

# บทที่ 3 พื้นฐานข้อมูลและสัญญาณ

*(Fundamental of Data and Signals)*



# ความแตกต่างระหว่างข้อมูลและสัญญาณ



ความสำคัญของชั้นสื่อสารฟิสิกัล คือ การเคลื่อนย้ายข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของสัญญาณผ่านสื่อกลาง

❖ ข้อมูล คือ สิ่งที่มีความหมายในตัวโดยข้อมูลทั่วไปที่ใช้งานในระบบคอมพิวเตอร์จะเป็นข้อมูลชนิดตัวเลข ตัวอักษร ภาพนิ่ง รวมถึงภาพเคลื่อนไหวต่าง

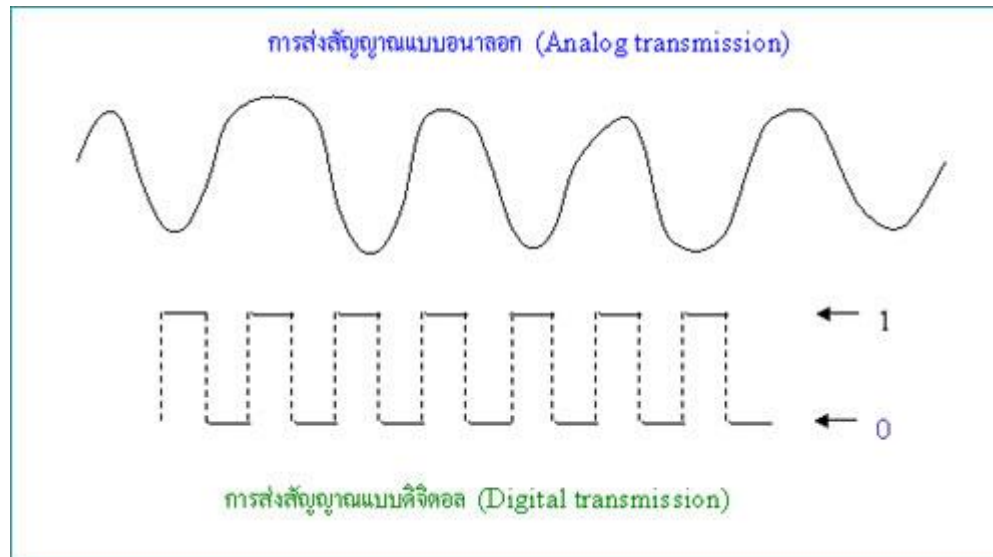
ในการส่งข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งผ่านทางสายสื่อสารหรือคลื่นวิทยุ ข้อมูลที่ต้องการส่งจะต้องได้รับการแปลงให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณที่เหมาะสมกับระบบการสื่อสารนั้นๆ ก่อน

❖ สัญญาณ คือ ปริมาณใดๆ ที่สามารถเปลี่ยนแปลงและสัมพันธ์ไปกับเวลา โดยสัญญาณที่ใช้ในระบบสื่อสาร คือ กระแสไฟฟ้า หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น การส่งผ่านระบบโทรศัพท์ การส่งพิมพ์งาน การดาวน์โหลดข้อมูล เป็นต้น

# แอนะล็อกและดิจิตอล (Analog Versus Digital)



❖ การส่งข้อมูลในระบบสื่อสารจำเป็นต้องมีการเข้ารหัสข้อมูลมาเป็นสัญญาณในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งที่เหมาะสม เช่น ระบบสื่อสารบางระบบไม่สามารถส่งสัญญาณดิจิตอลได้ ดังนั้นจะต้องแปลงสัญญาณจากดิจิตอล ให้กลายเป็นแอนะล็อกก่อน แล้วจึงส่งผ่านไปยังสายสื่อสาร เมื่อปลายทางได้รับสัญญาณ จะสามารถอ่านค่าที่ส่งมาได้ด้วยการแปลงสัญญาณที่รับเข้ามานำไปใช้ประโยชน์ต่อไป



## สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signal) และ ข้อมูลแอนะล็อก (Analog Data)

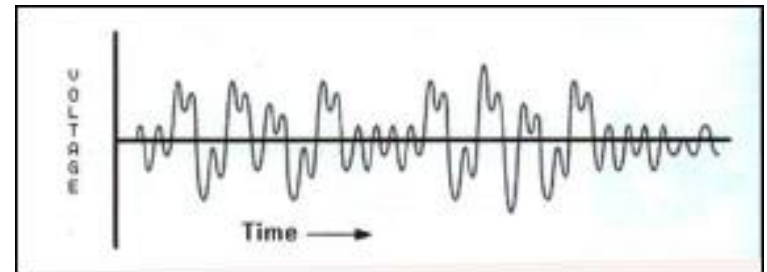
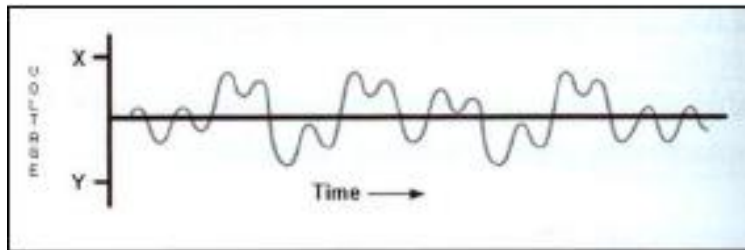


❖ เป็นรูปคลื่นที่มีลักษณะต่อเนื่อง (สัญญาณจะแกว่งขึ้นลงอย่างต่อเนื่องและราบเรียบตลอดเวลา ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด) ค่าระดับสัญญาณสามารถอยู่ในช่วงระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของคลื่นได้ โดยค่าต่ำสุดและสูงสุดจะแทนด้วยหน่วยแรงดัน (voltage)

## สัญญาณแอนะล็อก(Analog Signals)



❖ ข้อมูลแอนะล็อกและสัญญาณแอนะล็อกสามารถถูกรบกวนได้ง่ายจากสัญญาณรบกวน (Noise) หากมีสัญญาณรบกวนปะปนมากับสัญญาณแอนะล็อกแล้ว จะส่งผลให้การส่งข้อมูลช้าลง และทำให้การจำแนกหรือตัดสัญญาณรบกวนออกจากข้อมูลต้นฉบับทำได้ยาก

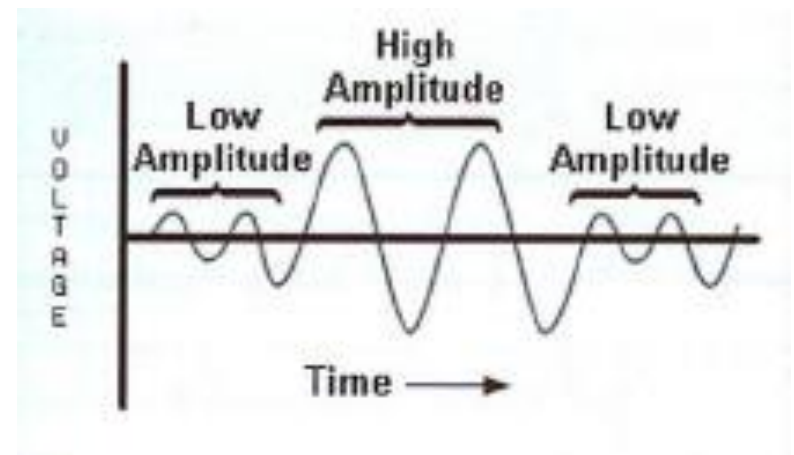
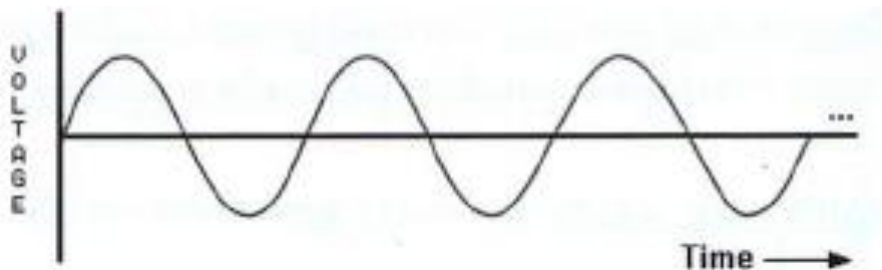


❖ เมื่อสัญญาณแอนะล็อกถูกส่งบนระยะทางที่ไกลออกไป ระดับสัญญาณจะถูกลดทอนลง ดังนั้นจึงต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า แอมพลิไฟเออร์(Amplifier) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการเพิ่มกำลังหรือความเข้มให้สัญญาณ ทำให้สามารถส่งสัญญาณในระยะทางที่ไกลออกไป แต่การเพิ่มกำลังของสัญญาณของแอมพลิไฟเออร์จะส่งผลให้สัญญาณรบกวนขยายเพิ่มขึ้นด้วย

## พื้นฐานของสัญญาณแอนะล็อก



❖ แอมพลิจูด (Amplitude) คือ สัญญาณแอนะล็อกที่มีการเคลื่อนที่ในลักษณะเป็นรูปคลื่นขึ้นลงสลับกัน และก้าวไปตามเวลาแบบสมบูรณ์นั้น เรียกว่า คลื่นไซน์ (Sine Wave)



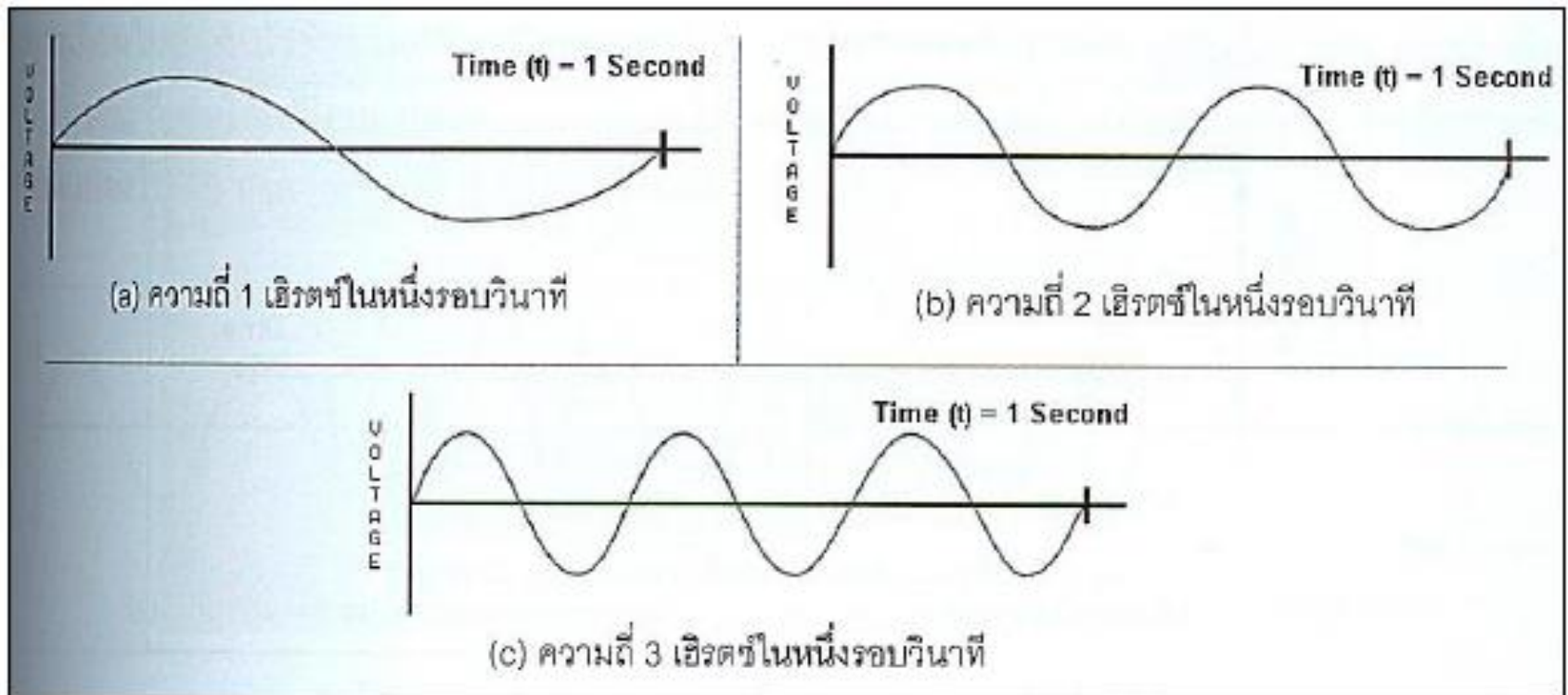
❖ แอมพลิจูดจะเป็นค่าที่วัดจากแรงดันไฟฟ้า ซึ่งอาจเป็นระดับของคลื่นจุดสูงสุด (High Amplitude) หรือจุดต่ำสุด (Low Amplitude) และแทนด้วยหน่วยวัดเป็น โวลต์ (Volt)



# พื้นฐานของสัญญาณแอนะล็อก



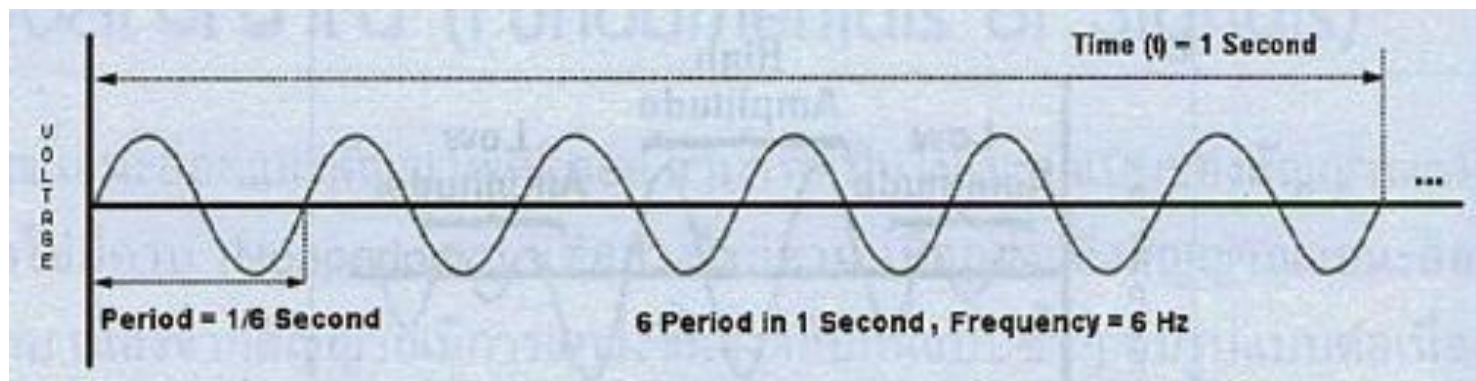
❖ ความถี่ (Frequency) หมายถึง อัตราการขึ้นลงของคลื่น ซึ่งเกิดขึ้นจำนวนกี่รอบใน 1 วินาที โดยความถี่นั้น จะใช้แทนหน่วยวัดเป็นเฮิร์ตซ์ (Hertz : Hz)



## พื้นฐานของสัญญาณแอนะล็อก

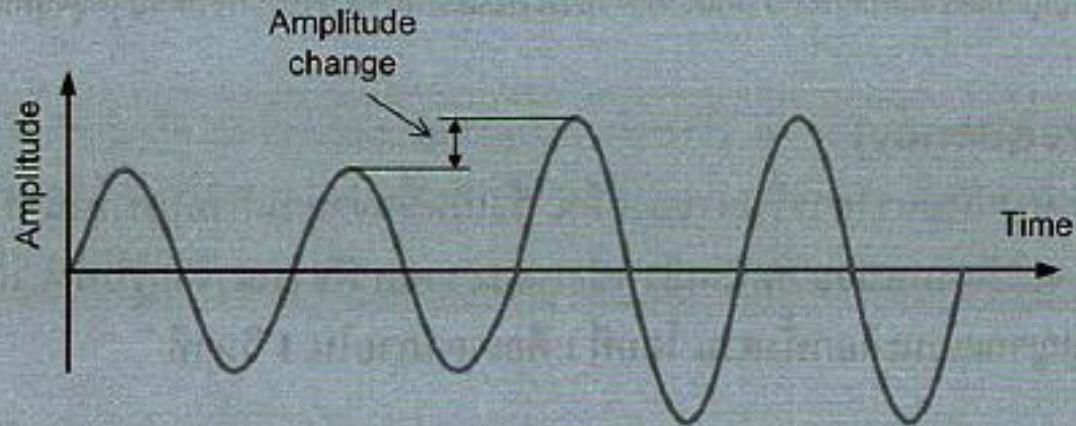


❖ คาบ (Period) เป็นระยะเวลาของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปจนครบรอบ โดยจะมีรูปแบบซ้ำๆ กันในทุกช่วงเวลา โดยหน่วยวัดของคาบเวลาจะใช้เป็นวินาที และเมื่อคลื่นสัญญาณทำงานครบ 1 รอบ จะเรียกว่า Cycle

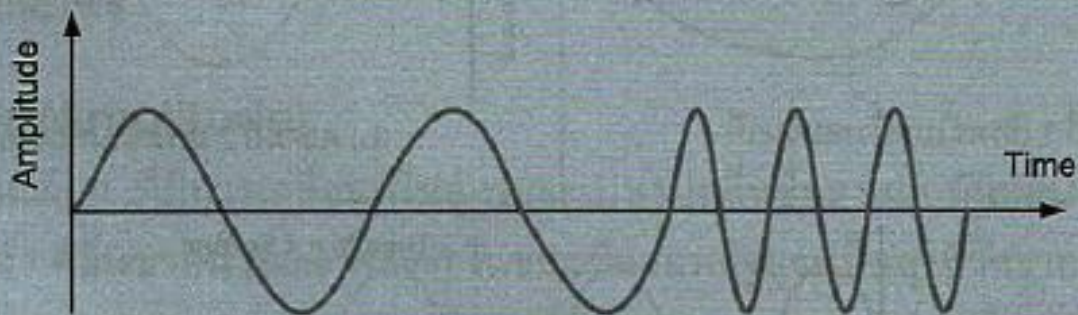




# พื้นฐานของสัญญาณแอนะล็อก



(a) การเปลี่ยนแปลงทางขนาด (Amplitude Change)

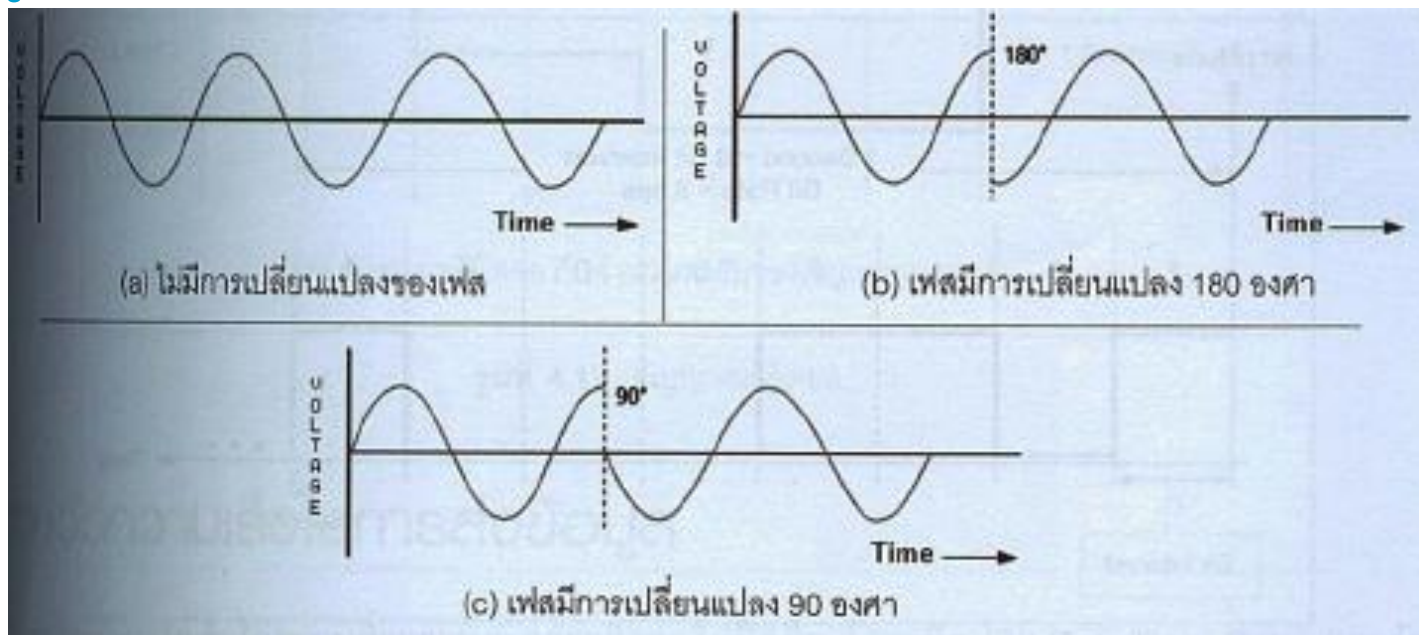


(b) การเปลี่ยนแปลงทางความถี่ (Frequency Change)

# พื้นฐานของสัญญาณแอนะล็อก



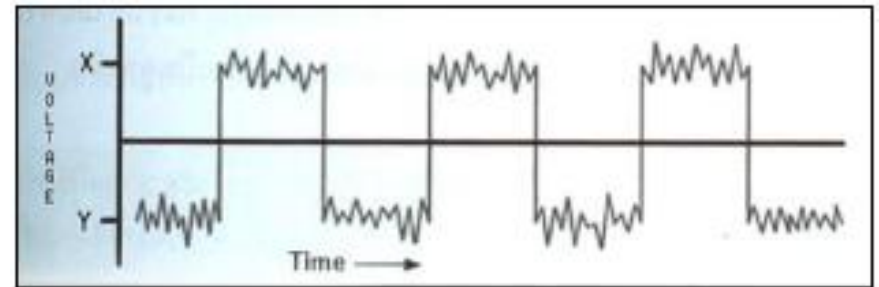
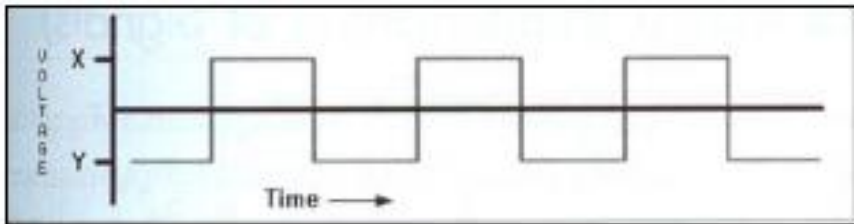
❖ เฟส (Phase) เป็นการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ ซึ่งจะวัดจากตำแหน่งองศาของสัญญาณเมื่อเวลาผ่านไป โดยเฟสสามารถเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง (Phase Shift) ในลักษณะเลื่อนไปข้างหน้าหรือถอยหลังก็ได้ การเลื่อนไปข้างหน้าจำนวนครึ่งหนึ่งของลูกคลื่น จะถือว่าเฟสเปลี่ยนแปลงไป 180 องศา



# สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) และ ข้อมูลดิจิทัล (Digital Data)



❖ เป็นคลื่นแบบไม่ต่อเนื่อง มีรูปแบบของระดับแรงดันไฟฟ้าเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม โดยสัญญาณสามารถเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 1 หรือจาก 1 เป็น 0 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนสัญญาณในลักษณะก้าวกระโดด

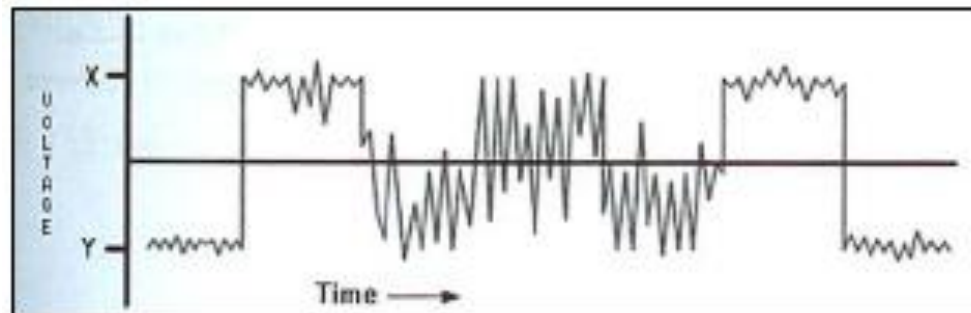


❖ ข้อดีของสัญญาณดิจิทัล คือ สามารถสร้างสัญญาณด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่า และทนทานต่อสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า และยังสามารถจำแนกระหว่างข้อมูลกับสัญญาณได้ง่ายกว่า หากมีสัญญาณรบกวนไม่มาก ก็ยังสามารถคงรูปสัญญาณเดิมได้

# สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) และ ข้อมูลดิจิทัล (Digital Data)



- ❖ ข้อเสียของสัญญาณดิจิทัล คือ สัญญาณจะถูกลดทอนหรือเบาบางลง เมื่อถูกส่งในระยะทางไกลๆ ซึ่งในการส่งข้อมูลระยะไกลๆ นั้น สัญญาณแอนะล็อกจะทำได้ดีกว่า สำหรับอุปกรณ์ที่ช่วยยืดระยะทางในการส่งข้อมูลดิจิทัล เรียกว่า เครื่องทวนสัญญาณ (Repeater) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้า regenerate สัญญาณที่ถูกลดทอนลงให้คงรูปเดิมเหมือนต้นฉบับ และสามารถส่งสัญญาณได้ระยะไกลขึ้น
- ❖ สัญญาณรบกวนที่ปะปนมาพร้อมกับข้อมูล ถึงจะสามารถใช้อุปกรณ์กั้นกรองสัญญาณ เพื่อช่วยให้สัญญาณมีคุณภาพ รวมถึงลดความเบาบางของสัญญาณรบกวนลงได้ แต่หากสัญญาณรบกวนมีปริมาณสูงมาก ย่อมส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของข้อมูล





# สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal)

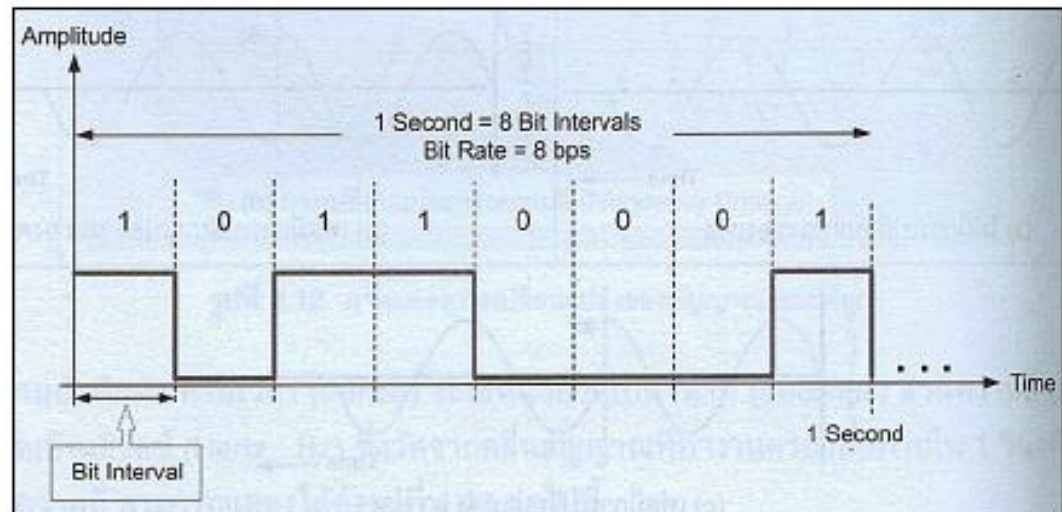


❖ สัญญาณดิจิทัลส่วนใหญ่เป็นสัญญาณชนิดไม่มีคาบ ดังนั้น คาบเวลาและความถี่ จึงไม่นำมาใช้งาน โดยมีค่าที่เกี่ยวข้อง 2 ค่า คือ

❖ 1. Bit Interval ซึ่งมีความหมายเช่นเดียวกับคาบ โดย Bit Interval คือ เวลาที่ส่งข้อมูล 1 บิต

❖ 2. Bit Rate คือ จำนวนของ Bit Interval ต่อวินาที โดยมีหน่วยวัดเป็น บิตต่อวินาที (bps)

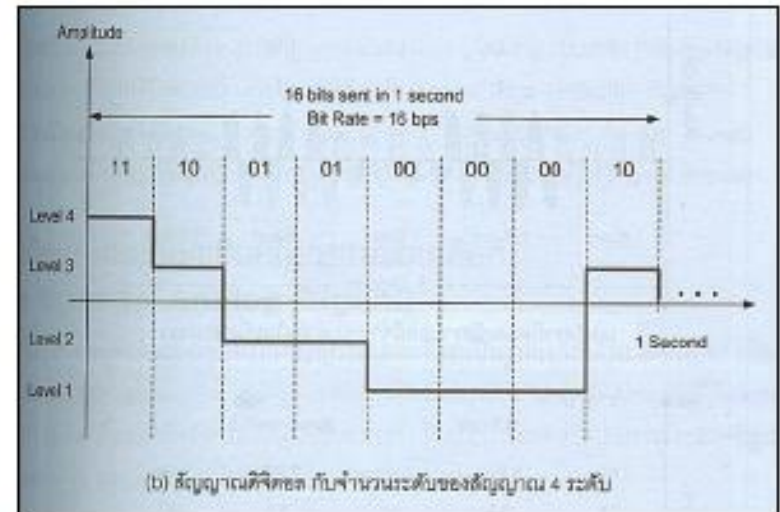
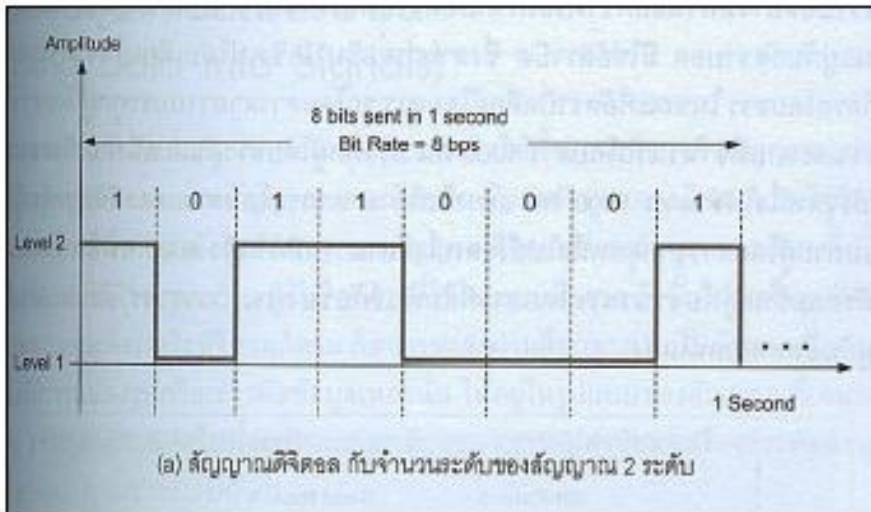
ไบนารี 1 แทนแรงดันบวก  
ไบนารี 0 แทนแรงดันศูนย์



# สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal)



❖ สัญญาณดิจิทัลสามารถมีจำนวนระดับสัญญาณมากกว่า 2 ระดับ โดยในแต่ละระดับสามารถส่งบิตมากกว่าหนึ่งบิต โดยทั่วไปถ้าสัญญาณมีจำนวน  $L$  ระดับ ในแต่ละระดับของสัญญาณก็จะสามารถส่งข้อมูลได้จำนวน  $\log_2 L$  บิต



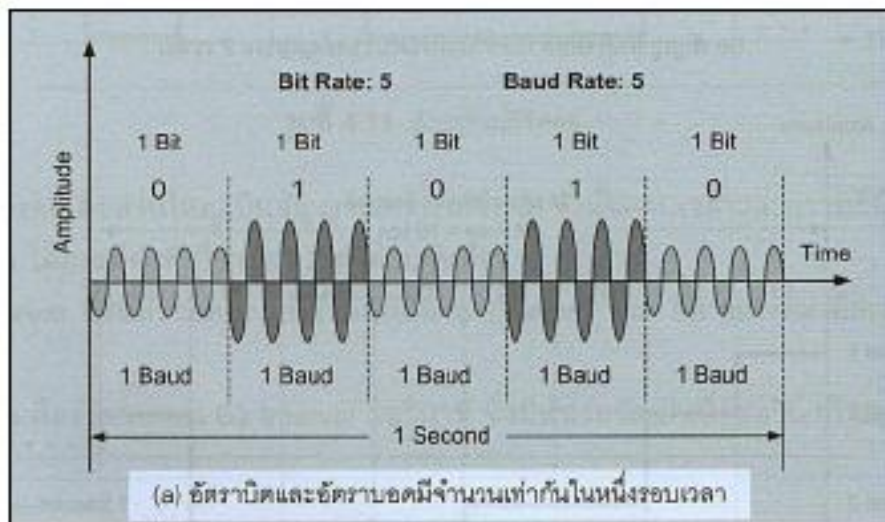


## หน่วยวัดความเร็วในการส่งข้อมูล



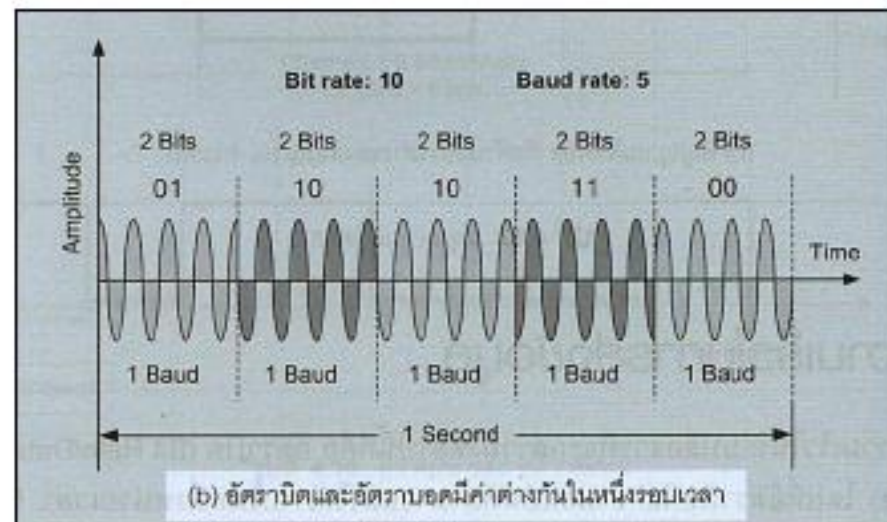
- ❖ อัตราบิต (Bit Rate/Data Rate) คือ จำนวนบิตที่สามารถส่งได้ภายในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งมีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bps)
- ❖ อัตราบอด (Baud Rate) คือ จำนวนของสัญญาณที่สามารถส่งได้ต่อการเปลี่ยนสัญญาณในหนึ่งหน่วยเวลา (baud per second)
  - ❖ ปกติอัตราบอดจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับอัตราบิต และแบนด์วิดท์ในระบบสื่อสารนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราบอด สามารถอธิบายเปรียบเทียบกับระบบขนส่งต่อไปนี้ โดย
    - อัตราบอด คือ รถโดยสาร อัตราบิต คือ ผู้โดยสาร
    - รถโดยสารสามารถบรรทุกผู้โดยสารได้ครั้งละหนึ่งคนหรือมากกว่า
    - หากมีจำนวนรถโดยสาร 1000 คัน บรรทุกผู้โดยสารคันละหนึ่งคน (1000 คน)
    - หากรถโดยสารแต่ละคันบรรทุกผู้โดยสารได้คันละ 4 คน (4000 คน)
  - ❖ การจราจรที่คล่องตัวย่อมขึ้นอยู่กับจำนวนรถโดยสาร ดังนั้นแบนด์วิดท์ในระบบสื่อสารจึงขึ้นอยู่กับอัตราบอด

# หน่วยวัดความเร็วในการส่งข้อมูล



อัตราบิต (Bit Rate) - 5

อัตราบอด (Baud Rate) - 5



อัตราบิต (Bit Rate) - 10

อัตราบอด (Baud Rate) - 5

## การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ



❖ โดยปกติแล้วสัญญาณดิจิทัลจะรับส่งข้อมูลดิจิทัล และสัญญาณแอนะล็อกก็จะรับส่งข้อมูลแอนะล็อก แต่เราสามารถใช้สัญญาณแอนะล็อกเพื่อรับส่งข้อมูลดิจิทัล และใช้สัญญาณดิจิทัลเพื่อรับส่งข้อมูลแอนะล็อกได้

❖ การส่งผ่านด้วยสัญญาณแอนะล็อกหรือดิจิทัลจะขึ้นอยู่กับสื่อกลางที่ใช้ในระบบสื่อสาร โดยที่สามารถส่งข้อมูลด้วยรูปแบบใดก็ได้ เพียงแต่จำเป็นต้องมีการแปลงรูปหรือเข้ารหัสข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณที่เหมาะสมกับสื่อกลางเสียก่อน

1. การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณแอนะล็อก
2. การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณดิจิทัล
3. การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก
4. การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

## การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณแอนะล็อก



❖ ในการแปลงข้อมูลแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณแอนะล็อกเป็นรูปแบบที่ง่าย มีต้นทุนต่ำ โดยจะมีอุปกรณ์ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ และได้ผลลัพธ์เป็นสัญญาณแอนะล็อก เช่น ระบบวิทยุกระจายเสียง



❖ มีการเปิดวิทยุคลื่น FM ที่ความถี่ 101.5 เมกะเฮิร์ตซ์เพื่อฟังเพลง ซึ่งคลื่นสถานีจะส่งออกไปที่ย่านความถี่นี้ในขณะที่เสียงพูดของมนุษย์จะอยู่ในย่านความถี่ต่ำช่วง 300-3400 เฮิร์ตซ์ และเสียงดนตรีมีย่านความถี่ที่ 30-20000 เฮิร์ตซ์ ดังนั้นเพื่อให้เสียงพูดและเสียงดนตรีสามารถส่งออกไปที่ย่านความถี่ 101.5 เมกะเฮิร์ตซ์ได้ จำเป็นต้องมีเทคนิควิธีการส่ง

## การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณแอนะล็อก



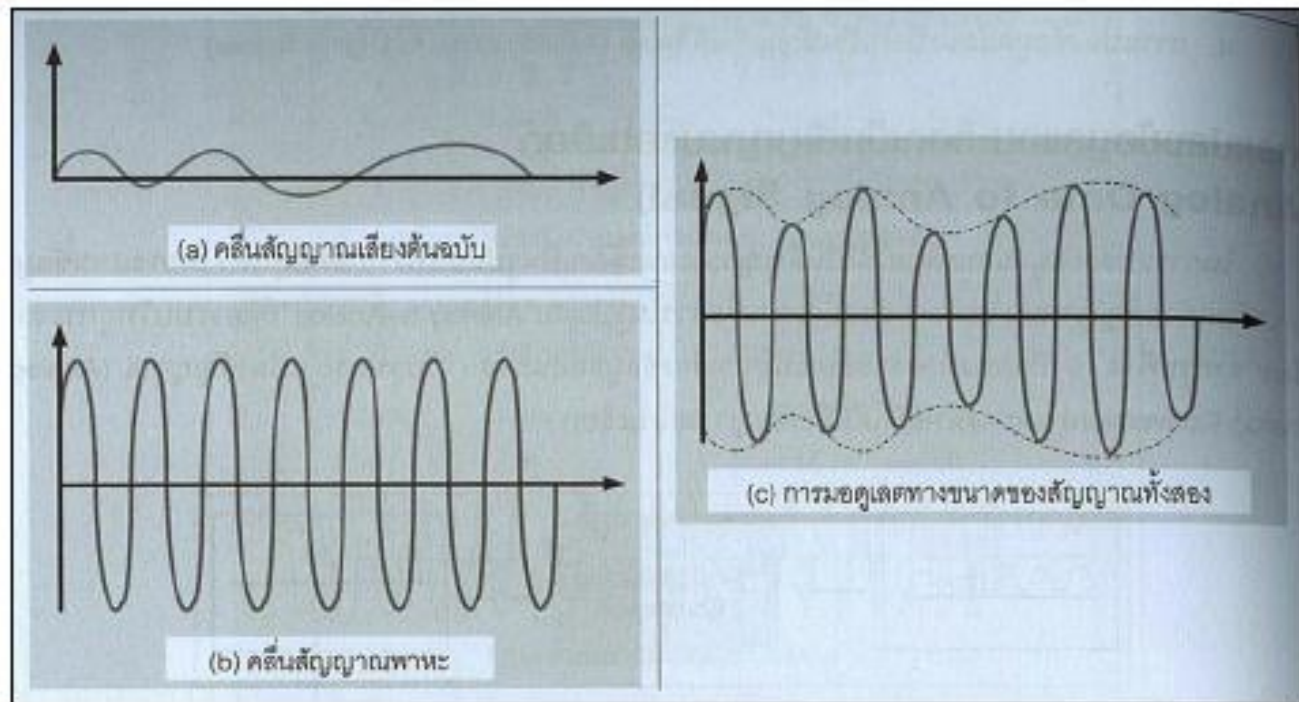
❖ สัญญาณพาหะ มีคุณสมบัติพิเศษคือ เป็นคลื่นความถี่สูง และเป็นคลื่นสัญญาณไฟฟ้าที่สามารถส่งออกผ่านสื่อกลางได้บนระยะทางไกลๆ เมื่อมีการนำสัญญาณพาหะมารวมกับสัญญาณ จะเรียกว่า การมอดูเลต (Modulate) เมื่อสถานีส่งทำการส่งสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตไปแล้ว สถานีรับจะต้องมีวิธีในการแยกสัญญาณพาหะออกจากสัญญาณเสียงเรียกว่าการดีมอดูเลต (Demodulate)



# การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณแอนะล็อก



- ❖ การนำสัญญาณแอนะล็อกมามอดูเลตกับสัญญาณพาหะ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ
1. การมอดูเลตทางขนาด (Amplitude Modulation : AM) ที่ใช้กับคลื่นวิทยุ AM ซึ่งขนาดของคลื่นพาหะจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามรูปสัญญาณที่ต้องการส่ง

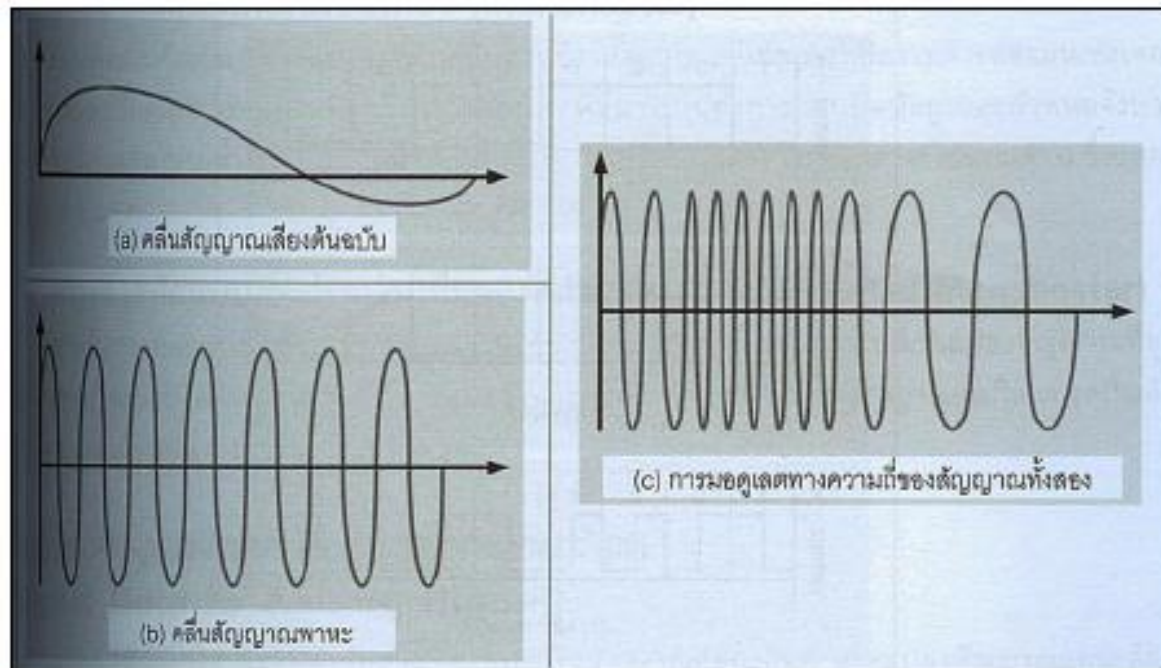




# การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณแอนะล็อก



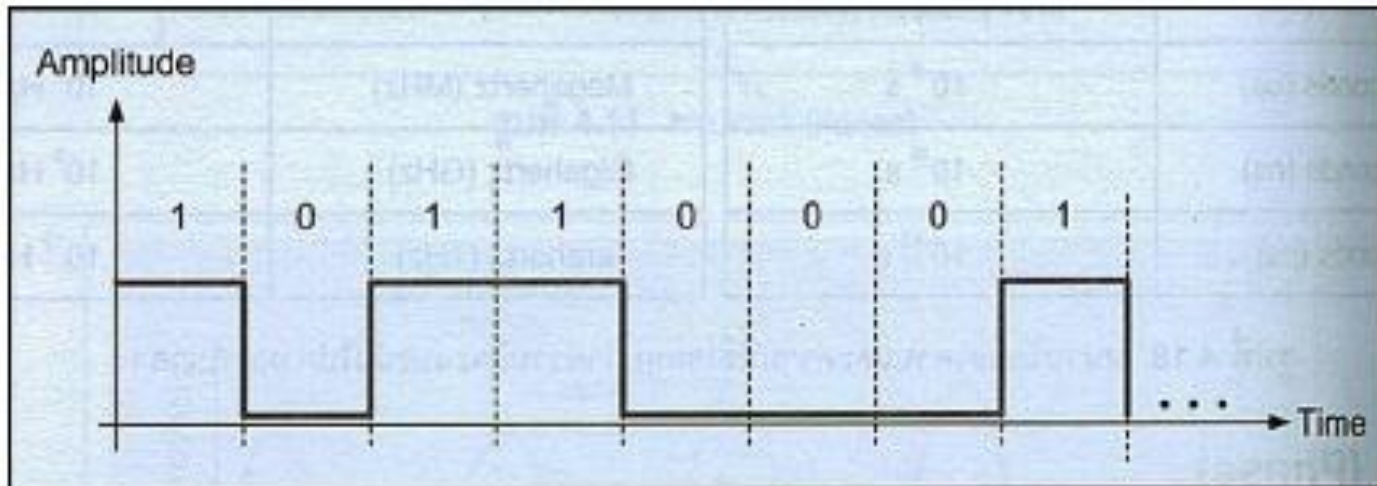
2. การมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation : FM) ที่ใช้กับคลื่นวิทยุ FM ซึ่งความถี่ของคลื่นพาหะจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณที่มอดูเลต โดยขนาดของรูปคลื่นสัญญาณที่ต้องการจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงไปตามการลดของระดับสัญญาณ



## การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณดิจิทัล



❖ สำหรับสัญญาณดิจิทัล ค่าที่เป็นไปได้ คือ ค่าไบนารี 0 หรือ 1 เท่านั้น โดยสามารถแทนไบนารี 1 เป็นแรงดันระดับสูงหรือต่ำก็ได้ และแทนไบนารี 0 เป็นแรงดันระดับตรงกันข้าม เช่น ไบนารี 1 แทนแรงดันระดับสูง ไบนารี 0 จะแทนแรงดันระดับต่ำ และในการแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยอุปกรณ์ Digital Transmitter



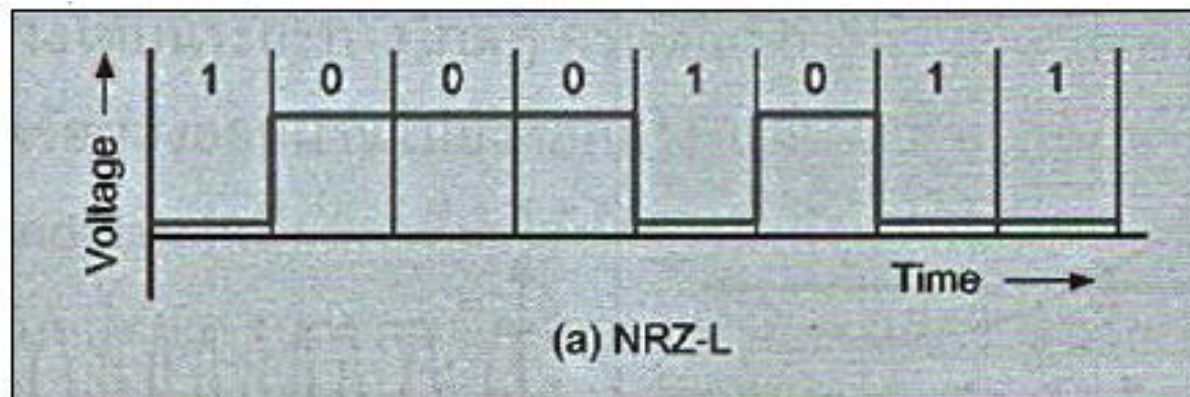
# การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณดิจิทัล



ในการแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณดิจิทัล มีเทคนิคการเข้ารหัสหลายวิธี คือ

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

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

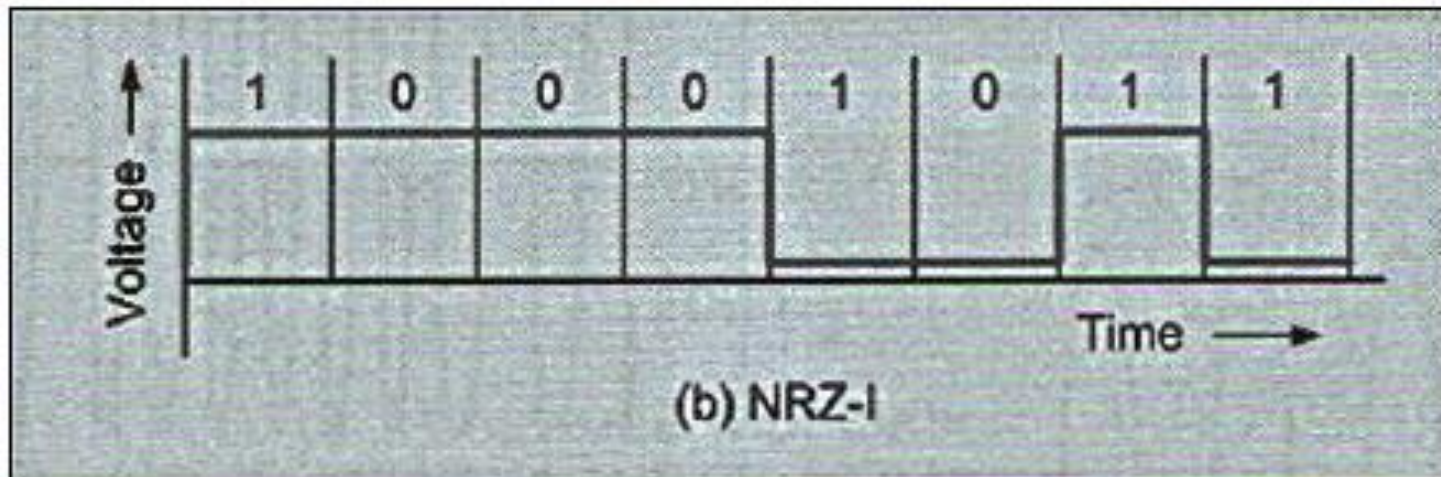


# การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณดิจิทัล



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

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



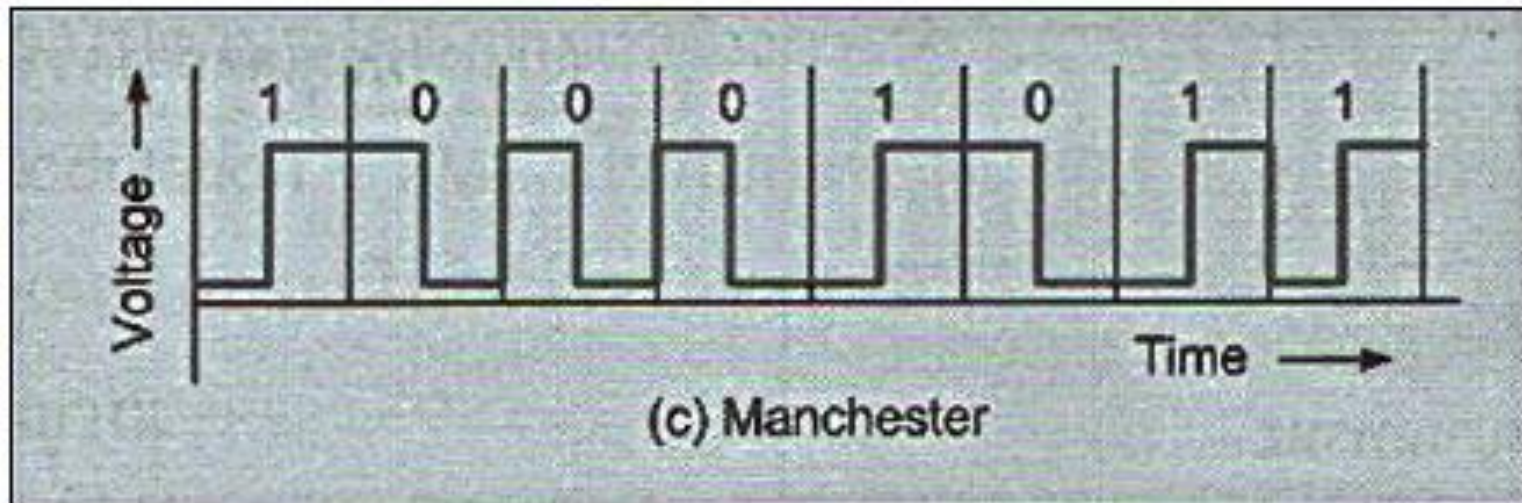


## การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณดิจิทัล



### 3. การเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์ (Manchester)

มีการใช้เทคนิคนี้บนเครือข่ายท้องถิ่น (Ethernet) ซึ่งการเข้ารหัสแมนเชสเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่จุดกึ่งกลางของบิต เพื่อนำไปใช้ทั้งการแทนบิตข้อมูลและกำหนดจังหวะโดยการเปลี่ยนแปลงจากต่ำไปสูงจะแทนค่า 1 ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงจากสูงไปต่ำจะแทนค่า 0

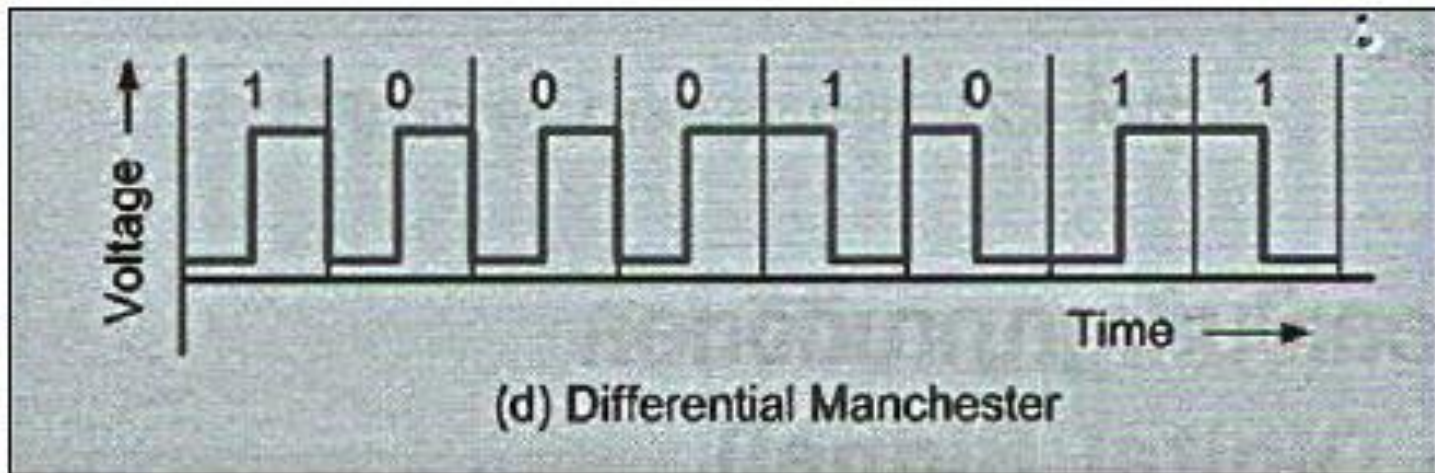


## การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณดิจิทัล



### 4. การเข้ารหัสแบบดิฟเฟอเรนเชียลแมนเชสเตอร์ (Differential Manchester)

การเข้ารหัสนี้จะเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่จุดกึ่งกลางของบิต แต่จะนำไปใช้เพื่อการกำหนดจังหวะเท่านั้น โดยการเปลี่ยนสัญญาณจะเกิด ณ จุดเริ่มต้นของบิต ข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 เท่านั้น



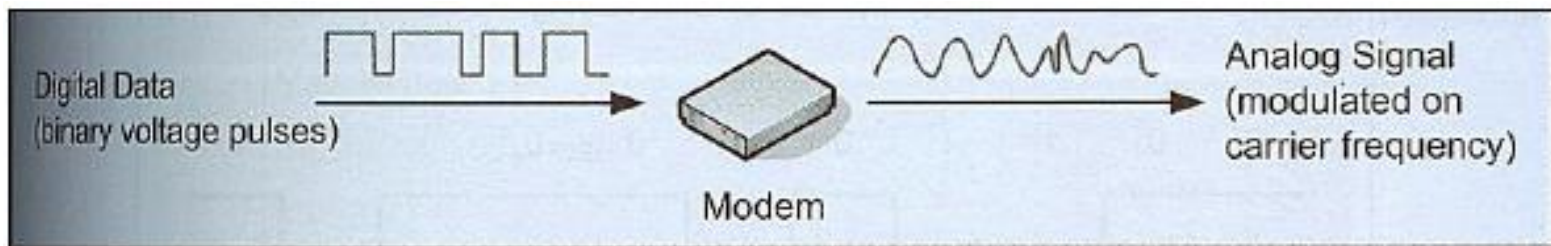


## การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก



อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก และแปลงสัญญาณแอนะล็อกกลับมาเป็นข้อมูลดิจิทัล เรียกว่า โมเด็ม (Modulator/Demodulator) เช่น อินเทอร์เน็ตบ้านทั่วไปที่เชื่อมต่อด้วยการ dial-up

โมเด็มต้นทางจะทำการแปลงข้อมูลคอมพิวเตอร์ (ดิจิทัล) มาเป็นสัญญาณแอนะล็อก เพื่อส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสารโทรศัพท์ จากนั้นเมื่อส่งถึงปลายทาง โมเด็มปลายทางจะทำการแปลงสัญญาณแอนะล็อกกลับมาเป็นข้อมูลดิจิทัล เพื่อส่งให้กับคอมพิวเตอร์ใช้งานต่อไป



## การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก



โดยปกติสัญญาณโทรศัพท์ซึ่งเป็นช่องสัญญาณเสียง เมื่อถูกนำมาใช้ในการส่งข้อมูลดิจิทัล จำเป็นต้องมีการแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม เรียกว่า การมอดูเลตด้วยการใช้สัญญาณพาหะ เพื่อส่งผ่านเข้าไปในช่องสัญญาณ และยังสามารถทำให้อัตราในการส่งข้อมูลสูงขึ้นด้วย เช่น สัญญาณโทรศัพท์มีแบนด์วิดท์เพียง 4 KHz แต่สามารถส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 56 Kbps

สำหรับเทคนิคการมอดูเลตสัญญาณดิจิทัล ซึ่งมีคุณสมบัติของสัญญาณที่มีระดับแรงดันแน่นอน ดังนั้น สัญญาณพาหะจะถูกเปลี่ยนไปตามแอมพลิจูด ความถี่ หรือเฟส ซึ่งในการมอดูเลตจะประกอบด้วยวิธีต่างๆ ดังนี้

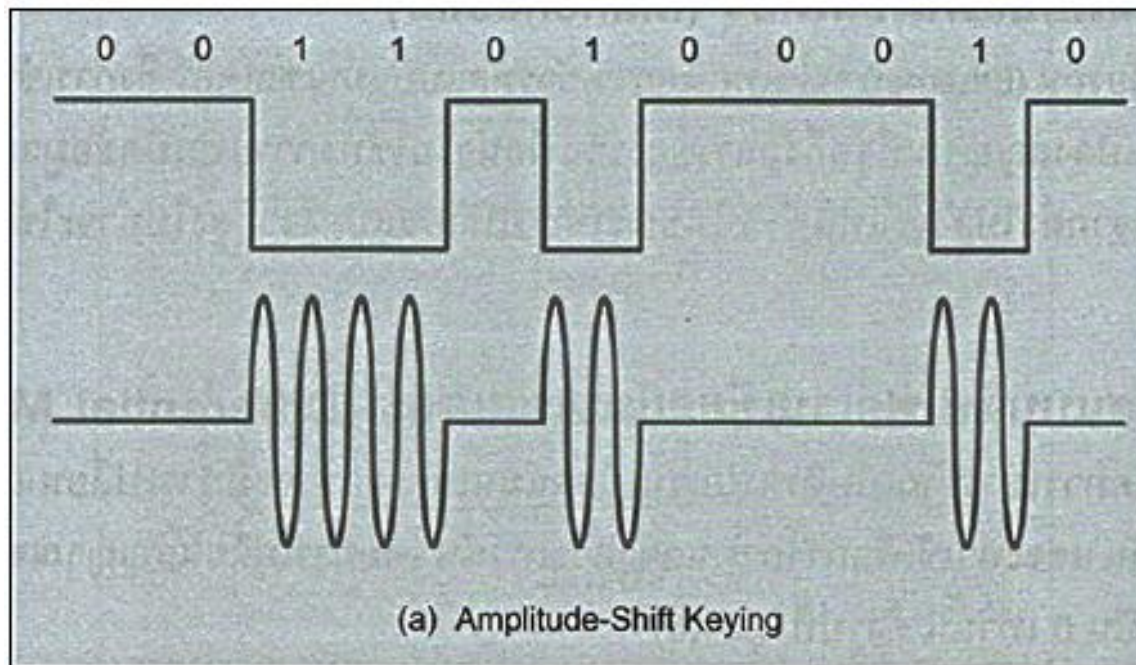
1. วิธี ASK (Amplitude-Shift Keying)
2. วิธี FSK (Frequency-Shift Keying)
3. วิธี PSK (Phase-Shift Keying)

# การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก



## 1. วิธี ASK (Amplitude-Shift Keying)

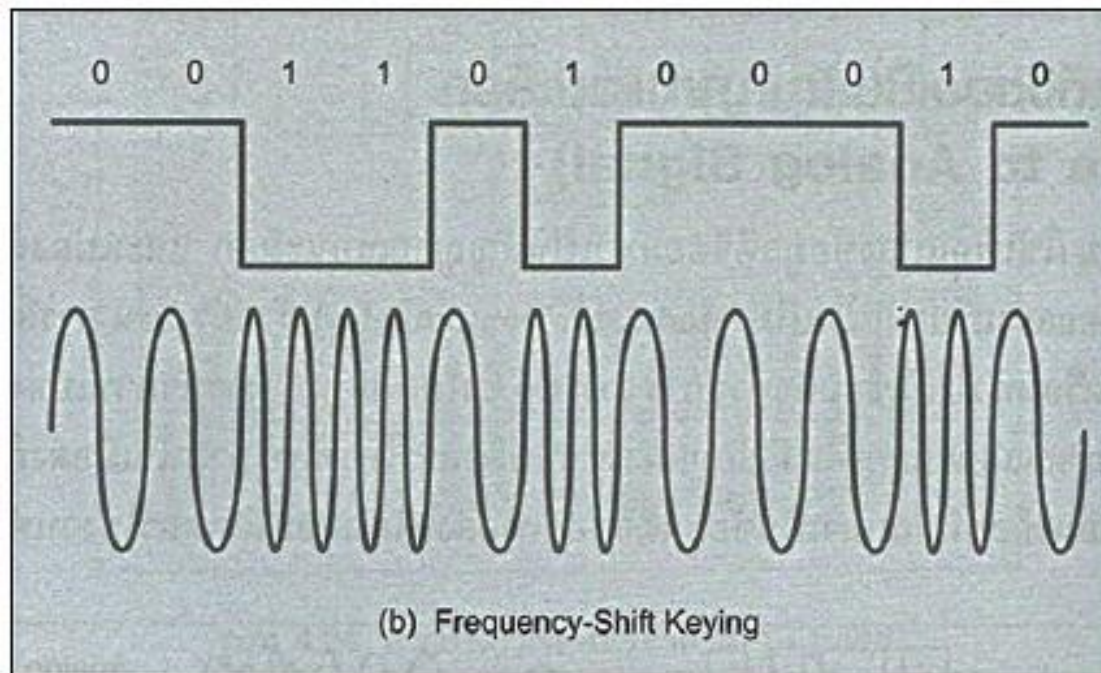
สัญญาณพาหะจะถูกเปลี่ยนไปตามแอมพลิจูด



## การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก



2. วิธี FSK (Frequency-Shift Keying)  
สัญญาณพาหะจะเปลี่ยนไปตามความถี่



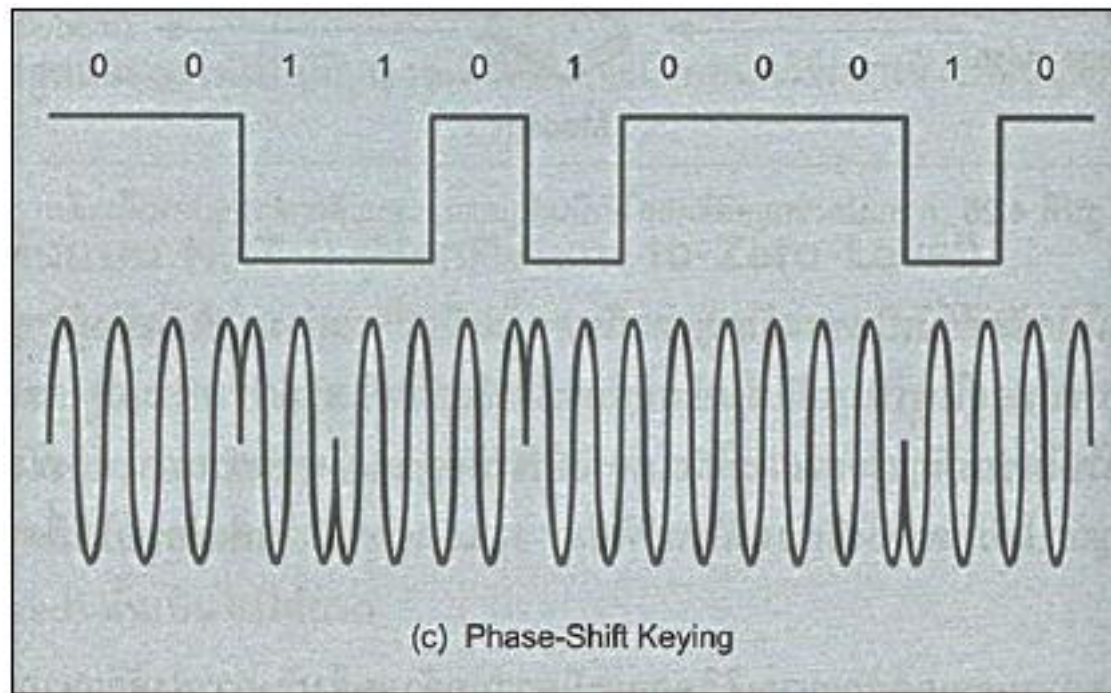


# การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก



## 3. วิธี PSK (Phase-Shift Keying)

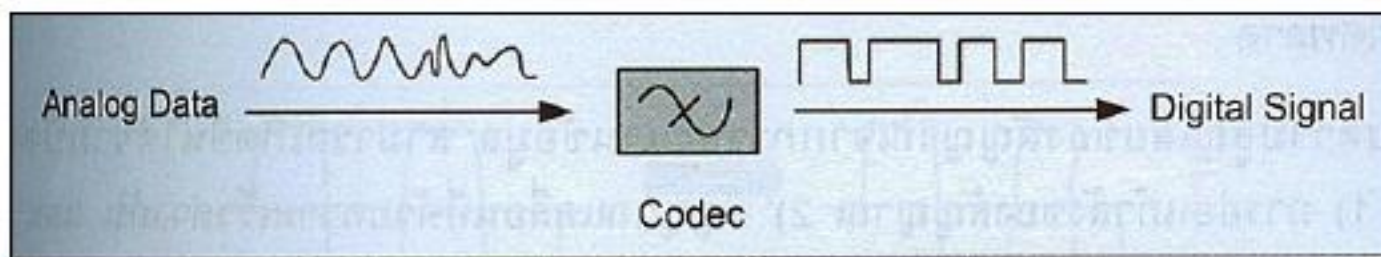
สัญญาณพาหะจะเปลี่ยนไปตามเฟส



## การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล



อุปกรณ์ที่เรียกว่า โคเดค (Coder/Decoder) เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้สำหรับแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ด้วยการใช้เทคนิค Voice Digitization และยังสามารถแปลงกลับมาเป็นสัญญาณแอนะล็อกได้ ตัวอย่างอุปกรณ์โคเดค เช่น ซาวด์การ์ด สแกนเนอร์ และวีดีโอคอนเฟอเรนซ์





## รายละเอียดชนิดของข้อมูลที่แปลงเป็นสัญญาณต่างๆ



ข้อมูล	สัญญาณ	เทคนิคทั่วไปที่นำมาใช้ สำหรับการแปลงสัญญาณ	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

## การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



ปกติแล้วคุณภาพของสัญญาณที่เดินทางผ่านสื่อกลางอาจถูกลดทอนลงไปได้ ทำให้เกิดความสูญเสียสัญญาณ ทั้งนี้สัญญาณที่เสียหายอาจเกิดขึ้นจากความต้านทานภายในสายสัญญาณ หรือจากสิ่งรบกวนภายนอก ดังนั้นเมื่อสัญญาณเสียหาย ทำให้สุดท้ายเมื่อถึงปลายทางสัญญาณอาจไม่เหมือนต้นฉบับเดิม ทำให้ได้รับข้อมูลที่ผิดพลาด

สำหรับความสูญเสียของสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล สามารถเกิดขึ้นได้จากปัจจัยนี้

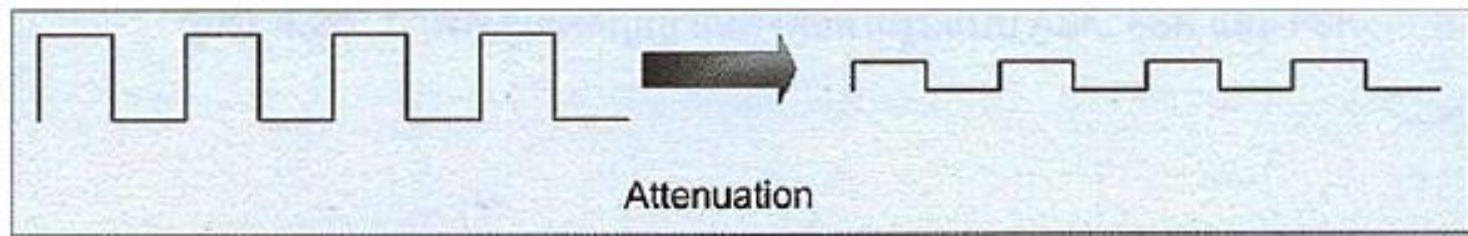
1. การอ่อนกำลังของสัญญาณ
2. สัญญาณเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างกัน
3. สัญญาณรบกวน

# การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



## 1. การอ่อนกำลังของสัญญาณ (Attenuation)

เมื่อสัญญาณข้อมูลเดินทางผ่านสื่อกลาง ไม่ว่าจะเป็นสายโคแอกเชียล สายคู่บิดเกลียว หรือสายไฟเบอร์ออปติกไปในระยะทางไกลๆ ย่อมเกิดการสูญเสียพลังงาน ทำให้ความเข้มของสัญญาณลดลง และลดลงมากขึ้นหากระยะทางไกลขึ้นไปอีก ดังนั้น เมื่อความเข้มของสัญญาณเบาบางลง หรือลดลง จะส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์รับ เนื่องจากสัญญาณที่รับเข้ามา จำเป็นต้องมีระดับความเข้มของสัญญาณมากพอที่จะทำให้อุปกรณ์สามารถตรวจสอบสัญญาณ และนำไปใช้งานได้



## การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



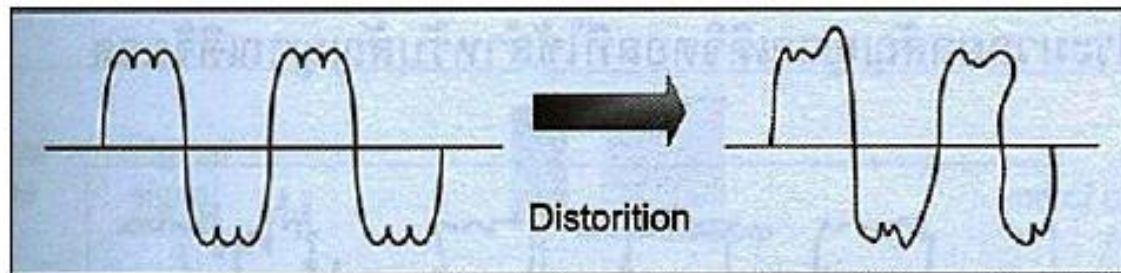
ดังนั้น หากต้องการส่งสัญญาณไปในระยะทางไกลๆ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ช่วย เช่น หากส่งสัญญาณแอนะล็อก จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า แอมพลิไฟเออร์ (Amplifier) เพื่อขยายกำลังส่งของสัญญาณ หรือหากส่งสัญญาณดิจิทัล จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า รีพีตเตอร์ ที่จะช่วยซ่อมแซมสัญญาณให้คงอยู่ในรูปเดิมเหมือนต้นฉบับ ทำให้สามารถส่งทอดสัญญาณต่อไปบนระยะทางไกลได้ขึ้นอีก

# การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



## 2. สัญญาณเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างกัน (Distortion)

เป็นเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้กับสัญญาณประเภท Composite Signal ที่สัญญาณแต่ละความถี่เคลื่อนที่ผ่านสื่อกลางด้วยความเร็วแตกต่างกัน คือ สัญญาณแต่ละความถี่ได้ถูกลดทอนลงในอัตราที่แตกต่างกันภายในสื่อกลาง และเกิดการรวมกันของสัญญาณขึ้น ทำให้สัญญาณบิดเบี้ยวเพี้ยนไปจากเดิม และส่งผลกระทบต่อฝั่งรับที่จะได้รับสัญญาณแต่ละความถี่ไม่พร้อมกัน สำหรับความสูญเสียของสัญญาณแบบนี้ สามารถป้องกันได้ด้วยการเพิ่มวงจร Equalizes เพื่อตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามาและปรับความถี่ของแต่ละสัญญาณให้มีความเร็วเท่ากัน





## การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



### 3. สัญญาณรบกวน (Noise)

เป็นผลกระทบอีกด้านหนึ่งที่ทำให้สัญญาณข้อมูลเกิดความสูญเสีย โดยสัญญาณรบกวนมีอยู่หลายชนิด ประกอบด้วย

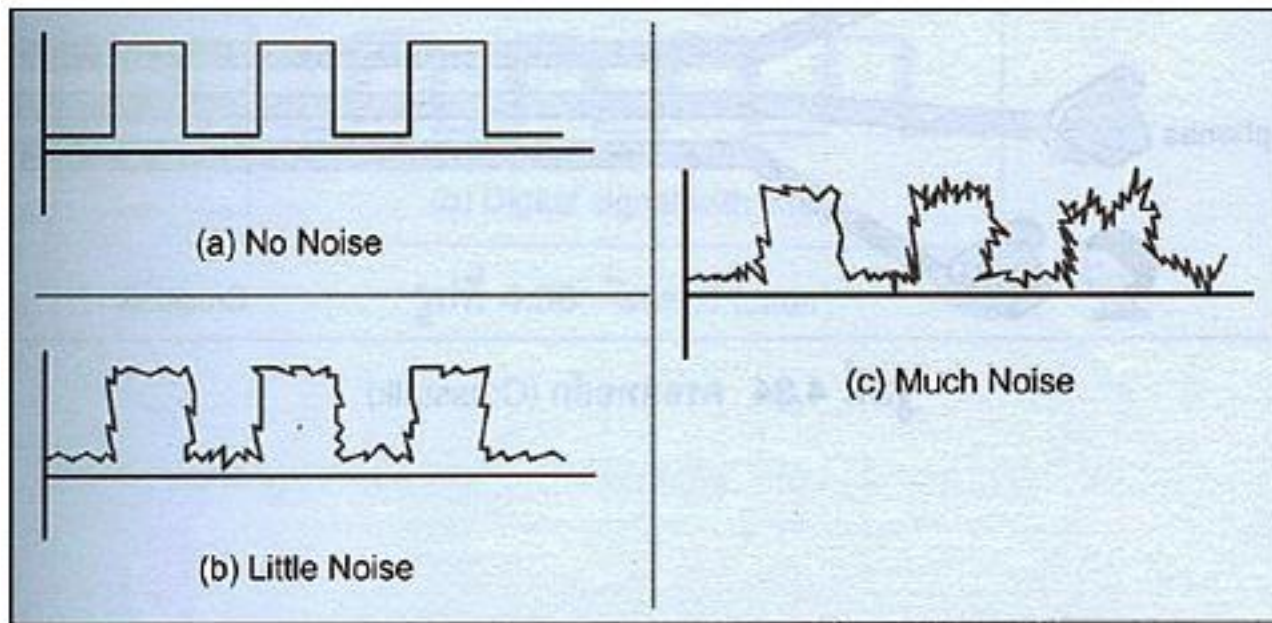
#### 3.1 เทอร์มัลนอยส์ (Thermal Noise)

เป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดจากความร้อนหรืออุณหภูมิ ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ ของอิเล็กตรอนบนลวดตัวนำ โดยหากอุณหภูมิสูงขึ้น ระดับของสัญญาณรบกวนก็จะสูงขึ้นตาม สัญญาณรบกวนชนิดนี้ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน และอาจมีการกระจายไปทั่วย่านความถี่ต่างๆ

## การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



สำหรับการป้องกัน อาจทำได้ด้วยการใช้อุปกรณ์กรองสัญญาณ (Filters) สำหรับสัญญาณแอนะล็อก หรืออุปกรณ์ปรับสัญญาณ (Regenerate) สำหรับสัญญาณดิจิทัล



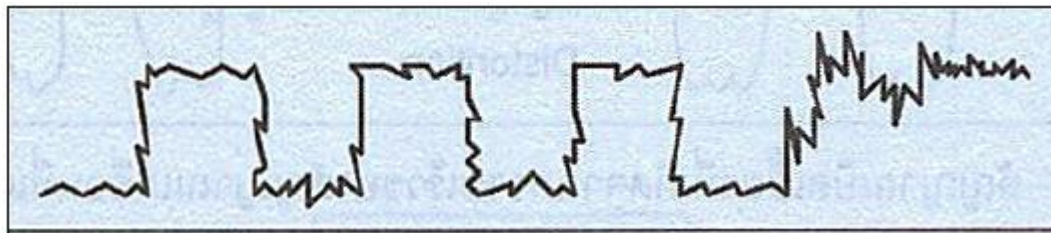
# การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



## 3.2 อิมพัลส์นอยส์ (Impulse Noise)

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

การป้องกันสัญญาณรบกวนชนิดนี้ ทำได้ด้วยการใช้อุปกรณ์กรองสัญญาณพิเศษที่ใช้สำหรับสัญญาณแอนะล็อก หรืออุปกรณ์ประมวลผลสัญญาณดิจิทัลที่ใช้สำหรับสัญญาณดิจิทัล

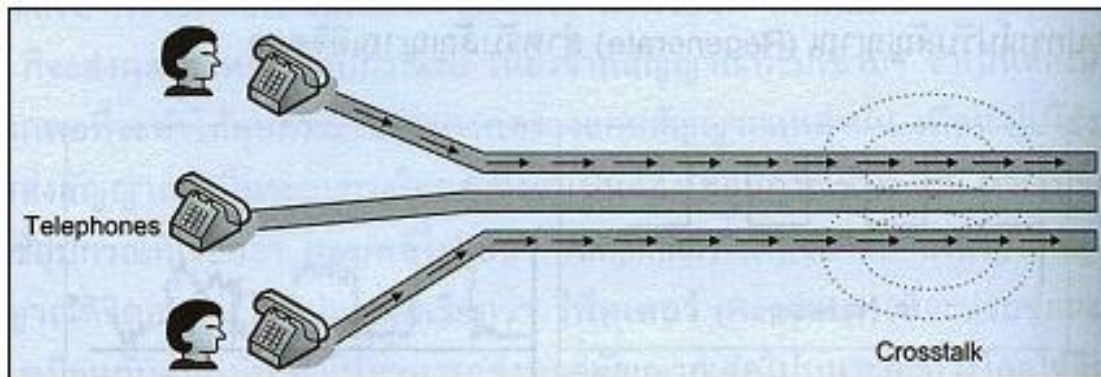


# การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



## 3.3 Crosstalk (Crosstalk)

เป็นเหตุการณ์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เข้าไปรบกวนสัญญาณข้อมูลที่ส่งผ่านเข้าไปในสายสื่อสาร เช่น สายคู่บิดเกลียวที่ใช้กับสายโทรศัพท์ มักก่อให้เกิดสัญญาณ Crosstalk ได้ง่าย เนื่องจากในระบบส่งสัญญาณที่มีสายส่งหลายเส้น และติดตั้งบนระยะทางไกลๆ เมื่อมีการนำสายเหล่านี้มัดรวมกัน จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า มีโอกาสที่สัญญาณในแต่ละเส้นจะรบกวนซึ่งกันและกัน เช่น การได้ยินเสียงพูดคุยของคู่สายอื่น ขณะที่เราพูดคุยโทรศัพท์สำหรับการป้องกัน สามารถทำได้ด้วยการใช้สายสัญญาณที่มีฉนวนหรือมีชีลด์เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน



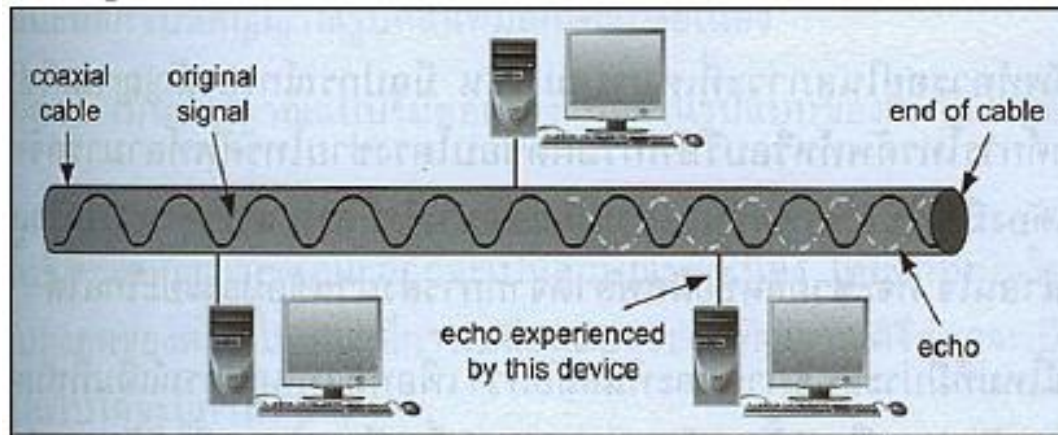


# การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



## 3.4 เอคโค (Echo)

เป็นสัญญาณที่ถูกสะท้อนกลับ (Reflection) โดยเมื่อสัญญาณที่ส่งไปบนสายโคแอกเชียลเดินทางไปยังสุดปลายสาย และเกิดการสะท้อนกลับ โหนดใกล้เคียงก็จะได้ยิน และนี่กว่าสายส่งสัญญาณขณะนั้นไม่ว่าง ทำให้ต้องรอส่งข้อมูล แทนที่จะสามารถส่งข้อมูลได้ทันทีสำหรับการป้องกัน ทำได้โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เทอร์มิเนเตอร์ (Terminator) เช่น ในระบบเครือข่ายท้องถิ่นที่ใช้สายโคแอกเชียลเป็นสายสื่อสาร จะต้องใช้เทอร์มิเนเตอร์ปิดที่ปลายสายทั้งสองฝั่ง เพื่อทำหน้าที่ดูดซับสัญญาณไม่ให้สะท้อนกลับมา





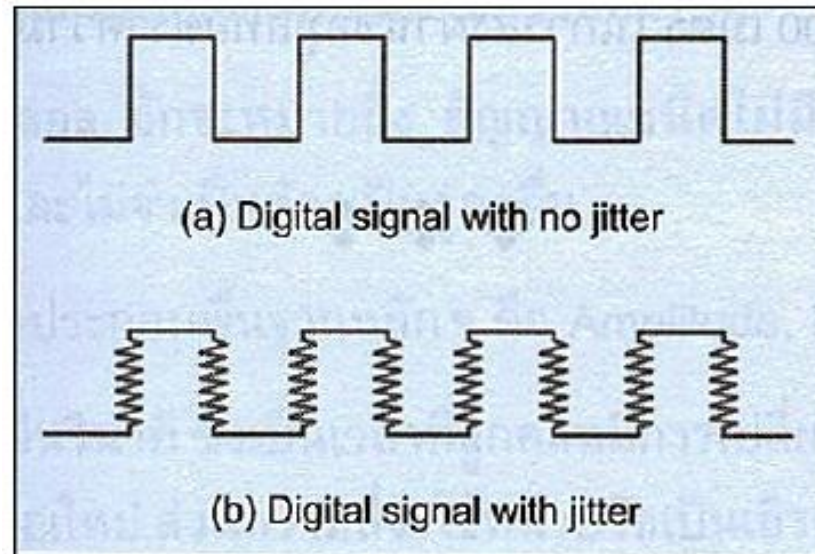
# การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



## 3.5 จิตเตอร์ (Jitter)

เป็นเหตุการณ์ที่ความถี่ ของสัญญาณได้มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดการเลื่อนเฟสไปเป็นค่าอื่นๆ อย่างต่อเนื่องด้วย

สำหรับการป้องกันสามารถทำได้ด้วยการเลือกใช้ช่วงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพ หรืออาจใช้อุปกรณ์รีพีตเตอร์



## การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



สัญญาณรบกวน เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ฝ่ายรับได้รับสัญญาณข้อมูลที่ผิดเพี้ยนไปจากเดิม ไม่เหมือนกับข้อมูลที่ส่งมาจากผู้ส่ง ดังนั้นในการส่งผ่านข้อมูลทุกระบบจำเป็นต้องมีการป้องกันสัญญาณรบกวน โดยเทคนิคดังต่อไปนี้จะช่วยลดสัญญาณรบกวนได้

1. ใช้สายเคเบิลชนิดที่มีฉนวนป้องกันสัญญาณรบกวน ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งช่วยลดการแทรกแซงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และครอสทอล์กได้เป็นอย่างดี
2. สายโทรศัพท์ควรอยู่ในสถานะที่เหมาะสม เช่น มีอุปกรณ์กรองสัญญาณที่ช่วยลดสัญญาณที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งบริษัทที่รับผิดชอบโครงข่ายโทรศัพท์สามารถจัดหาให้ได้ หรือใช้สายเช่าความเร็วสูง (Lease Line) ที่จะช่วยลดข้อผิดพลาดจากการส่งผ่านข้อมูลระยะไกลได้
3. ใช้อุปกรณ์ใหม่ที่มีประสิทธิภาพและทันสมัยกว่า เพื่อทดแทนอุปกรณ์เดิมที่หมดอายุการใช้งาน ประสิทธิภาพต่ำ ถึงอุปกรณ์จะมีราคาแพง แต่ก็ได้ผลของการส่งผ่านข้อมูลที่ดีขึ้น
4. เมื่อต้องการเพิ่มระยะทางในการส่งข้อมูลดิจิทัล ให้ใช้รีพีตเตอร์ หรือใช้แอมพลิไฟเออร์ หากส่งข้อมูลแอนะล็อก ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวจะช่วยเพิ่มระยะทาง และมีส่วนช่วยลดข้อผิดพลาดของสัญญาณลงได้
5. พิจารณาข้อกำหนดและข้อจำกัดของสายสัญญาณแต่ละชนิด เช่น UTP สามารถเชื่อมโยงได้ไม่เกิน 100 เมตร และส่งข้อมูลด้วยอัตราความเร็วสูงสุดที่ 100 Mbps