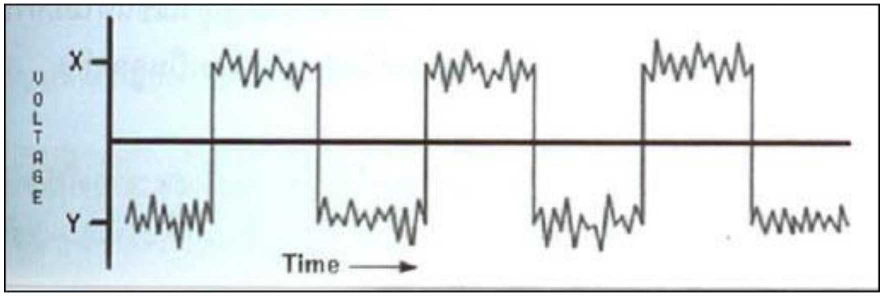
สัญญาณดิจิตอล (Digital Signals)

สัญญาณดิจิตอลและข้อมูลดิจิตอล (Digital Signals and Digital Data)

เป็นคลื่นแบบไม่ต่อเนื่อง มีรูปแบบของระดับแรงดันไฟฟ้าเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) โดยสัญญาณสามารถเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 1 หรือจาก 1 เป็น 0 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนสัญญาณในลักษณะก้าวกระโดด ข้อดีของสัญญาณดิจิตอล คือ สามารถสร้างสัญญาณด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่า และทนทานต่อสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า และยังสามารถจำแนกระหว่างข้อมูลกับสัญญาณได้ง่ายกว่า หากมีสัญญาณรบกวนไม่มาก ก็ยังสามารถคงรูปสัญญาณเดิมได้



สัญญาณคลื่น Digital

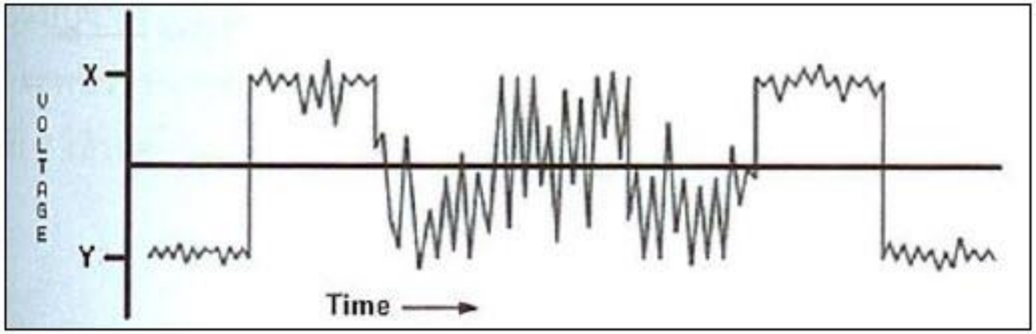


สัญญาณคลื่น Digital ที่โดนสัญญาณรบกวน

สัญญาณดิจิตอล (Digital Signals) (ต่อ)

ข้อเสียของสัญญาณดิจิตอล คือ สัญญาณจะถูกลดทอนหรือเบาบางลง เมื่อถูกส่งในระยะทางไกลๆ ซึ่งในการส่งข้อมูลระยะไกลๆ นั้น สัญญาณแอนะล็อกจะทำได้ดีกว่า สำหรับอุปกรณ์ที่ช่วยยืดระยะทางในการส่งข้อมูลดิจิตอล เรียกว่า เครื่องทวนสัญญาณ(Repeater) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้า regenerate สัญญาณที่ถูกลดทอนลงให้คงรูปเดิมเหมือนต้นฉบับ และสามารถส่งสัญญาณได้ระยะไกลขึ้น

สัญญาณรบกวนที่ปะปนมาพร้อมกับข้อมูล ถึงจะสามารถใช้อุปกรณ์กลั่นกรองสัญญาณ เพื่อช่วยให้สัญญาณมีคุณภาพ รวมถึงลดความเบาบางของสัญญาณรบกวนลงได้ แต่หากสัญญาณรบกวนมีปริมาณสูงมาก ย่อมส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของข้อมูล



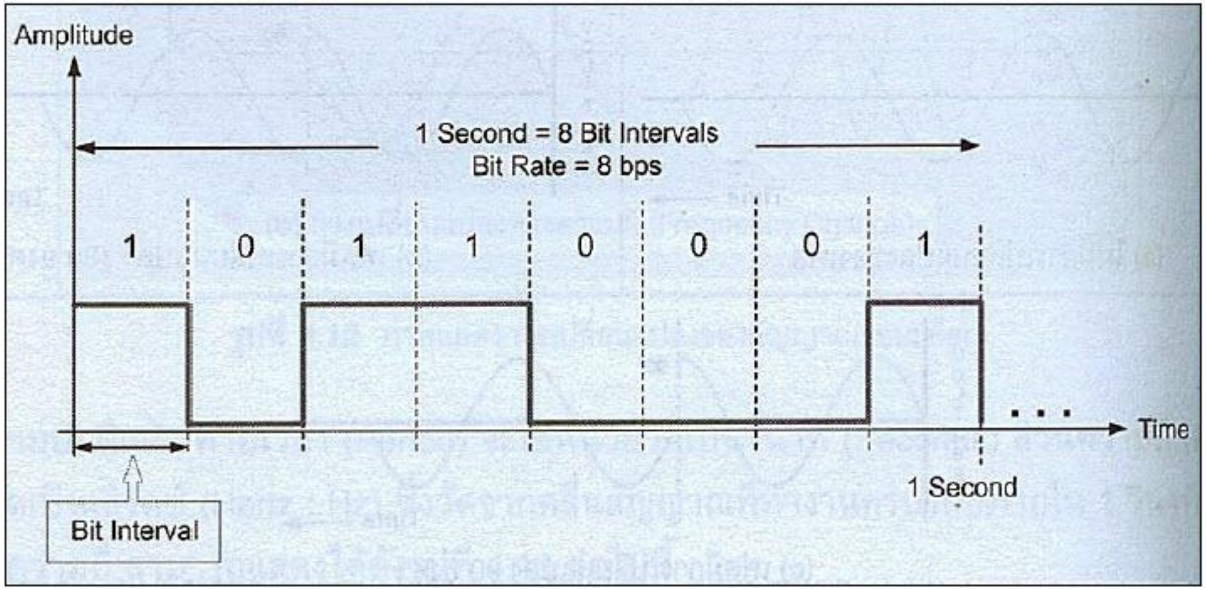
สัญญาณคลื่น Digital ที่โดนสัญญาณรบกวนจำนวนมาก

สัญญาณดิจิตอล (Digital Signals) (ต่อ)

สัญญาณดิจิตอลส่วนใหญ่เป็นสัญญาณชนิดไม่มีคาบ ดังนั้น คาบเวลาและความถี่จึงไม่นำมาใช้งาน โดยมีคำที่เกี่ยวข้อง 2 คำ คือ

1. **Bit Interval** ซึ่งมีความหมายเช่นเดียวกับคาบ โดย Bit Interval คือ เวลาที่ส่งข้อมูล 1 บิต
2. **Bit Rate** คือ จำนวนของ Bit Interval ต่อวินาที โดยมีหน่วยวัดเป็น บิตต่อวินาที (bps)

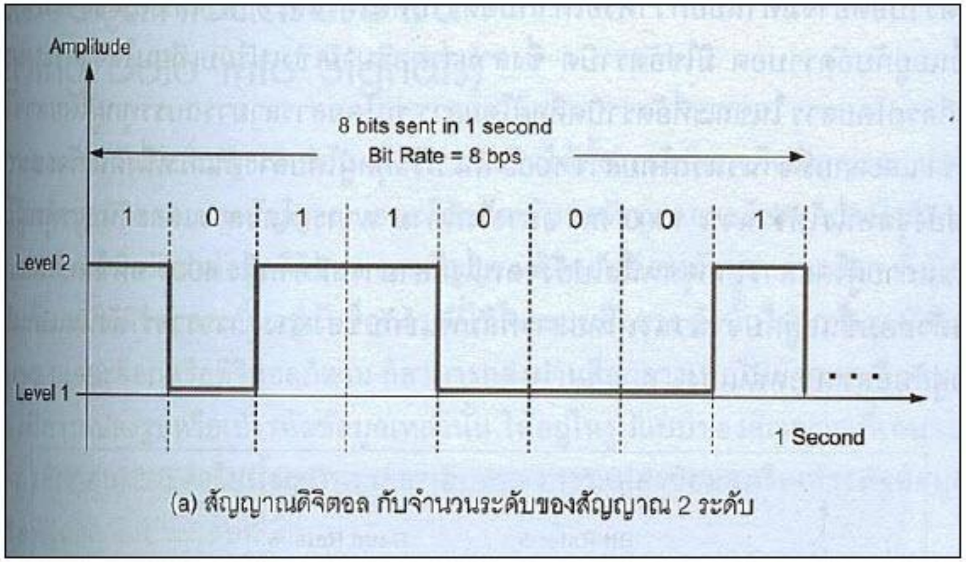
โดย ไบนารี 1 แทนแรงดันบวก ไบนารี 0 แทนแรงดันศูนย์



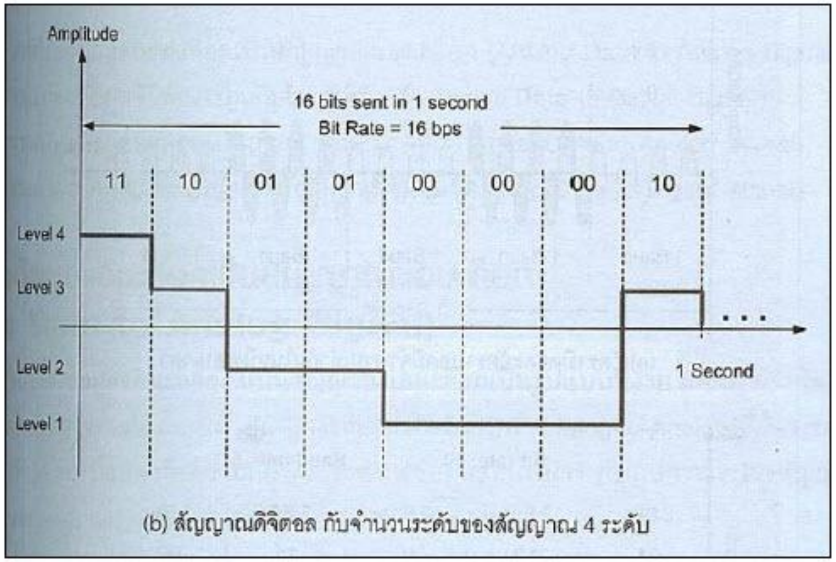
สัญญาณคลื่น Digital ที่โดนสัญญาณรบกวนจำนวนมาก

สัญญาณดิจิตอล (Digital Signals) (ต่อ)

สัญญาณดิจิตอลสามารถมีจำนวนระดับสัญญาณมากกว่า 2 ระดับ โดยในแต่ละระดับสามารถส่งบิตมากกว่าหนึ่งบิต โดยทั่วไปถ้าสัญญาณมีจำนวน L ระดับ ในแต่ละระดับของสัญญาณก็จะสามารถส่งข้อมูลได้จำนวน Log_2L บิต



(a) สัญญาณดิจิตอล กับจำนวนระดับของสัญญาณ 2 ระดับ



(b) สัญญาณดิจิตอล กับจำนวนระดับของสัญญาณ 4 ระดับ

สัญญาณ Digital

$Log_2 2 = ?$ $2^n=2$

$Log_2 4 = ?$

หน่วยวัดความเร็วในการส่งข้อมูล

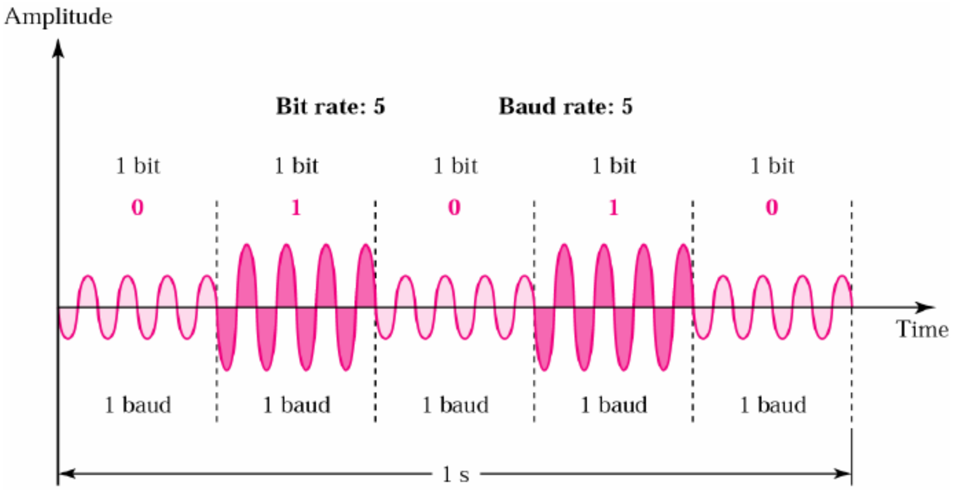
อัตราบิต (Bit Rate/Data Rate) คือ จำนวนบิตที่สามารถส่งได้ภายในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งมีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bit per second : bps)

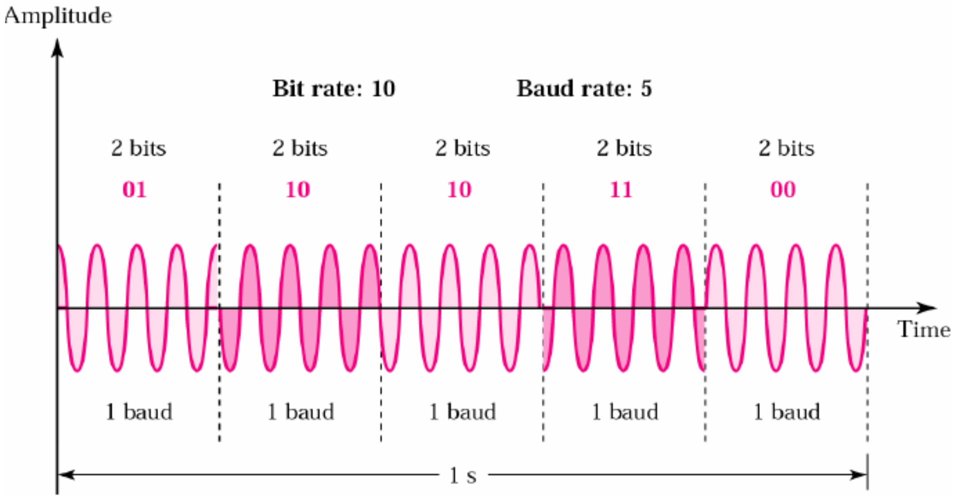
อัตราบอด (Baud Rate) คือ จำนวนของสัญญาณที่สามารถส่งได้ต่อการเปลี่ยนสัญญาณในหนึ่งหน่วยเวลา (baud per second)

ปกติอัตราบอดจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับอัตราบิต และแบนด์วิดในระบบสื่อสารนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราบอด สามารถอธิบายเปรียบเทียบกับระบบขนส่งต่อไปนี้ โดย

- อัตราบอด คือ รถโดยสาร
- อัตราบิต คือ ผู้โดยสาร
- รถโดยสารสามารถบรรทุกผู้โดยสารได้ครั้งละหนึ่งคนหรือมากกว่า
- หากมีจำนวนรถโดยสาร 1000 คัน บรรทุกผู้โดยสารคันละหนึ่งคน (1000 คน)
- หากรถโดยสารแต่ละคันบรรทุกผู้โดยสารได้คันละ 4 คน (4000 คน) การจราจรที่คล่องตัวย่อมขึ้นอยู่กับจำนวนรถโดยสาร ดังนั้นแบนด์วิดธ์ในระบบสื่อสารจึงขึ้นอยู่กับอัตราบอด

หน่วยวัดความเร็วในการส่งข้อมูล (ต่อ)





อัตราบิต (Bit Rate)= 5
อัตราบอด (Baud Rate) = 5

อัตราบิต (Bit Rate)= 10
อัตราบอด (Baud Rate) = 5

การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ

โดยปกติแล้วสัญญาณดิจิตอลจะรับส่งข้อมูลดิจิตอล และสัญญาณแอนะล็อกก็จะรับส่งข้อมูลแอนะล็อก แต่เราสามารถใช้สัญญาณแอนะล็อกเพื่อรับส่งข้อมูลดิจิตอล และใช้สัญญาณดิจิตอลเพื่อรับส่งข้อมูลแอนะล็อกได้

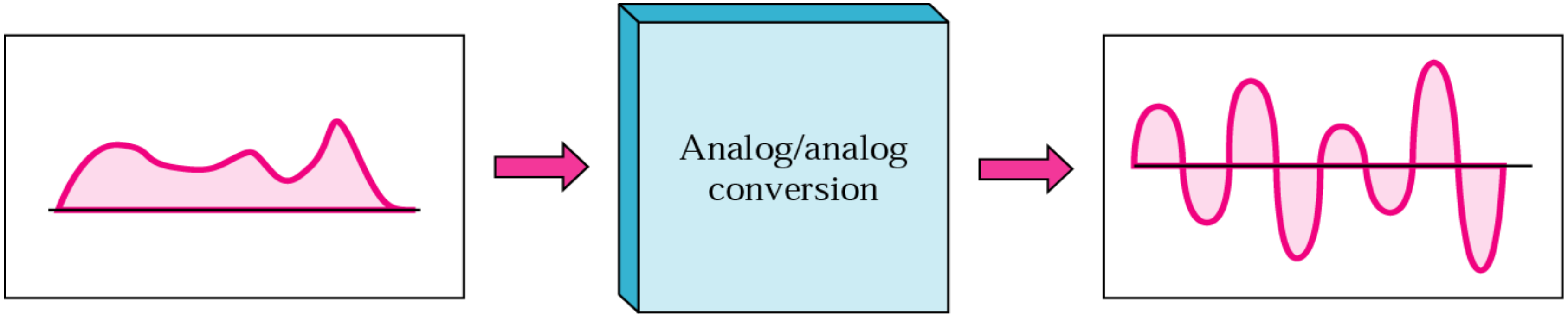
การส่งผ่านด้วยสัญญาณแอนะล็อกหรือดิจิตอลจะขึ้นอยู่กับสื่อกลางที่ใช้ในระบบสื่อสาร โดยที่สามารถส่งข้อมูลด้วยรูปแบบใดก็ได้ เพียงแต่จำเป็นต้องมีการแปลงรูปหรือเข้ารหัสข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณที่เหมาะสมกับสื่อกลางประเภทนั้นๆ การแปลงข้อมูลระหว่างแอนะล็อกและดิจิตอล ประกอบไปด้วย

1. **การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณแอนะล็อก** (Analog Data to Analog Signals)
2. **การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณดิจิตอล** (Digital Data to Digital Signals)
3. **การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก** (Digital Data to Analog Signals)
4. **การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล** (Analog Data to Digital Signals)

การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

1. **การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณแอนะล็อก** (Analog Data to Analog Signals)

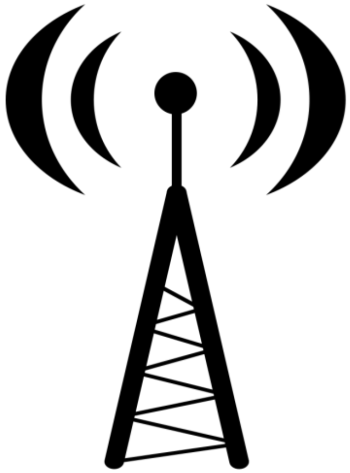
ในการแปลงข้อมูลแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณแอนะล็อกเป็นรูปแบบที่ง่าย มีต้นทุนต่ำ โดยจะมีอุปกรณ์ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ และได้ผลลัพธ์เป็นสัญญาณแอนะล็อก เช่น ระบบวิทยุกระจายเสียง



<u>Ex.</u> มีการเปิดวิทยุคลื่น FM ที่ความถี่ 101.5 เมกะเฮิรตซ์เพื่อฟังเพลง ซึ่งคลื่นสถานีจะส่งออกไปที่ย่านความถี่นี้ ในขณะที่เสียงพูดของมนุษย์จะอยู่ในย่านความถี่ต่ำช่วง 300-3400 เฮิรตซ์ และเสียงดนตรีมีย่านความถี่ที่ 30-20000 เฮิรตซ์ ดังนั้นเพื่อให้เสียงพูดและเสียงดนตรีสามารถส่งออกไปที่ย่านความถี่ 101.5 เมกะเฮิรตซ์ได้ จำเป็นต้องมีเทคนิควิธีการส่ง

การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

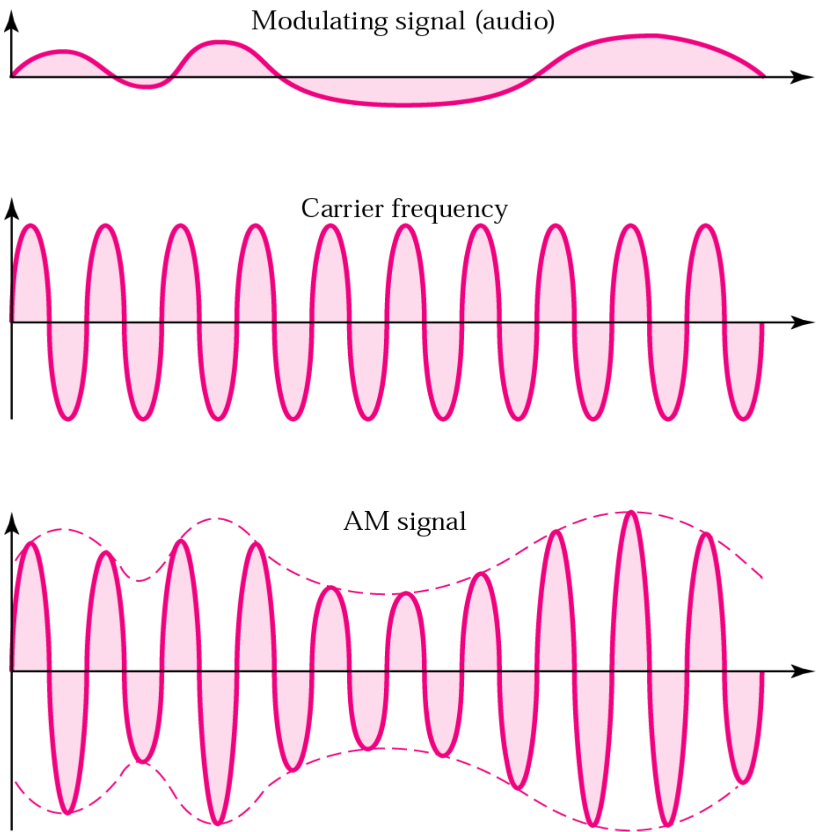
สัญญาณพาหะ (Carrier Signal) มีคุณสมบัติพิเศษคือ เป็นคลื่นความถี่สูง และเป็นคลื่นสัญญาณไฟฟ้าที่สามารถส่งออกผ่านสื่อกลางได้บนระยะทางไกลๆ เมื่อมีการนำสัญญาณพาหะมารวมกับสัญญาณ จะเรียกว่า **การมอดูเลต** (Modulate) เมื่อสถานีส่งทำการส่งสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตไปแล้ว สถานีรับจะต้องมีวิธีในการแยกสัญญาณพาหะออกจากสัญญาณเสียง เรียกว่า **การดีมอดูเลต** (Demodulate)



การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

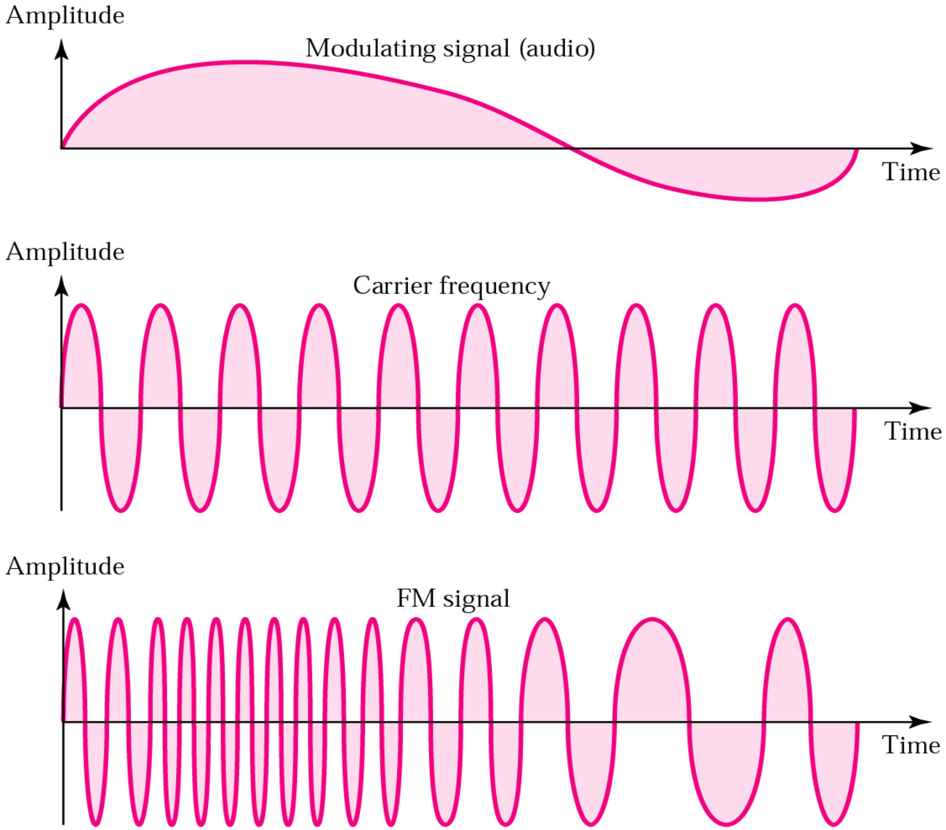
การนำสัญญาณแอนะล็อกมามอดูเลตกับสัญญาณพาหะ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. **การมอดูเลตทางขนาด** (Amplitude Modulation : AM) ใช้กับคลื่นวิทยุ AM ซึ่งขนาดของคลื่นพาหะจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามรูปสัญญาณที่ต้องการส่ง



การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

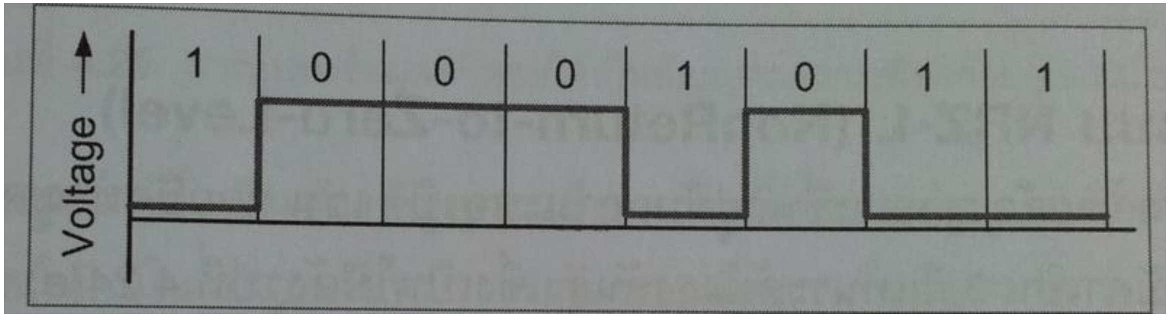
2. **การมอดูเลตทางความถี่** (Frequency Modulation : FM) ใช้กับคลื่นวิทยุ FM ซึ่งความถี่ของคลื่นพาหะจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณที่มอดูเลต โดยขนาดของรูปคลื่นสัญญาณที่ต้องการจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามการลดของระดับสัญญาณ



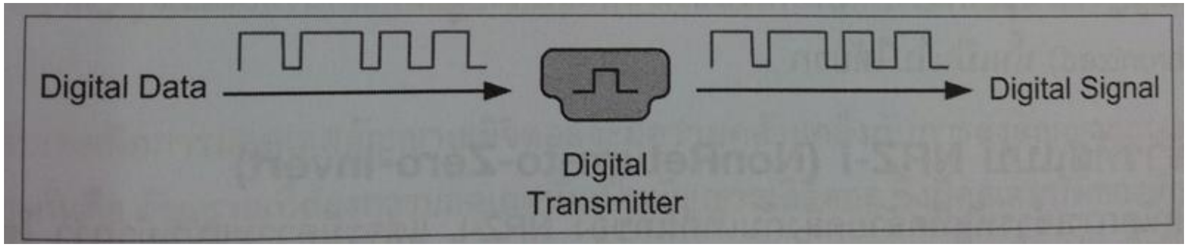
การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

2. **การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณดิจิตอล** (Digital Data to Digital Signals)

สำหรับสัญญาณดิจิตอล ค่าที่เป็นไปได้ คือ ค่าไบนารี 0 หรือ 1 เท่านั้น โดยสามารถแทนไบนารี 1 เป็นแรงดันระดับสูงหรือต่ำก็ได้ และแทนไบนารี 0 เป็นแรงดันระดับตรงกันข้าม เช่น ไบนารี 1 แทนแรงดันระดับสูง ไบนารี 0 จะแทนแรงดันระดับต่ำ และในการแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยอุปกรณ์ Digital Transmitter



Digital Signals



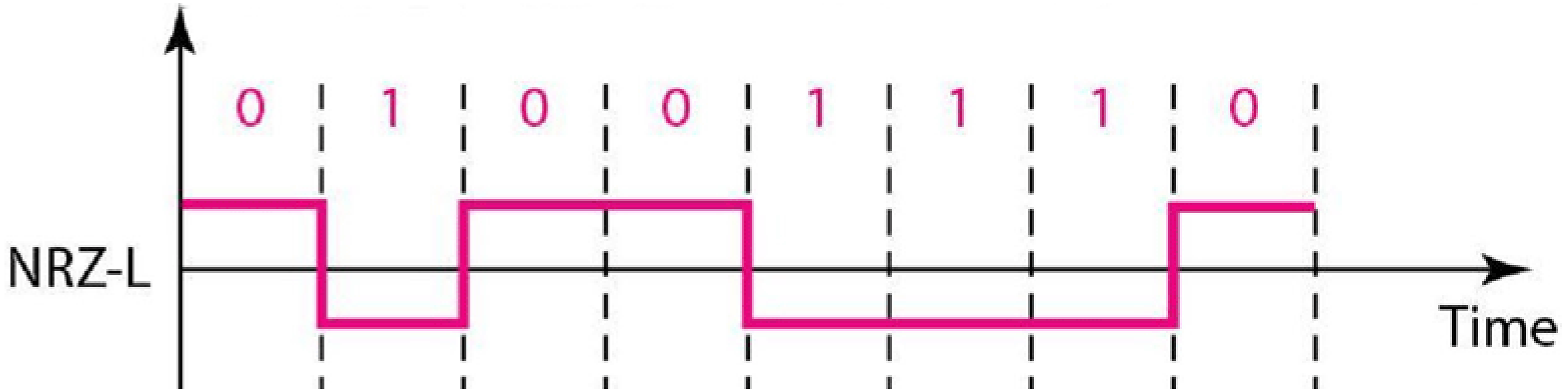
Digital Transmitter

การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

ในการแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณดิจิตอล มีเทคนิคการเข้ารหัสหลายวิธี คือ

1. **การเข้ารหัสแบบ** NRZ-L (NonReturn-to-Zero-Level)

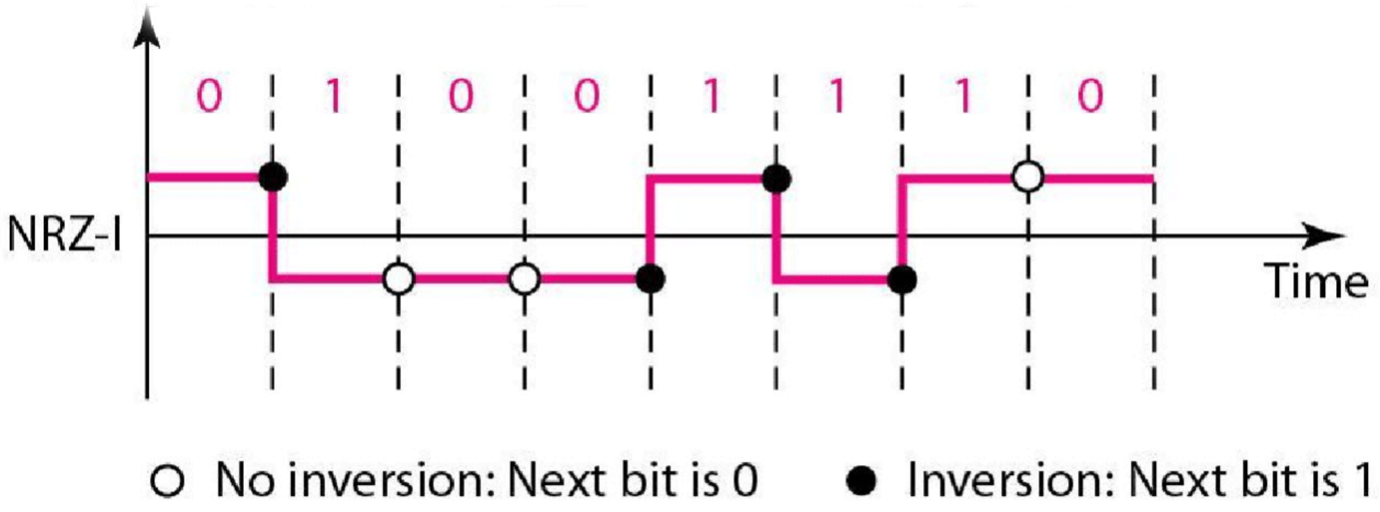
เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด โดยสัญญาณจะขึ้นอยู่กับสถานะของบิต เช่น หากบิตข้อมูลมีค่าเป็น 1 จะแทนระดับแรงดันต่ำ หรือหากบิตข้อมูลมีค่าเป็น 0 จะแทนระดับแรงดันสูง ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ตรงไปตรงมา แต่ข้อเสียคือ ทำให้ตัดสินใจยากว่าจุดใดเป็นจุดเริ่มต้น หรือจุดสิ้นสุดของช่วงสัญญาณที่ใช้แทนค่าบิตบิตหนึ่ง และหากเกิดบิตข้อมูลมีค่าเดียวต่อเนื่องกัน จะทำให้การควบคุมจังหวะ (Synchronized) เป็นไปได้ยาก



การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

2. การเข้ารหัสแบบ NRZ-I (NonReturn-to-Zero-Invert)

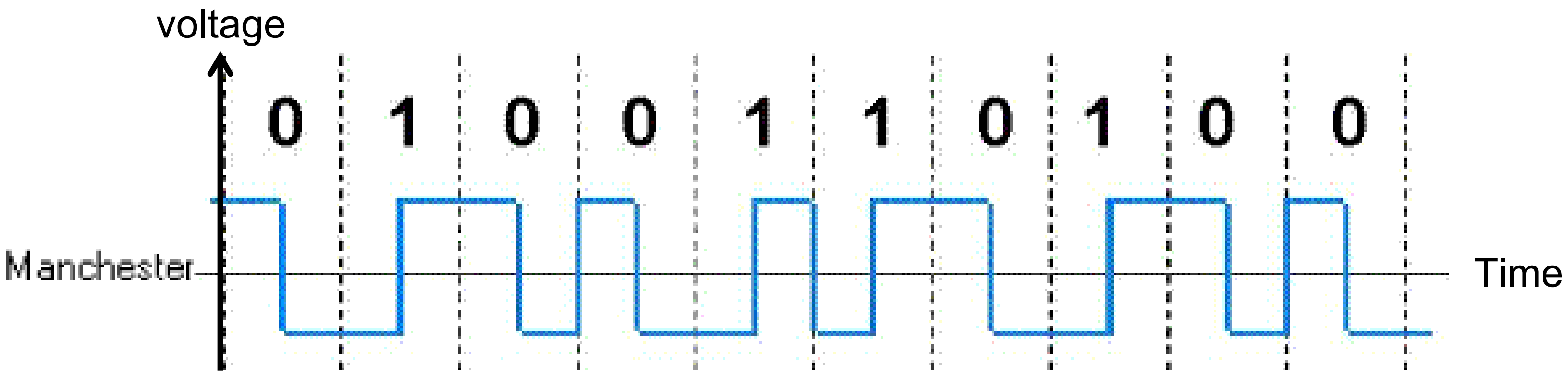
เป็นเทคนิคการเข้ารหัสที่คล้ายกับการเข้ารหัสแบบ NRZ-L แต่จะแม่นยำกว่า โดยการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจะเกิดขึ้น ณ จุดเริ่มต้นของบิต และการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจะเกิดขึ้นต่อเมื่อพบบิตข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 และหากพบบิตที่มีค่าเป็น 0 ก็จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ



การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

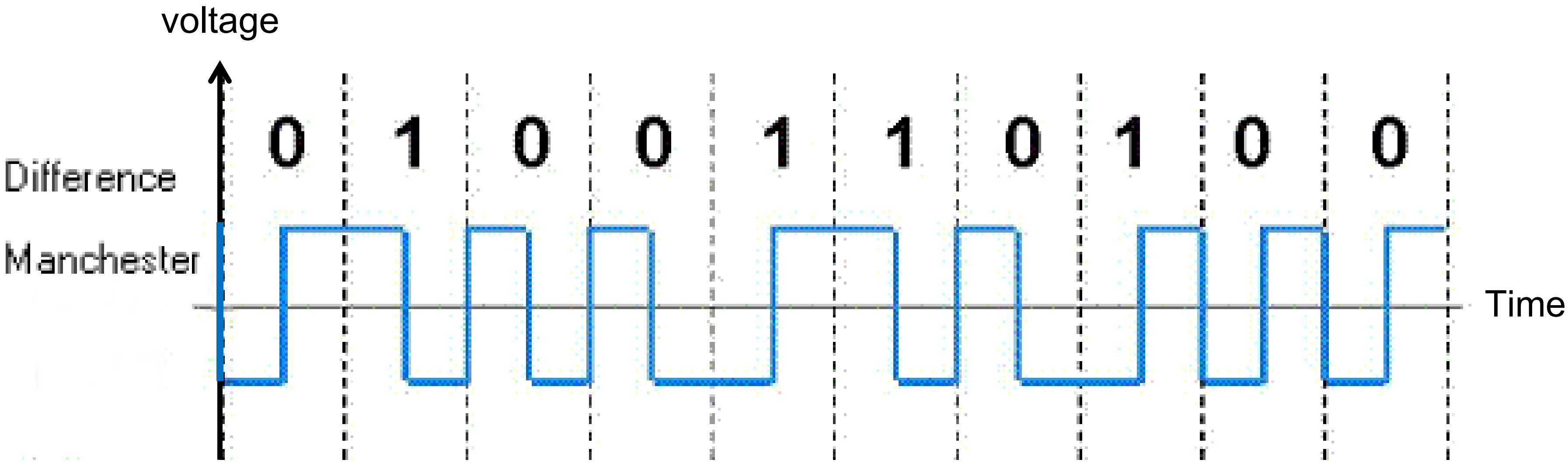
3. **การเข้ารหัสแบบเมนเชสเตอร์** (Manchester)

มีการใช้เทคนิคนี้บนเครือข่ายท้องถิ่น (Ethernet) ซึ่งการเข้ารหัสแมนเชสเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่จุดกึ่งกลางของบิต เพื่อนำไปใช้ทั้งการแทนบิตข้อมูลและกำหนดจังหวะ โดยการเปลี่ยนแปลงจากต่ำไปสูงจะแทนค่า 1 ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงจากสูงไปต่ำจะแทนค่า 0



การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

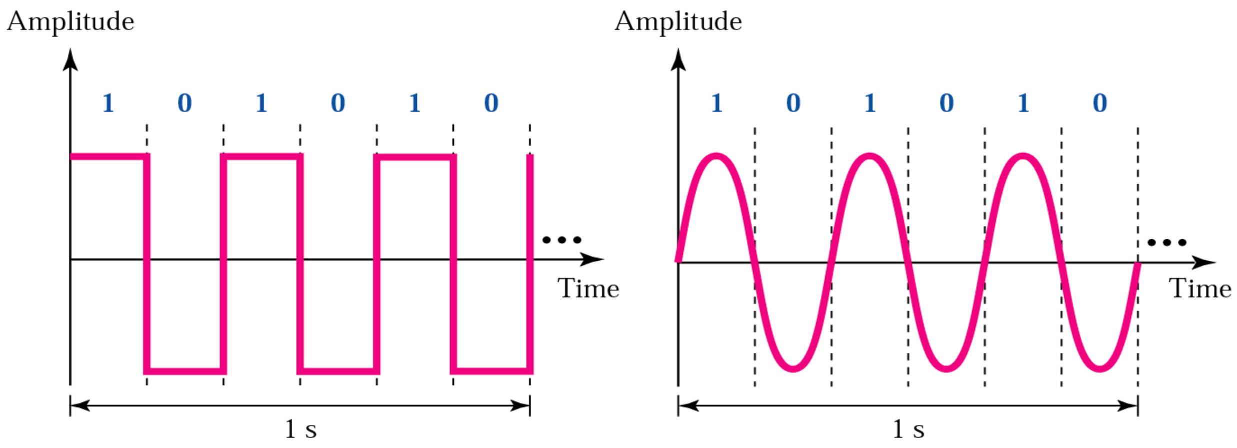
4. **การเข้ารหัสแบบดิฟเฟอเรนเชียลแมนเชสเตอร์** (Differential Manchester)
การเข้ารหัสนี้จะเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่จุดกึ่งกลางของบิต แต่จะนำไปใช้เพื่อการกำหนดจังหวะเท่านั้น โดยการเปลี่ยนสัญญาณจะเกิด ณ จุดเริ่มต้นของบิตข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 เท่านั้น



การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

3. การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก (Digital Data to Analog Signals)

อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก และแปลงสัญญาณแอนะล็อกกลับมาเป็นข้อมูลดิจิตอล เรียกว่า โมเด็ม (Modulator/Demodulator) เช่น อินเทอร์เน็ตบ้านทั่วไปที่เชื่อมต่อด้วยการ dial-up โมเด็มต้นทางจะทำการแปลงข้อมูลคอมพิวเตอร์ (ดิจิตอล) มาเป็นสัญญาณแอนะล็อก เพื่อส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสารโทรศัพท์ จากนั้นเมื่อส่งถึงปลายทาง โมเด็มปลายทางจะทำการแปลงสัญญาณแอนะล็อกกลับมาเป็นข้อมูลดิจิตอล เพื่อส่งให้กับคอมพิวเตอร์ใช้งานต่อไป



b. Worst case, bit rate = 6, $f = 3$

การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

โดยปกติสัญญาณโทรศัพท์ซึ่งเป็นช่องสัญญาณเสียง เมื่อถูกนำมาใช้ในการส่งข้อมูลดิจิตอล จำเป็นต้องมีการแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม เรียกว่า การมอดูเลตด้วยการใช้สัญญาณพาหะ เพื่อส่งผ่านเข้าไปในช่องสัญญาณ และยังสามารถทำให้อัตราในการส่งข้อมูลสูงขึ้นด้วย เช่น สัญญาณโทรศัพท์มีแบนด์วิดธ์เพียง 4 KHz แต่สามารถส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 56 Kbps

สำหรับเทคนิคการมอดูเลตสัญญาณดิจิตอล ซึ่งมีคุณสมบัติของสัญญาณที่มีระดับแรงดันแน่นอน ดังนั้น สัญญาณพาหะจะถูกเปลี่ยนไปตามแอมพลิจูด ความถี่ หรือเฟส ซึ่งในการมอดูเลตจะประกอบด้วยวิธีต่างๆ ดังนี้

1. วิธี ASK (Amplitude-Shift Keying)
2. วิธี FSK (Frequency-Shift Keying)
3. วิธี PSK (Phase-Shift Keying)

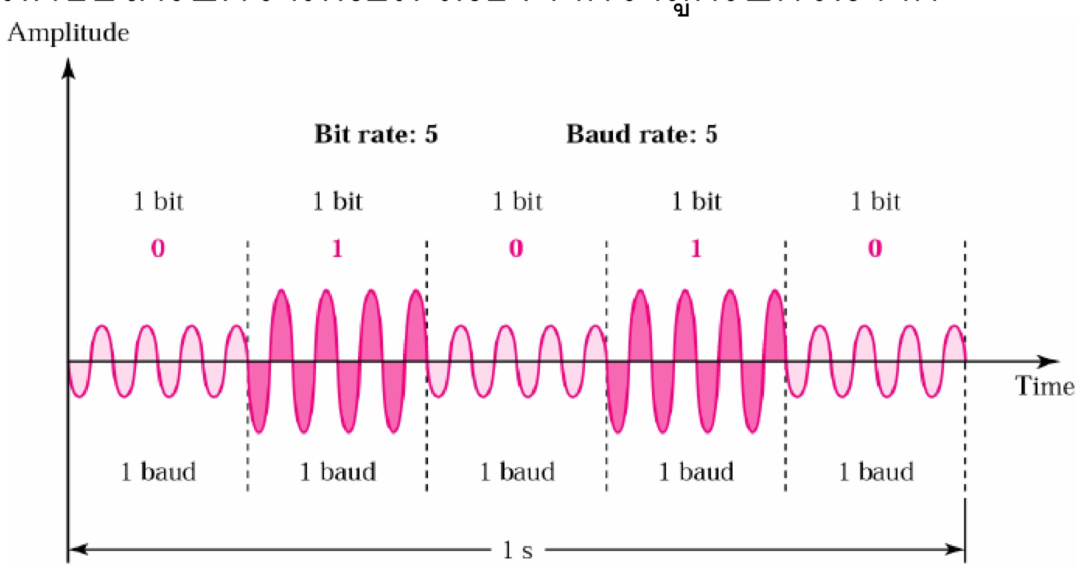
การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

1. วิธี ASK (Amplitude-Shift Keying)

“สัญญาณพาหะจะถูกเปลี่ยนไปตามแอมพลิจูด”

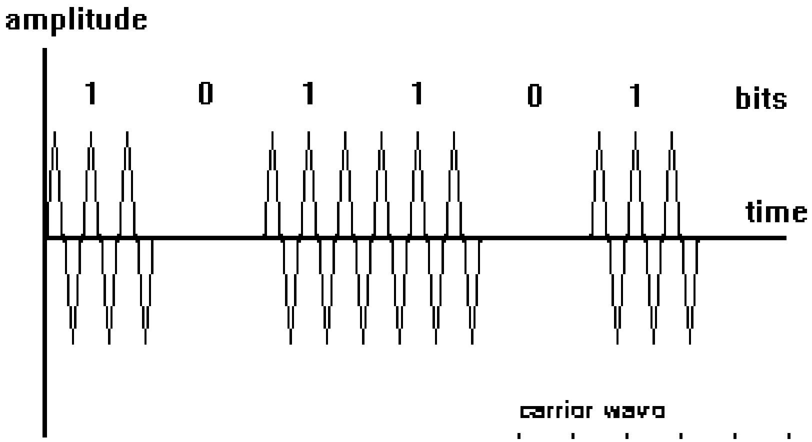
- เป็นการ Modulate เชิงเลขทางแอมปลิจูด
- ความถี่ของสัญญาณคลื่นพาห์(Carrier Wave) จะคงที่

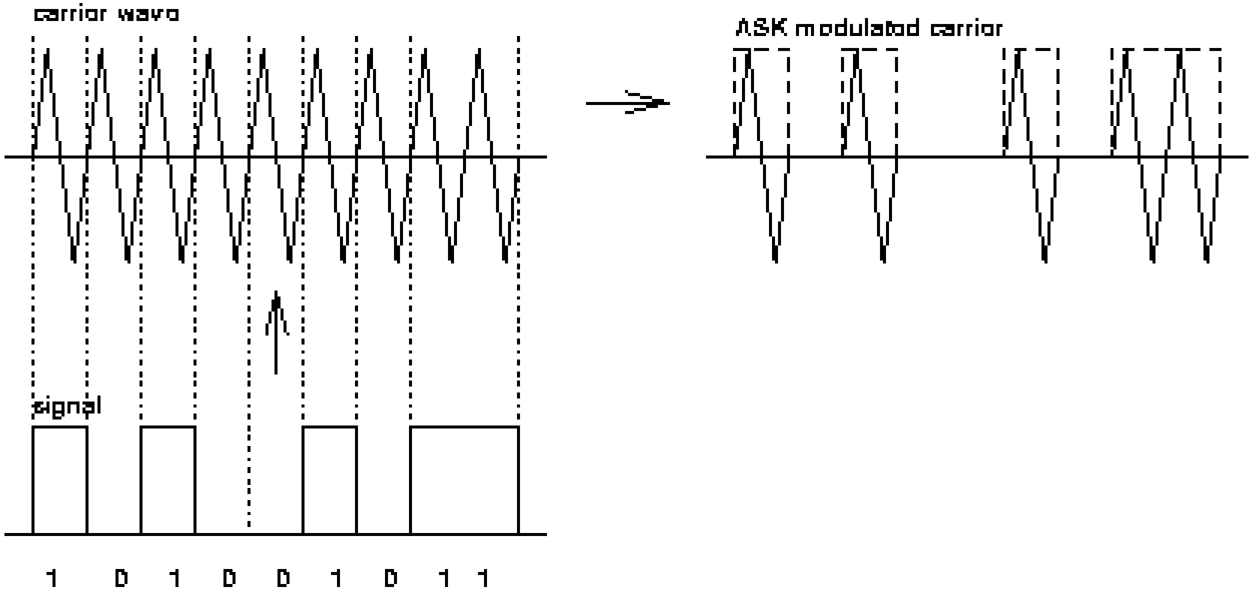
เมื่อค่าสัญญาณ Digital เป็น 1 Carrier Wave จะสูงขึ้นกว่าปกติและเมื่อค่าบิตเป็น 0 Carrier Wave จะตกลงกว่าปกติแต่วิธีการนี้จะไม่ค่อยได้รับความนิยม เนื่องจากว่าถูกรบกวนจากสัญญาณอื่นได้ง่าย



การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

การมอดูเลตแบบ ASK (Amplitude-Shift Keying)





การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

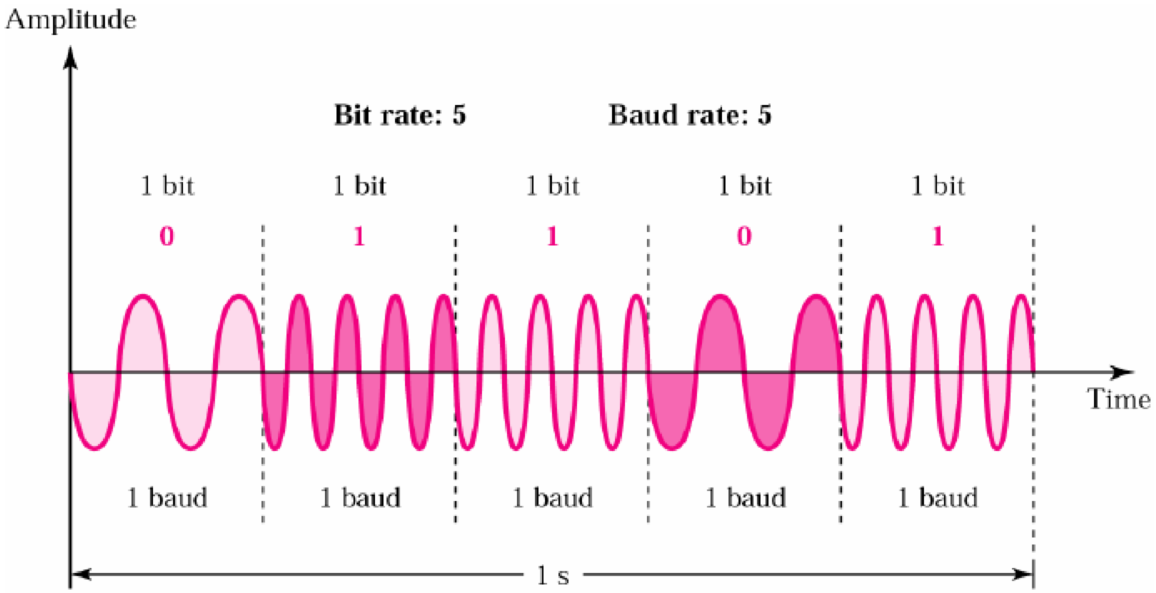
2. วิธี FSK (Frequency-Shift Keying)

"สัญญาณพาหะจะถูกเปลี่ยนไปตามความถี่"

- เป็นการ Modulate เชิงเลขทางความถี่

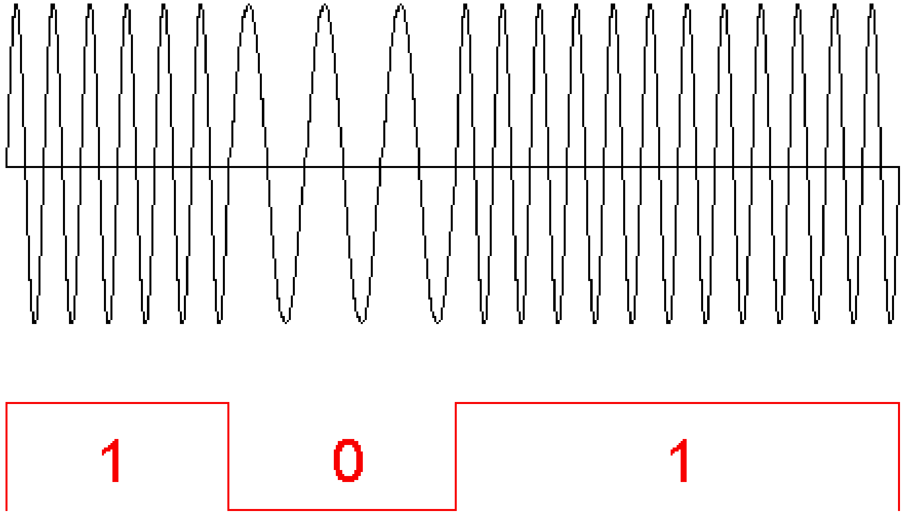
- ขนาดของคลื่นพาห์(Carrier Wave) จะไม่เปลี่ยน แต่ความถี่ของคลื่นจะเปลี่ยนแทน

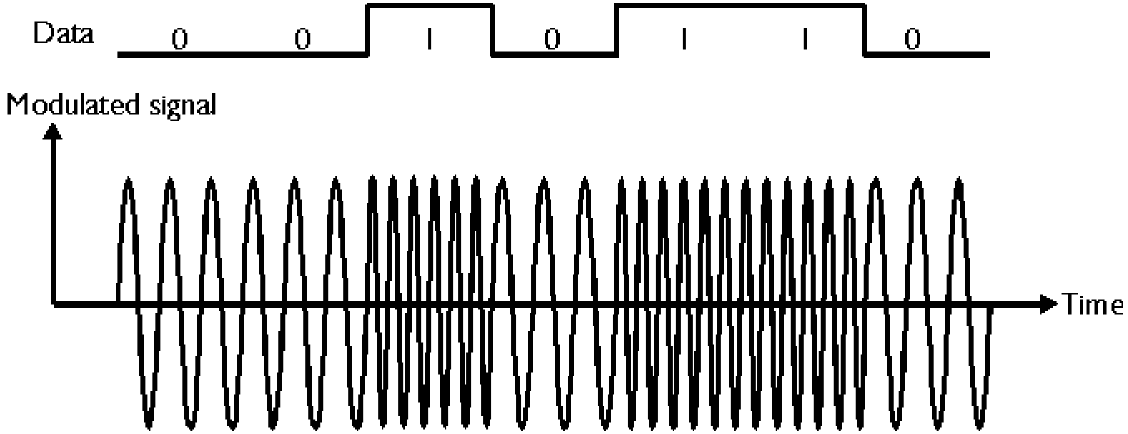
เมื่อบิตมีค่าเป็น 1 ความถี่จะสูงกว่าปกติ และเมื่อบิตมีค่าเป็น 0 ความถี่ของคลื่นจะต่ำกว่าปกติ



การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

การมอดูเลตแบบ FSK (Frequency-Shift Keying)





การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

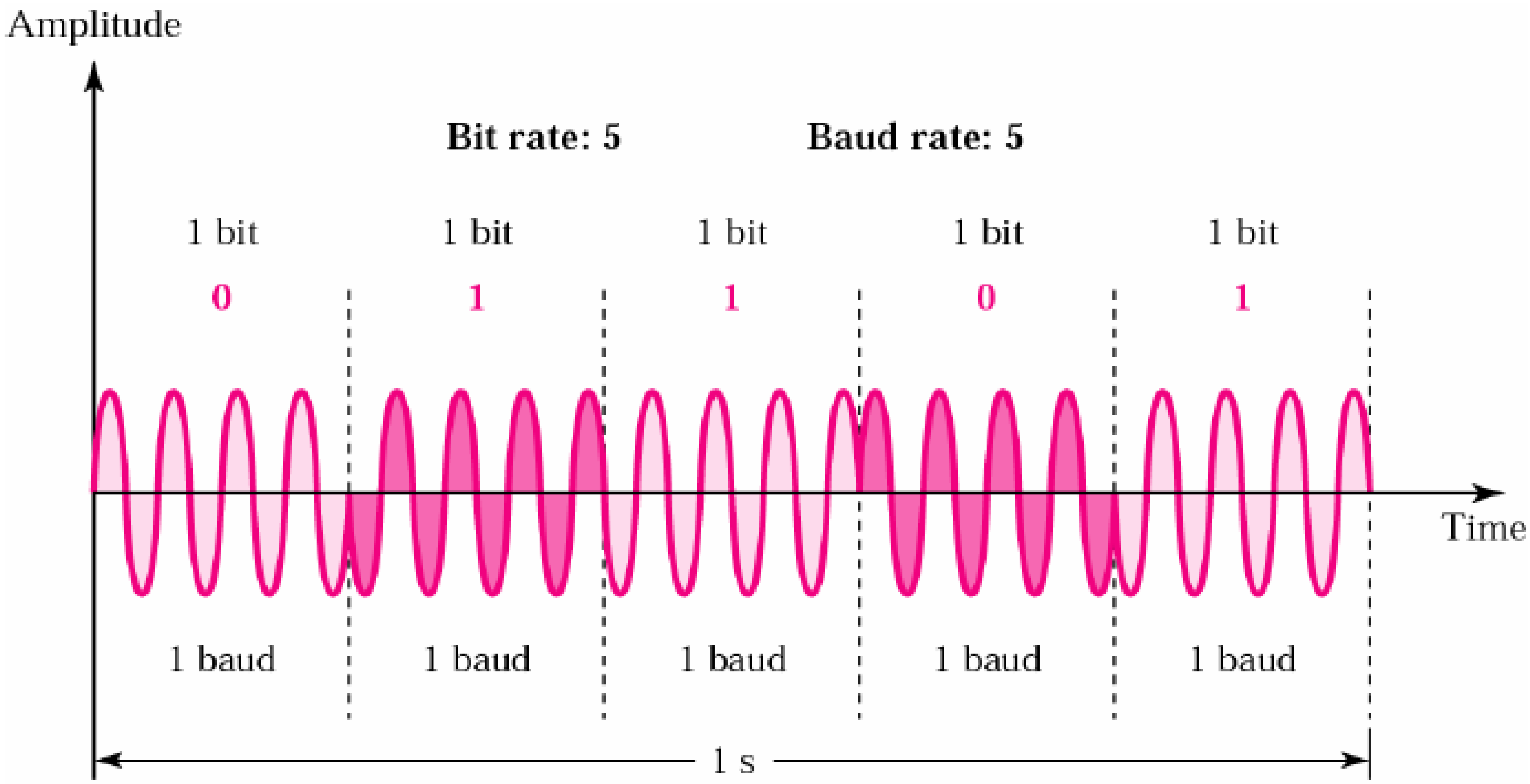
3. วิธี PSK (Phase-Shift Keying)

"สัญญาณพาหะจะถูกเปลี่ยนไปตามความเฟส"

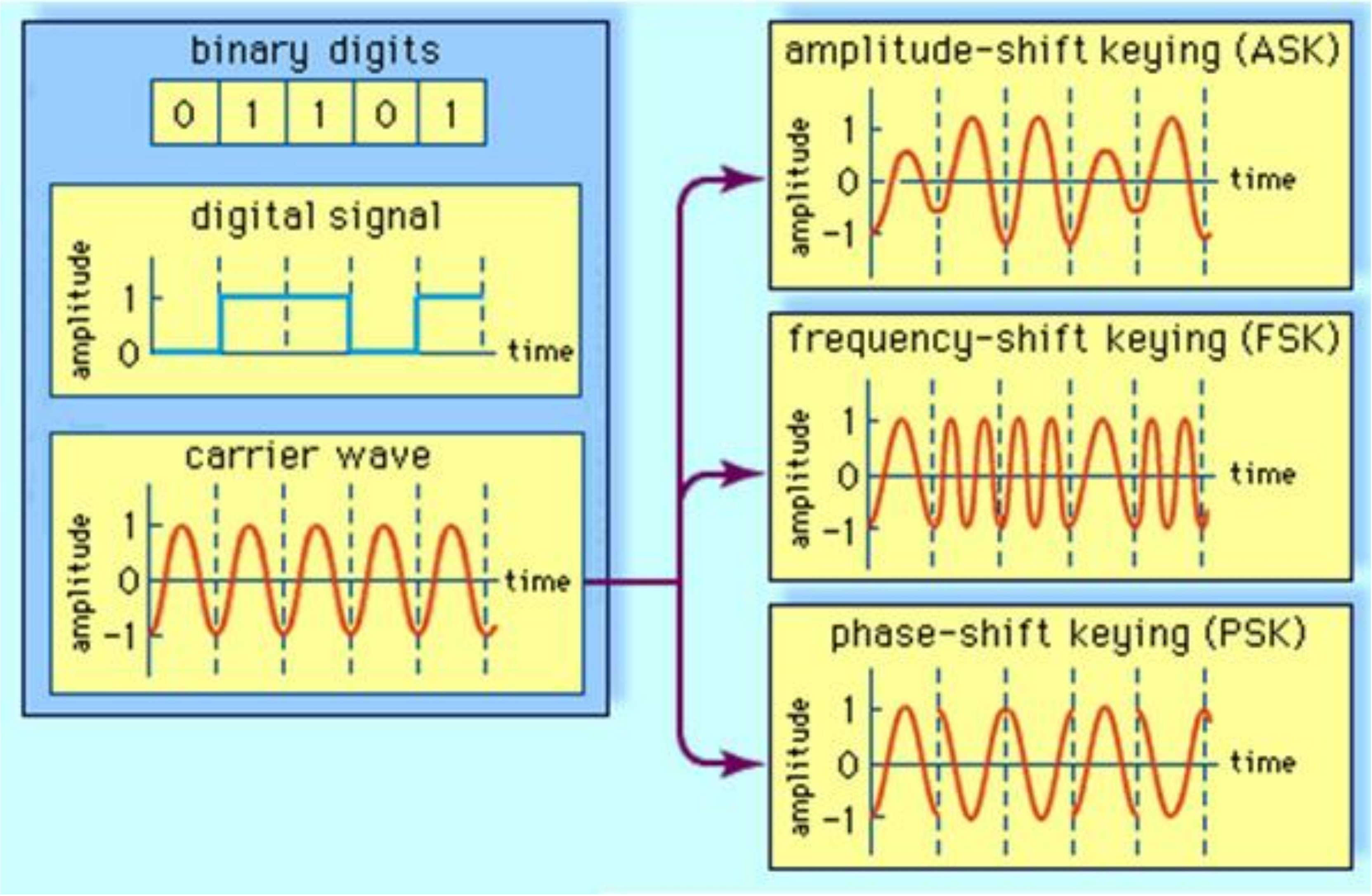
- เป็นการ Modulate เชิงเลขทางเฟส
- ค่าของขนาดและความถี่ของคลื่นพาห์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่เฟสของสัญญาณจะเป็นตัวเปลี่ยนแปลง
- เมื่อสภาวะของบิตเป็น 0 หรือเป็น 1 เฟสของคลื่นจะเปลี่ยน (Shift) ไป 180 องศาด้วย
- วิธีนี้จะมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นน้อยที่สุด ทำให้ได้สัญญาณที่มีคุณภาพดีที่สุด แต่ว่าวงจรในการทำงานจะซับซ้อนกว่า และราคาอุปกรณ์แพงกว่าปกติด้วย

การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

การมอดูเลตแบบ PSK (Phase-Shift Keying)

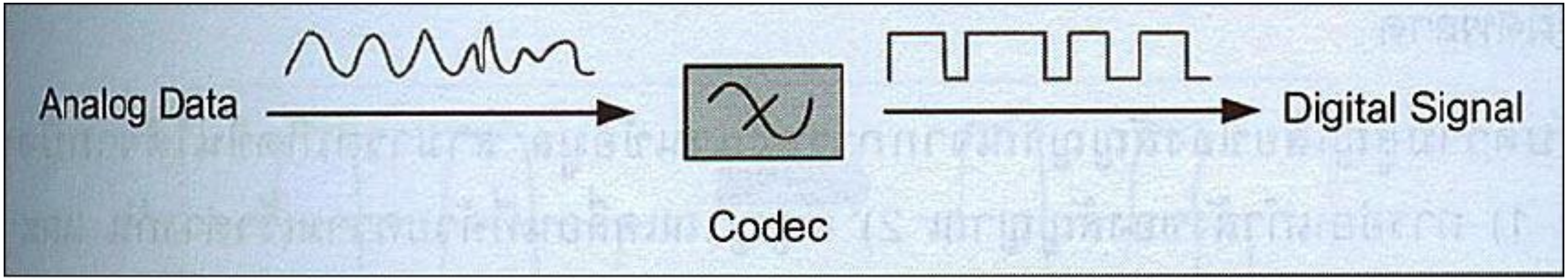


การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)



การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

4. **การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล** (Analog Data to Digital Signals) อุปกรณ์ที่เรียกว่า โคเดค (Coder/Decoder) เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้สำหรับแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ด้วยการใช้เทคนิค Voice Digitization และยังสามารถแปลงกลับมาเป็นสัญญาณแอนะล็อกได้ ตัวอย่างอุปกรณ์โคเดค เช่น ซาวด์การ์ด สแกนเนอร์ และวีดีโอคอนเฟอเรนซ์



การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (ต่อ)

ข้อมูล	สัญญาณ	เทคนิคทั่วไปที่นำมาใช้สำหรับการแปลงสัญญาณ	อุปกรณ์ใช้งาน	ใช้งานบนระบบ
Analog	Analog	Amplitude Modulation Frequency Modulation	Radio Tuner TV Tuner	Telephone Cable TV Broadcast TV AM & FM Radio
Digital	Digital	NRZ-L, NRZ-I, Manchester, Differential Manchester	Digital Encoder	LAN Digital Telephone Systems
Digital	Analog	Amplitude Modulation Frequency Modulation Phase Modulation	Modem	Home Internal Access
Analog	Digital	Pulse Code Modulation	Codec	Telephone Systems Music System

รายละเอียดชนิดของข้อมูลที่แปลงเป็นสัญญาณต่าง ๆ

ความสูญเสียของสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล

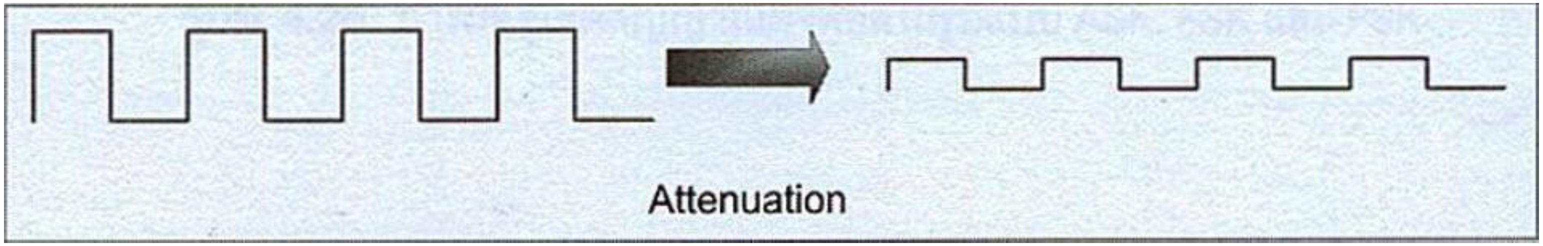
ปกติแล้วคุณภาพของสัญญาณที่เดินทางผ่านสื่อกลางอาจถูกลดทอนลงไปได้ ทำให้เกิดความสูญเสียสัญญาณ ทั้งนี้สัญญาณที่เสียหายอาจเกิดขึ้นจากความต้านทานภายในสายสัญญาณ หรือจากสิ่งรบกวนภายนอก ดังนั้นเมื่อสัญญาณเสียหาย ทำให้สุดท้ายเมื่อถึงปลายทางสัญญาณอาจไม่เหมือนต้นฉบับเดิม ทำให้ได้รับข้อมูลที่ผิดพลาด

สำหรับความสูญเสียของสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล สามารถเกิดขึ้นได้จากปัจจัยนี้

1. การอ่อนกำลังของสัญญาณ
2. สัญญาณเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างกัน
3. สัญญาณรบกวน

ความสูญเสียของสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล

1. **การอ่อนกำลังของสัญญาณ**(Attenuation) เมื่อสัญญาณข้อมูลเดินทางผ่านสื่อกลาง ไม่ว่าจะเป็นสายโคแอกเชียล สายคู่บิดเกลียว หรือสายไฟเบอร์ออบติกไปในระยะทางไกลๆ ย่อมเกิดการสูญเสียพลังงาน ทำให้ความเข้มของสัญญาณลดลง และลดลงมากขึ้นหากระยะทางไกลขึ้นไปอีก ดังนั้น เมื่อความเข้มของสัญญาณเบาบางลง หรือลดลง จะส่งผลต่ออุปกรณ์รับ เนื่องจากสัญญาณที่รับเข้ามา จาเป็นต้องมีระดับความเข้มของสัญญาณมากพอที่จะทำให้อุปกรณ์สามารถตรวจสอบสัญญาณ และนำไปใช้งานได้

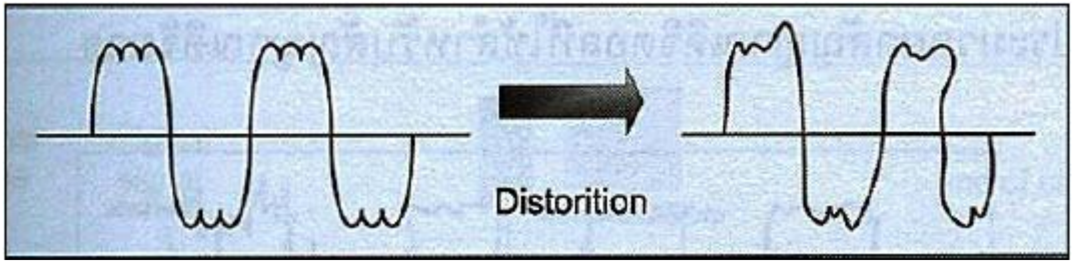


ความสูญเสียของสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล

ดังนั้น หากต้องการส่งสัญญาณไปในระยะทางไกลๆ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ช่วย เช่น หากส่งสัญญาณแอนะล็อก จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า แอมพลิไฟเออร์ (Amplifier) เพื่อขยายกำลังส่งของสัญญาณ หรือหากส่งสัญญาณดิจิตอล จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า รีพีตเตอร์ (Repeater) ที่จะช่วยซ่อมแซมสัญญาณให้คงอยู่ในรูปเดิมเหมือนต้นฉบับ ทำให้สามารถส่งทอดสัญญาณต่อไปบนระยะทางไกลได้ขึ้นอีก

ความสูญเสียของสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล

2. **สัญญาณเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างกัน**(Distortion) เป็นเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้กับสัญญาณประเภท Composite Signal ที่สัญญาณแต่ละความถี่เคลื่อนที่ผ่านสื่อกลางด้วยความเร็วแตกต่างกัน คือ สัญญาณแต่ละความถี่ได้ถูกลดทอนลงในอัตราที่แตกต่างกันภายในสื่อกลาง และเกิดการรวมกันของสัญญาณขึ้น ทำให้สัญญาณบิดเบี้ยวเพี้ยนไปจากเดิม และส่งผลต่อฝั่งรับที่จะได้รับสัญญาณแต่ละความถี่ไม่พร้อมกัน สำหรับความสูญเสียของสัญญาณแบบนี้ สามารถป้องกันได้ด้วยการเพิ่มวงจร Equalizes เพื่อตรวจสัญญาณที่เข้ามาและปรับความถี่ของแต่ละสัญญาณให้มีความเร็วเท่ากัน



ความสูญเสียของสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล

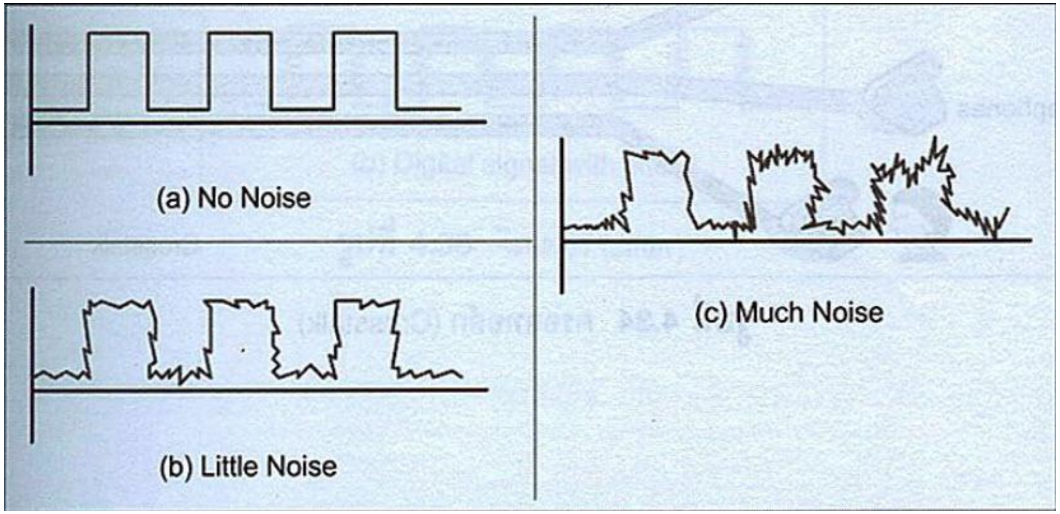
3. **สัญญาณรบกวน** (Noise) เป็นผลกระทบอีกด้านหนึ่งที่ทำให้สัญญาณข้อมูลเกิดความสูญเสีย โดยสัญญาณรบกวนมีอยู่หลายชนิด ประกอบด้วย

- **เทอร์มัลนอยส์** (Thermal Noise)
- **อิมพัลส์นอยส์** (Impulse Noise)
- **ครอสทอล์ก** (Crosstalk)
- **เอกโค** (Echo)
- **จิตเตอร์** (Jitter)

ความสูญเสียของสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล

- **เทอร์มัลนอยส์** (Thermal Noise)

เป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดจากความร้อนหรืออุณหภูมิ ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนบนลวดตัวนำ โดยหากอุณหภูมิสูงขึ้น ระดับของสัญญาณรบกวนก็จะสูงขึ้นตาม สัญญาณรบกวนชนิดนี้ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน และอาจมีการกระจายไปทั่วย่านความถี่ต่างๆ สำหรับการป้องกัน อาจทำด้วยการใช้อุปกรณ์กรองสัญญาณ (Filters) สำหรับสัญญาณแอนะล็อก หรืออุปกรณ์ปรับสัญญาณ (Regenerate) สำหรับสัญญาณดิจิตอล

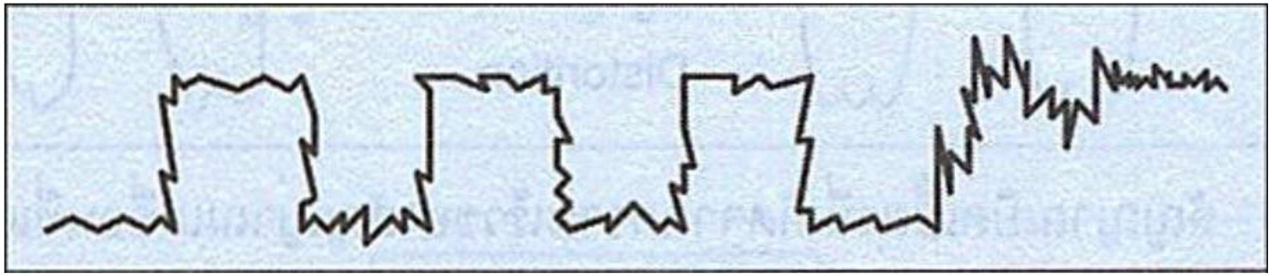


ความสูญเสียของสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล

- **อิมพัลส์นอยส์** (Impulse Noise)

เป็นเหตุการณ์ที่ทำให้คลื่นสัญญาณโด่ง (Spikes) ขึ้นอย่างผิดปกติอย่างรวดเร็ว จัดเป็นสัญญาณรบกวนแบบไม่คงที่ ตรวจสอบได้ยาก เนื่องจากอาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ แล้วหายไป ส่วนใหญ่เกิดจากการรบกวนของสิ่งแวดล้อมภายนอกแบบทันทีทันใด เช่น ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า หรือสายไฟกำลังสูงที่ตั้งอยู่ใกล้ และหากสัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์นอยส์เข้าแทรกแซงกับสัญญาณดิจิตอล จะทำให้สัญญาณต้นฉบับบางส่วนถูกลบล้างหายไปจนหมด และไม่สามารถกู้กลับมาได้

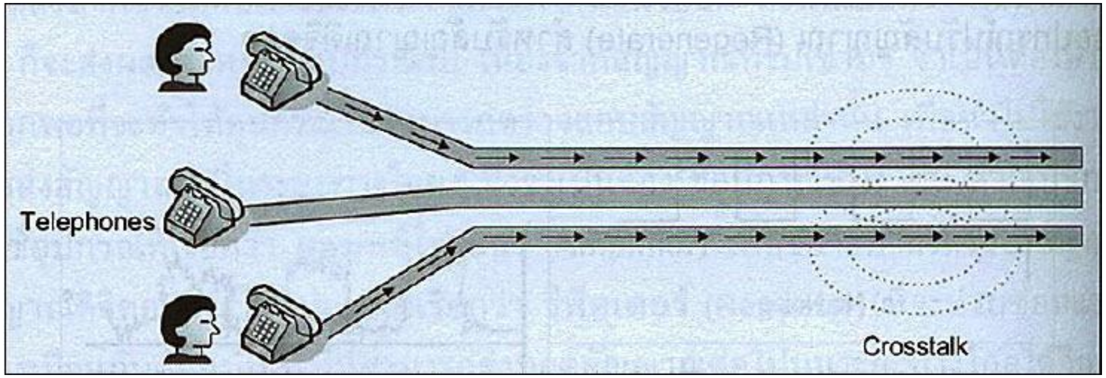
การป้องกันสัญญาณรบกวนชนิดนี้ ทำได้ด้วยการใช้อุปกรณ์กรองสัญญาณพิเศษที่ใช้สำหรับสัญญาณแอนะล็อก หรืออุปกรณ์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลที่ใช้สำหรับสัญญาณดิจิตอล



ความสูญเสียของสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล

- **ครอสทอล์ก** (Crosstalk)

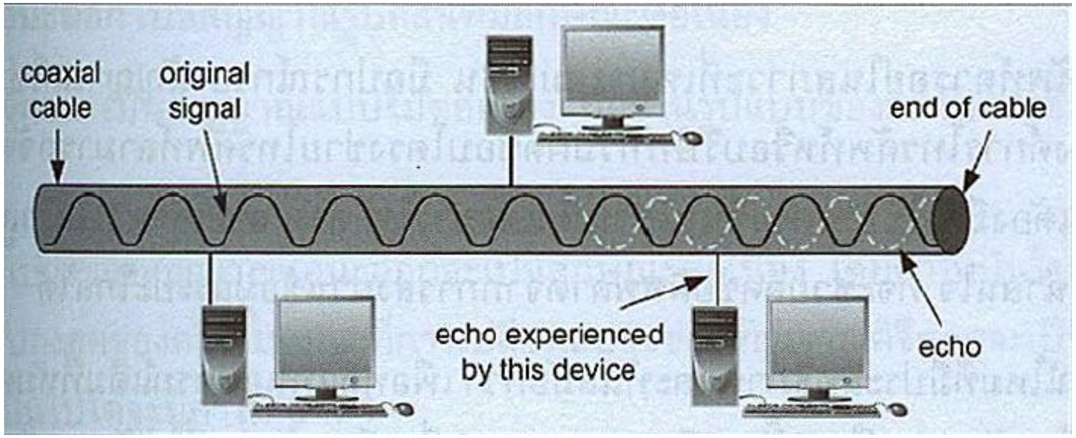
เป็นเหตุการณ์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เข้าไปรบกวนสัญญาณข้อมูลที่ส่งผ่านเข้าไปในสายสื่อสาร เช่น สายคู่บิดเกลียวที่ใช้กับสายโทรศัพท์ มักก่อให้เกิดสัญญาณครอสทอล์กได้ง่าย เนื่องจากในระบบส่งสัญญาณที่มีสายส่งหลายเส้น และติดตั้งบนระยะทางไกลๆ เมื่อมีการนำสายเหล่านี้มัดรวมกัน จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า มีโอกาสที่สัญญาณในแต่ละเส้นจะรบกวนซึ่งกันและกัน เช่น การได้ยินเสียงพูดคุยของคู่สายอื่น ขณะที่เราพูดคุยโทรศัพท์ สำหรับการป้องกัน สามารถทำได้ด้วยการใช้สายสัญญาณที่มีฉนวนหรือมีชีลด์เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน

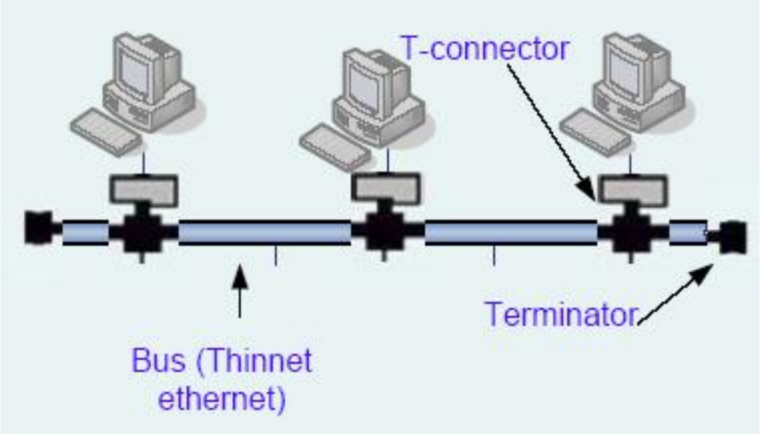


ความสูญเสียของสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล

- **เอกโค** (Echo)

เป็นสัญญาณที่ถูกสะท้อนกลับ (Reflection) โดยเมื่อสัญญาณที่ส่งไปบนสายโคแอกเชียลเดินทางไปยังสุดปลายสาย และเกิดการสะท้อนกลับ โหนดใกล้เคียงก็จะได้ยิน และนึกว่าสายส่งสัญญาณขณะนั้นไม่ว่าง ทำให้ต้องรอส่งข้อมูล แทนที่จะสามารถส่งข้อมูลได้ทันที สำหรับการป้องกัน ทำได้โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เทอร์มิเนเตอร์ (Terminator) เช่น ในระบบเครือข่ายท้องถิ่นที่ใช้สายโคแอกเชียลเป็นสายสื่อสาร จะต้องใช้เทอร์มิเนเตอร์ปิดที่ปลายสายทั้งสองฝั่ง เพื่อทำหน้าที่ดูดซับสัญญาณไม่ให้สะท้อนกลับมา



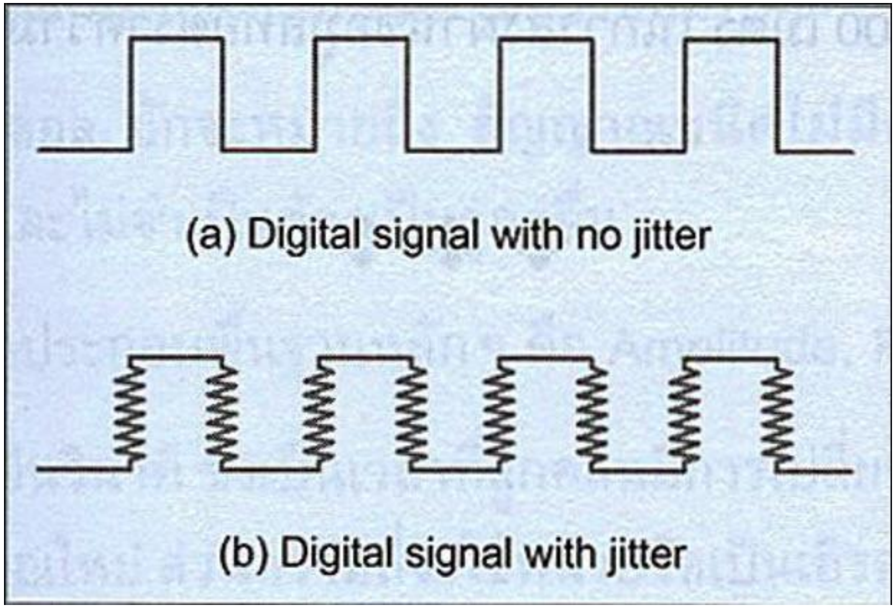


ความสูญเสียของสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล

- จิตเตอร์ (Jitter)

เป็นเหตุการณ์ที่ความถี่ของสัญญาณได้มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดการเลื่อนเฟสไปเป็นค่าอื่นๆ อย่างต่อเนื่องด้วย

สำหรับการป้องกันสามารถทำได้ด้วยการเลือกใช้ช่วงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพ หรืออาจใช้อุปกรณ์รีพีตเตอร์



การป้องกันสัญญาณรบกวน

สัญญาณรบกวน เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ฝ่ายรับได้รับสัญญาณข้อมูลที่ผิดเพี้ยนไปจากเดิม ไม่เหมือนกับข้อมูลที่ส่งมาจากผู้ส่ง ดังนั้นในการส่งผ่านข้อมูลทุกระบบจำเป็นต้องมีการป้องกันสัญญาณรบกวน โดยเทคนิคดังต่อไปนี้จะช่วยลดสัญญาณรบกวนได้ ประกอบด้วย

1. **ใช้สายเคเบิลชนิดที่มีฉนวนป้องกันสัญญาณรบกวน** ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งที่ช่วยลดการแทรกแซงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และครอสทอล์กได้เป็นอย่างดี
2. **สายโทรศัพท์ควรอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม** เช่น มีอุปกรณ์กรองสัญญาณที่ช่วยลดสัญญาณที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งบริษัทที่รับผิดชอบโครงข่ายโทรศัพท์สามารถจัดหาให้ได้ หรือใช้สายเช่าความเร็วสูง (Lease Line) ที่จะช่วยลดข้อผิดพลาดจากการส่งผ่านข้อมูลระยะไกลได้
3. **ใช้อุปกรณ์ใหม่ที่มีประสิทธิภาพและทันสมัยกว่า** เพื่อทดแทนอุปกรณ์เดิมที่หมดอายุการใช้งาน ประสิทธิภาพต่ำ ถึงอุปกรณ์จะมีราคาแพง แต่ก็ได้ผลของการส่งผ่านข้อมูลที่ดีขึ้น

การป้องกันสัญญาณรบกวน

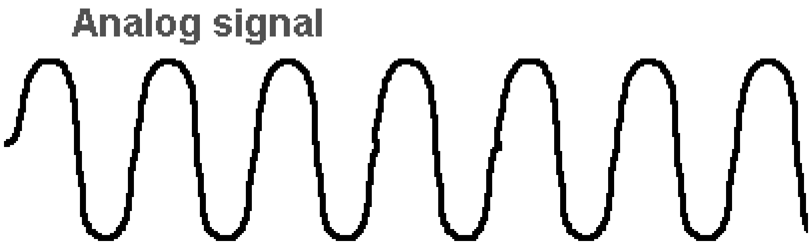
4. **เมื่อต้องการเพิ่มระยะทางในการส่งข้อมูลดิจิตอล ให้ใช้รีพีตเตอร์** (Repeater) **หรือใช้แอมพลิไฟเออร์** (Amplifier) หากส่งข้อมูลแอนะล็อก ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวจะช่วยเพิ่มระยะทาง และมีส่วนช่วยลดข้อผิดพลาดของสัญญาณลงได้

5. **พิจารณาข้อกำหนดและข้อจำกัดของสายสัญญาณแต่ละชนิด** เช่น UTP สามารถเชื่อมโยงได้ไม่เกิน 100 เมตร และส่งข้อมูลด้วยอัตราความเร็วสูงสุดที่ 100 Mbps

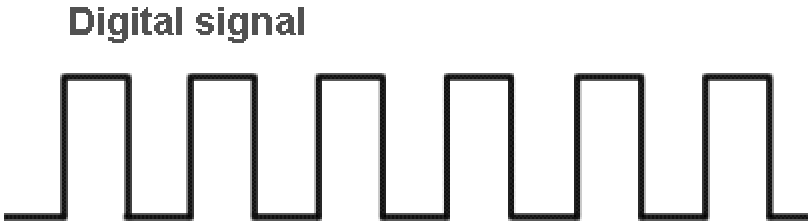
สรุป

ข้อมูลที่ใช้งานอยู่ทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลชนิดตัวเลข ตัวอักษร ภาพนิ่ง รวมถึงภาพเคลื่อนไหว จะไม่สามารถส่งผ่านระบบสื่อสารได้โดยตรง แต่จะต้องแปลงสัญญาณ เพื่อส่งผ่านสื่อกลางของระบบสื่อสารไปยังปลายทางที่ต้องการ

สัญญาณ Analog เป็นสัญญาณรูปคลื่นที่มีลักษณะต่อเนื่อง



สัญญาณ Digital เป็นสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่อง ที่อยู่ในรูปแบบของระดับแรงดันไฟฟ้าที่เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม



สรุป

การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ Analog จะเป็นลักษณะต่อเนื่อง โดยค่าที่เป็นไปได้สามารถอยู่ในช่วงระดับต่ำสุด ถึงระดับสูงสุดของคลื่น ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ Digital จะเป็นลักษณะแบบก้าวกระโดด โดยค่าที่เป็นไปได้จะมีค่าคือ 0 กับ 1

- ไม่ว่าข้อมูลจะอยู่ในรูป Analog หรือ Digital สามารถส่งผ่านสื่อกลางเพื่อไปยังระบบสื่อสารได้
- เราสามารถแปลงข้อมูลหรือเข้ารหัสข้อมูลไปมา ระหว่าง Analog หรือ Digital ได้ด้วยอุปกรณ์แปลงสัญญาณ
- เมื่อกล่าวถึงสัญญาณ Analog จะหมายถึง **สัญญาณชนิดมีคาบ** เนื่องจากสัญญาณมีการแกว่งขึ้นลงสลับกันแบบซ้ำๆ ที่มีรูปแบบต่อเนื่องและแน่นอนตามความสัมพันธ์กับเวลา
- เมื่อกล่าวถึงสัญญาณ Digital จะหมายถึง **สัญญาณชนิดไม่มีคาบ** เนื่องจากสัญญาณที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ทุกเมื่อและไม่จำเป็นต้องเป็นลูกคลื่น
- สัญญาณ Analog มีส่วนประกอบพื้นฐานหลักๆ คือ Amplitude, Frequency, และ Phase

สรุป

คาบเวลาจะใช้หน่วยวัดเป็นวินาที (S) ซึ่งเป็นเวลาที่ลูกคลื่นมีการเปลี่ยนแปลง ณ จุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดก่อนจะมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณใหม่ ส่วนความถี่จะใช้หน่วยวัดเป็นเฮิรตซ์ (Hz) ซึ่งวัดจากคลื่นสัญญาณที่ทำงานครบรอบภายใน 1 วินาที

สัญญาณ Digital จะเกี่ยวข้องกับคำ 2 คำด้วยกันคือ **Bit Interval** และ **Bit Rate** โดยที่ Bit Interval คือเวลาที่ส่งข้อมูล 1 บิต ส่วน Bit Rate คือจำนวนของ Bit Interval ต่อวินาที ซึ่งมีหน่วยวัดเป็นบิตต่อวินาที (bps)

อัตราบิต (Bit Rate) จะวัดจากจำนวนบิตข้อมูลที่ส่งได้ในระยะเวลา 1 วินาที (bit per second)

อัตราบอด (Baud Rate) จะวัดจากจำนวนของสัญญาณที่ถูกเปลี่ยนภายใน 1 วินาที (baud per second)

สัญญาณพาหะ มีคุณสมบัติที่สามารถส่งออกไปได้ในระยะทางไกลๆ และเมื่อนำมารวมกับคลื่นเสียง (Modulate) ก็จะได้สัญญาณคลื่นใหม่ที่พร้อมส่งออกไปยังอากาศได้ เมื่อปลายทางได้รับก็จะทำการแยก

สรุป

- **สัญญาณพาหะ** มีคุณสมบัติที่สามารถส่งออกไปได้ในระยะทางไกลๆ และเมื่อนำมารวมกับคลื่นเสียง(Modulate) ก็จะได้สัญญาณคลื่นใหม่ที่พร้อมส่งออกไปยังอากาศได้ เมื่อปลายทางได้รับก็จะทำการแยกคลื่นที่รวมกันนี้ออก (Demodulate)

- การ Modulate ข้อมูล Analog เป็นสัญญาณ Analog สามารถทำได้ด้วยวิธี Modulate แบบ AM, FMและ PM

- การ Modulate ข้อมูล Digital เป็นสัญญาณ Analog สามารถทำได้ด้วยวิธี Modulate แบบ ASK, FSK และ PSK

- การเข้ารหัส Digital ที่นิยมใช้บนเครือข่าย LAN คือ การเข้ารหัส Manchester

- **Attenuation** คือ การอ่อนกำลังของสัญญาณ เกิดจากความเข้มของสัญญาณที่เบาบางเมื่อเดินทางหรือถูกส่งไประยะทางไกลๆ

สรุป

- Distortion คือ สัญญาณประเภท Composite Signal เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างกัน ทำให้เกิดการรวมกันของสัญญาณขึ้น ส่งผลให้สัญญาณบิดเบี้ยวเพี้ยนไปจากเดิม
- Thermal Noise เป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดจากความร้อน เนื่องจากสัญญาณที่วิ่งผ่านสื่อกลางจะมีความต้านทานในตัวเอง ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น
- Impulse Noise เป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นแบบทันทีทันใด ซึ่งอาจเกิดจากฟ้าแลบ ฟ้าผ่า สัญญาณรบกวนชนิดนี้สามารถลบล้างสัญญาณต้นฉบับ ทำให้ไม่สามารถแยกแยะเพื่อการกู้คืนได้
- Crosstalk เป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเฉพาะสายสัญญาณที่มีการนำมามัดรวมกัน ซึ่งหากไม่มีฉนวนป้องกัน จะทำให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกันได้
- Echo เป็นสัญญาณสะท้อนกลับ ทำให้โหนดใกล้เคียงได้ยิน และเข้าใจว่าสายส่งข้อมูลขณะนั้นไม่ว่าง แทนที่จะสามารถส่งข้อมูลได้ทันที เพราะเข้าใจว่ามีโหนดอื่นใช้งานอยู่นั่นเอง

สรุป

- Jitter ส่งผลให้ความถี่ของสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง สัญญาณถูกเลื่อน Phase ไปเป็นค่าอื่นๆ

แนวทางในการป้องกันสัญญาณรบกวน ประกอบด้วย

1. ใช้สื่อสารที่มีฉนวนป้องกันสัญญาณรบกวน
2. กรณีต้องส่งข้อมูลระยะไกลผ่านโครงข่ายโทรศัพท์ ควรมีอุปกรณ์กรองสัญญาณรบกวน หรืออาจเลือกใช้ Leased Line ซึ่งมีคุณภาพดีกว่า
3. หากอุปกรณ์เดิมที่ใช้งานมีประสิทธิภาพต่ำ หรือหมดอายุการใช้งาน ควรเปลี่ยนเป็นอุปกรณ์ใหม่ที่ทันสมัยกว่า เพื่อประสิทธิภาพที่ดีกว่า
4. หากต้องการเพิ่มระยะทางในการส่งข้อมูล สามารถใช้อุปกรณ์ Amplifier หรือ Repeater เพื่อช่วยยืดระยะทางออกไปได้อีก
5. พิจารณาข้อจำกัดการใช้งานของสายสัญญาณแต่ละชนิด ในด้านระยะทางรวมถึงความเร็วที่สายรองรับได้

แบบฝึกหัดท้ายบท

จากบิตข้อมูลต่อไปนี้ 0 1 0 0 1 1 1 0 จงดำเนินการเข้ารหัสด้วยวิธีต่อไปนี้

1. NRZ-L

2. NRZ-I

3. Manchester

4. Differential Manchester