

บทที่ 3 พื้นฐานข้อมูลและสัญญาณ

(Fundamental of Data and Signals)



ความแตกต่างระหว่างข้อมูลและสัญญาณ



ความสำคัญของชั้นสื่อสารพิสิคัล คือ การเคลื่อนย้ายข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของสัญญาณผ่านสื่อกลาง

❖ ข้อมูล คือ สิ่งที่มีความหมายในตัวโดยข้อมูลทั่วไปที่ใช้งานในระบบคอมพิวเตอร์ จะเป็นข้อมูลชนิดตัวเลข ตัวอักษร ภาพนิ่ง รวมถึงภาพเคลื่อนไหวต่าง

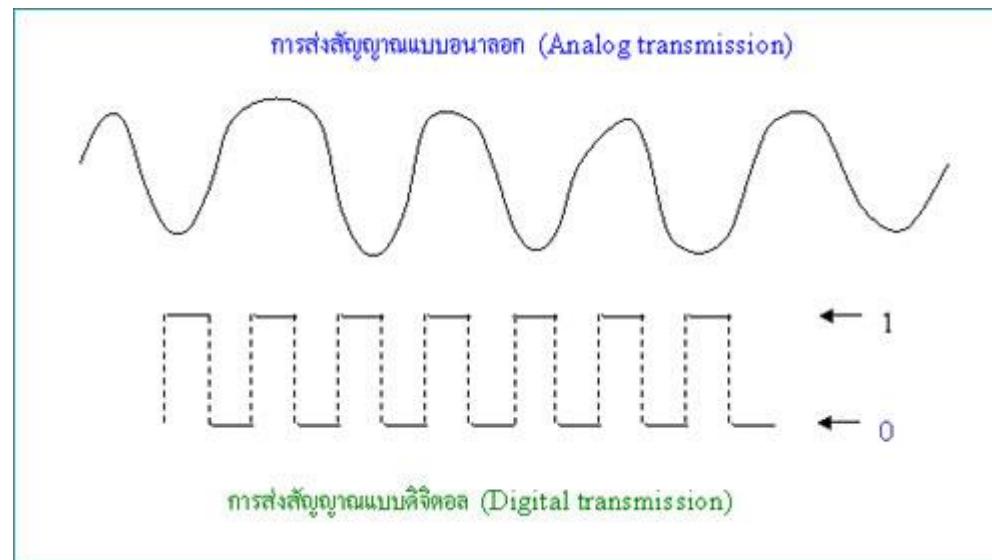
ในการส่งข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งผ่านทางสายสื่อสารหรือคลื่นวิทยุ ข้อมูลที่ต้องการส่งจะต้องได้รับการแปลงให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณที่เหมาะสมกับระบบการสื่อสารนั้นๆ ก่อน

❖ สัญญาณ คือ ปริมาณใดๆ ที่สามารถเปลี่ยนแปลงและสัมพันธ์ไปกับเวลา โดยสัญญาณที่ใช้ในระบบสื่อสาร คือ กระแสไฟฟ้า หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น การสันธนาผ่านระบบโทรศัพท์ การสั่งพิมพ์งาน การดาวน์โหลดข้อมูล เป็นต้น

แอนะล็อกและดิจิตอล (Analog Versus Digital)



- ❖ การส่งข้อมูลในระบบสื่อสารจำเป็นต้องมีการเข้ารหัสข้อมูลมาเป็นสัญญาณในรูปแบบไดรูปแบบหนึ่งที่เหมาะสม เช่น ระบบสื่อสารบางระบบไม่สามารถส่งสัญญาณดิจิตอลได้ ดังนั้นจะต้องแปลงสัญญาณจากดิจิตอล ให้กลายเป็นแอนะล็อกก่อน และจึงส่งผ่านไปยังสายสื่อสาร เมื่อปลายทางได้รับสัญญาณ จะสามารถอ่านค่าที่ส่งมาได้ด้วยการแปลงสัญญาณที่รับเข้ามานำไปใช้ประโยชน์ต่อไป



สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signal) และ ข้อมูลแอนะล็อก (Analog Data)

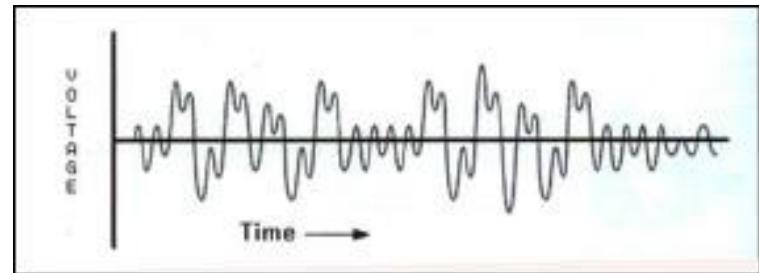
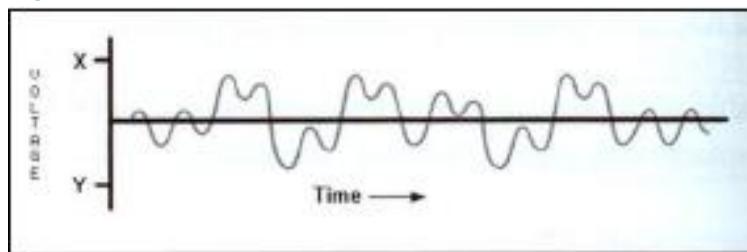


- ❖ เป็นรูปคลื่นที่มีลักษณะต่อเนื่อง (สัญญาณจะแกว่งขึ้นลงอย่างต่อเนื่องและไม่มีการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด) ค่าระดับสัญญาณสามารถอยู่ในช่วงระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของคลื่นได้ โดยค่าต่ำสุดและสูงสุดจะแทนด้วยหน่วยแรงดัน (voltage)

สัญญาณแอนะล็อก(Analog Signals)



- ❖ ข้อมูลแอนะล็อกและสัญญาณแอนะล็อกสามารถถูกกรบทวนได้ง่ายจากสัญญาณรบกวน (Noise) หากมีสัญญาณรบกวนปะปนมากับสัญญาณแอนะล็อกแล้ว จะส่งผลให้การส่งข้อมูลช้าลง และทำให้การจำแนกหรือตัดสัญญาณรบกวนออกจากข้อมูลต้นฉบับทำได้ยาก

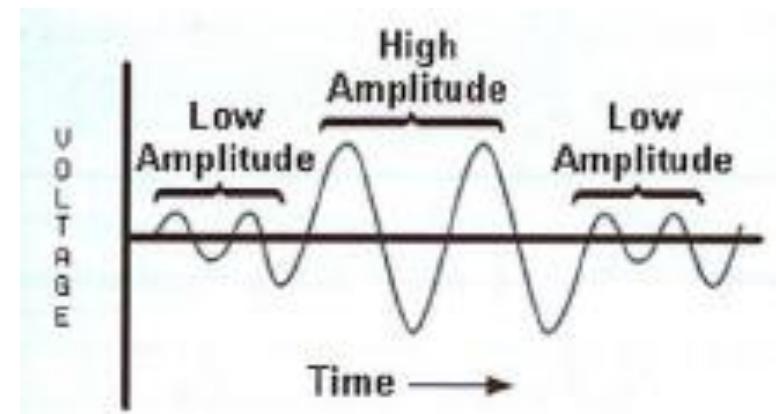
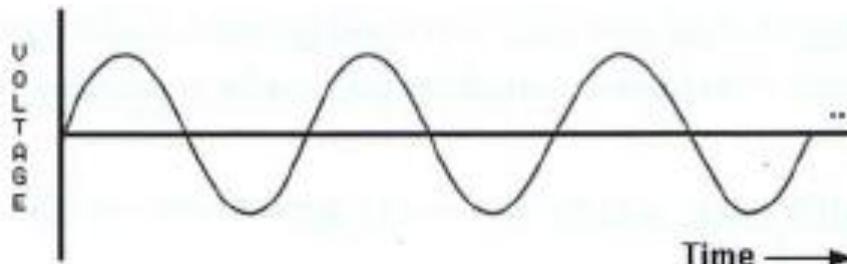


- ❖ เมื่อสัญญาณแอนะล็อกถูกส่งบนระยะทางที่ไกลออกไป ระดับสัญญาณจะถูกลดthonลง ดังนั้นจึงต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า แอมเพลิไฟเออร์ (Amplifier) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการเพิ่มกำลังหรือความเข้มให้สัญญาณ ทำให้สามารถส่งสัญญาณในระยะทางที่ไกลออกไป แต่การเพิ่มกำลังของสัญญาณของแอมเพลิไฟเออร์จะส่งผลให้สัญญาณรบกวนขยายเพิ่มขึ้นด้วย

พื้นฐานของสัญญาณแอนะล็อก



- ❖ แอมเพลจูด (Amplitude) คือ สัญญาณแอนะล็อกที่มีการเคลื่อนที่ในลักษณะ เป็นรูปคลื่นขึ้นลงสลับกัน และก้าวไปตามเวลาแบบสมบูรณ์นั้น เรียกว่า คลื่นซายน์ (Sine Wave)

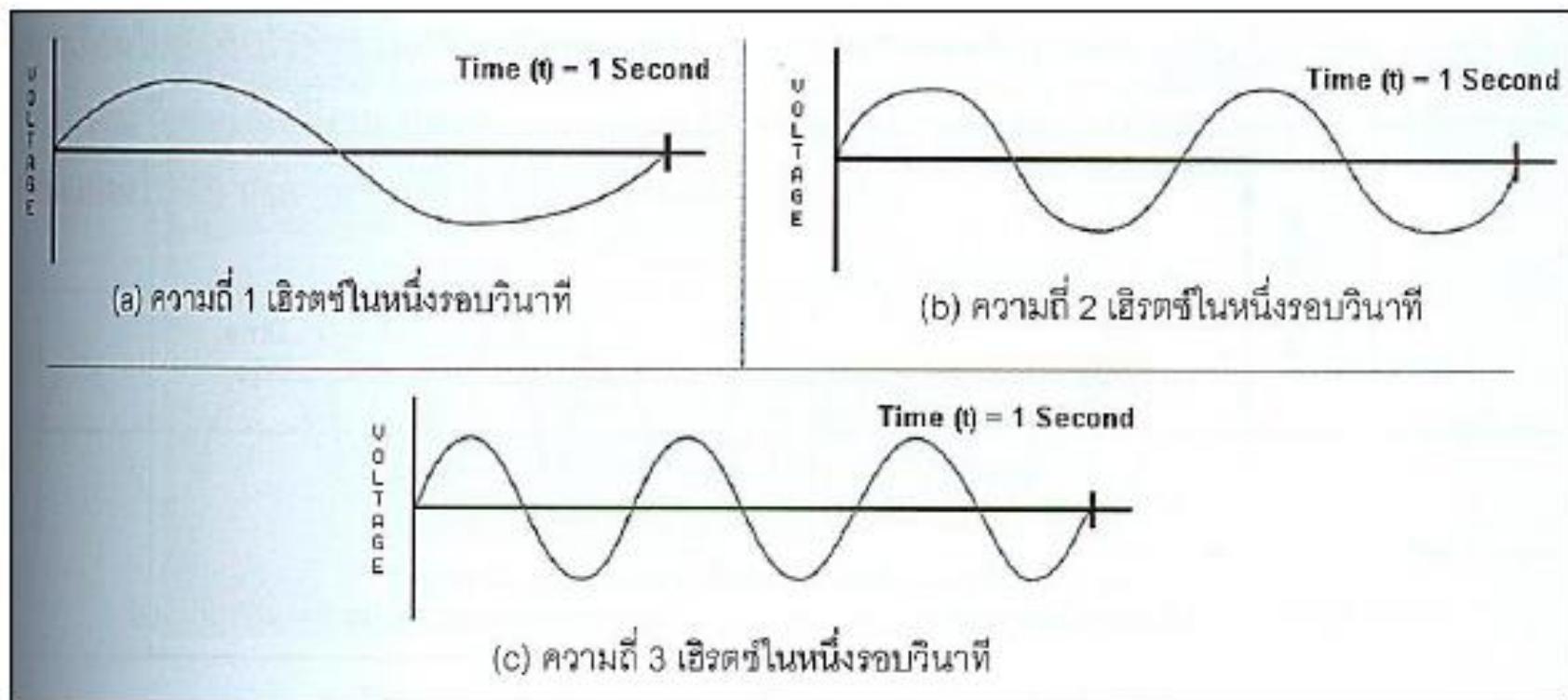


- ❖ แอมเพลจูดจะเป็นค่าที่วัดจากแรงดันไฟฟ้า (High Amplitude) หรือจุดต่ำสุด (Low Amplitude) และแทนด้วยหน่วยวัดเป็น โวลต์ (Volt) ซึ่งอาจเป็นระดับของคลื่นจุฬะสูงสุด

พื้นฐานของสัญญาณแอนะล็อก



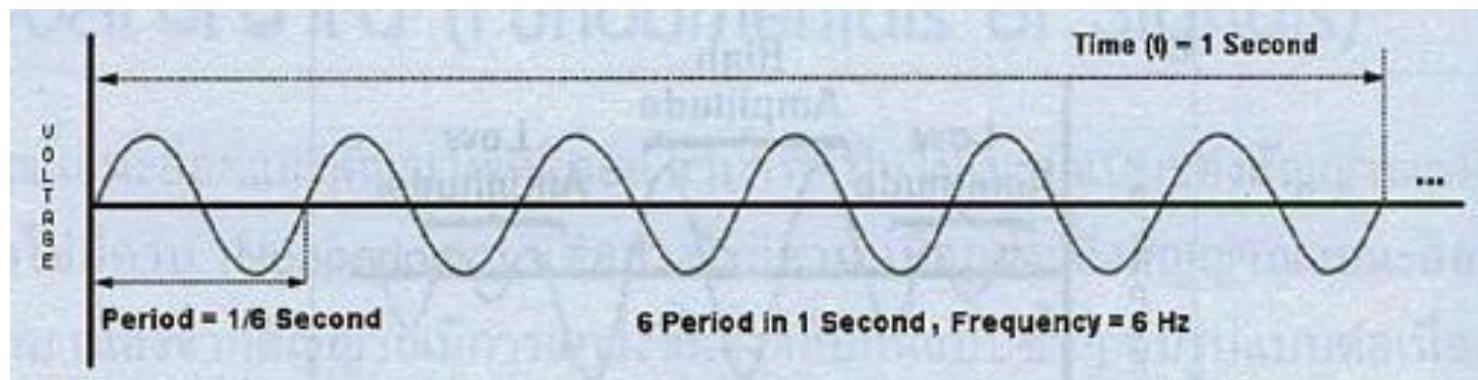
- ❖ ความถี่ (Frequency) หมายถึง อัตราการขึ้นลงของคลื่น ซึ่งเกิดขึ้นจำนวนกี่รอบใน 1 วินาที โดยความถี่นี้ จะใช้แทนหน่วยวัดเป็นเอิร์ตซ์ (Hertz : Hz)



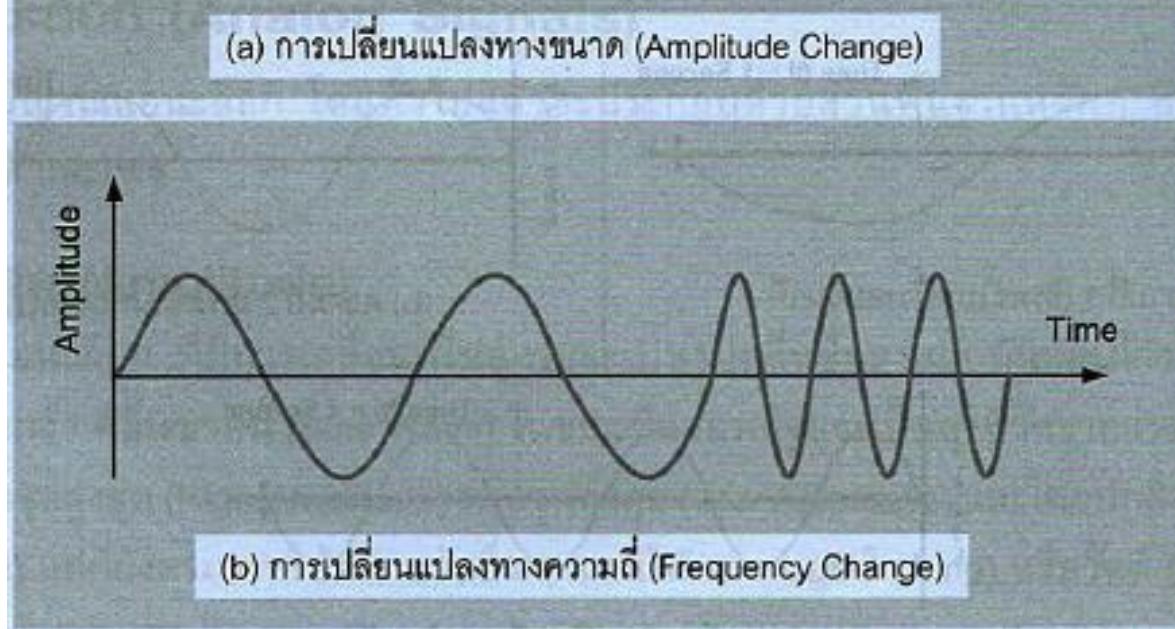
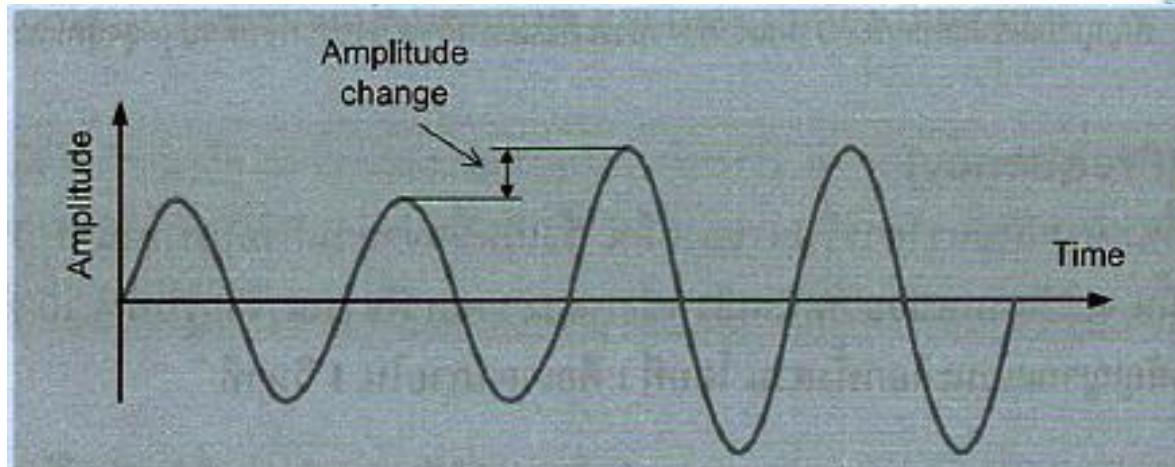
พื้นฐานของสัญญาณแอนะล็อก



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



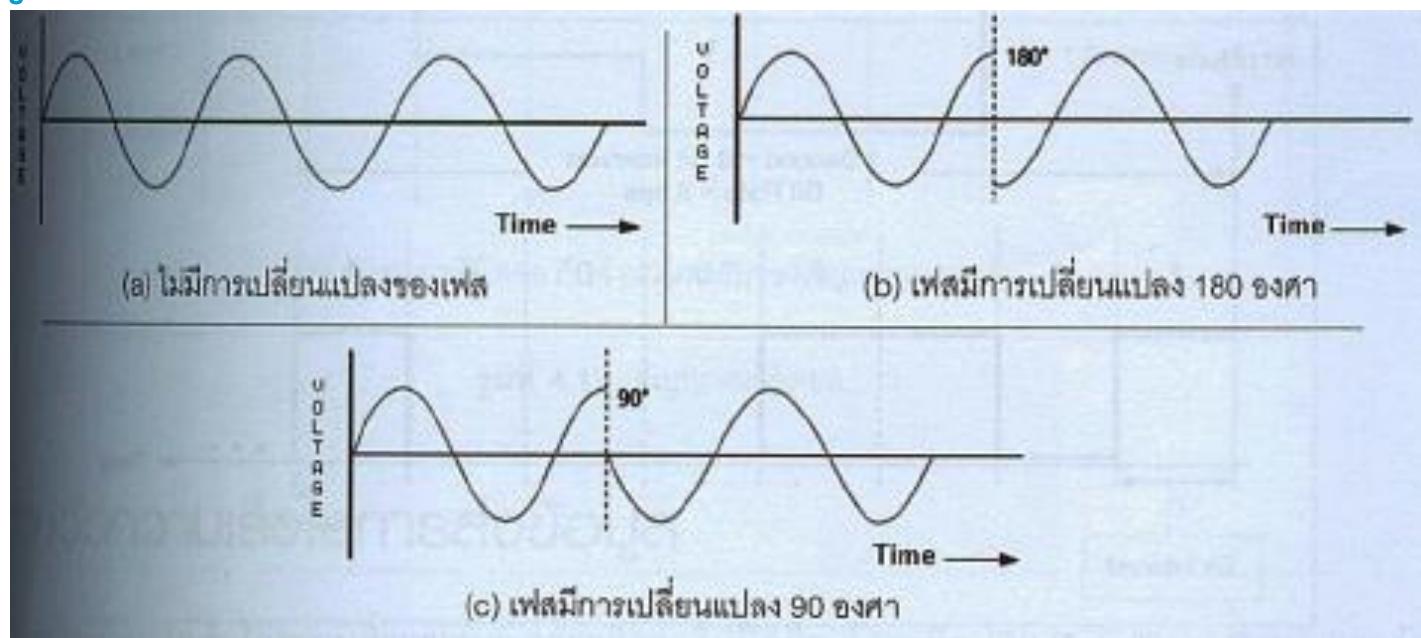
พื้นฐานของสัญญาณแอนะล็อก



พื้นฐานของสัญญาณแอนะล็อก



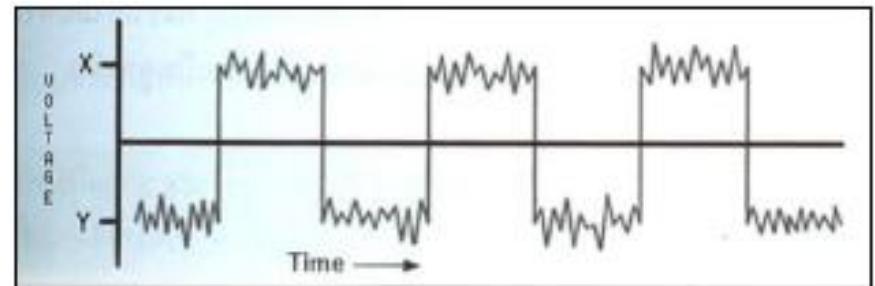
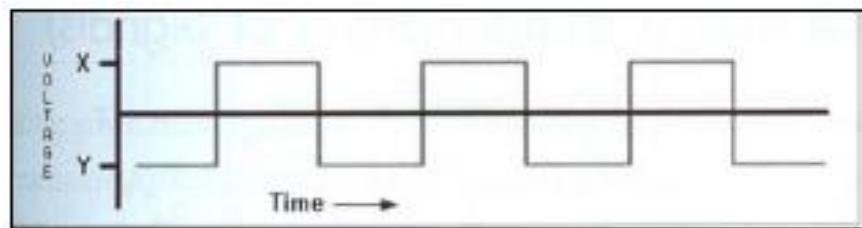
- ❖ เฟส (Phase) เป็นการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ ซึ่งจะวัดจากตำแหน่งองศา ของสัญญาณเมื่อเวลาผ่านไป โดยเฟสสามารถเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง (Phase Shift) ในลักษณะเลื่อนไปข้างหน้าหรืออยหลังกีดี การเลื่อนไปข้างหน้าจำนวนครึ่งหนึ่ง ของลูกคลื่น จะถือว่าเฟสเปลี่ยนแปลงไป 180 องศา



สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) และ ข้อมูลดิจิตอล (Digital Data)



- ❖ เป็นคลื่นแบบไม่ต่อเนื่อง มีรูปแบบของระดับแรงดันไฟฟ้าเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม โดย สัญญาณสามารถเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 1 หรือจาก 1 เป็น 0 ซึ่งเป็นการเปลี่ยน สัญญาณในลักษณะก้าวกระโดด

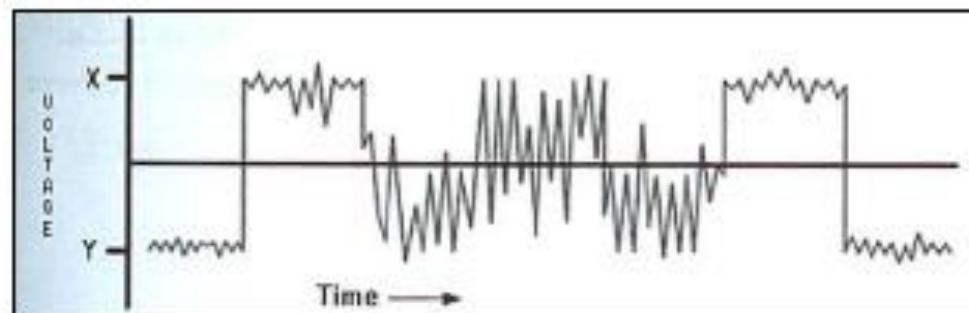


- ❖ ข้อดีของสัญญาณดิจิตอล คือ สามารถสร้างสัญญาณด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่า และ ทนทานต่อสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า และยังสามารถจำแนกระหว่างข้อมูลกับ สัญญาณได้ง่ายกว่า หากมีสัญญาณรบกวนไม่มาก ก็ยังสามารถคงรูปสัญญาณเดิมได้

สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) และ ข้อมูลดิจิตอล (Digital Data)



- ❖ ข้อเสียของสัญญาณดิจิตอล คือ สัญญาณจะถูกลดthonหรือเบาบางลง เมื่อถูกส่งในระยะทางไกลๆ ซึ่งในการส่งข้อมูลระยะไกลๆ นั้น สัญญาณแอนะล็อกจะทำได้ดีกว่า สำหรับอุปกรณ์ที่ช่วยยืดระยะทางในการส่งข้อมูลดิจิตอล เรียกว่า เครื่องทวนสัญญาณ (Repeater) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้า regenerate สัญญาณที่ถูกลดthonลงให้คงรูปเดิมเหมือนต้นฉบับ และสามารถส่งสัญญาณได้ระยะไกลขึ้น
- ❖ สัญญาณรบกวนที่ประปนมาพร้อมกับข้อมูล ถึงจะสามารถใช้อุปกรณ์กลั่นกรองสัญญาณ เพื่อช่วยให้สัญญาณมีคุณภาพ รวมถึงลดความเบาบางของสัญญาณ รบกวนลงได้ แต่หากสัญญาณรบกวนมีปริมาณสูงมาก ย่อมส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของข้อมูล

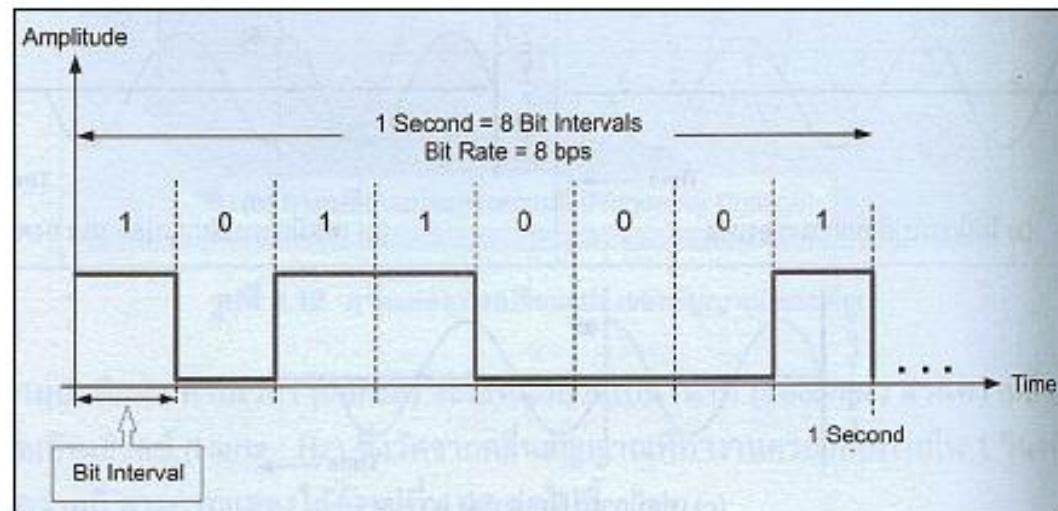


สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal)



- ❖ สัญญาณดิจิตอลส่วนใหญ่เป็นสัญญาณชนิดไม่มีคาบ 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)

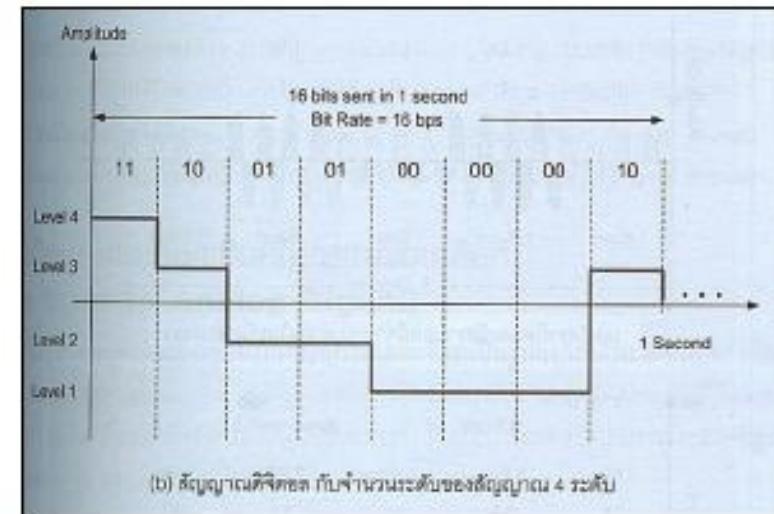
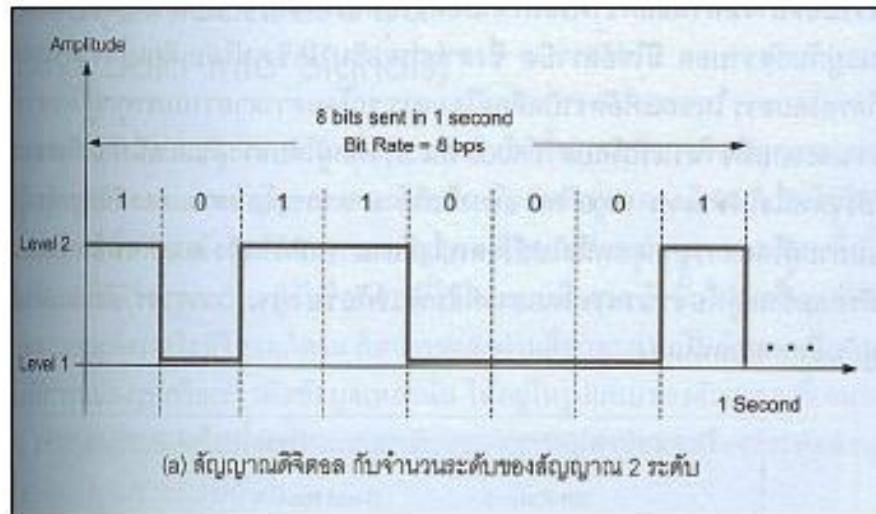
ใบารี 1 แทนแรงดันบวก
ใบารี 0 แทนแรงดันศูนย์



สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal)



- ❖ สัญญาณดิจิตอลสามารถมีจำนวนระดับสัญญาณมากกว่า 2 ระดับ โดยในแต่ละระดับสามารถส่งบิตมากกว่าหนึ่งบิต โดยทั่วไปถ้าสัญญาณมีจำนวน L ระดับ ในแต่ละระดับของสัญญาณก็จะสามารถส่งข้อมูลได้จำนวน $\log_2 L$ บิต

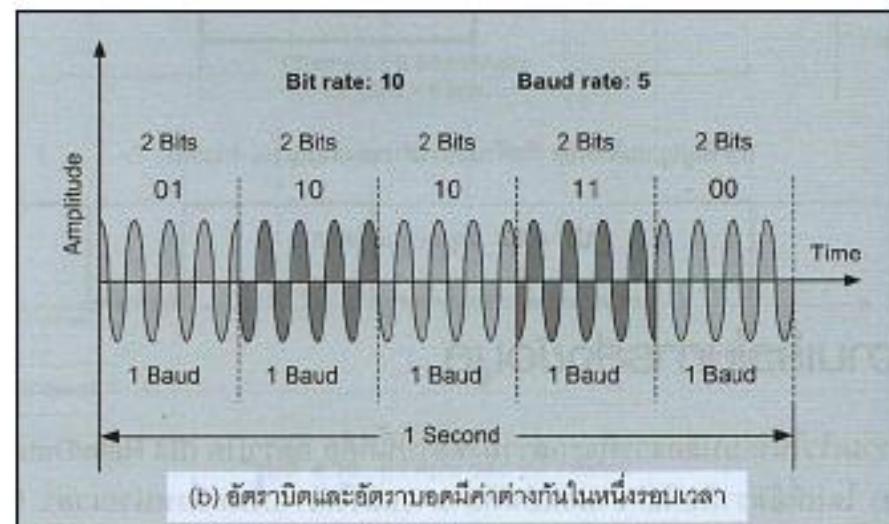
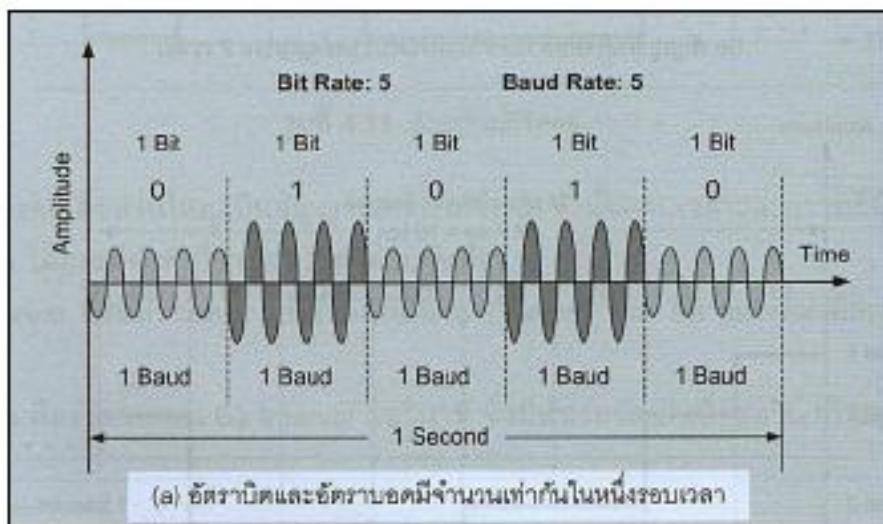


หน่วยวัดความเร็วในการส่งข้อมูล



- ❖ อัตราบิต (Bit Rate/Data Rate) คือ จำนวนบิตที่สามารถส่งได้ภายในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งมีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bps)
- ❖ อัตราบอด (Baud Rate) คือ จำนวนของสัญญาณที่สามารถส่งได้ต่อการเปลี่ยนสัญญาณในหนึ่งหน่วยเวลา (baud per second)
 - ❖ ปกติอัตราบอดจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับอัตราบิต และแบนด์วิดในระบบสื่อสารนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราบอด 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

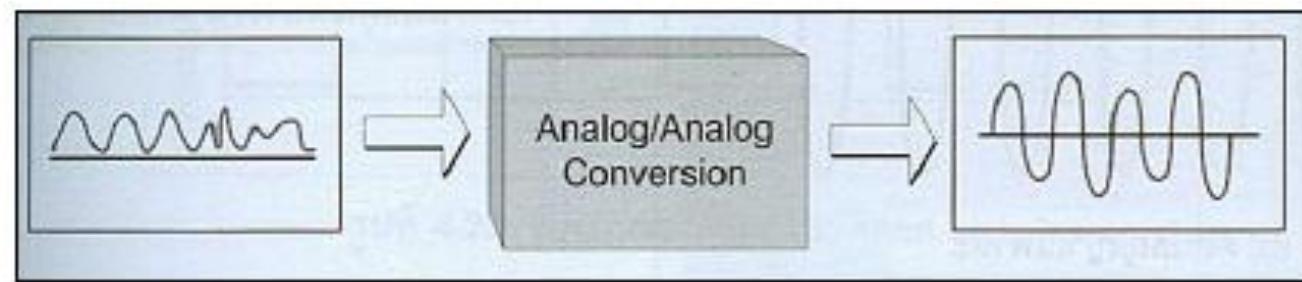


- ❖ โดยปกติแล้วสัญญาณดิจิตอลจะรับส่งข้อมูลดิจิตอล และสัญญาณแอนะล็อกก์ จะรับส่งข้อมูลแอนะล็อก แต่เราสามารถใช้สัญญาณแอนะล็อกเพื่อรับส่งข้อมูลดิจิตอล และใช้สัญญาณดิจิตอลเพื่อรับส่งข้อมูลแอนะล็อกได้
- ❖ การส่งผ่านด้วยสัญญาณแอนะล็อกหรือดิจิตอลจะขึ้นอยู่ กับสื่อสารที่ใช้ในระบบสื่อสาร โดยที่สามารถส่งข้อมูลด้วยรูปแบบใดก็ได้เพียงแต่จำเป็นต้องมีการแปลงรูปหรือเข้ารหัสข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณที่เหมาะสมกับสื่อสาร เลี่ยงก่อน
 1. การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณแอนะล็อก
 2. การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณดิจิตอล
 3. การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก
 4. การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณแอนะล็อก



- ❖ ในการแปลงข้อมูลแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณแอนะล็อกเป็นรูปแบบที่ง่าย มีต้นทุนต่ำ โดยจะมีอุปกรณ์ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ และได้ผลลัพธ์เป็นสัญญาณแอนะล็อก เช่น ระบบวิทยุกระจายเสียง



- ❖ มีการเปิดวิทยุคลื่น FM ที่ความถี่ 101.5 เมกะเฮิรตซ์เพื่อฟังเพลง ชิ้นคลื่นสถานีจะส่งออกไปที่ย่านความถี่นี้ในขณะที่เลี้ยงพูดของมนุษย์จะอยู่ในย่านความถี่ต่ำช่วง 300-3400 เฮิรตซ์ และเลี้ยงดนตรีมีย่านความถี่ที่ 30-20000 เฮิรตซ์ ดังนั้นเพื่อให้เลี้ยงพูดและเลี้ยงดนตรีสามารถส่งออกไปที่ย่านความถี่ 101.5 เมกะเฮิรตซ์ได้จำเป็นต้องมีเทคนิคบริการส่ง

การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณแอนะล็อก

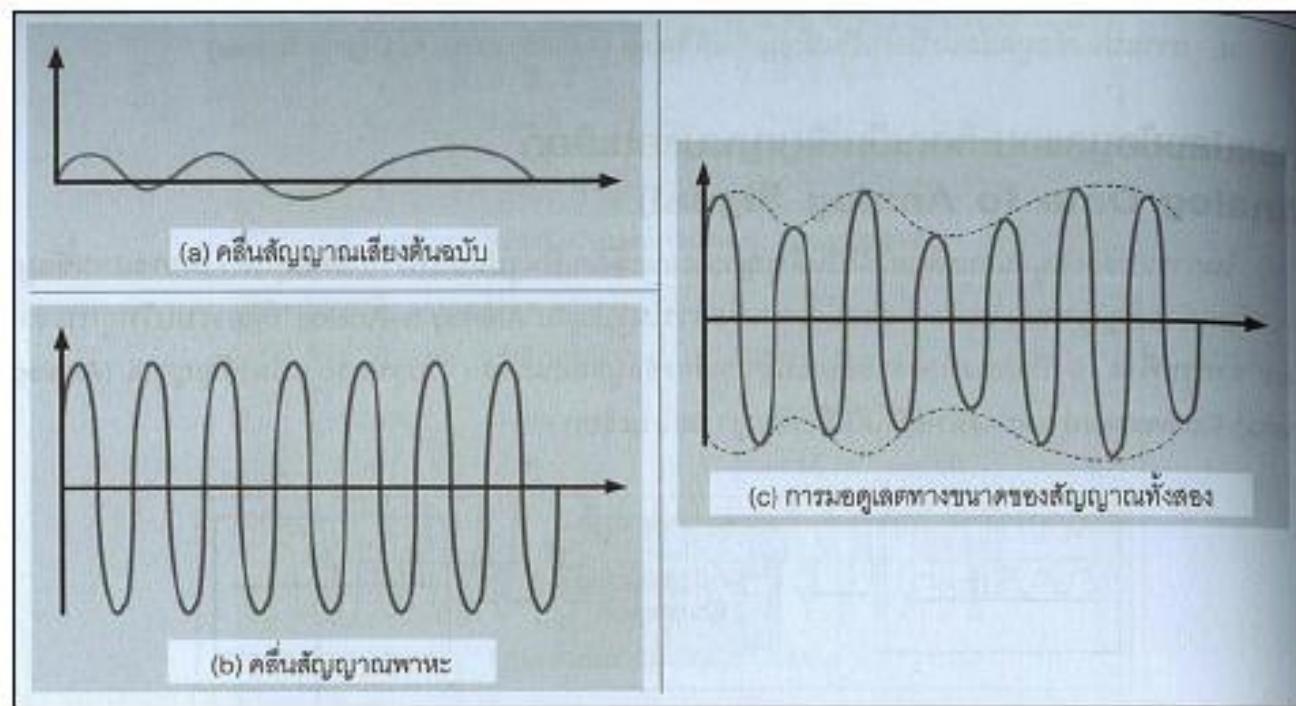


- ❖ สัญญาณพาหะ มีคุณสมบัติพิเศษคือ เป็นคลื่นความถี่สูง และเป็นคลื่นสัญญาณไฟฟ้าที่สามารถส่งออกผ่านสื่อกลางได้บนระยะทางไกลๆ เมื่อมีการนำสัญญาณพาหะมารวมกับสัญญาณ จะเรียกว่า การมอดูเลต (Modulate) เมื่อสถานีส่งทำการส่งสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตไปแล้ว สถานีรับจะต้องมีวิธีในการแยกสัญญาณพาหะออกจากสัญญาณเสียงเรียกว่าการดีมอดูเลต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

การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณแอนะล็อก



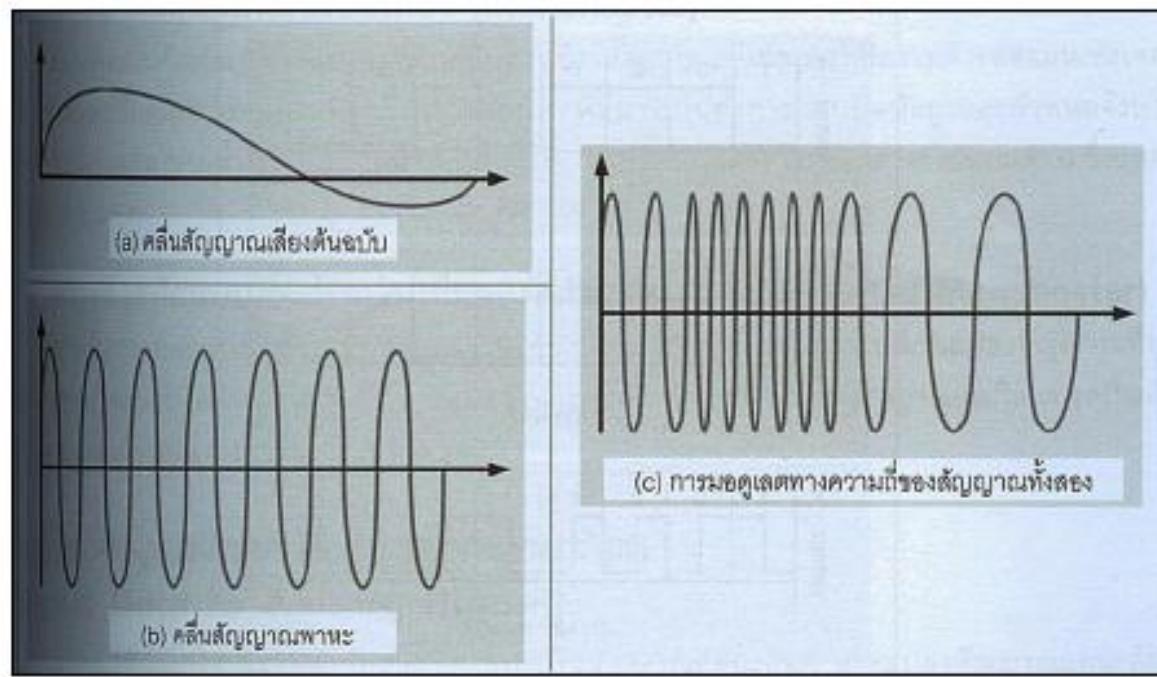
- ❖ การนำสัญญาณแอนะล็อกมาמודดูเลตกับสัญญาณพาหะ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ
 1. การมอดูเลตทางขนาด (Amplitude Modulation : AM) ที่ใช้กับคลื่นวิทยุ AM ซึ่งขนาดของคลื่นพาหะจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามรูปสัญญาณที่ต้องการส่ง



การแปลงข้อมูลแอนะล็อกเป็นสัญญาณแอนะล็อก



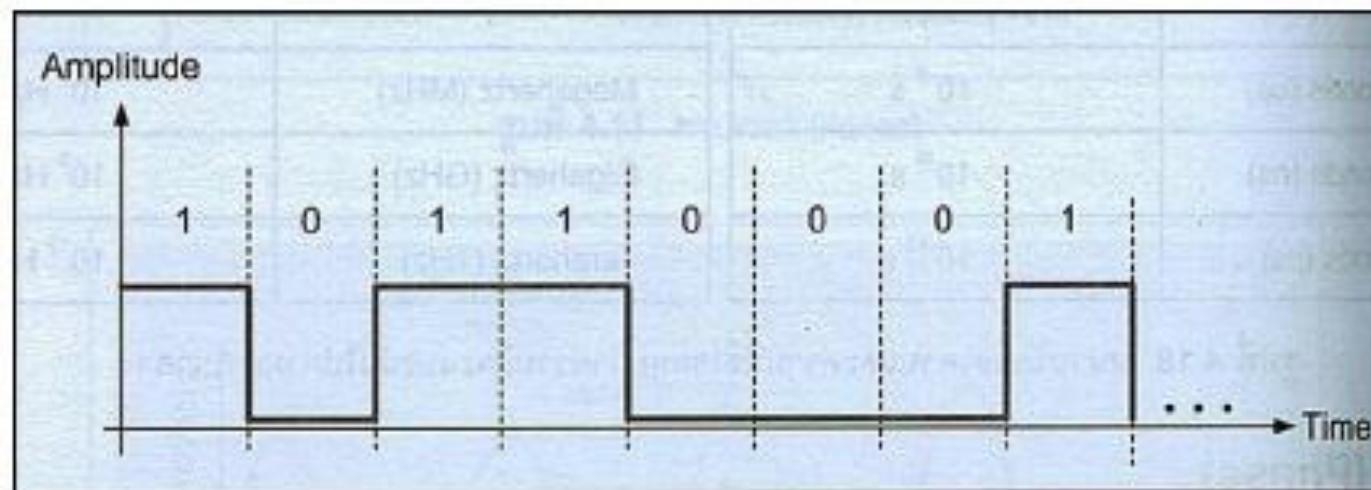
2. การมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation : FM) ที่ใช้กับคลื่นวิทยุ FM ซึ่งความถี่ของคลื่นพากจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณที่มอดูเลต โดยขนาดของรูปคลื่นสัญญาณที่ต้องการจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามการลดของระดับสัญญาณ



การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณดิจิตอล



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



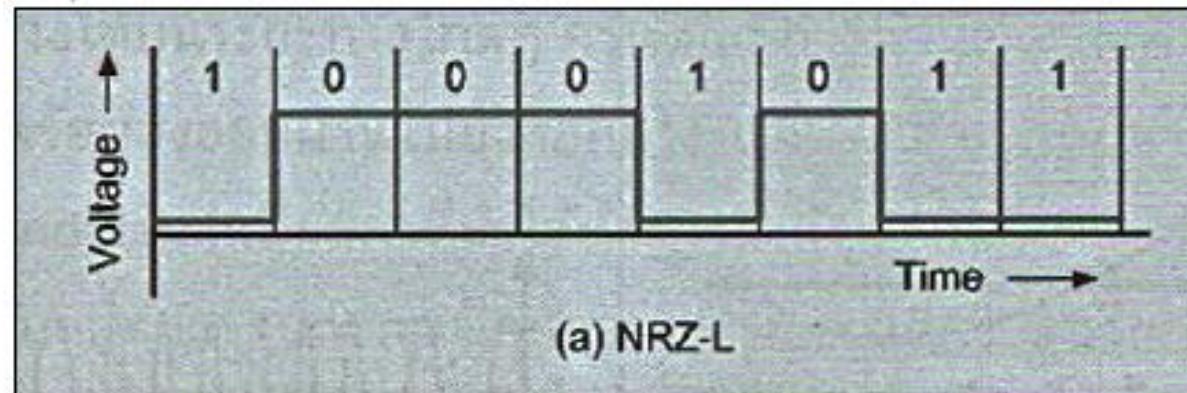
การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณดิจิตอล



ในการแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณดิจิตอล มีเทคนิคการเข้ารหัสหลายวิธี คือ

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

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



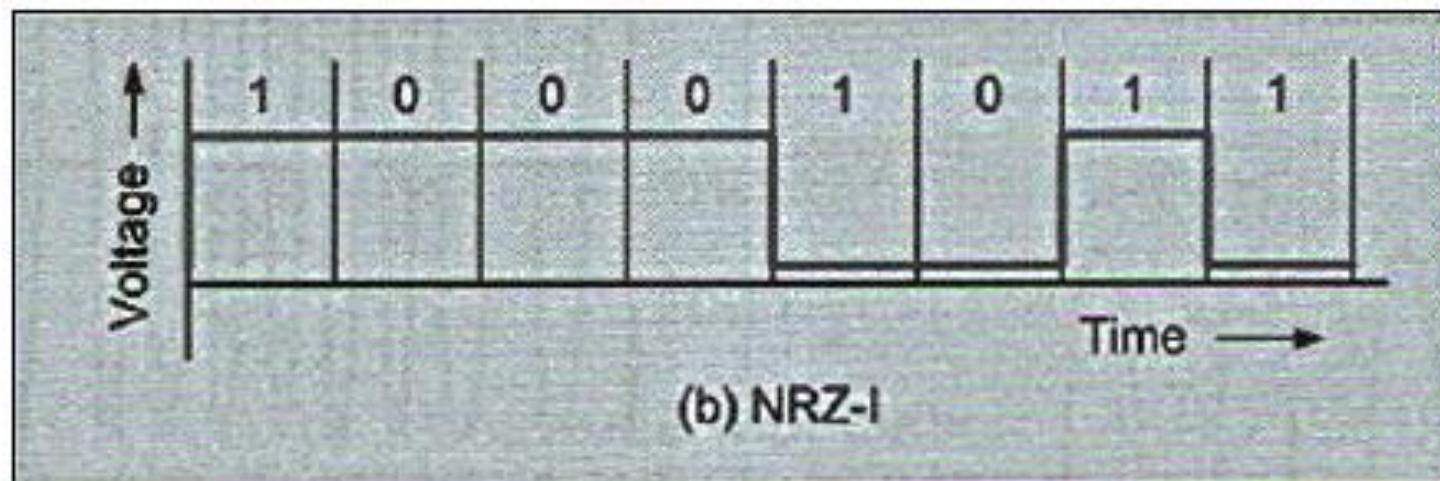
(a) NRZ-L



การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณดิจิตอล

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

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

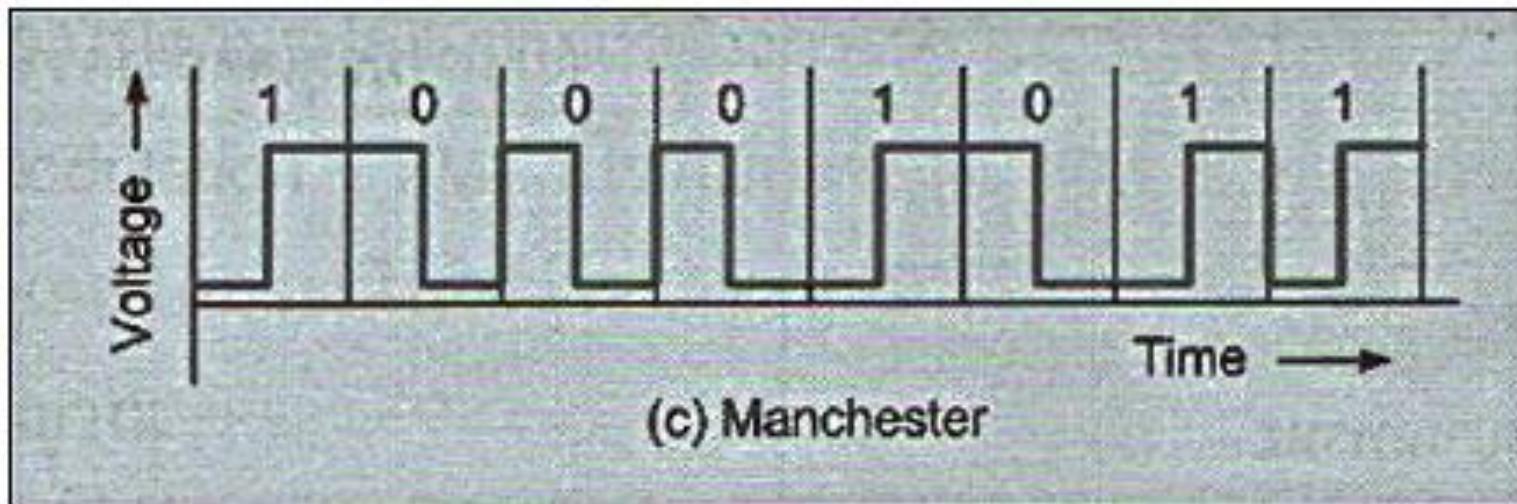


การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณดิจิตอล



3. การเข้ารหัสแบบเมนเชสเตอร์ (Manchester)

มีการใช้เทคนิคนี้บนเครือข่ายท้องถิ่น (Ethernet) ซึ่งการเข้ารหัสเมนเชสเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่จุดกึ่งกลางของบิต เพื่อนำไปใช้ทั้งการแทนบิตข้อมูลและกำหนดจังหวะโดยการเปลี่ยนแปลงจากต่ำไปสูงจะแทนค่า 1 ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงจากสูงไปต่ำจะแทนค่า 0

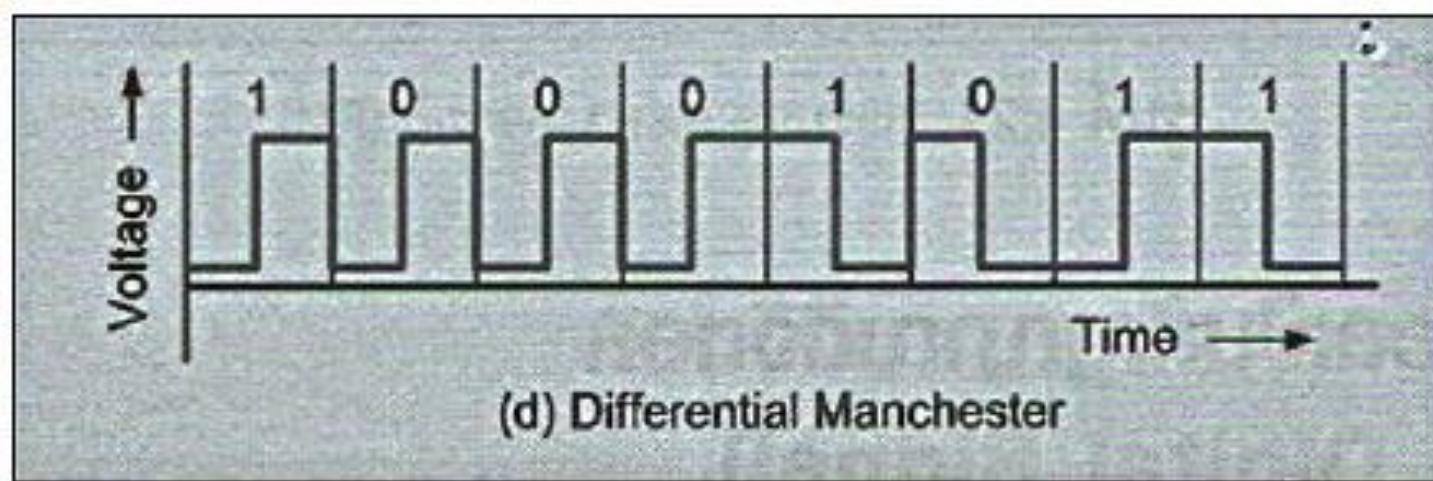


การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณดิจิตอล



4. การเข้ารหัสแบบดิฟเฟอเรนเชียลแมนเชสเตอร์ (Differential Manchester)

การเข้ารหัสนี้จะเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่จุดกึ่งกลางของบิต แต่จะนำไปใช้เพื่อกำหนดจังหวะเท่านั้น โดยการเปลี่ยนสัญญาณจะเกิด ณ จุดเริ่มต้นของบิต ข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 เท่านั้น

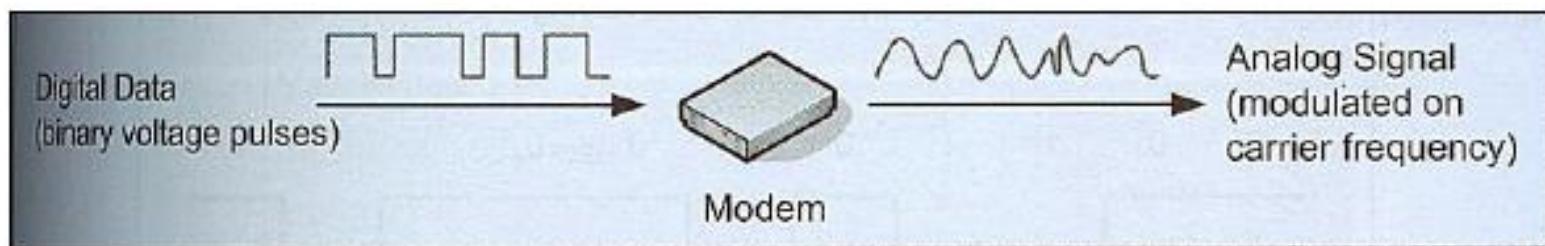


การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก



อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก และแปลงสัญญาณแอนะล็อกกลับมาเป็นข้อมูลดิจิตอล เรียกว่า โมเด็ม (Modulator/Demodulator) เช่น อินเทอร์เน็ตบ้านทั่วไปที่เชื่อมต่อด้วยการ dial-up

โมเด็มต้นทางจะทำการแปลงข้อมูลคอมพิวเตอร์ (ดิจิตอล) มาเป็นสัญญาณแอนะล็อก เพื่อส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสารโทรศัพท์ จากนั้นเมื่อส่งถึงปลายทาง โมเด็มปลายทางจะทำการแปลงสัญญาณแอนะล็อกกลับมาเป็นข้อมูลดิจิตอล เพื่อส่งให้กับคอมพิวเตอร์ใช้งานต่อไป



การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก



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

สำหรับเทคนิคการมอดูเลตสัญญาณดิจิตอล ซึ่งมีคุณสมบัติของสัญญาณที่มีระดับแรงดันแน่นอน ดังนั้น สัญญาณพาหะจะถูกเปลี่ยนไปตามแม่พิลจูดความถี่ หรือเฟส ซึ่งในการมอดูเลตจะประกอบด้วยวิธีต่างๆ ดังนี้

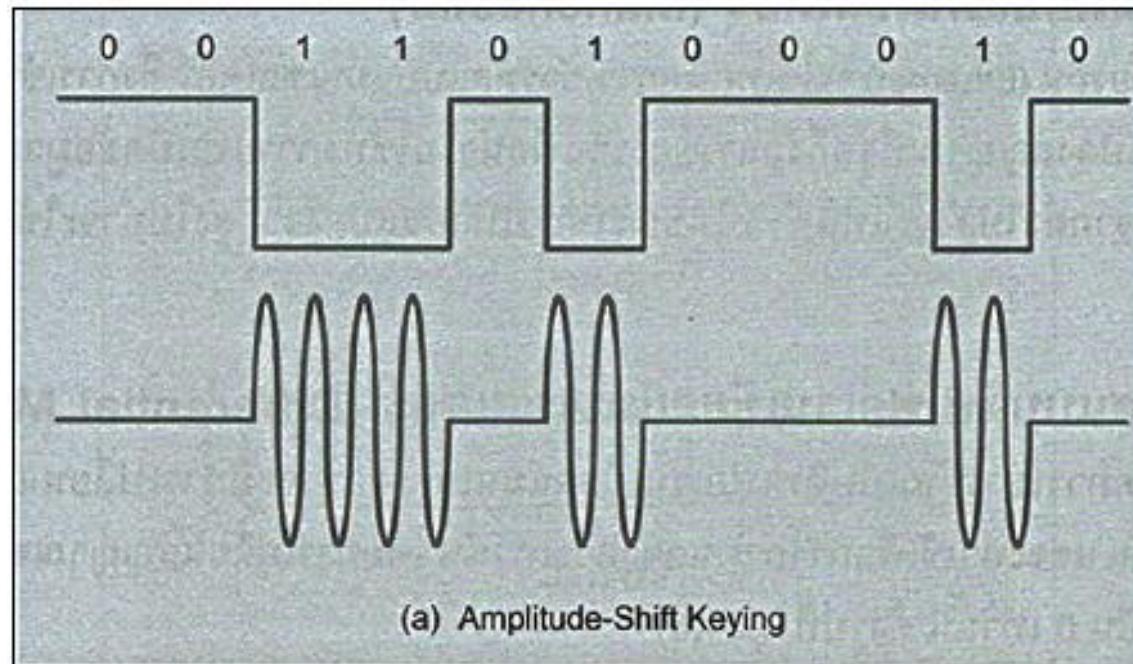
1. วิธี ASK (Amplitude-Shift Keying)
2. วิธี FSK (Frequency-Shift Keying)
3. วิธี PSK (Phase-Shift Keying)

การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก



1. วิธี ASK (Amplitude-Shift Keying)

สัญญาณพากจะถูกเปลี่ยนไปตามแมมพลิจูด

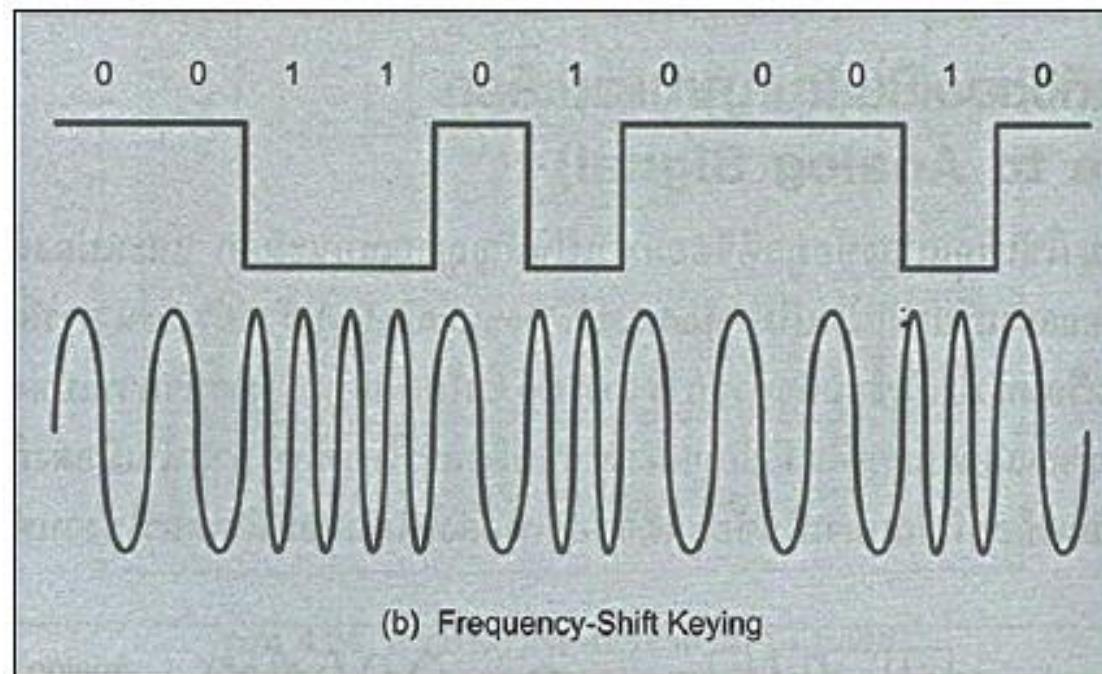


การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก



2. วิธี FSK (Frequency-Shift Keying)

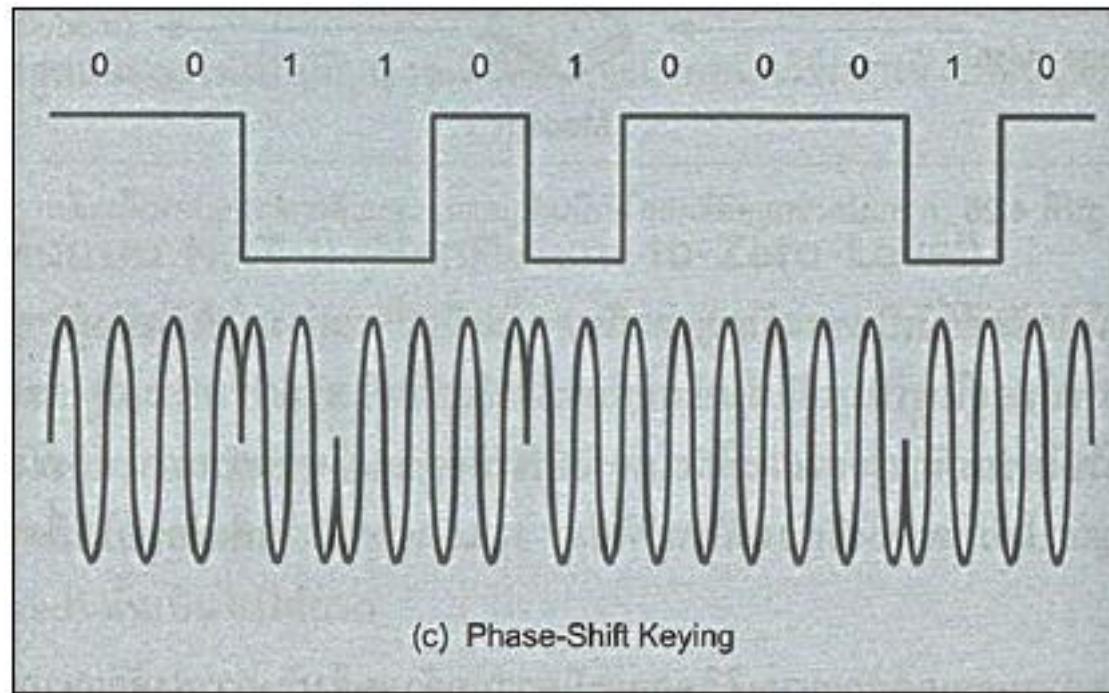
สัญญาณพากจะเปลี่ยนไปตามความถี่



การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก



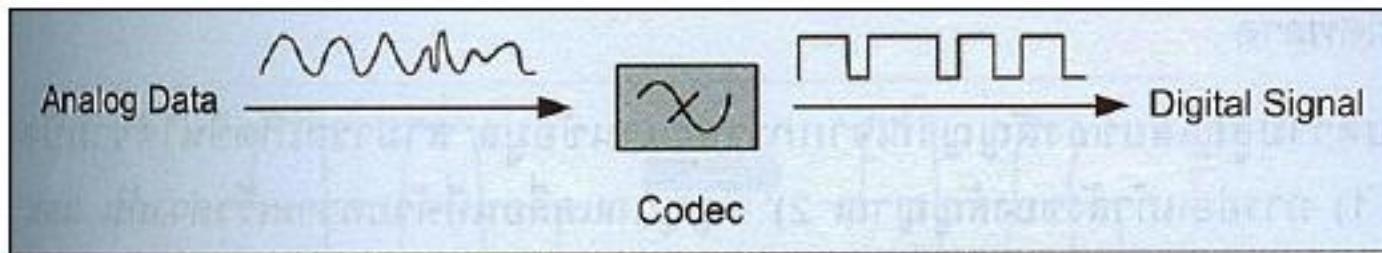
3. วิธี PSK (Phase-Shift Keying) สัญญาณ파หะจะเปลี่ยนไปตามเฟส



การแปลงข้อมูลอะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล



อุปกรณ์ที่เรียกว่า โคเดค (Coder/Decoder) เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้สำหรับแปลงข้อมูลอะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ด้วยการใช้เทคนิค Voice Digitization และยังสามารถแปลงกลับมาเป็นสัญญาณอะล็อกได้ ตัวอย่าง อุปกรณ์โคเดค เช่น ชุดรับส่งสัญญาณ โทรศัพท์ คอมพิวเตอร์ และวีดีโอดิจิตอล



รายละเอียดชนิดของข้อมูลที่แปลงเป็นสัญญาณต่างๆ



ข้อมูล	สัญญาณ	เทคนิคที่นำไปที่นำมาใช้สำหรับการแปลงสัญญาณ	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



ปกติแล้วคุณภาพของสัญญาณที่เดินทางผ่านสื่อกลางอาจถูกลดトンลงไปได้ ทำให้เกิดความสูญเสียสัญญาณ ทั้งนี้สัญญาณที่เสียหายอาจเกิดขึ้นจากความต้านทานภายในสายสัญญาณ หรือจากสิ่งรบกวนภายนอก ดังนั้นเมื่อสัญญาณเสียหาย ทำให้สุดท้ายเมื่อถึงปลายทางสัญญาณอาจไม่เหมือนต้นฉบับเดิม ทำให้ได้รับข้อมูลที่ผิดพลาด

สำหรับความสูญเสียของสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล สามารถเกิดขึ้นได้จากปัจจัยนี้

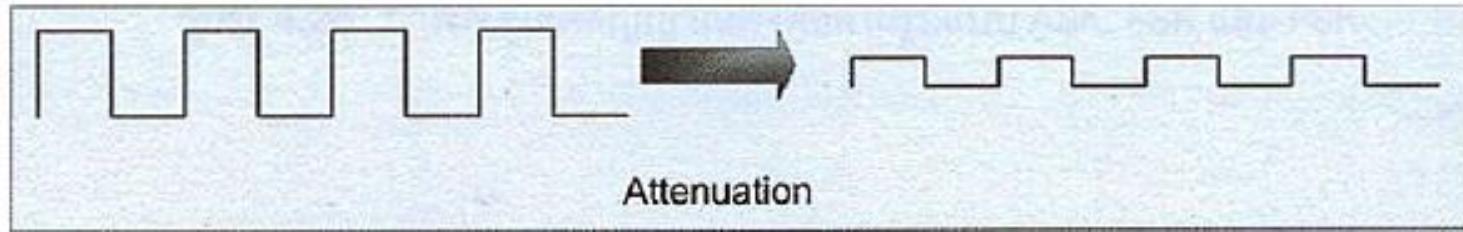
1. การอ่อนกำลังของสัญญาณ
2. สัญญาณเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างกัน
3. สัญญาณรบกวน

การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



1. การอ่อนกำลังของสัญญาณ (Attenuation)

เมื่อสัญญาณข้อมูลเดินทางผ่านสื่อกลาง ไม่ว่าจะเป็นสายโคаксิ얼 สายคุปิดเกลี่ยว หรือสายไฟเบอร์อوبติกไปในระยะทางไกลๆ ย่อมเกิดการสูญเสียพลังงาน ทำให้ความเข้มของสัญญาณลดลง และลดลงมากขึ้นหากระยะทางไกลขึ้นไปอีก ดังนั้น เมื่อความเข้มของสัญญาณเบาบางลง หรือลดลง จะส่งผลต่ออุปกรณ์รับ เนื่องจากสัญญาณที่รับเข้ามา จำเป็นต้องมีระดับความเข้มของสัญญาณมากพอที่จะทำให้อุปกรณ์สามารถตรวจสอบสัญญาณ และนำไปใช้งานได้



การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



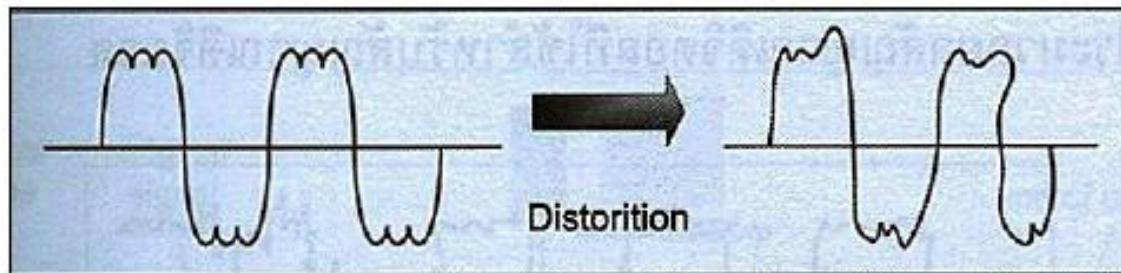
ดังนั้น หากต้องการส่งสัญญาณไปในระยะทางไกลๆ จำเป็นต้องมี อุปกรณ์ช่วย เช่น หากส่งสัญญาณแอนะล็อก จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า แอมเพล ไฟเออร์ (Amplifier) เพื่อขยายกำลังส่งของสัญญาณ หรือหากส่งสัญญาณ ดิจิตอล จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า รีพีตเตอร์ ที่จะช่วยซ่อมแซมสัญญาณให้คงอยู่ ในรูปเดิมเหมือนต้นฉบับ ทำให้สามารถส่งทอดสัญญาณต่อไปบนระยะทางไกล ได้ขึ้นอีก

การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



2. สัญญาณเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างกัน (Distortion)

เป็นเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้กับสัญญาณประเภท Composite Signal ที่สัญญาณแต่ละความถี่เคลื่อนที่ผ่านสื่อกลางด้วยความเร็วแตกต่างกัน คือ สัญญาณแต่ละความถี่ได้ถูกลดthonลงในอัตราที่แตกต่างกันภายใต้สื่อกลาง และเกิดการรวมกันของสัญญาณขึ้น ทำให้สัญญาณบิดเบี้ยวเพียงไปจากเดิม และส่งผลต่อผู้รับที่จะได้รับสัญญาณแต่ละความถี่ไม่พร้อมกัน สำหรับความสูญเสียของสัญญาณแบบนี้ สามารถป้องกันได้ด้วยการเพิ่มวงจร Equalizes เพื่อตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามาและปรับความถี่ของแต่ละสัญญาณให้มีความเร็วเท่ากัน



การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



3. สัญญาณรบกวน (Noise)

เป็นผลกระทบอีกด้านหนึ่งที่ทำให้สัญญาณข้อมูลเกิดความสูญเสียโดยสัญญาณรบกวนมีอยู่หลายชนิด ประกอบด้วย

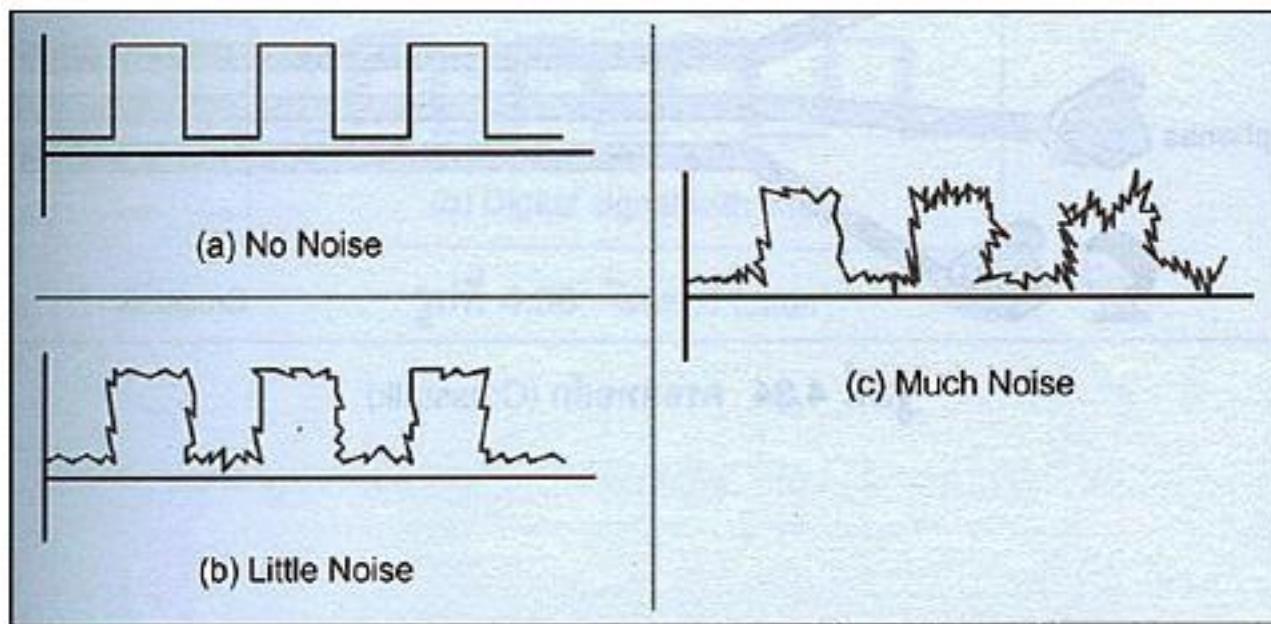
3.1 เทอร์มัลโนയ์ส์ (Thermal Noise)

เป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดจากความร้อนหรืออุณหภูมิ ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ ของอิเล็กตรอนบนบันลวดตัวนำ โดยหากอุณหภูมิสูงขึ้น ระดับของสัญญาณรบกวนก็จะสูงขึ้นตามสัญญาณรบกวนชนิดนี้ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน และอาจมีการกระจายไปทั่วทั้งหมด ความถี่ต่างๆ

การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



สำหรับการป้องกัน อาจทำด้วยการใช้อุปกรณ์กรองสัญญาณ (Filters)
สำหรับสัญญาณแอนะล็อก หรืออุปกรณ์ปรับสัญญาณ (Regenerate) สำหรับ
สัญญาณดิจิตอล



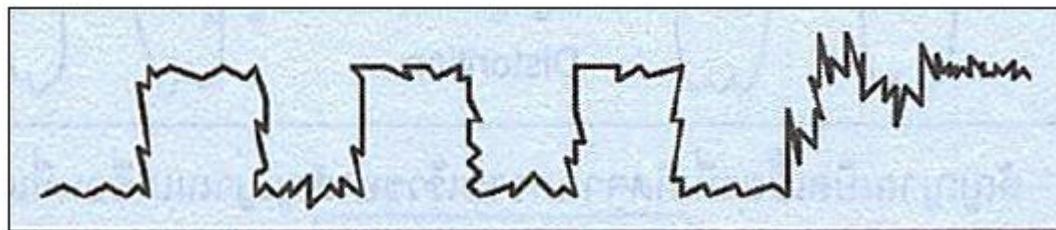
การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



3.2 อิมพัลส์นอยซ์ (Impulse Noise)

เป็นเหตุการณ์ที่ทำให้คลื่นสัญญาณโด่ง (Spikes) ขึ้นอย่างผิดปกติอย่างรวดเร็ว จัดเป็นสัญญาณรบกวนแบบไม่คงที่ ตรวจสอบได้ยาก เนื่องจากอาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ และหายไป ส่วนใหญ่เกิดจากการรบกวนของลิ่งแวดล้อมภายนอกแบบทันทีทันใด เช่น ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า หรือสายไฟกำลังสูงที่ตั้งอยู่ใกล้ และหากสัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์เข้าแทรกแซงกับสัญญาณดิจิตอล จะทำให้สัญญาณต้นฉบับบางส่วนถูกลบล้างหายไปจนหมด และไม่สามารถกลับมาได้

การป้องกันสัญญาณรบกวนชนิดนี้ ทำได้ด้วยการใช้อุปกรณ์กรองสัญญาณพิเศษที่ใช้สำหรับสัญญาณแอนะล็อก หรืออุปกรณ์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลที่ใช้สำหรับสัญญาณดิจิตอล

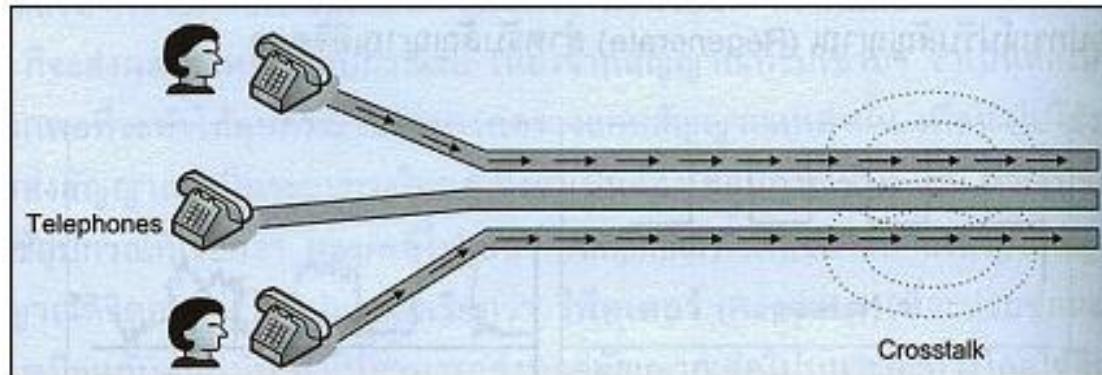


การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



3.3 ครอสทอล์ก (Crosstalk)

เป็นเหตุการณ์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เข้าไปรบกวนสัญญาณข้อมูลที่ส่งผ่านเข้าไปในสายสื่อสาร เช่น สายคู่บิดเคลือบวิชั่นกับสายโทรศัพท์ มักก่อให้เกิดสัญญาณครอสทอล์กได้ง่าย เนื่องจากในระบบส่งสัญญาณที่มีสายส่งหลายเส้น และติดตั้งบนระยะทางใกล้ๆ เมื่อมีการนำสายเหล่านี้มัดรวมกัน จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า มีโอกาสที่สัญญาณในแต่ละเส้นจะรบกวนซึ่งกันและกัน เช่น การได้ยินเสียงพูดคุยกันอยู่อีกเส้น ขณะที่เราพูดคุยกับโทรศัพท์สำหรับการป้องกัน สามารถทำได้ด้วยการใช้สายสัญญาณที่มีฉนวนหรือมีชีล์ดเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน

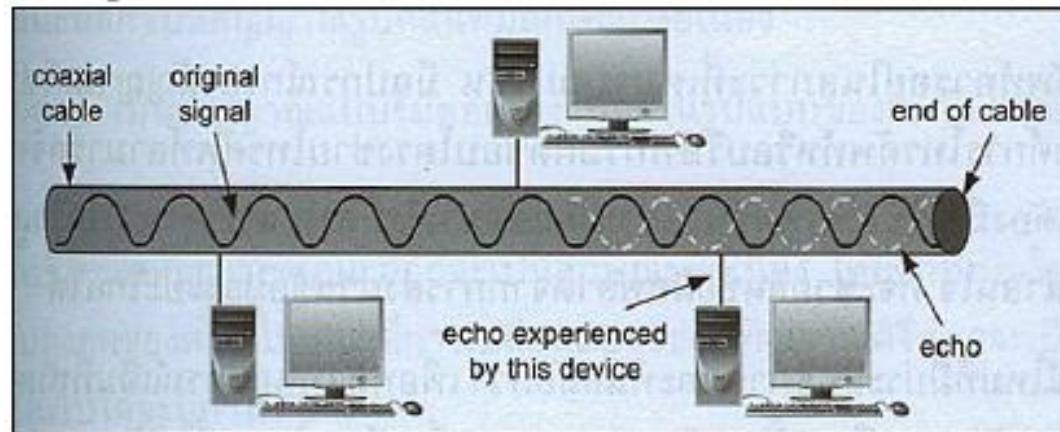


การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



3.4 เอกโโค (Echo)

เป็นสัญญาณที่ถูกสะท้อนกลับ (Reflection) โดยเมื่อสัญญาณที่ส่งไปบนสายโโคแอก เชี่ยลเดินทางไปยังสุดปลายสาย และเกิดการสะท้อนกลับ โนนดใกล้เคียงก็จะได้ยิน และนิกว่าสาย ส่งสัญญาณขณะนั้นไม่ว่าง ทำให้ต้องรอส่งข้อมูล แทนที่จะสามารถส่งข้อมูลได้ทันทีสำหรับการ ป้องกัน ทำได้โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เทอร์มิเนเตอร์ (Terminator) เช่น ในระบบเครือข่าย ห้องถินที่ใช้สายโโคแอกเชี่ยลเป็นสายสื่อสาร จะต้องใช้เทอร์มิเนเตอร์ปิดที่ปลายสายทั้งสองฝั่ง เพื่อ ทำหน้าที่ดูดซับสัญญาณไม่ให้สะท้อนกลับมา



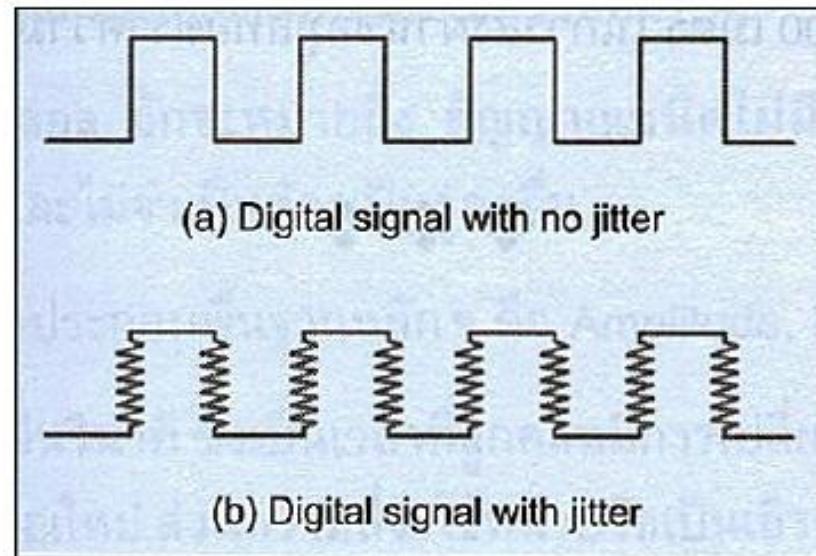
การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



3.5 จิตเตอร์ (Jitter)

เป็นเหตุการณ์ที่ความถี่ ของสัญญาณได้มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดการเลื่อนเฟสไปเป็นค่าอื่นๆ อย่างต่อเนื่องด้วย

สำหรับการป้องกันสามารถทำได้ด้วยการเลือกใช้ช่วงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ มีคุณภาพ หรืออาจใช้อุปกรณ์รีพีตเตอร์



การสูญเสียสัญญาณจากการส่งผ่านข้อมูล



สัญญาณรบกวน เป็นปัจจัยสำคัญที่ ทำให้ฝ่ายรับได้รับสัญญาณข้อมูลที่ผิดเพี้ยนไปจากเดิม ไม่เหมือนกับข้อมูลที่ส่งมาจากผู้ส่ง ดังนั้นในการส่งผ่านข้อมูลทุกระบบจำเป็นต้องมีการป้องกันสัญญาณ รบกวน โดยเทคนิคดังต่อไปนี้จะช่วยลดสัญญาณรบกวนได้

1. ใช้สายเคเบิลชนิดที่มีฉนวนป้องกันสัญญาณรบกวน ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งที่ช่วยลดการแทรกแซงคลื่น แม่เหล็กไฟฟ้า และครอสทอร์กได้เป็นอย่างดี
2. สายโทรศัพท์ควรอยู่ ในสภาพที่เหมาะสม เช่น มีอุปกรณ์กรองสัญญาณที่ช่วยลดสัญญาณที่ไม่ สม่ำเสมอ ซึ่งบริษัทที่รับผิดชอบโครงข่ายโทรศัพท์สามารถจัดหาให้ได้ หรือใช้สายเช่าความเร็วสูง (Lease Line) ที่จะช่วยลดข้อผิดพลาดจากการส่งผ่านข้อมูลระยะไกลได้
3. ใช้อุปกรณ์ใหม่ที่มีประสิทธิภาพและทนทานกว่า เพื่อทดแทนอุปกรณ์เดิมที่หมดอายุการใช้งาน ประสิทธิภาพต่ำ ถึงอุปกรณ์จะมีราคาแพง แต่ก็ได้ผลของการส่งผ่านข้อมูลที่ดีขึ้น
4. เมื่อต้องการเพิ่มระยะทางในการส่งข้อมูลดิจิตอล ให้ใช้รีピตเตอร์ หรือใช้แอมพลิไฟเออร์ หากส่งข้อมูล แอนะล็อก ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวจะช่วยเพิ่มระยะทาง และมีส่วนช่วยลดข้อผิดพลาดของสัญญาณลงได้
5. พิจารณาข้อกำหนดและข้อจำกัดของสายสัญญาณแต่ละชนิด เช่น UTP สามารถเชื่อมโยงได้ไม่เกิน 100 เมตร และส่งข้อมูลด้วยอัตราความเร็วสูงสุดที่ 100 Mbps