

305343 - คอมพิวเตอร์และการสื่อสารข้อมูล

อ.สุชัยศรี ไกลอน
ภาคต้น ปีการศึกษา 2554
สัปดาห์ที่ 12

วัตถุประสงค์

- เข้าใจฟังก์ชันชั้นกายภาพ
- รู้จักนิยามเกี่ยวกับสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสาร
- สามารถคำนวณหาแบนด์วิดท์สำหรับส่งผ่านข้อมูลดิจิทัลผ่านช่องสัญญาณแอนะล็อกได้

305343 – 1/2554

2

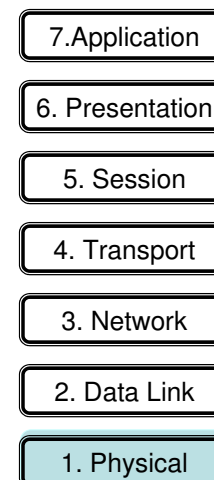
Outline

- Physical Layer Function
- Data and Signals
 - How a data can be transmitted
 - Analog and Digital Data
 - Analog and Digital Signals
- Digital vs. Analog

305343 – 1/2554

3

Physical Layer Functions

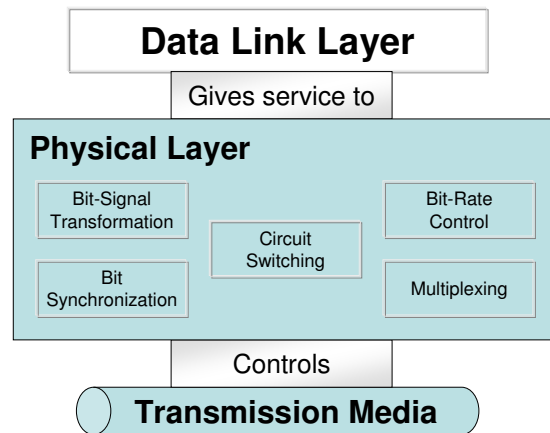


- การรับส่งข้อมูลระดับกายภาพ
- การเชื่อมต่อของชั้นกายภาพ

305343 – 1/2554

4

Position of the Physical Layer



305343 – 1/2554

5

Duties of Physical Layer

- Bit-Signal Transformation
 - การแปลงบิตข้อมูล → สัญญาณสื่อสารต่างๆ
- Bit Synchronization
 - การประสานเวลาบิตโดยกำหนดสัญญาณนาฬิการะหว่างผู้ส่งและผู้รับ
- Circuit Switching
 - การสลับสายวงจรเพื่อการสื่อสารระหว่างสองสถานีที่เชื่อมโยงกันโดยตรง
- Bit-Rate Control
 - กำหนดอัตราข้อมูลในการรับส่งข้อมูล
- Multiplexing
 - จัดแบ่งช่องทางการสื่อสารเชิงตรรกะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสื่อ

305343 – 1/2554

6

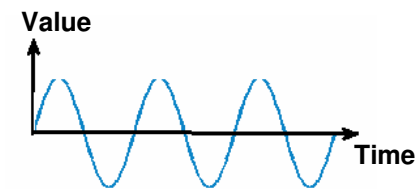
How a data can be transmitted

- แปลงให้อยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้า
 - ผ่านสื่อที่เป็นสายทองแดงหรือเหล็ก
- คลื่นแสง
 - ผ่านสื่อที่เป็นแก้วหรือพลาสติก
- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
 - ผ่านสื่อที่เป็นอากาศ

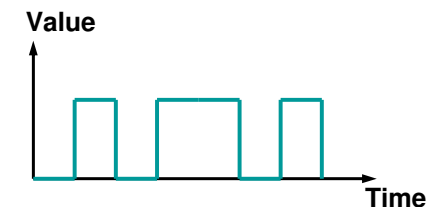
305343 – 1/2554

7

Analog and Digital



แอนะล็อก (Analog)



ดิจิทัล (Digital)

305343 – 1/2554

8

Analog and Digital

- ข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสาร
 - Analog ค่าของข้อมูลเป็นค่าแบบต่อเนื่อง เช่น เสียงของคน
 - Digital ค่าของข้อมูลเป็นค่าแบบไม่ต่อเนื่อง เช่น ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์
- สัญญาณที่ใช้ในการสื่อสาร
 - Analog เป็นสัญญาณแบบต่อเนื่อง เช่น ระบบโทรศัพท์แบบดั้งเดิม
 - Digital เช่น คอมพิวเตอร์, ระบบโทรศัพท์ดิจิทัล

Analog Signal

- เป็นสัญญาณต่อเนื่อง ที่มีรูปแบบเป็นคลื่นไซน์ (Sine Wave)

$$s(t) = A \sin(2\pi ft + \phi)$$

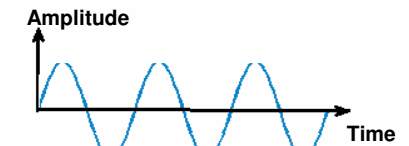
โดยที่

$s(t)$ = ขนาดของคลื่น ณ เวลา t ใดๆ

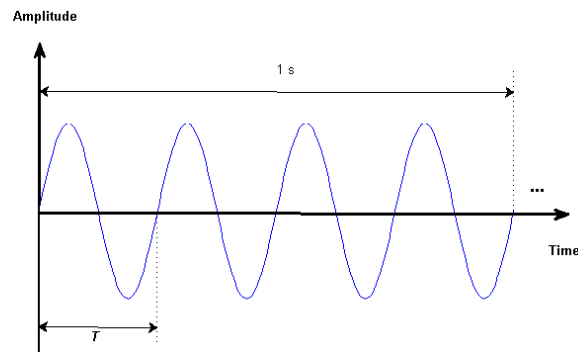
A = ขนาดหรือแอมพลิจูดสูงสุดของคลื่น

ϕ = เฟสของคลื่น

- การส่งข้อมูลสามารถทำได้โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าของ A , f และ ϕ



Period and Frequency



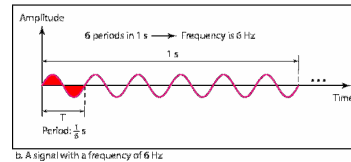
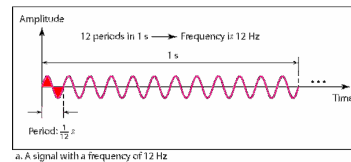
- คาบ (Period: T) = เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบ =
- ความถี่ (Frequency: f) = จำนวนคาบในหนึ่งวินาที =

Period and Frequency

คาบ และ ความถี่
เป็นค่าผกผันซึ่งกันและกัน

$$T = 1/f \quad \text{และ} \quad f = 1/T$$

Frequency



- ณ ที่เวลาเท่ากัน
 - ถ้าอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณบ่อยครั้ง → ความถี่สูง
 - ถ้าอัตราการเปลี่ยนแปลงของแต่ละสัญญาณใช้เวลานาน → ความถี่ต่ำ
- ถ้าสัญญาณไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย → ความถี่มีค่าเป็น 0
- ถ้าสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงขณะใดขณะหนึ่ง → ความถี่มีค่าเป็นอนันต์

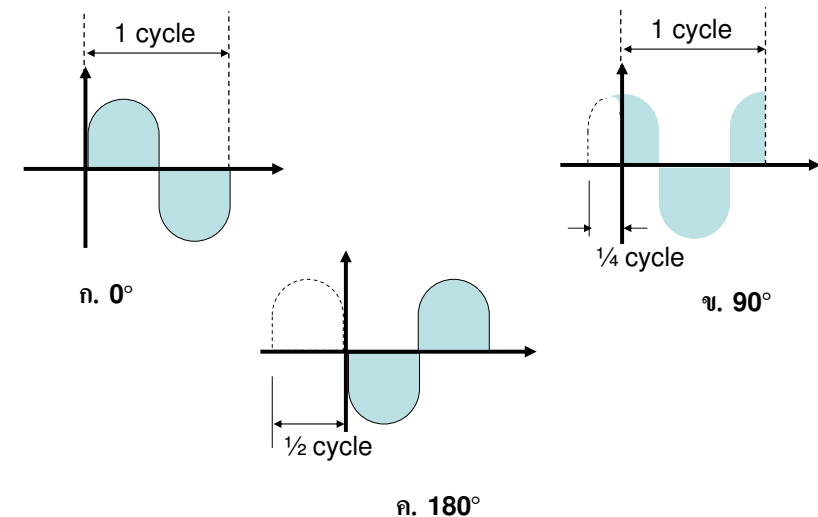
Measurement Units

คาบ (Period)		ความถี่ (Frequency)	
หน่วย	แทนด้วย	หน่วย	แทนด้วย
วินาที (s)	1 s	เฮิรตซ์ (Hz)	1 Hz
มิลลิวินาที (ms)	10^{-3} s	กิโลเฮิรตซ์ (KHz)	10^3 Hz
ไมโครวินาที (us)	10^{-6} s	เมกะเฮิรตซ์ (MHz)	10^6 Hz
นาโนวินาที (ns)	10^{-9} s	จิกะเฮิรตซ์ (GHz)	10^9 Hz
พิโกวินาที (ps)	10^{-12} s	เทระเฮิรตซ์ (THz)	10^{12} Hz

Phase

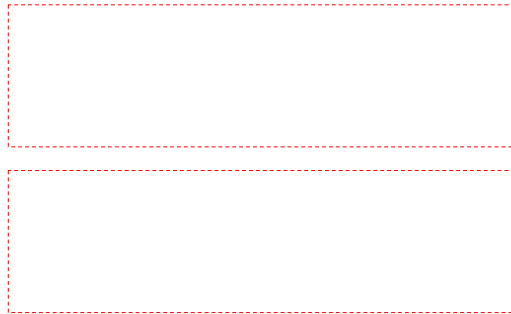
- เฟส
 - เป็นการอธิบายถึงตำแหน่งของรูปคลื่นเทียบกับเวลาเริ่มต้น (ศูนย์)
 - หรือตำแหน่งเชิงมุม ณ เวลาอ้างอิงของสัญญาณ ($t=0$)
- มีหน่วยเป็นองศา หรือเรเดียน
- 1 รอบ (Cycle) = $360^\circ = 2\pi$ เรเดียน
- การปรับเฟส (Phase Shift)
 - จำนวนของการปรับค่าตำแหน่งในการเปลี่ยนแปลงของคลื่น

Phase Shift



Phase Shift Example

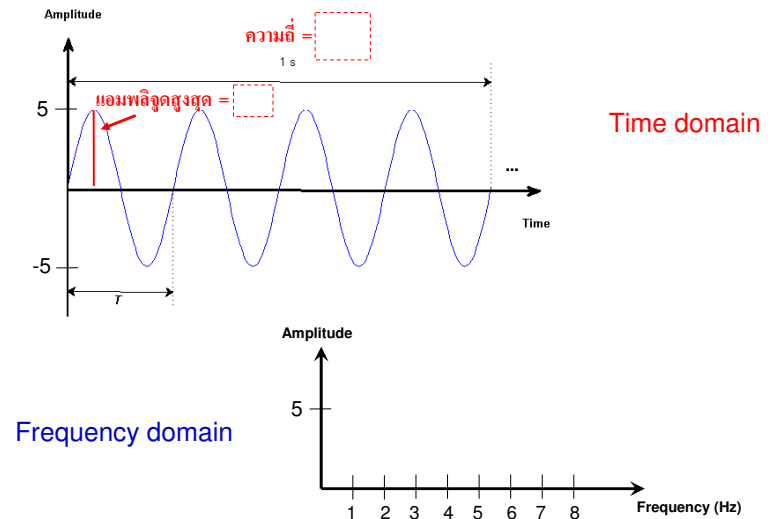
- ณ ที่เวลา $t = 0$ คลื่นไซน์มีการเลื่อนไปสามในสี่ของรอบ
ให้หาค่าเฟสในหน่วยองศาและเรเดียน



305343 - 1/2554

17

Time and Frequency Domain

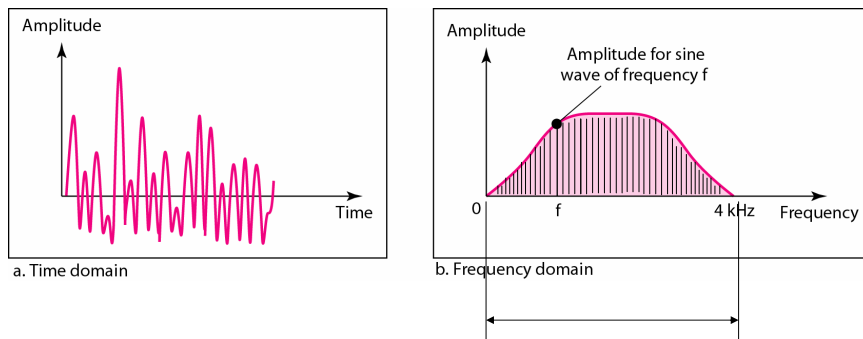


305343 - 1/2554

18

Time and Frequency Domain

- ของสัญญาณที่คาบเวลาไม่คงที่



305343 - 1/2554

อ้างอิง: รูปภาพจากหนังสือ Data Communications and Networking ของ Forouzan B.

19

Bandwidth

- ช่วงความถี่ที่สามารถนำพาสัญญาณ หรือความกว้างของสเปกตรัม
- ค่าความถี่สูงสุด - ค่าความถี่ต่ำสุด
- Bandwidth =

305343 - 1/2554

20

A single-frequency sine wave

ถ้าเราใช้คลื่นไซน์ที่มีความถี่เดียว
ในการสนทนาผ่านทางโทรศัพท์
จะมีการสื่อสารข้อมูลเกิดขึ้นหรือไม่ ?
เพราะเหตุใด ?

305343 - 1/2554

21

Composite Signals

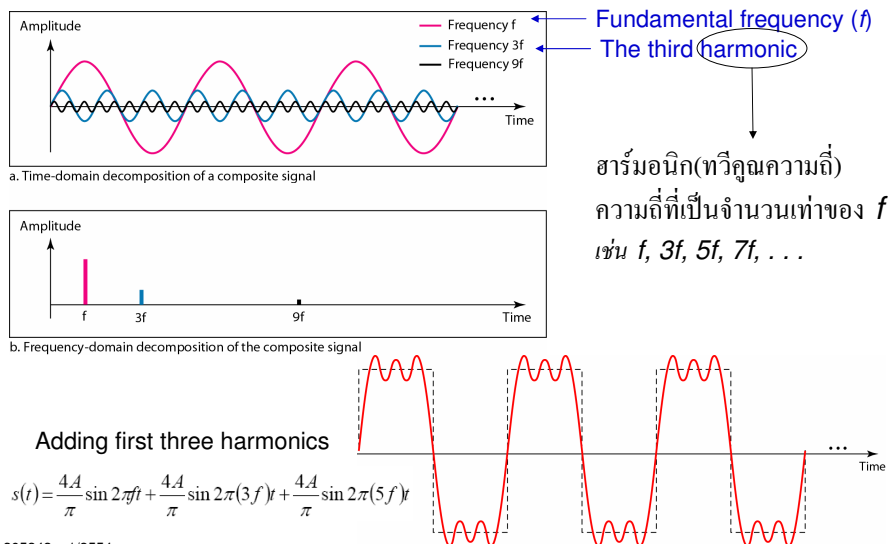
- สัญญาณประกอบ
- เกิดจากคลื่นไซน์จำนวนมากๆ ที่มีความถี่ เฟส และขนาดของคลื่นต่างกัน มาประกอบกันสร้างสัญญาณใหม่
- จะได้สัญญาณที่เป็นเซตของความถี่ต่างๆ
- สมการ

$$s(t) = A_1 \sin(2\pi f_1 t + \phi_1) + A_2 \sin(2\pi f_2 t + \phi_2) + \dots$$

305343 - 1/2554

22

Composite Signal Example



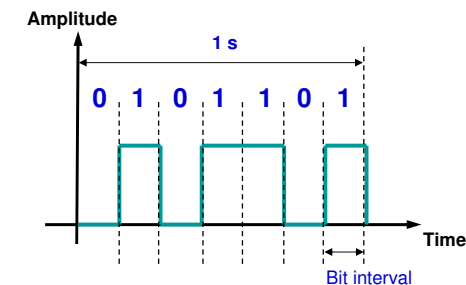
305343 - 1/2554

อ้างอิง: รูปภาพจากหนังสือ Data Communications and Networking ของ Forouzn B.

23

Digital Signal

- การแทนบิตข้อมูลด้วยค่าแอมพลิจูดสองระดับ: ระดับสูง = 1, ระดับต่ำ = 0



- Bit interval = เวลาที่ใช้ต่อหนึ่งบิต =
- Bit rate = จำนวนบิตในหนึ่งวินาที =

305343 - 1/2554

24

Digital Signal

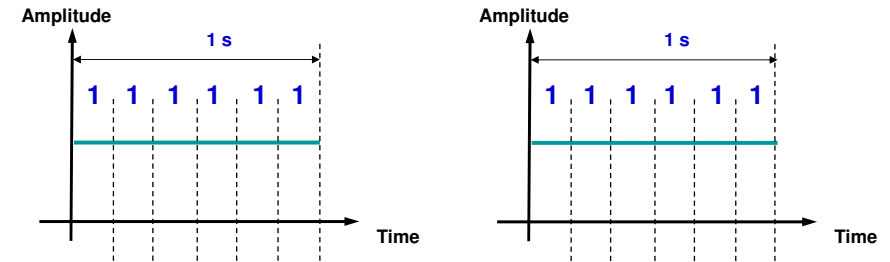
ถ้าเราต้องการส่งข้อมูลด้วยอัตราบิต n (bps) ผ่านช่องสัญญาณแอนะล็อก เช่น สายโทรศัพท์ จำเป็นต้องใช้แบนด์วิดท์อย่างน้อยเท่าไร ?

305343 – 1/2554

25

The number of Bit Rate & The required Bandwidth

- สมมติต้องการส่งข้อมูลด้วยอัตราบิต 6 bps โดยใช้ 1 ฮาร์โมนิก
- กรณีที่ดีที่สุด (111111 หรือ 000000)



Digital

Analog

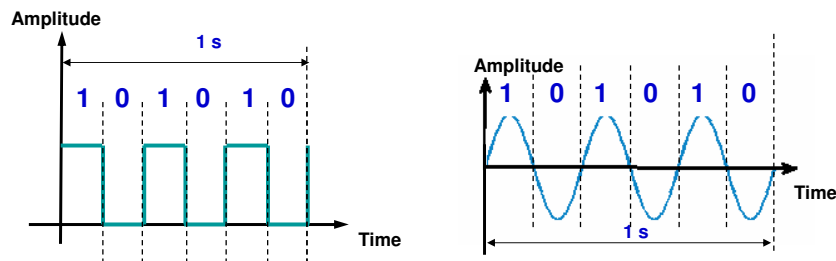
Bit rate = Frequency =

305343 – 1/2554

26

The number of Bit Rate & The required Bandwidth

- กรณีที่แย่ที่สุด (101010 หรือ 010101)



Digital

Analog

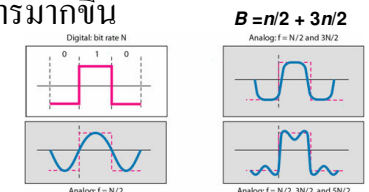
Bit rate = Frequency =

305343 – 1/2554

27

Bandwidth requirement & the # of Harmonics

- ถ้าใช้ 1 ฮาร์โมนิก
 - จะได้แบนด์วิดท์ (B) ที่ต้องการอย่างน้อย
- ถ้าเพิ่มฮาร์โมนิกที่เป็นทวีคูณความถี่จำนวนมากขึ้น
 - จะได้สัญญาณในรูปแบบที่ต้องการมากขึ้น
 - แบนด์วิดท์ต่ำสุดที่ต้องการ หรือ



$B = n/2 + 3n/2$
Analog $f = N/2$ and $3N/2$

Digital bit rate N

Analog $f = N/2$

Analog $f = N/2, 3N/2, \text{ and } 5N/2$

อ้างอิง: รูปภาพจากหนังสือ Data Communications and Networking ของ Forouzn B.

305343 – 1/2554

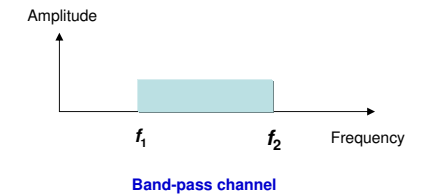
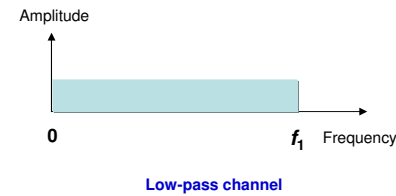
28

Bandwidth Requirement Example

- สมมติต้องการส่งข้อมูลด้วยอัตราบิต(n) 1, 10 และ 100 kbps

Bit Rate	Harmonic 1	Harmonics 1, 3	Harmonics 1, 3, 5
$n = 1$ kbps	$B = 500$ Hz	$B = 1.5$ kHz	$B = 2.5$ kHz
$n = 10$ kbps	$B = 5$ kHz	$B = 15$ kHz	$B = 25$ kHz
$n = 100$ kbps	$B = 50$ kHz	$B = 150$ kHz	$B = 250$ kHz

Digital vs. Analog



- การสื่อสารสัญญาณดิจิทัล
 - แบนด์วิดท์ที่ต้องการ $[0, \infty]$
 - Low-pass channel
- การสื่อสารสัญญาณแอนะล็อก
 - แบนด์วิดท์ที่ต้องการ $[f_1, f_2]$
 - Band-pass channel