

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนำ

ในปัจจุบันมีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้งานในหน่วยงานต่าง ๆ มากมาย ทำให้การทำงานในองค์กรหรือหน่วยงาน สามารถทำงานได้อย่างเป็นระบบ มีความสะดวกรวดเร็วและสามารถพัฒนาการทำงานได้อย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังลดการทำงานของพนักงาน ซึ่งการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในองค์กร หรือหน่วยงานก็เริ่มมีการพัฒนาขึ้นแทนที่จะใช้ในลักษณะหนึ่งเครื่องต่อหนึ่งคน ก็ให้มีการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ มาเชื่อมต่อกัน เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

การประมวลผลข้อมูลบนระบบเครือข่าย

2.1 ชนิดของสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์

สัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการสื่อสารสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ สัญญาณอนาลอก และสัญญาณดิจิทัล สัญญาณอนาลอกได้แก่สัญญาณเสียง และสัญญาณในธรรมชาติทั้งหมด ปัญหาที่สำคัญของสัญญาณอนาลอกก็คือเรื่องสัญญาณรบกวน ซึ่งในบางครั้งอาจทำให้ระบบไม่สามารถใช้งานได้เลย ดังนั้นจึงมีการนำสัญญาณดิจิทัลเข้ามาแทนที่

2.1.1 สัญญาณแบบอนาลอก (Analog Signal) จะเป็นสัญญาณแบบต่อเนื่องที่ทุก ๆ ค่า ที่เปลี่ยนแปลงไปของระดับสัญญาณจะมีความหมาย การส่งสัญญาณแบบนี้จะถูกรบกวนให้มีการแปลความหมายผิดพลาดได้ง่าย เนื่องจากค่าทุกค่าถูกนำมาใช้งาน ซึ่งสัญญาณแบบอนาลอกนี้จะเป็นสัญญาณที่สื่อกลางในการสื่อสารส่วนมากใช้อยู่ เช่น สัญญาณเสียงในสายโทรศัพท์ เป็นต้น

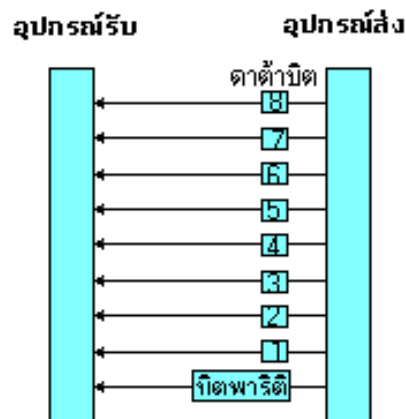
2.1.2 สัญญาณแบบดิจิทัล (Digital Signal) จะประกอบขึ้นจากระดับสัญญาณเพียง 2 ค่าคือ สัญญาณระดับสูงสุด และสัญญาณระดับต่ำสุด สัญญาณชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพ และความน่าเชื่อถือสูงกว่าแบบอนาลอก เนื่องจากมีการใช้งานค่าสองค่า เพื่อนำมาตีความหมายเป็น on/off หรือ 0/1 เท่านั้น ซึ่งเป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการติดต่อสื่อสารกัน

2.2 รูปแบบในการส่งข้อมูล (Transmission Mode)

การส่งข้อมูลในระบบเครือข่าย สามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การส่งแบบขนานและการส่งแบบอนุกรม

2.2.1 การส่งแบบขนาน (Parallel Transmission) คือการส่งข้อมูลพร้อมกันทีละหลาย ๆ บิตในหนึ่งรอบสัญญาณนาฬิกา โดยการส่งจะรวมบิต 0 และ 1 หลาย ๆ บิตเข้าเป็นกลุ่มจำนวน n บิต ผู้ส่งส่งครั้งละ n บิต ผู้รับจะรับครั้งละ n บิตเช่นกัน ซึ่งจะคล้ายกับเวลาที่เรานึกดูเราจะพูดเป็นคำ ๆ ไม่พูดทีละตัวอักษร

กลไกการส่งข้อมูลแบบขนานใช้หลักการง่าย ๆ คือ เมื่อส่งครั้งละ n บิต ต้องใช้สาย n เส้น ในแต่ละบิตมีสายของตนเอง ในการส่งแต่ละครั้งทุกเส้นต้องใช้สัญญาณนาฬิกาอันเดียวกัน ทำให้สามารถส่งออกไปยังอุปกรณ์อื่นพร้อมกันได้

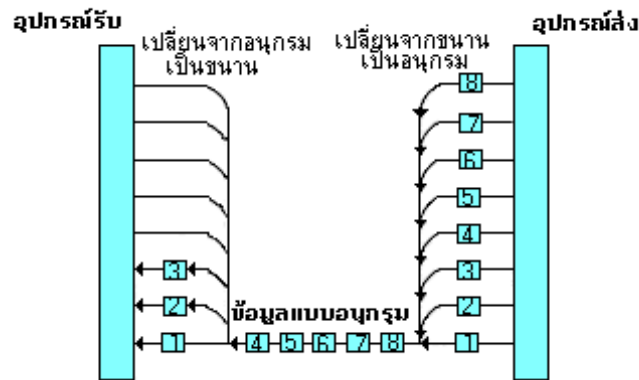


รูปที่ 2.1 การส่งข้อมูลแบบขนาน

โดยให้ $n = 8$ โดยทั่วไปแล้วปลายของสายทั้ง 2 ข้างจะถูกต่อด้วยคอนเน็คเตอร์ด้านละ 1 ตัว ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบขนานคือ ความเร็ว เพราะส่งข้อมูลได้ครั้งละ n บิต ดังนั้น ความเร็วจึงเป็น n เท่าของการส่งแบบอนุกรม แต่ข้อเสียที่สำคัญคือ ค่าใช้จ่ายสูง ทั้งนี้เพราะต้องใช้สายจำนวน n เส้น

ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบขนาน เช่น การส่งข้อมูลภายในระบบบัสของเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือ การส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องพิมพ์ (Printer) เป็นต้น

2.2.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission) จะใช้วิธีการส่งทีละ 1 บิตในหนึ่งรอบสัญญาณนาฬิกาทำให้ดูเหมือนว่าบิตต่าง ๆ เรียงต่อเนื่องกันไปจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอีกอุปกรณ์หนึ่ง ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.2

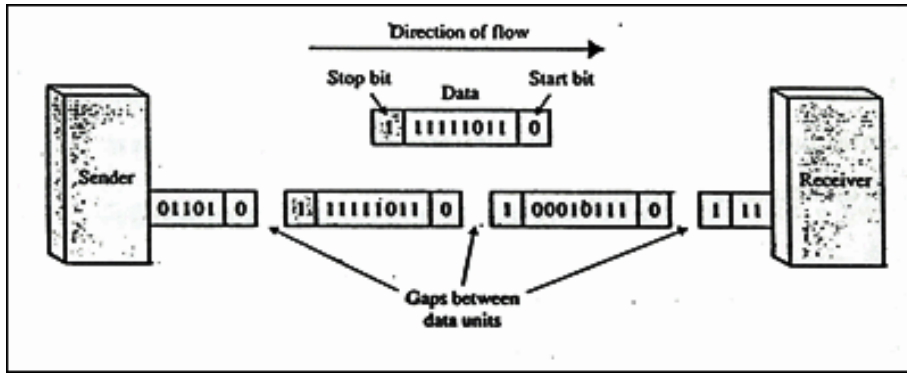


รูปที่ 2.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบอนุกรม คือ การใช้ช่องทางการสื่อสารเพียง 1 ช่อง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายลง แต่ข้อเสีย คือ ความเร็วของการส่งที่ต่ำ ตัวอย่างของการส่งข้อมูลแบบอนุกรม เช่น โมเด็มจะใช้การส่งแบบอนุกรมเนื่องจากในสัญญาณโทรศัพท์มีสายสัญญาณเส้นเดียว และอีกเส้นหนึ่งเป็นสายดิน

2.3 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม แบ่งได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

2.3.1 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission) เป็นการส่งข้อมูลที่ผู้รับและผู้ส่งไม่ต้องใช้สัญญาณนาฬิกาเดียวกัน แต่ข้อมูลที่รับต้องถูกแปลตามรูปแบบที่ได้ตกลงกันไว้ก่อน เนื่องจากไม่ต้องใช้สัญญาณนาฬิกาเดียวกันทำให้ผู้รับไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าเมื่อใดจะมีข้อมูลส่งมาให้ ดังนั้นผู้ส่งจึงจำเป็นต้องแจ้งผู้รับให้ทราบว่าจะมีการส่งข้อมูลมาให้โดยการเพิ่มบิตพิเศษเข้ามาอีกหนึ่งบิต เอาไว้ก่อนหน้าบิตข้อมูล เรียกว่า บิตเริ่ม (start bit) โดยทั่วไปมักใช้บิต 0 และเพื่อให้ผู้รับทราบจุดสิ้นสุดของข้อมูล จึงต้องมีการเพิ่มบิตพิเศษอีกหนึ่งบิตเรียกว่าบิตจบ (stop bit) มักใช้บิต 1 นอกจากนี้แล้วการส่งข้อมูลแต่ละกลุ่มต้องมีช่องว่างระหว่างกลุ่ม โดยช่องว่างระหว่างไบต์อาจใช้วิธีปล่อยให้ช่องสัญญาณว่าง หรืออาจใช้กลุ่มของบิตพิเศษที่มีบิตจบก็ได้ รูปต่อไปนี้แสดงการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ให้บิตเริ่มเป็นบิต 0 บิตจบเป็นบิต 1 และให้ช่องว่างแทนไม่มีการส่งข้อมูล (สายว่าง)

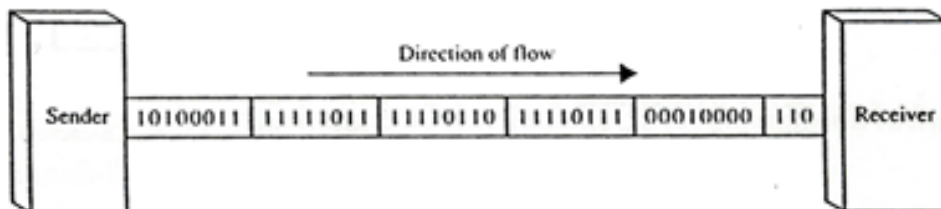


รูปที่ 2.3 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

(ที่มา : Fourouzan, 1998 : 124)

ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส มี 2 ประการ คือ ประหยัดค่าใช้จ่ายและมีประสิทธิภาพ การส่งข้อมูลแบบนี้จะนำไปใช้ในการสื่อสารที่ต้องการใช้ความเร็วไม่สูงนัก ตัวอย่างเช่น การติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องปลายทาง (Terminal) ที่โดยธรรมชาติแล้วเป็นการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส เพราะผู้ใช้จะพิมพ์ทีละ 1 ตัวอักษรจากเครื่องปลายทางไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์จึงไม่จำเป็นต้องใช้ความเร็วสูงในการติดต่อสื่อสาร

2.3.2 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission) เป็นการส่งบิต 0 และ 1 ที่ต่อเนื่องกันไปโดยไม่มีการแบ่งแยก ผู้รับต้องแยกบิตเหล่านี้ออกมาเป็นไบต์หรือเป็นตัวอักษรเอง



รูปที่ 2.4 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

(ที่มา : Fourouzan, 1998 : 125)

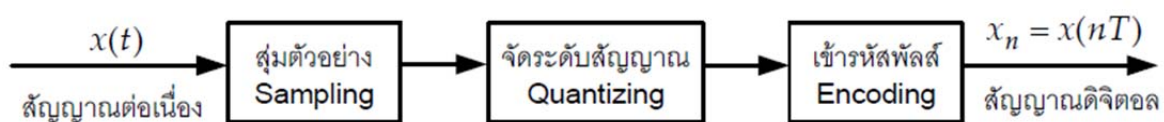
จากภาพแสดงการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส ผู้ส่งทำการส่งบิตติดต่อกันยาว ๆ ถ้าผู้ส่งต้องการแบ่งช่วงกลุ่มข้อมูลก็ส่งกลุ่มบิต 0 หรือ 1 เพื่อแสดงสถานะว่าง เมื่อแต่ละบิตมาถึงผู้รับ ผู้รับจะนับจำนวนบิตแล้วจับกลุ่มของบิตให้เป็นไบต์ที่มี 8 บิต

การส่งข้อมูลแบบชิงโครน์สมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอะชิงโครน์สมาก และทำให้มีการใช้ความสามารถของสายสื่อสารได้เกือบทั้งหมด ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบชิงโครน์ส คือความเร็วในการส่งข้อมูล ทั้งนี้เพราะไม่มีบิตพิเศษหรือช่องว่างที่ไม่ได้ถูกนำไปใช้เมื่อถึงผู้รับ จึงทำให้ความเร็วของการส่งข้อมูลแบบชิงโครน์สเร็วกว่าแบบอะชิงโครน์ส ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำไปใช้งานที่ต้องการความเร็วสูง เช่น การส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์

การชักตัวอย่างและการมอดูเลตแบบพัลส์

2.4 การมอดูเลตแบบสัญญาณพัลส์ (Pulse Modulation)

การสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิทัล มีข้อได้เปรียบวิธีการเก่าซึ่งเป็นการสื่อสารด้วยสัญญาณต่อเนื่องหรืออุปมานอยู่ด้วยกันหลายข้อ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของสมรรถนะ ความครอบคลุมหลากหลายและความปลอดภัยของข้อมูล อย่างไรก็ตามธรรมชาติของสัญญาณที่ใช้กัน ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณเสียงหรือสัญญาณภาพ หรือสัญญาณที่แสดงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพอื่น ๆ จะเป็นสัญญาณที่ต่อเนื่อง หรือสัญญาณอุปมานนั่นเอง การแปลงจากสัญญาณอุปมานเป็นสัญญาณเชิงเลขหรือสัญญาณดิจิทัลจึงมีความจำเป็นและขบวนการแปลงนี้เรียกว่า การแปลงจากสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล (Analog to Digital Conversion, ADC , A/D) ซึ่งบางทีก็เรียกว่าการมอดูเลตด้วยพัลส์ (Digital Pulse Modulation) ซึ่งมีสองเทคนิคหลักที่ใช้กัน คือ การมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์ หรือพีซีเอ็ม (Pulse Code Modulation , PCM) และการมอดูเลตแบบเดลต้า (Delta Modulation) การมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์ จะประกอบด้วยสามขั้นตอนคือ 1. ขั้นตอนการชักตัวอย่างสัญญาณ (Sampling) 2. ขั้นตอนการจัดระดับสัญญาณ (Quantizing) และ 3. ขั้นตอนการเข้ารหัส (Coding) ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 กระบวนการของการมอดูเลตโดยการเข้ารหัสพัลส์

2.5 การชักตัวอย่างสัญญาณอนาลอก (Sampling of Analog Signal)

การชักตัวอย่างก็คือกระบวนการที่สัญญาณต่อเนื่องที่มีความต่อเนื่องถูกวัดค่าขนาดที่เวลาขณะหนึ่ง ๆ ที่ไม่มีความต่อเนื่อง ขนาดของสัญญาณที่ชักได้จะถูกแปลงเป็นขนาดที่สอดคล้องกับสัญญาณเดิม แต่ไม่มีความต่อเนื่องด้วยกระบวนการจัดขนาดและเข้ารหัส หากการชักข้อมูลนี้เป็นไปตามทฤษฎีการชักแล้ว ก็จะสามารถที่จะทำกลับคืนจากสัญญาณดิจิทัลมาเป็นสัญญาณต่อเนื่องได้อย่างถูกต้อง

2.5.1 สัญญาณและทฤษฎีการซัดตัวอย่าง (Band Limited Signal and Sampling Theorem)

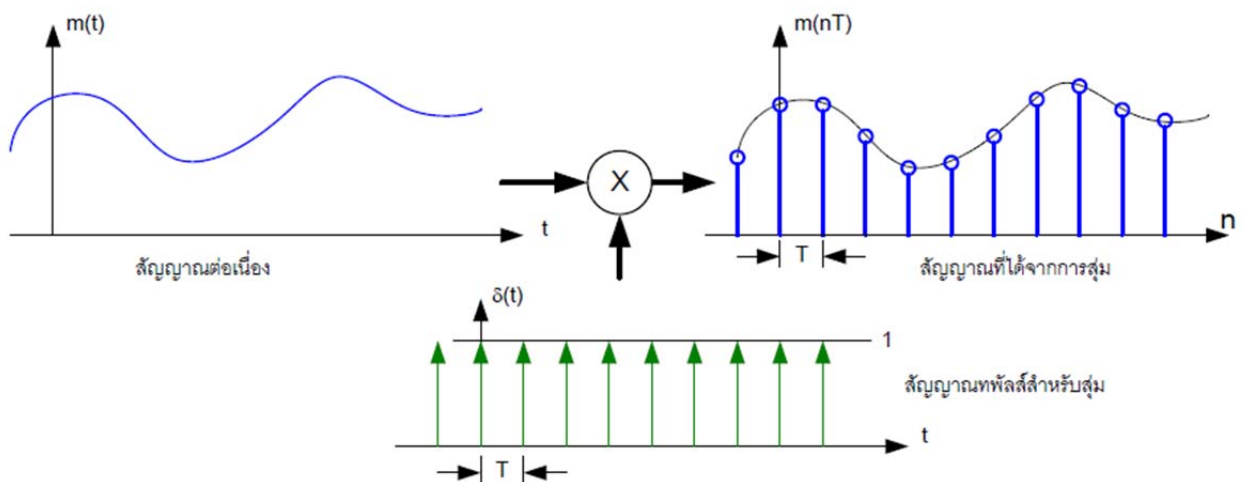
ถ้าหากว่าสัญญาณ $m(t)$ เป็นสัญญาณที่มีแบนด์จำกัด ω_m จะได้ว่าข้อมูลหรือสเปกตรัมที่อยู่นอกแบนด์ไปจะมีค่าเป็นศูนย์หรือซึ่งก็คือ

$$m(t) \Leftrightarrow M(\omega) = 0 \text{ เมื่อ } |\omega| > \omega_m \text{ โดยที่ } \omega_m = 2\pi f_m \quad (1)$$

เมื่อต้องการประมวลสัญญาณในเชิงเวลาเต็มหน่วย สัญญาณต่อเนื่องดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนรูปให้เป็นสัญญาณเวลาเต็มหน่วยที่สอดคล้องกัน วิธีการก็คือการแทนสัญญาณต่อเนื่องเป็นช่วง ๆ ห่างกันเวลา T คงที่ (คือการซัดตัวอย่าง) ถ้าหาก T มีค่าที่เหมาะสมแล้วการแทนดังกล่าวจะยังคงความถูกต้องเอาไว้ ดังนั้นผลการซัดตัวอย่าง ก็คือการคูณสัญญาณต่อเนื่องด้วยสัญญาณอิมพัลส์ที่เลื่อนไปเรื่อย ๆ แต่ละครั้ง ก็ห่างกันเป็นเวลา $T = \frac{1}{f_s}$

$$\begin{aligned} y(t) &= m(nT) = m(t) \cdot \sum_{r=-\infty}^{+\infty} \delta(t - nT) \\ &= \sum_{r=-\infty}^{+\infty} m(t) \delta(t - nT) \\ &= \sum_{r=-\infty}^{+\infty} m(nT) \delta(t - nT) \end{aligned} \quad (2)$$

สังเกตว่า $m(t)$ ซึ่งเป็นสัญญาณต่อเนื่องจะแทนด้วยชุดแถวของตัวแทนที่นับด้วยค่าของเลขจำนวนเต็ม n คือ $m(nT)$ โดยแต่ละตัวอย่างนั้นจะห่างกันด้วยเวลา T กระบวนการซัดนี้แสดงได้ดังรูปที่ 2.6 ก)

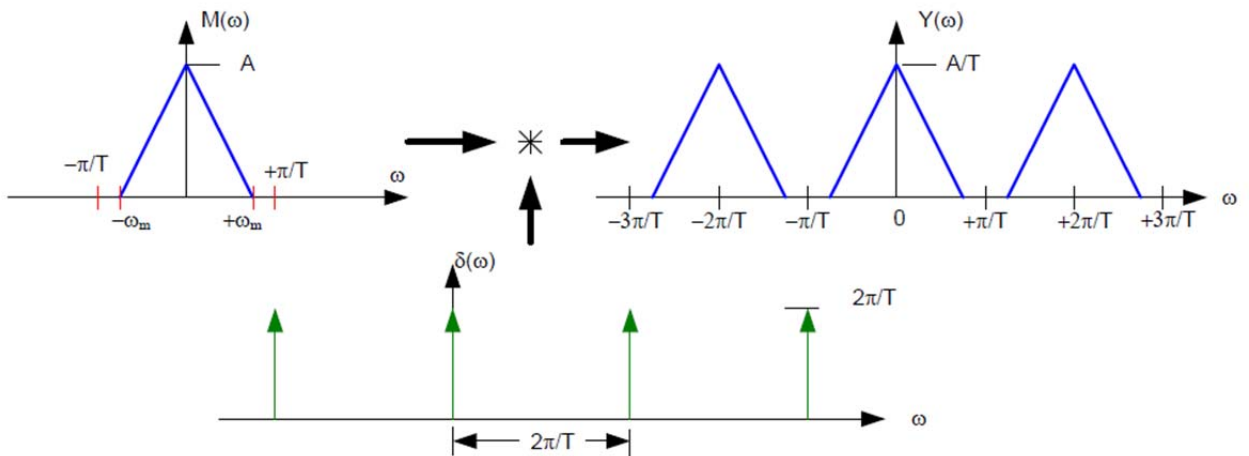


รูปที่ 2.6 ก) การซัดตัวอย่างสัญญาณ

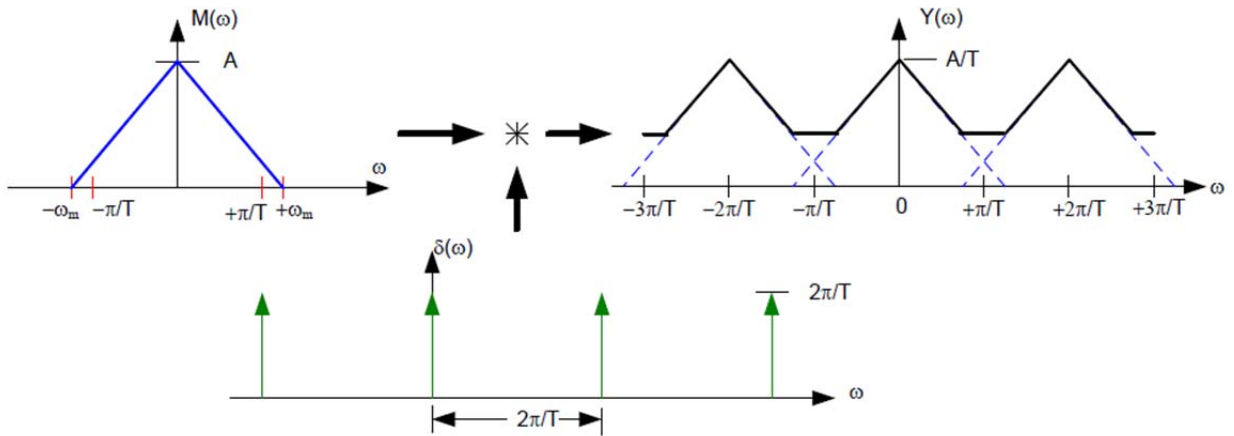
กระบวนการดังกล่าวนี้อาจแสดงได้ในโดเมนทางความถี่ หาก $\delta(t) \Leftrightarrow \delta(\omega)$; $x(t) \Leftrightarrow M(\omega)$ การคูณในโดเมนเวลาก็คือการคูณประสานในโดเมนความถี่ เมื่อ $\sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta(t-nT) \Leftrightarrow \frac{2\pi}{T} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta\left(\omega - \frac{2n\pi}{T}\right)$ (โดย \Leftrightarrow แสดงถึงคู่ของการแปลงฟูริเยร์) ดังนั้น

$$\begin{aligned} Y(\omega) &= \frac{1}{2\pi} M(\omega) * \frac{2\pi}{T} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta\left(\omega - \frac{2n\pi}{T}\right) \\ &= \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} M(\omega) * \delta\left(\omega - \frac{2n\pi}{T}\right) \\ &= \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} M\left(\omega - \frac{2n\pi}{T}\right) \end{aligned} \quad (3)$$

แสดงว่าขนาดของ $M(\omega)$ จะถูกคูณด้วย $\frac{1}{T}$ และจะกระจายหรือเลื่อนไปห่างกันออกไปด้วยความห่างช่วงละ $\frac{2\pi}{T}$ ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการซ้อนทับกันของ $M(\omega)$ หรือเกิด Aliasing Effect ขึ้น $M(\omega)$ จะต้องมีช่วงความถี่อยู่ระหว่าง $-\frac{\pi}{T}$ ถึง $+\frac{\pi}{T}$ หรือ $M(\omega) = 0$ เมื่อ $|\omega_m| > \frac{\pi}{T}$ หรือ $2\pi f_m < \pi f_s$ หรือก็คือ $f_s > 2f_m$ โดยที่ ω_m หรือ f_m เป็นความถี่ของสัญญาณต่อเนื่องที่ต้องการจะซัด โดยในรูปที่ 2.6 ข) แสดงการซัดตัวอย่างสัญญาณในกรณีที่ $|\omega_m| < \frac{\pi}{T}$ และในรูปที่ 2.6 ค) แสดงการซัดตัวอย่างสัญญาณในกรณีที่ $|\omega_m| > \frac{\pi}{T}$ (สังเกตว่า เครื่องหมาย * จะแทนการคูณประสาน)



รูปที่ 2.6 ข) การซัดตัวอย่างสัญญาณอธิบายในโดเมนความถี่ $\left(\omega_m < \frac{\pi}{T}\right)$



รูปที่ 2.6 ค) การซัดตัวอย่างสัญญาณอธิบายในโดเมนความถี่ ($\omega_m > \frac{\pi}{T}$)

(ในกรณีนี้จะเกิดการทับซ้อนของแถบสเปกตรัม)

ทฤษฎีการซัดตัวอย่างสัญญาณ ถ้าหากสัญญาณต่อเนื่อง $m(t)$ ที่มีความถี่ไม่เกิน $\omega_{max} = 2\pi f_{m_{max}}$ ข้อมูลของสัญญาณต่อเนื่องนั้นสามารถจะอธิบายได้ด้วย $m(nT)$ เมื่อ $\frac{1}{T} = f_s$ ถ้าหาก $f_s > 2f_{m_{max}}$ ความถี่ต่ำสุดในการซัดซึ่ง $f_s = 2f_m$ จะเรียกว่าอัตราไนควิสต์ (Nyquist Rate, f_{Nq}) และส่วนกลับของอัตราไนควิสต์ก็จะเรียกว่าคาบไนควิสต์ (Nyquist Period, T_{Nq}) ซึ่ง $T_{Nq} = \frac{1}{f_{Nq}}$

2.5.2 วิธีการซัดตัวอย่างข้อมูล (Sampling)

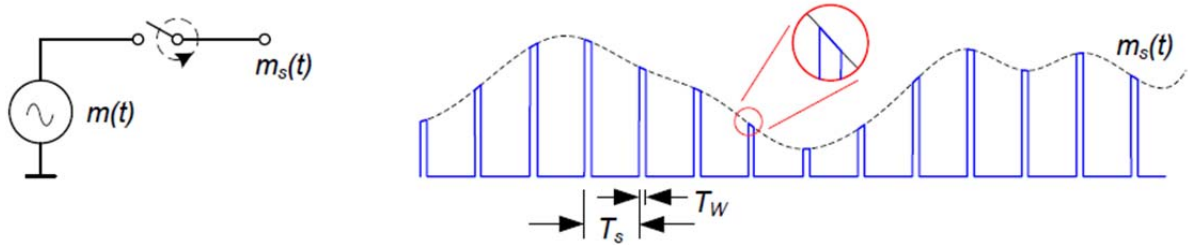
การซัดตัวอย่างในอุดมคตินั้นถือว่าการอ่านขนาดของสัญญาณ ณ เวลานั้นทันที ในอัตราการอ่านที่สม่ำเสมอ หรือก็คือการอ่านด้วยสัญญาณซัดแกลวนั่นเอง ซึ่งการคูณสัญญาณ $m(t)$ ด้วยซัดแกลของสัญญาณอิมพัลส์ จะได้ผลลัพธ์ คือ สมการที่ (2) นั่นเอง (ในกรณีนี้ $T = T_s$ และ $m(nT) = m_n(t)$)

$$m_n(t) = m(t)\delta_{T_s}(t) = m(t) \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta(t - nT_s) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} m(nT_s)\delta(t - nT_s) \tag{4}$$

สมการที่ (4) ถือเป็นสัญญาณที่ซัดได้อย่างอุดมคติ อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติมันจะแตกต่างออกไป บ้างเพราะสัญญาณที่ใช้ซัดนั้นไม่ได้เป็นอิมพัลส์ แต่จะเป็นพัลส์แคบ ๆ การซัดตัวอย่างสัญญาณในทางปฏิบัติจึงแบ่งแยกเป็นการซัดอย่างแบบธรรมชาติและการซัดตัวอย่างสัญญาณส่วนบนเรียบ

2.5.2.1 การซัดตัวอย่างแบบอย่างธรรมชาติ (Natural Sampling)

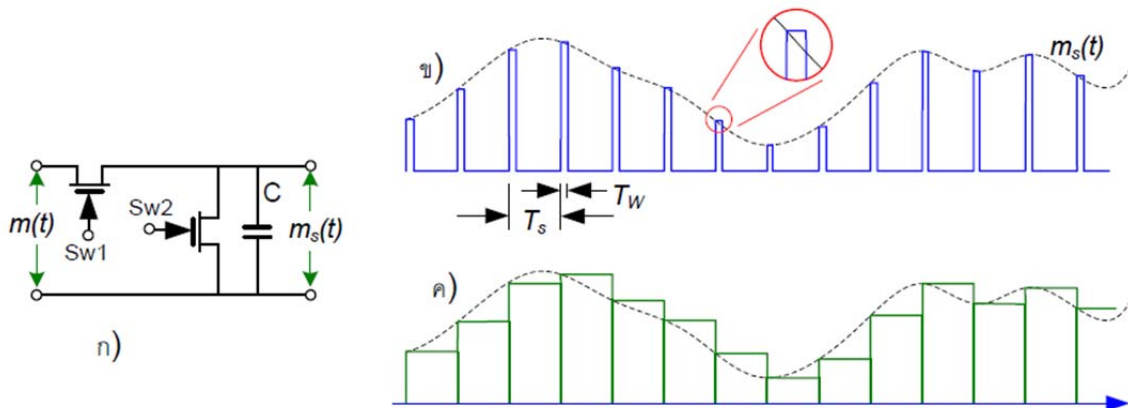
ปกติแล้วสัญญาณที่ใช้ซัด จะมีความกว้าง T_w และมีคาบเวลา T_s ในช่วงเวลา T_w สัญญาณที่ซัดตัวอย่าง ได้ยังคงเป็นสัญญาณอินพุตซึ่งมีการเปลี่ยนแปลง การซัดแบบนี้จึงเรียกว่าเป็นการซัดอย่างแบบธรรมชาติ



รูปที่ 2.7 การซัดตัวอย่างแบบอย่างธรรมชาติ

2.5.2.2 การซัดตัวอย่างสัญญาณส่วนบนเรียบ (Flat-top Sampling)

วิธีการซัดตัวอย่างสัญญาณส่วนบนเรียบเป็นวิธีที่ใช้อย่างแพร่หลายและรู้จักกันดีในชื่อการซัดตัวอย่าง และคงค่า (Sample & Hold , S/H) แสดงในรูปที่ 2.8 ก สวิตซ์ Sw1 ทำหน้าที่เป็นตัวซัดตัวอย่าง เพื่อประจุตัวเก็บประจุในช่วงเวลาสั้น ๆ แรงดันที่ซัดตัวอย่างได้จะคงค่าไว้ด้วยตัวเก็บประจุจนกว่าจะจัดระดับสัญญาณและเข้ารหัสเสร็จ สวิตซ์ Sw2 จะคายตัวเก็บประจุเพื่อเตรียมอ่านสัญญาณใหม่ต่อไป



รูปที่ 2.8 ก) วงจรซัดตัวอย่างและคงค่า ข) การซัดตัวอย่างสัญญาณส่วนบนเรียบ

ค) ผลลัพธ์การซัดตัวอย่างและคงค่า