

Link Layer &一點點的Physical Layer

Prof. Michael Tsai 2019/03/04

Multiple Access Protocols (Link Layer)

- ▶ Point-to-point link – link的兩端各有一個傳輸(Transmitter, TX) & 接收器(Receiver, RX)
- ▶ Broadcast link – 多個裝置**共用**一個“連結”/媒體(Medium)
 - ▶ 共用 = 你講話大家都聽得到
 - ▶ Collision = 多個人一起講話, 每個人都聽到同時兩個人以上講話 → 沒人聽得懂 → 剛剛的時間(頻寬)就浪費了
- ▶ 大家必須有某種**decentralized, 簡單, 公平**的協議來避免 collision!
 - ▶ Channel partition protocols & “taking-turns” protocols
 - ▶ Random access protocols:
 - ▶ 傳的時候全速傳
 - ▶ 壞掉再重傳 (retransmission)



Ethernet's Carrier Sensing / Collision Detection

- ▶ 上層(network layer)有東西要傳的時候，會將準備好的封包放進buffer內。

1. **Carrier Sensing:** 說前先聽，如果有人正在說話(如果你聽到了)，先等他說完再說。

- ▶ 如果96-bit duration沒有偵測到傳輸，則開始傳輸。

2. **Collision Detection:** 如果有人同時開始講話(如果你聽到了)，立刻停下來。

- ▶ 停下來以後，傳輸48-bit duration的jam signal。

3. **Exponential Back-off:** 每次傳輸失敗後，這個裝置會進入exponential back-off模式。

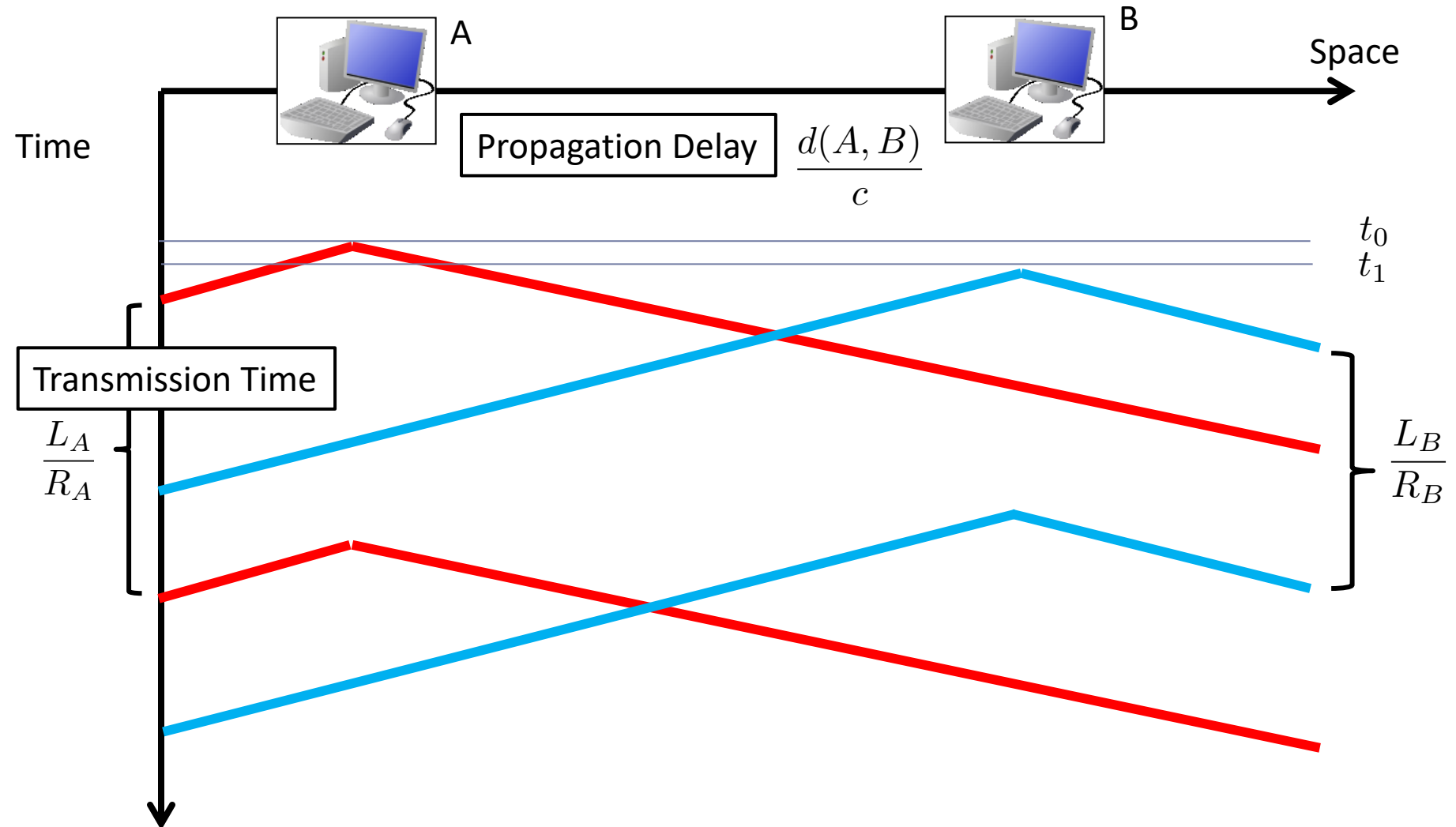
- ▶ 當傳輸這個封包碰到連續第 n 次collision後，則須等待

$random(0, 1, 2, \dots, 2^m - 1) \times 512 \text{ bit duration}, m = \min(n, 10)$

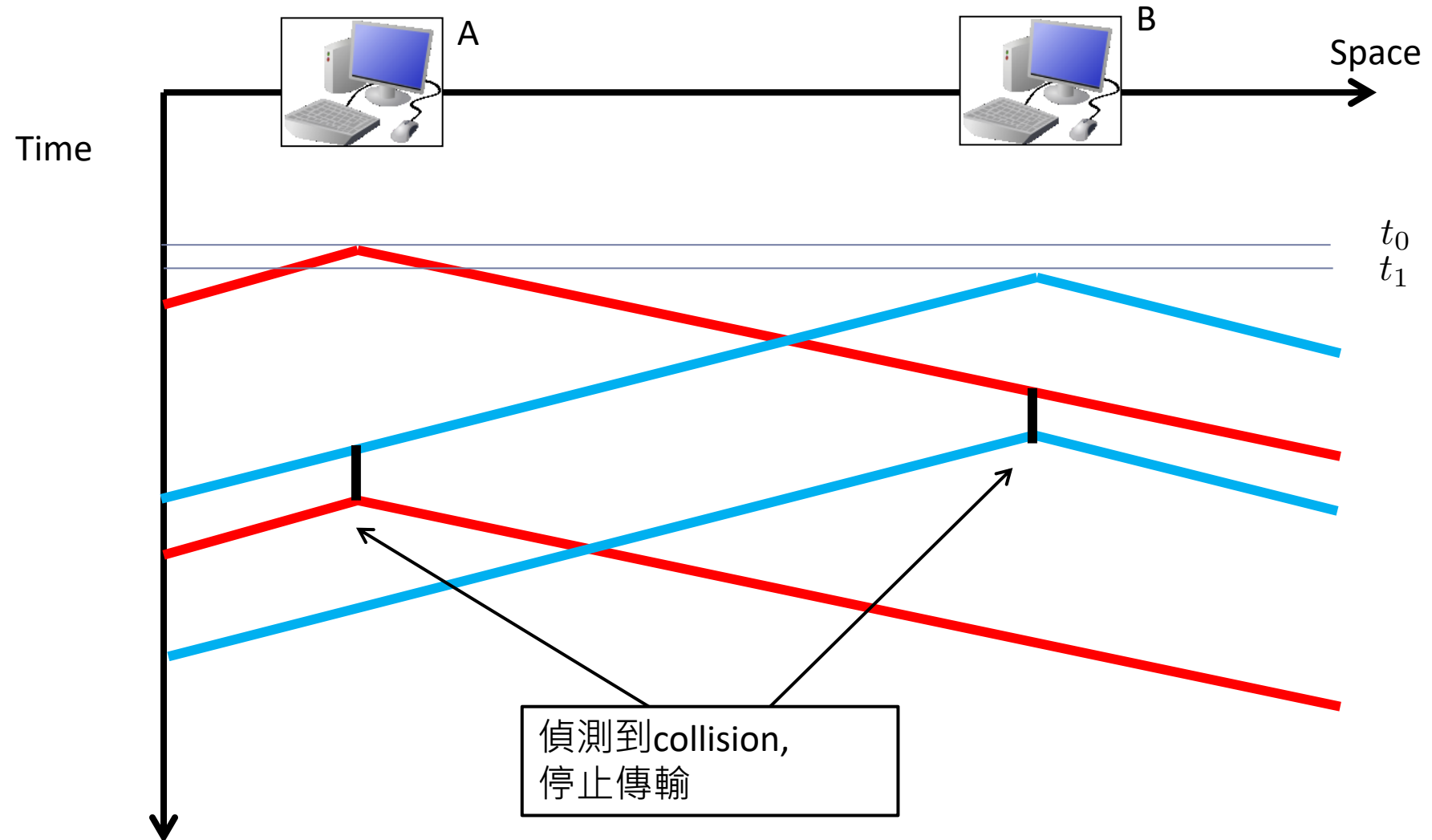
的時間，然後回到步驟1。



2 CSMA Nodes with Colliding Transmissions



2 CSMA/CD Nodes with Colliding Transmissions



CSMA/CD的效率

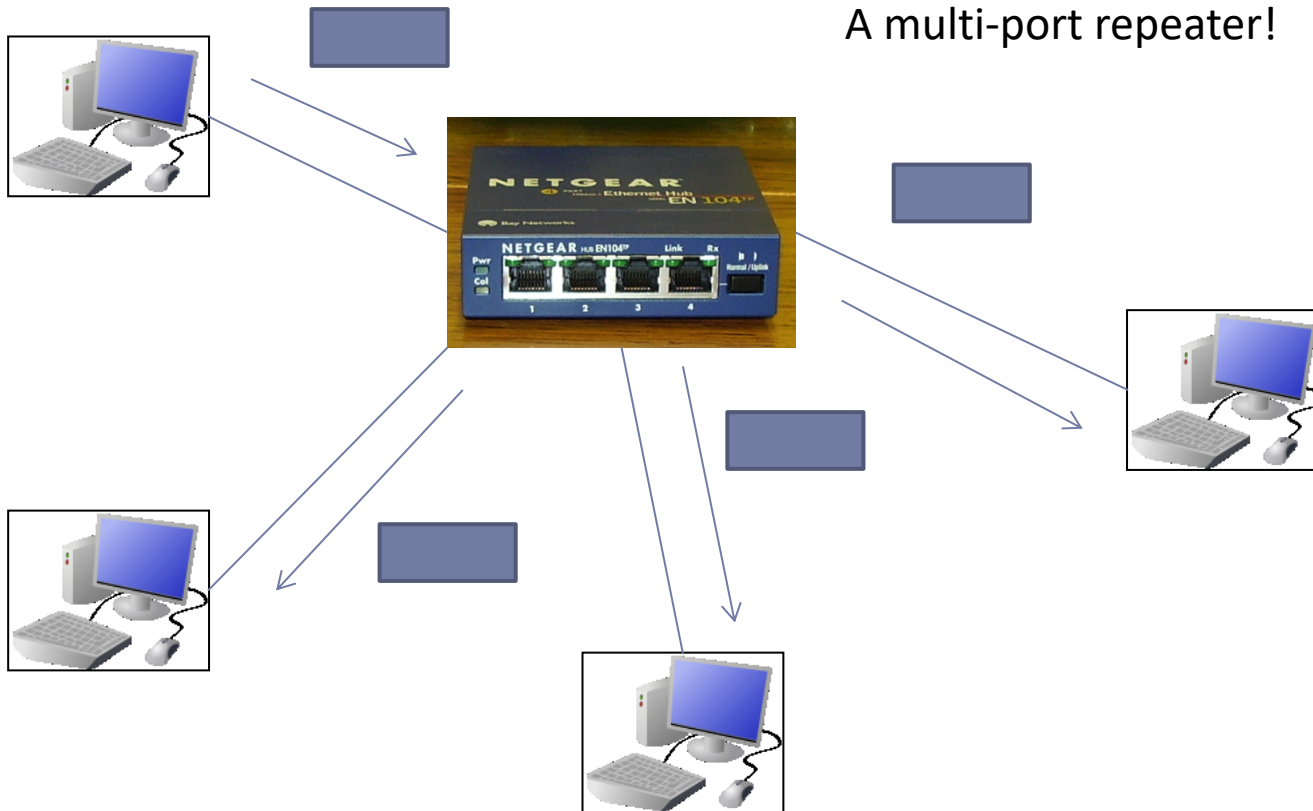
- ▶ d_{prop} = 最大propagation delay
- ▶ d_{trans} = 最大packet transmission time

- ▶ Efficiency =
$$\frac{1}{1 + \frac{5 \cdot d_{prop}}{d_{trans}}}$$



Ethernet: 從broadcast link到point-to-point link

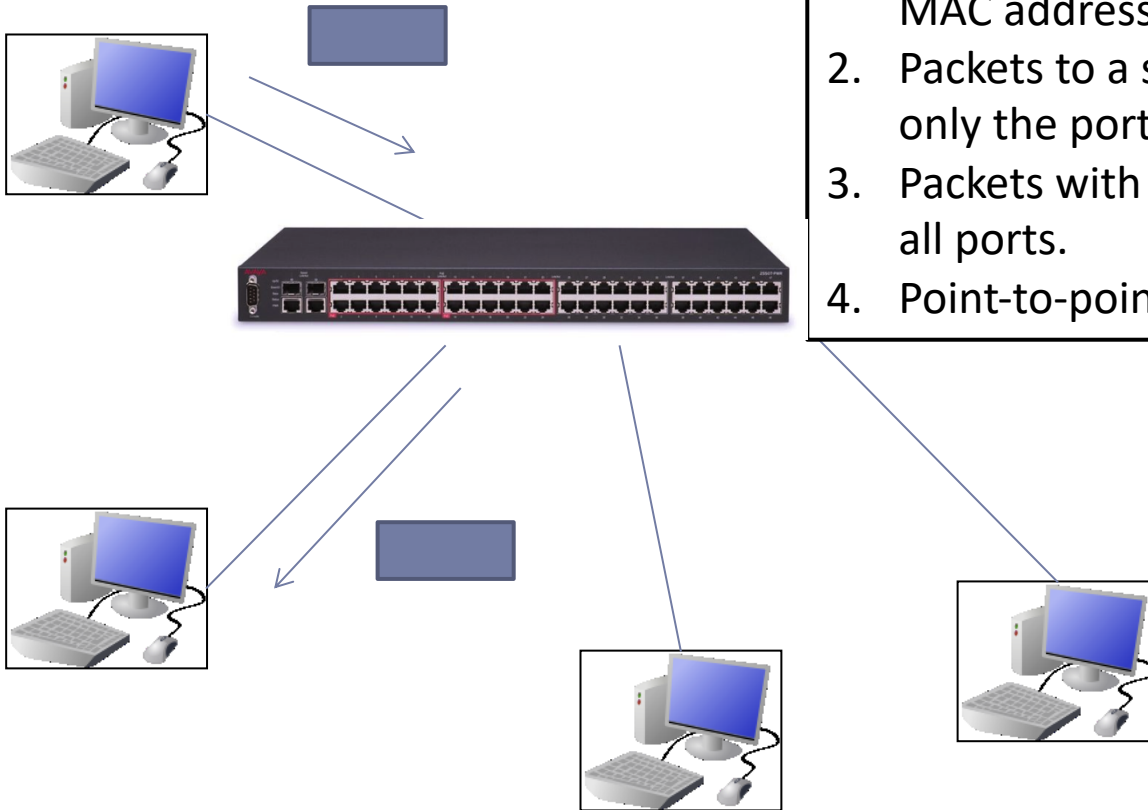
HUB: Re-send received packets to all ports →
A multi-port repeater!



Ethernet: 從broadcast link到point-to-point link

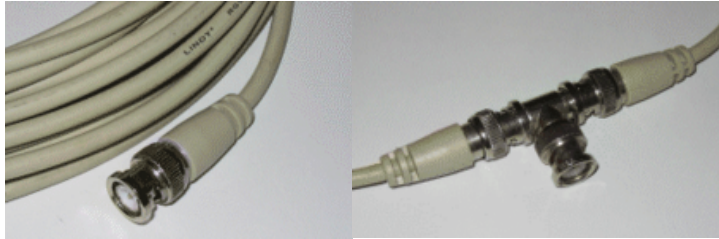
Switch:

1. The internal address table will learn the MAC addresses on that port.
2. Packets to a specific address will be sent to only the port with that address.
3. Packets with new addresses will be sent to all ports.
4. Point-to-point links! No longer need a MAC!



常用使用網路線的Ethernet科技

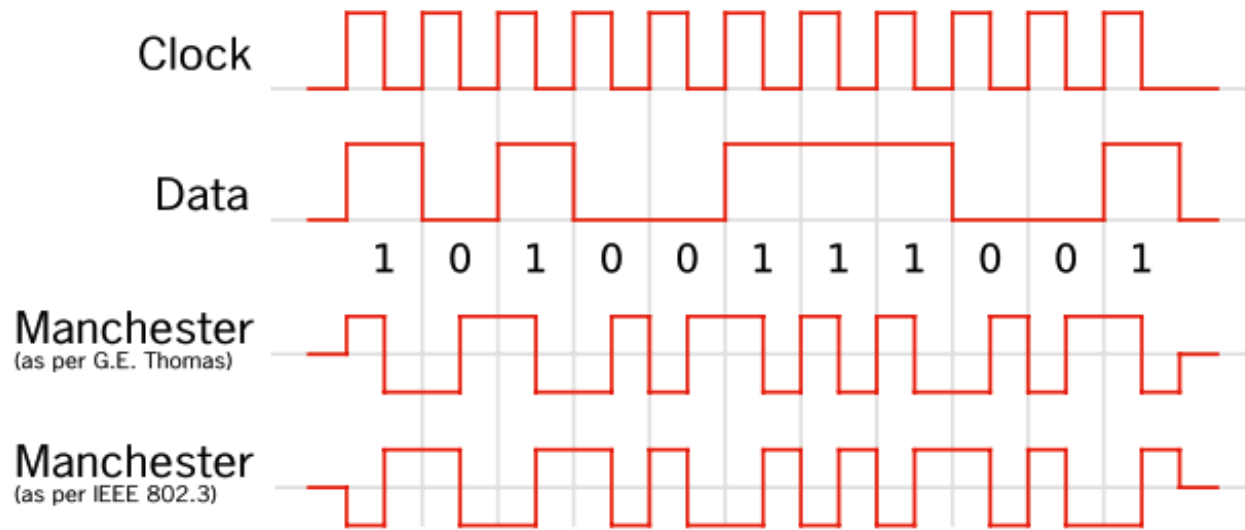
- ▶ 10 Base2: 使用類似家裡第四台用的同軸電纜傳輸。速度可達10 Mbps。資訊館最早的網路使用此科技。



- ▶ 10 BaseT: 使用Cat. 3 or Cat. 5網路線中的四芯(兩對)。所有裝置都直接接到HUB或Switch(星狀拓樸)。
- ▶ 100 BaseTX: 使用Cat. 5網路線中的四芯(兩對)。
- ▶ 1000 BaseT: 使用Cat. 5等級或更好的網路線中的八芯(四對)。
- ▶ 10G BaseT: 使用Cat. 6a等級或更好的網路線。
- ▶ 25G BaseT: 使用Cat. 8等級網路線。

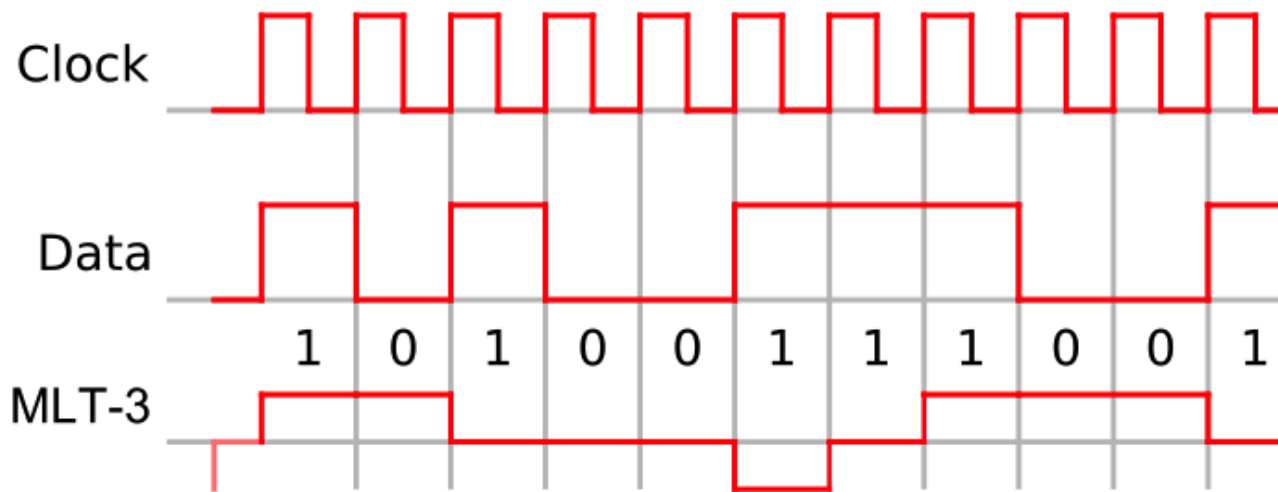


10 BaseT的訊號



- 可以經常切換high & low voltages (-2.5 及 2.5 Volt)
- **Clock recovery:** 需要知道每個bit開始及結束的時間。但是每個裝置內部的時間不同! 因此需要從對方傳輸的訊號變換來估計每個bit的時間有多長!
- 接收端用0 volt來當作threshold判斷到底是high or low。
- **Noise:** 電路中的雜訊會加在收到的訊號上。當訊號相對於雜訊太弱的時候，就有可能會誤判high or low。
- **SNR:** signal-to-noise ratio. 通常SNR高==錯誤率低。

100 BaseTX的訊號



Name	4b	5b
0	0000	11110
1	0001	01001
2	0010	10100
3	0011	10101
4	0100	01010
5	0101	01011
6	0110	01110
7	0111	01111
8	1000	10010
9	1001	10011
A	1010	10110
B	1011	10111
C	1100	11010
D	1101	11011
E	1110	11100
F	1111	11101

- ▶ 4B5B + MLT-3 編碼
- ▶ 4B5B: 把0和1做更平均的分配
- ▶ MLT-3: +1, 0, -1 Volt
 - ▶ Bit 1: 移動到下一個state
 - ▶ Bit 0: 同樣一個state



Ethernet Frame Structure

Octets = Bytes

Preamble	Start of frame delimiter	MAC destination	MAC source	Length (IEEE 802.3)	802.1Q tag (optional)	Payload	Frame check sequence (32-bit CRC)
7 octets	1 octet	6 octets	6 octets	2 octets	(4 octets)	42–1500 octets	4 octets

- ▶ Preamble: 10101010, 用來做clock recovery用途。
- ▶ MAC source/destination: 紀錄來源及目的裝置網路卡號
- ▶ MTU (Maximum Transmission Unit): 如果上層封包 > 1500 Bytes, 則會被切小分段傳輸。
- ▶ FCS (CRC): 可以檢查這個封包是否有錯誤。