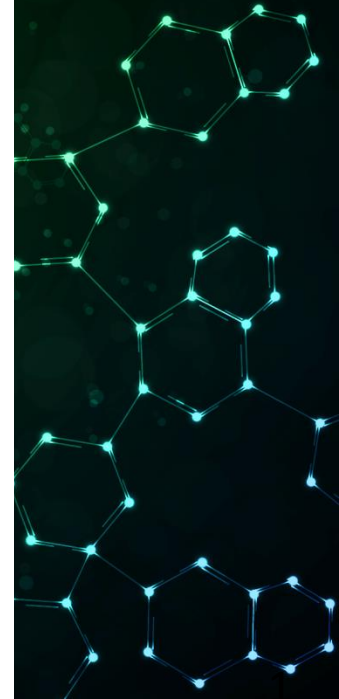


# 物理层



# 内容大纲

- ◆ 信号传导介质
- ◆ 信号传递时间的计算
- ◆ 数据传输时延的估算
- ◆ 信号编码 (Encoding) 与调变 (Modulation)
- ◆ 有线信号编码、解码与解码错误
- ◆ 有线信号的传递
- ◆ 无线信号调变、解调与解调错误
- ◆ 无线信号的传递
- ◆ 总结

# 信号传导介质

# 信号传导介质种类

- ◆ 有线
  - 铜线内传递电子信号
  - 光纤内传递光波信号
  - etc.
  
- ◆ 无线
  - 空气中传递电磁波信号
  - 空气中传递光波信号
  - etc.

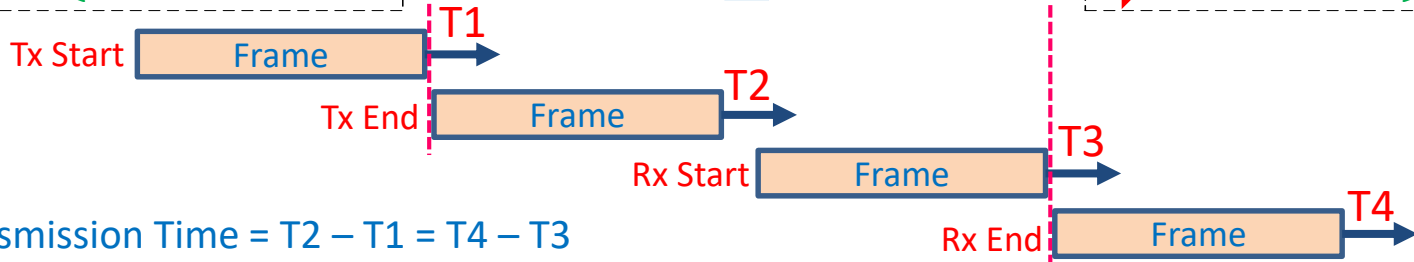
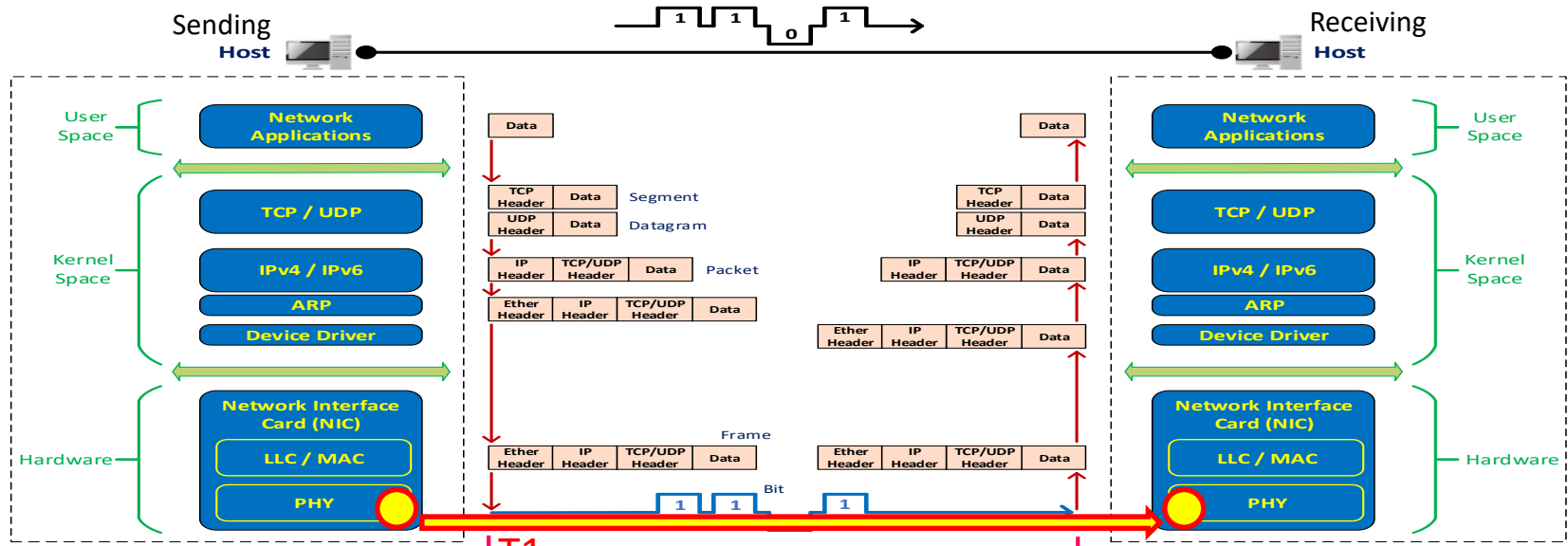
# 信号传递时间的计算

< Simulation Case >

trans\_time\_and\_prop\_delay.xtpl

trans\_time\_and\_prop\_delay\_comparison.xtpl

# 传输时间 (Transmission Time) 与传播时延 (Propagation Delay)

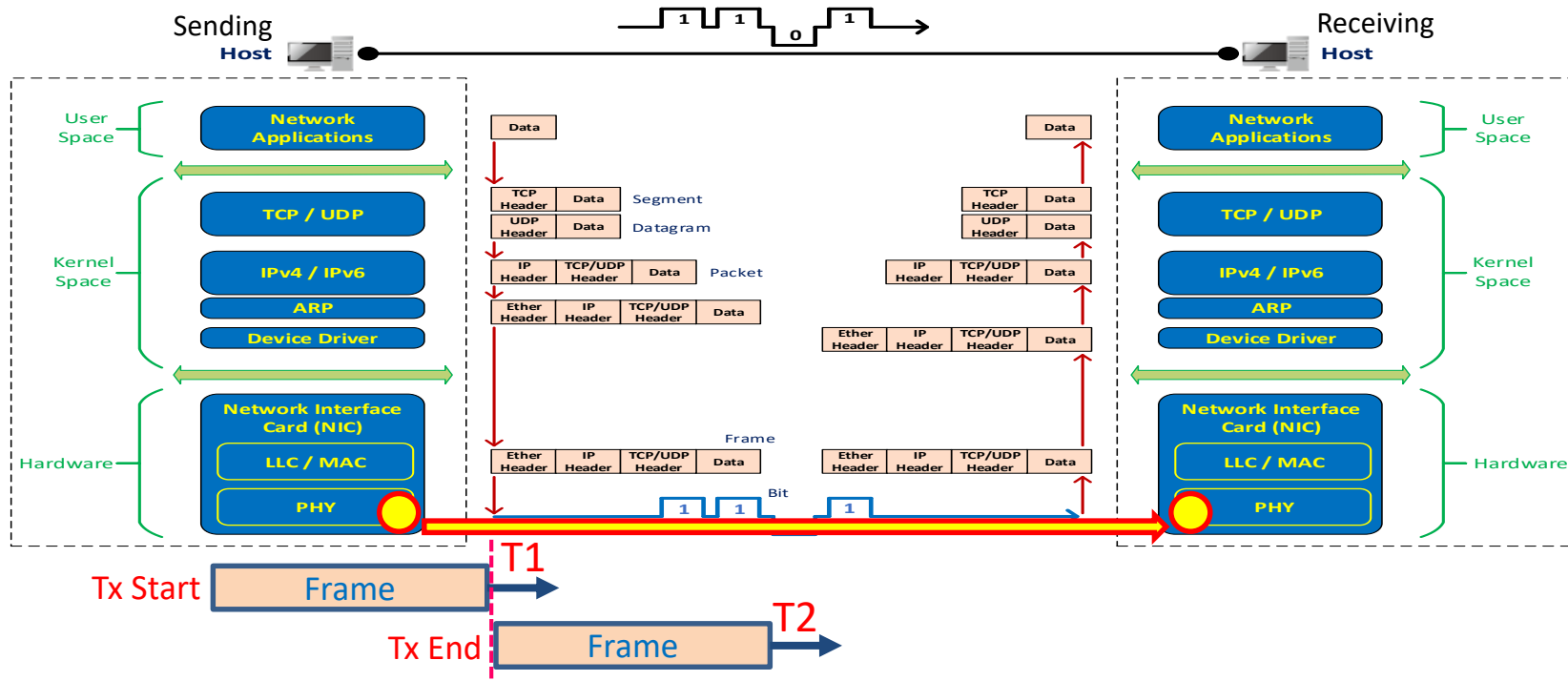


$$\text{Transmission Time} = T_2 - T_1 = T_4 - T_3$$

$$\text{Propagation Delay} = T_3 - T_1 = T_4 - T_2$$

$$\text{Frame Delivery Time} = \text{Rx End} - \text{Tx Start} = T_4 - T_1 = \text{Transmission Time} + \text{Propagation Delay}$$

# 计算传输时间 (Transmission Time)



Sending Host's Interface Data Rate =  $X \text{ Mbps} = (X * 10^6) \text{ bps}$

Frame Size =  $Y \text{ bytes} = (8 * Y) \text{ bits}$

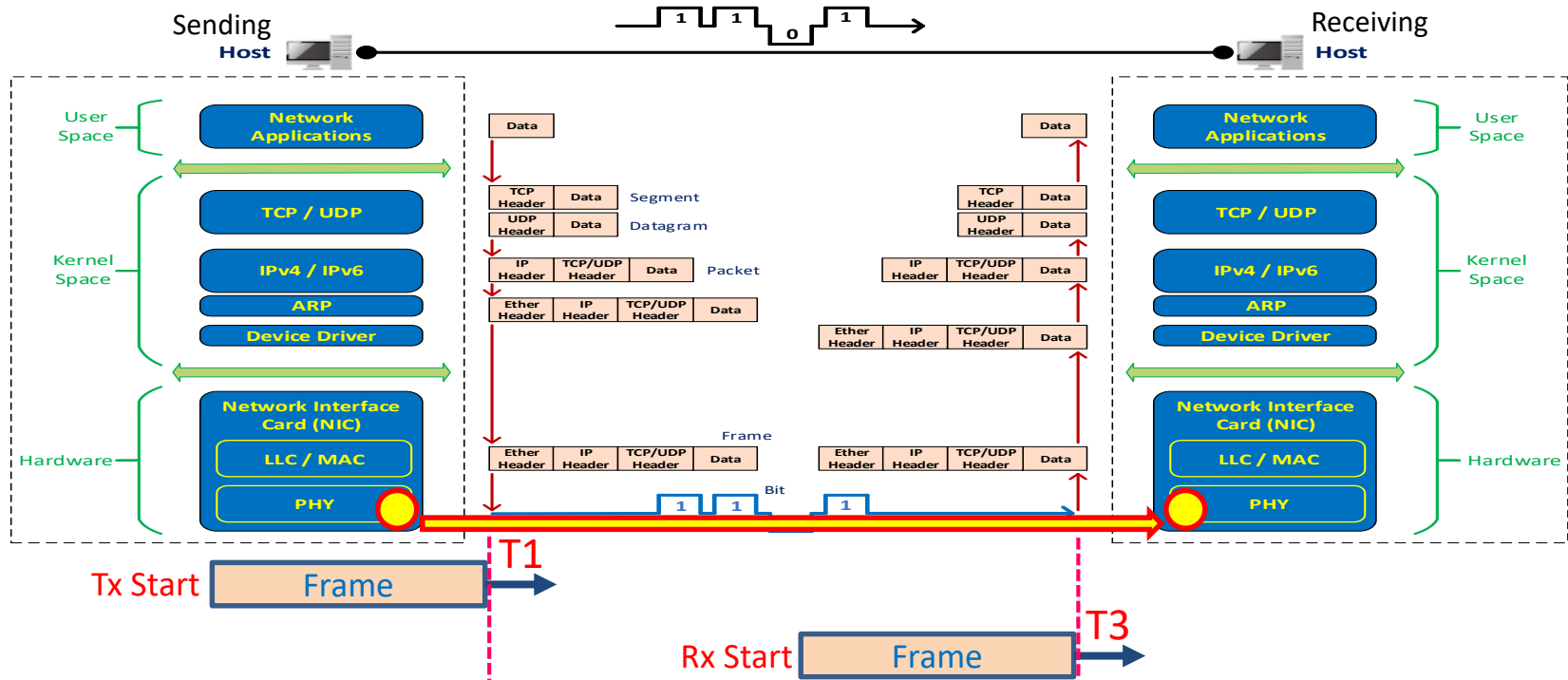
Transmission Time =  $T2 - T1 = (8 * Y) / (X * 10^6) \text{ sec}$

E.g.,

If  $X = 10$  and  $Y = 1000$ ,

Transmission Time =  $(8 * 1000) / (10 * 10^6)$   
 $= 0.0008 \text{ sec}$

# 计算传播时延 (Propagation Delay)

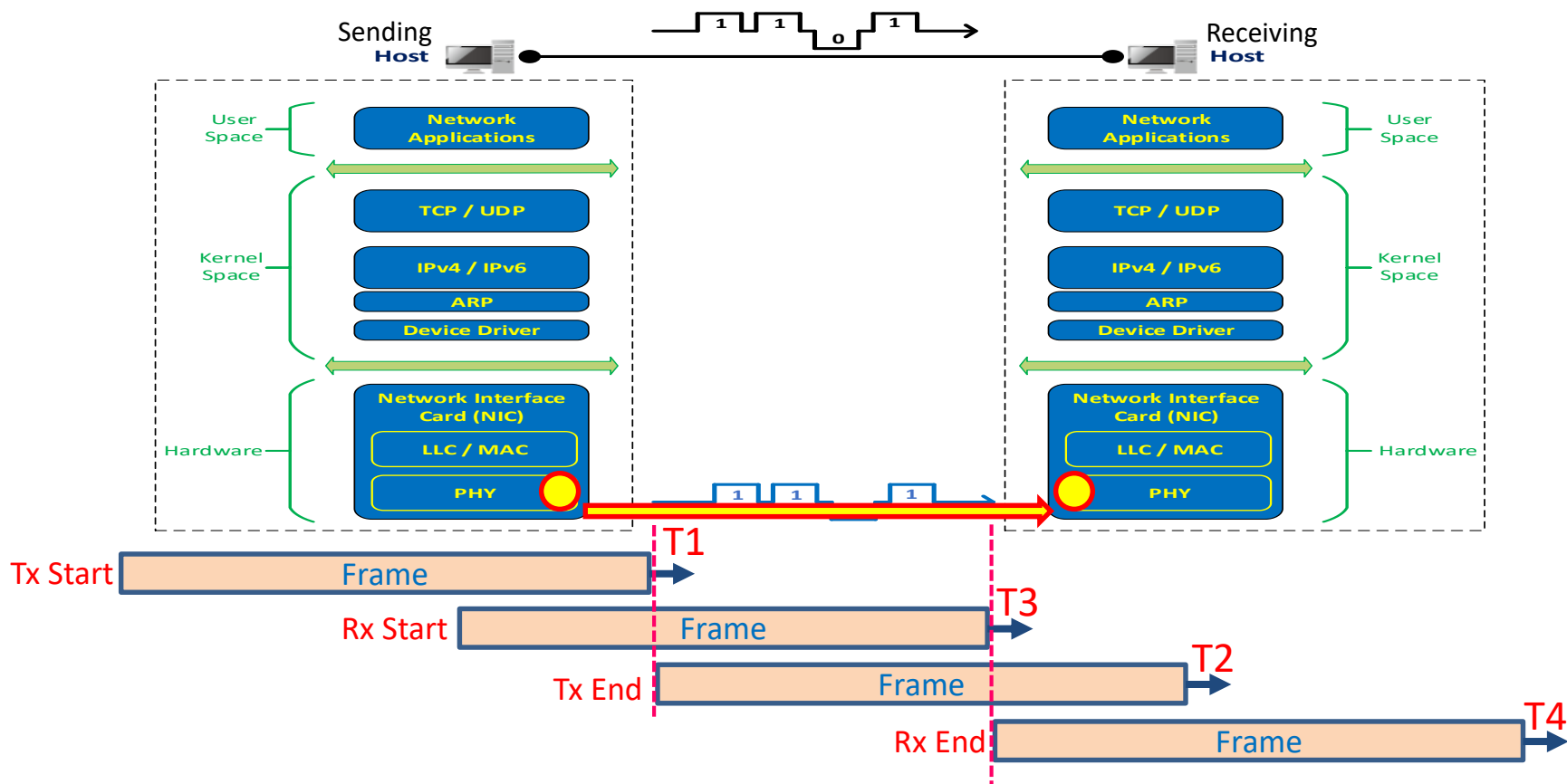


Signal Speed over the Medium =  $S$  meter/sec  
 Distance between Sending Host and Receiving Host =  $D$  meters  
 Propagation Delay =  $T3 - T1 = D/S$  sec

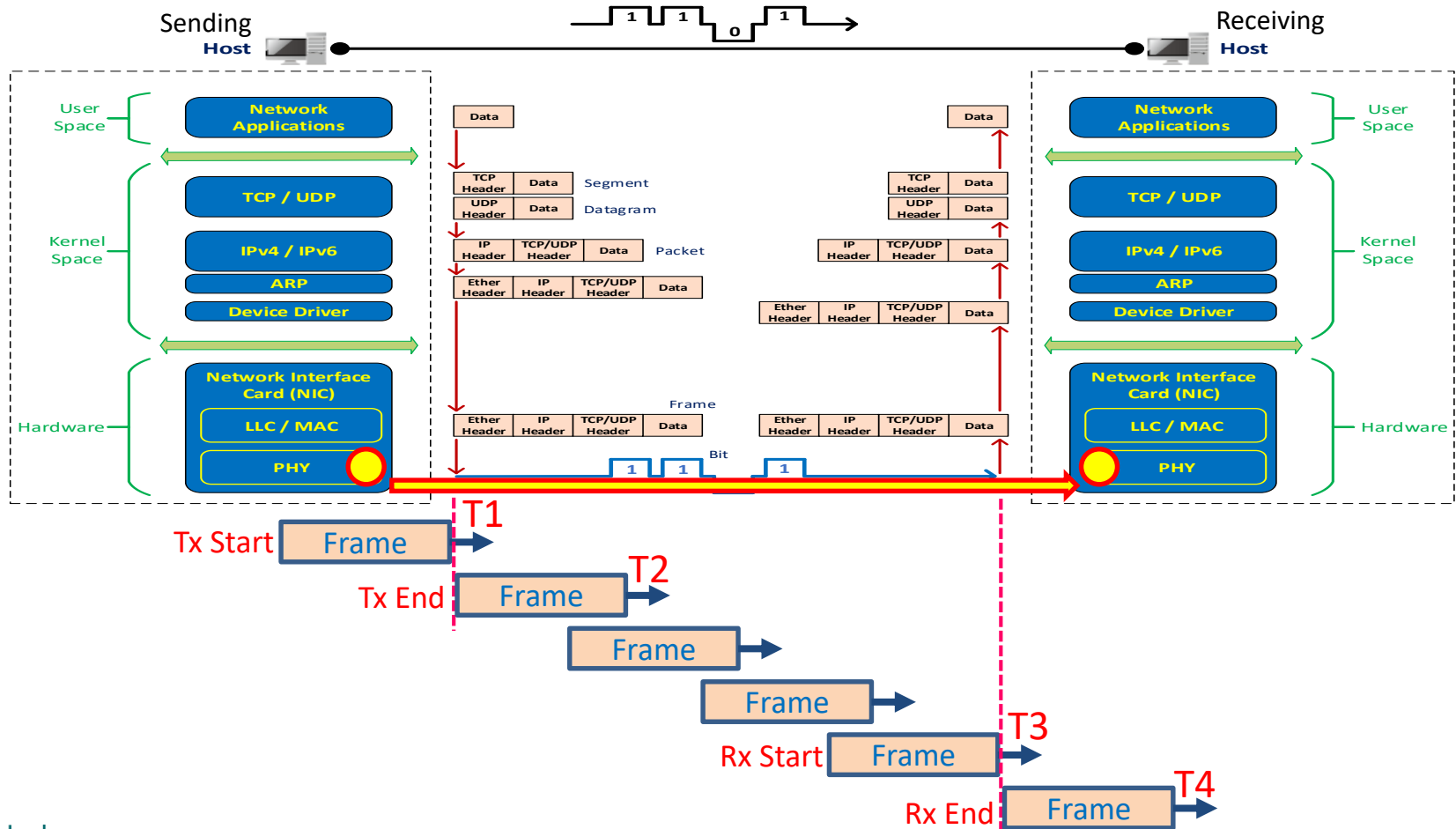
E.g.,  
 If  $S = (2 * 10^8)$  and  $D = 200$ ,  
 Propagation Delay =  $(200)/(2 * 10^8)$   
 = 0.000001 sec



# 传输时间 (Transmission Time) > 传播时延 (Propagation Delay)



# 传输时间 (Transmission Time) < 传播时延 (Propagation Delay)



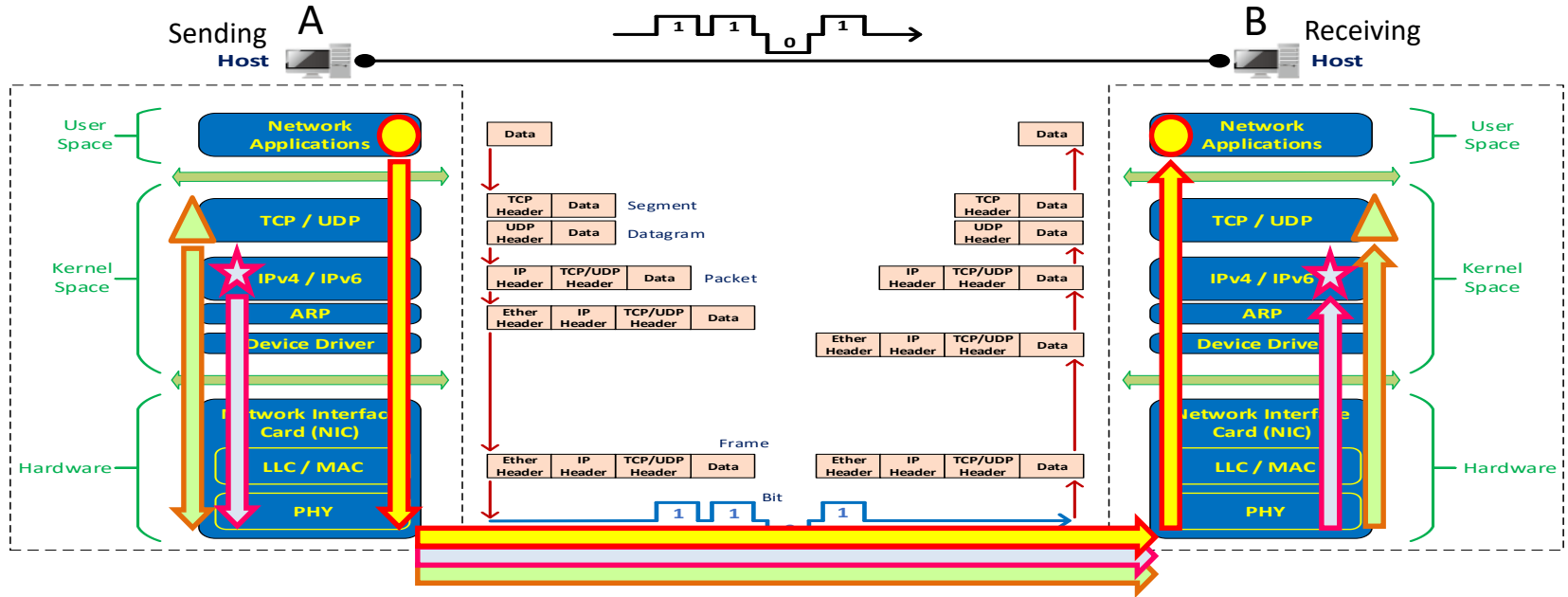
# 数据传输时延的估算

< Simulation Case >

end\_to\_end\_delay.xtpl

end\_to\_end\_delay\_trans\_time\_dominates.xtpl

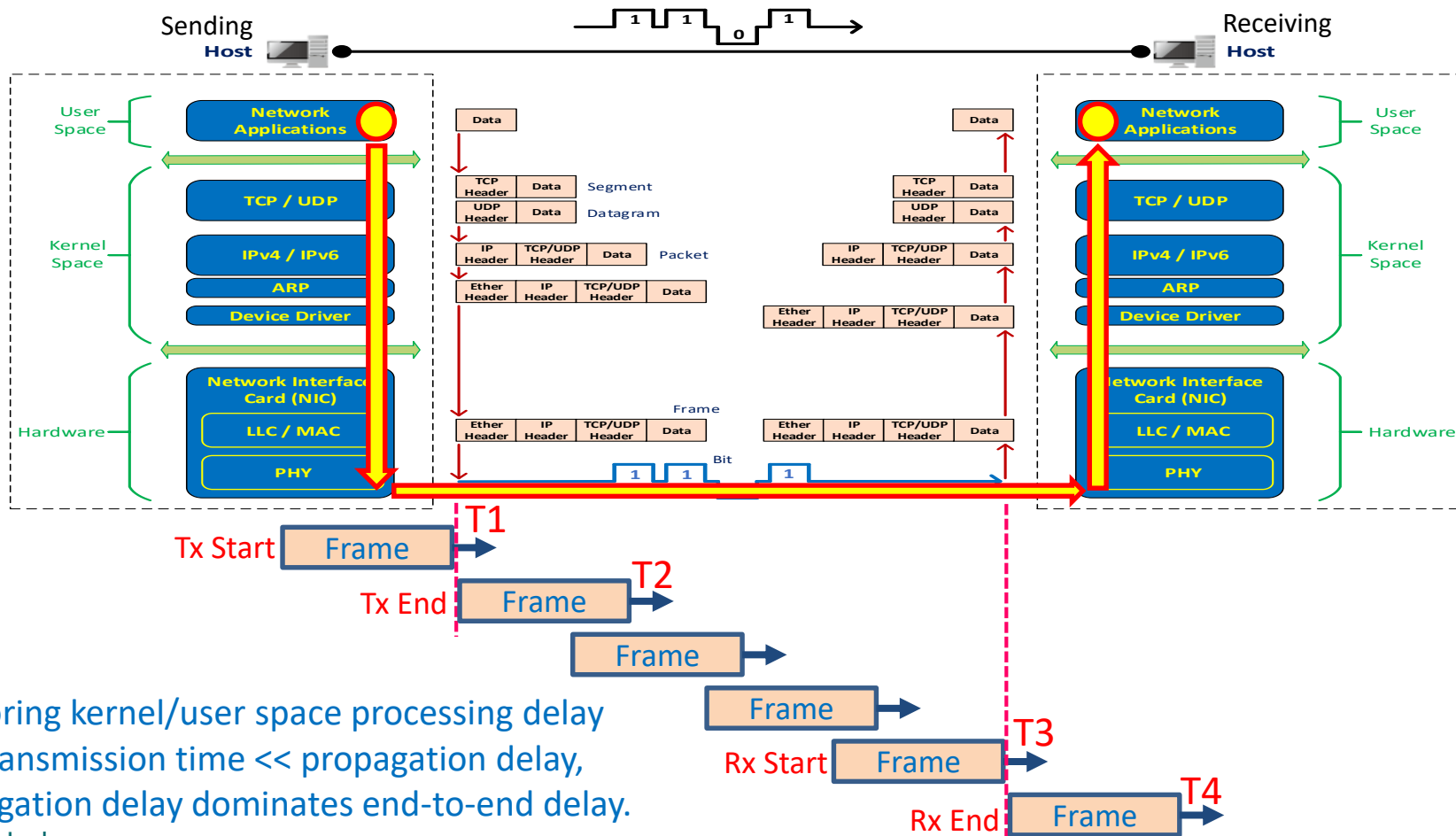
# 端到端时延 (End-to-end Delay)



End-to-end Delay = Sending Host's Kernel/User Space Processing Delay (e.g., Protocol, Scheduling, Queuing, etc.)  
+ Transmission Time + Propagation Delay  
+ Receiving Host's Kernel/User Space Processing Delay (e.g., Protocol, Queuing, etc.)

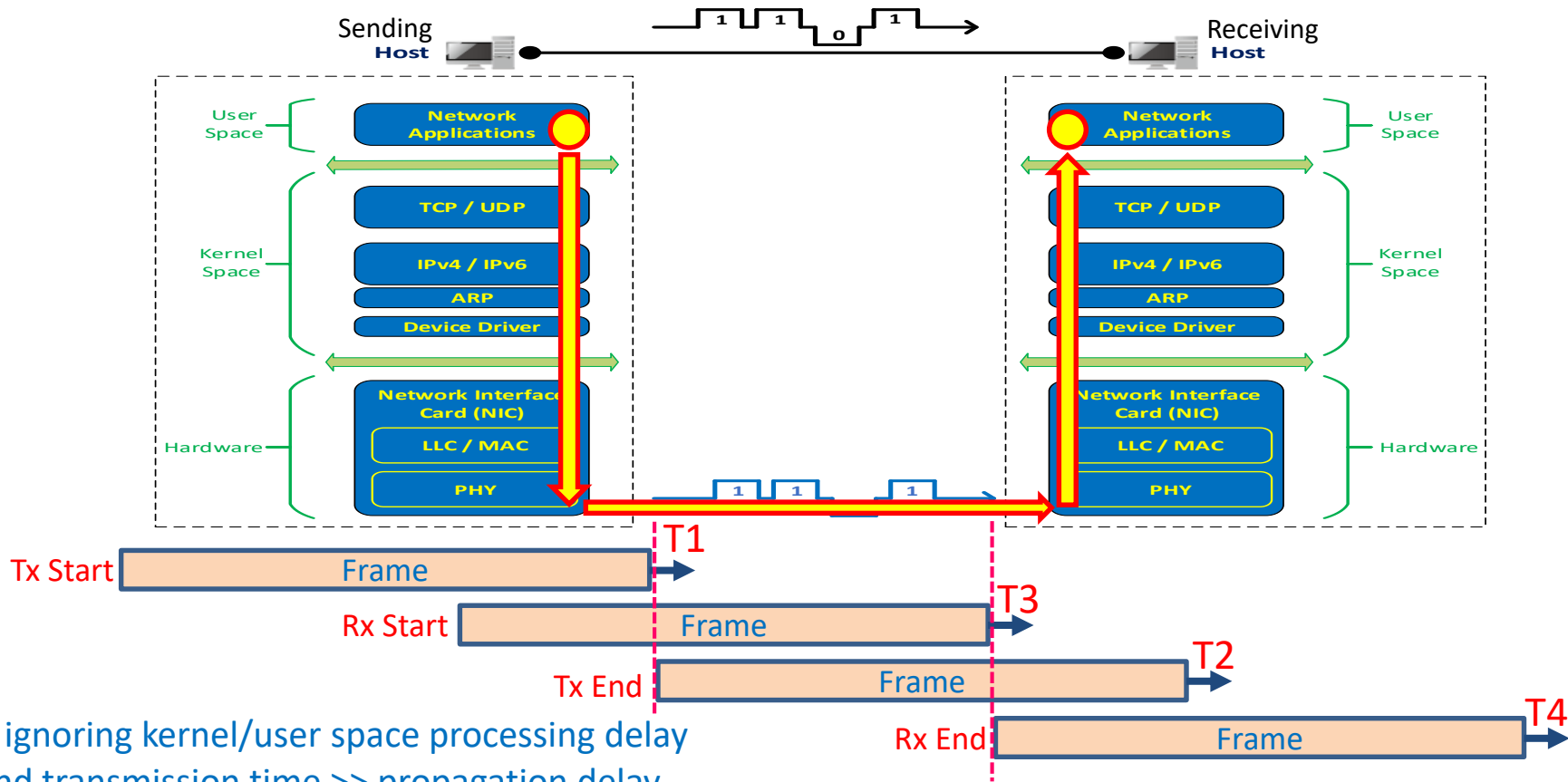
Round Trip Time (RTT) = End-to-end Delay from Host A to Host B  
+ End-to-end Delay from Host B to Host A

# 传输时间 (Transmission Time) < 传播时延 (Propagation Delay)



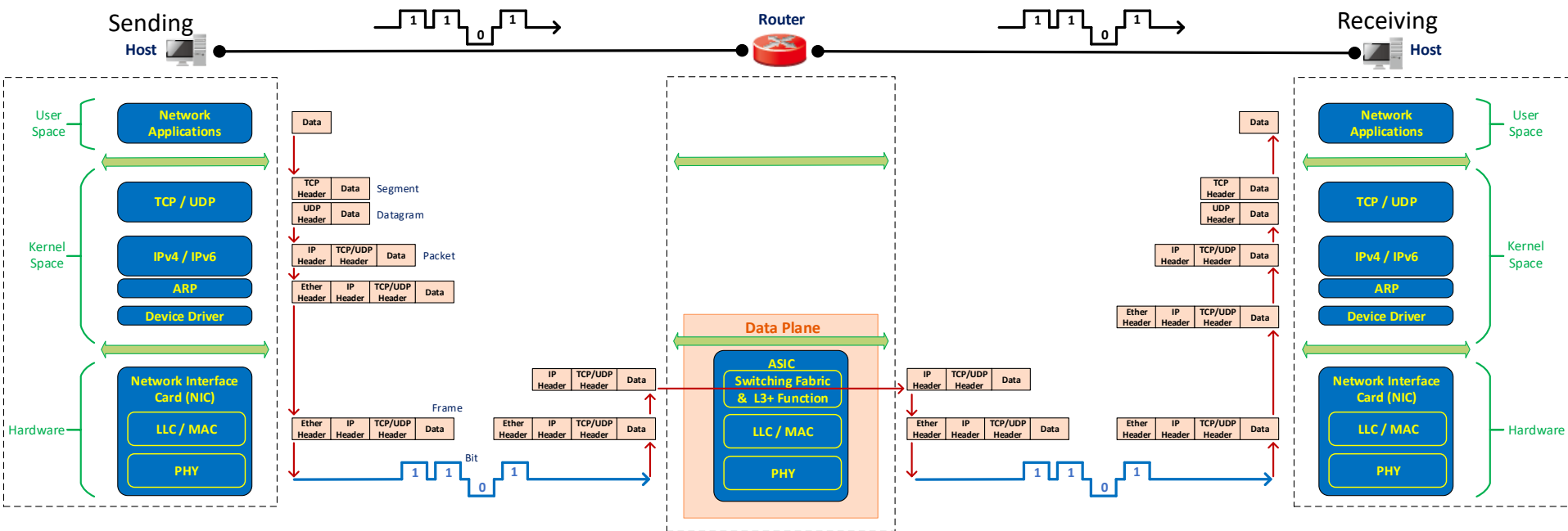
If ignoring kernel/user space processing delay and transmission time  $\ll$  propagation delay, propagation delay dominates end-to-end delay.

# 传输时间 (Transmission Time) > 传播时延 (Propagation Delay)



If ignoring kernel/user space processing delay and transmission time  $\gg$  propagation delay, transmission time dominates end-to-end delay.

# 途经其他网络设备的端到端时延



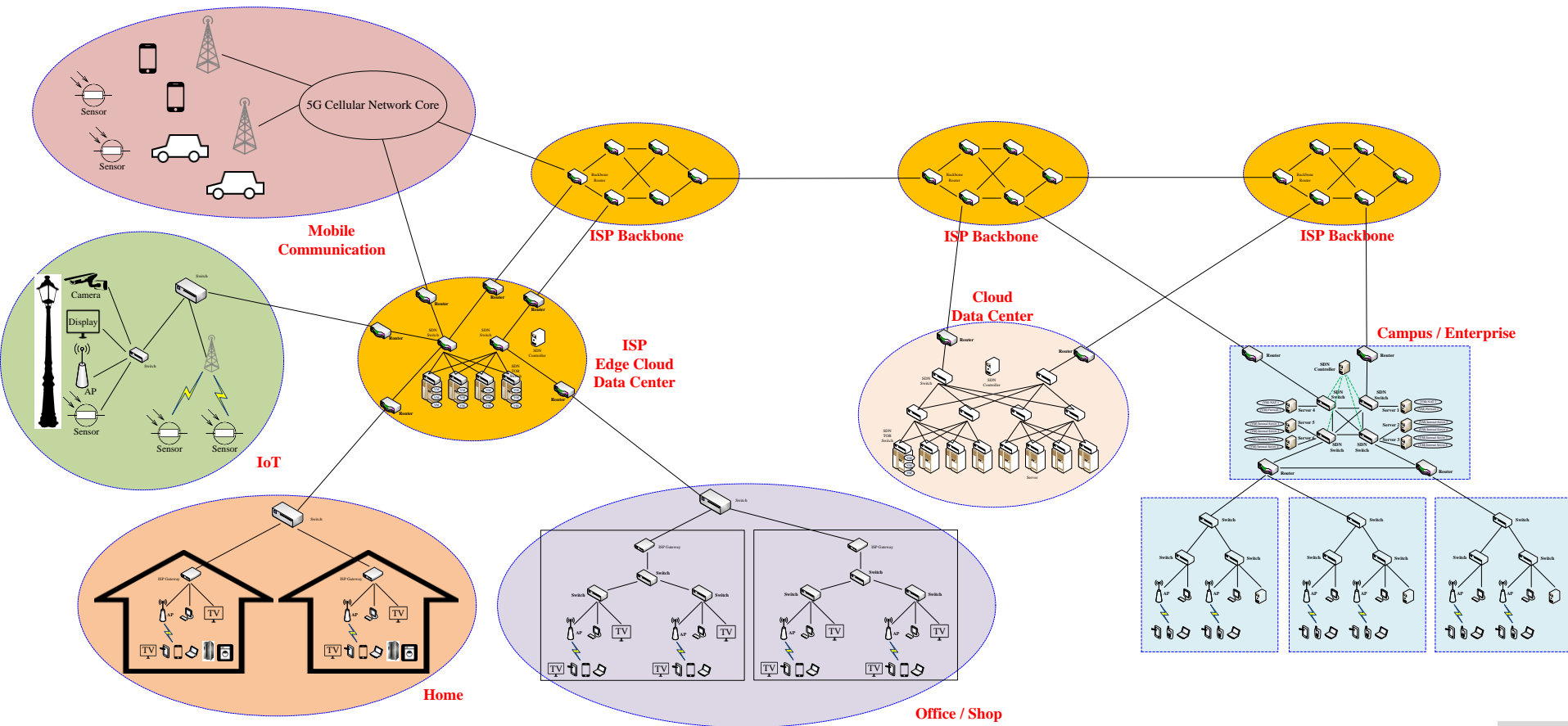
**End-to-end Delay** from Sending Host to Receiving Host

= **Point-to-point Delay** from Sending Host to Router

+ **Router's Forwarding Delay**

+ **Point-to-point Delay** from Router to Receiving Host

# 用下面这个网络，想想各种端到端时延

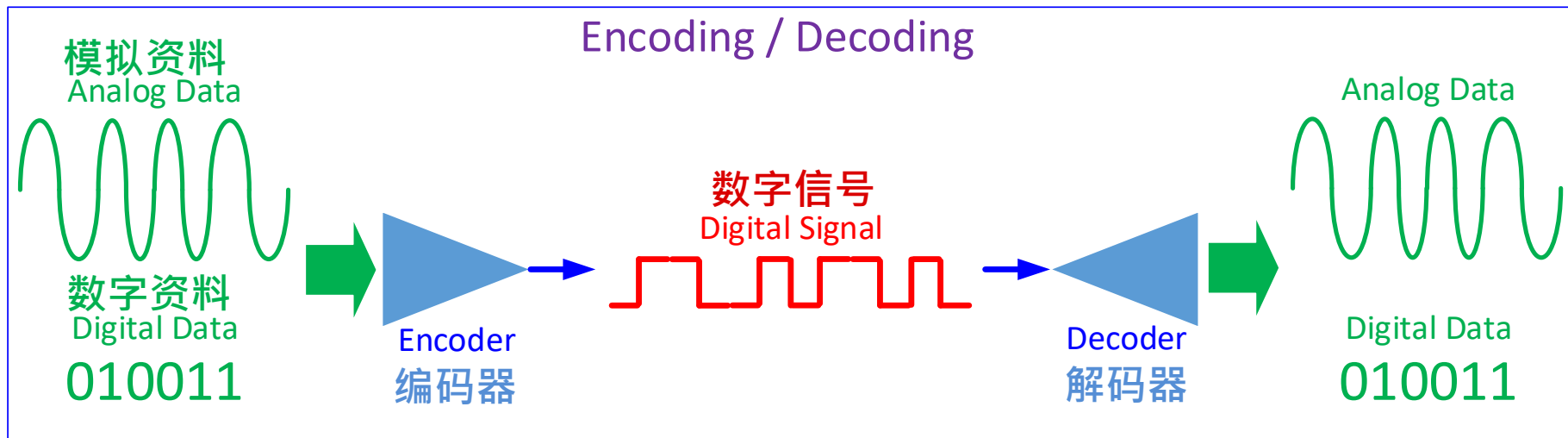




# 信号编码 (Encoding) 与调变 (Modulation)

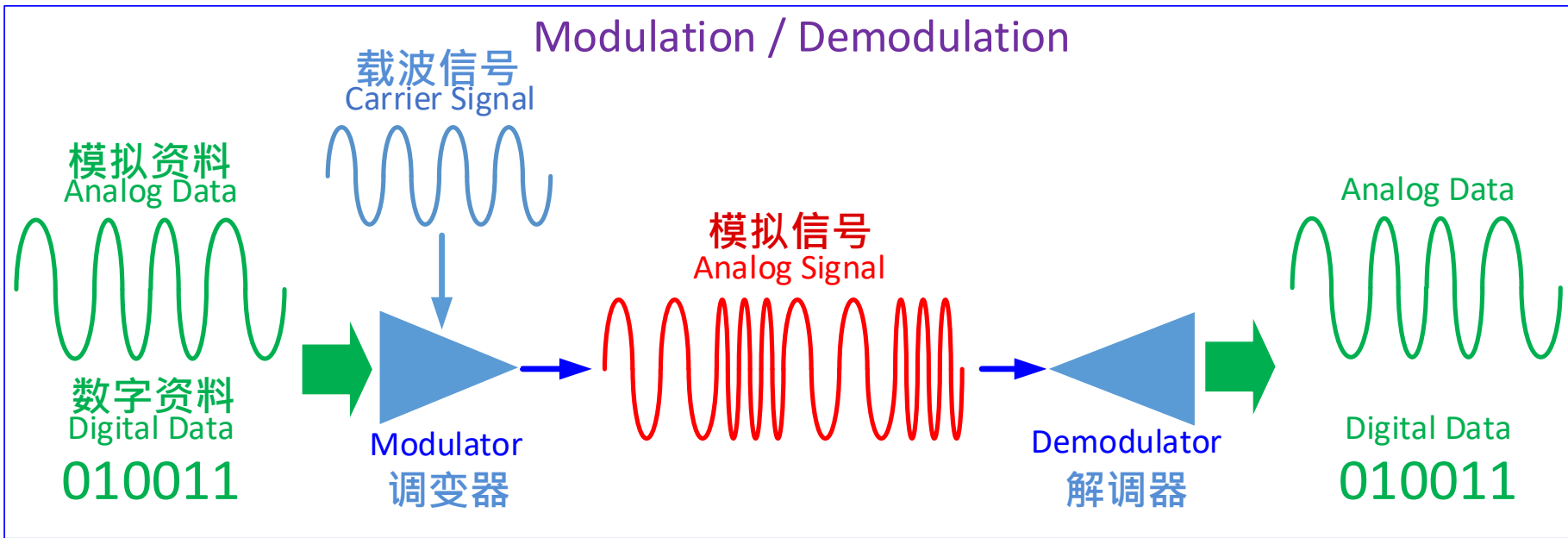
# 编码/解码 (Encoding/Decoding)

- ◆ 假如资料传送时必须以**数字信号**的型式来处理，则不管原来的资料是数字或是模拟的，都要在传送端先编码成数字信号后再进行传送。
- ◆ 在信号接收端，所收到的数字信号要经过解码程序来取回原来的资料。



# 调变/解调 (Modulation/Demodulation)

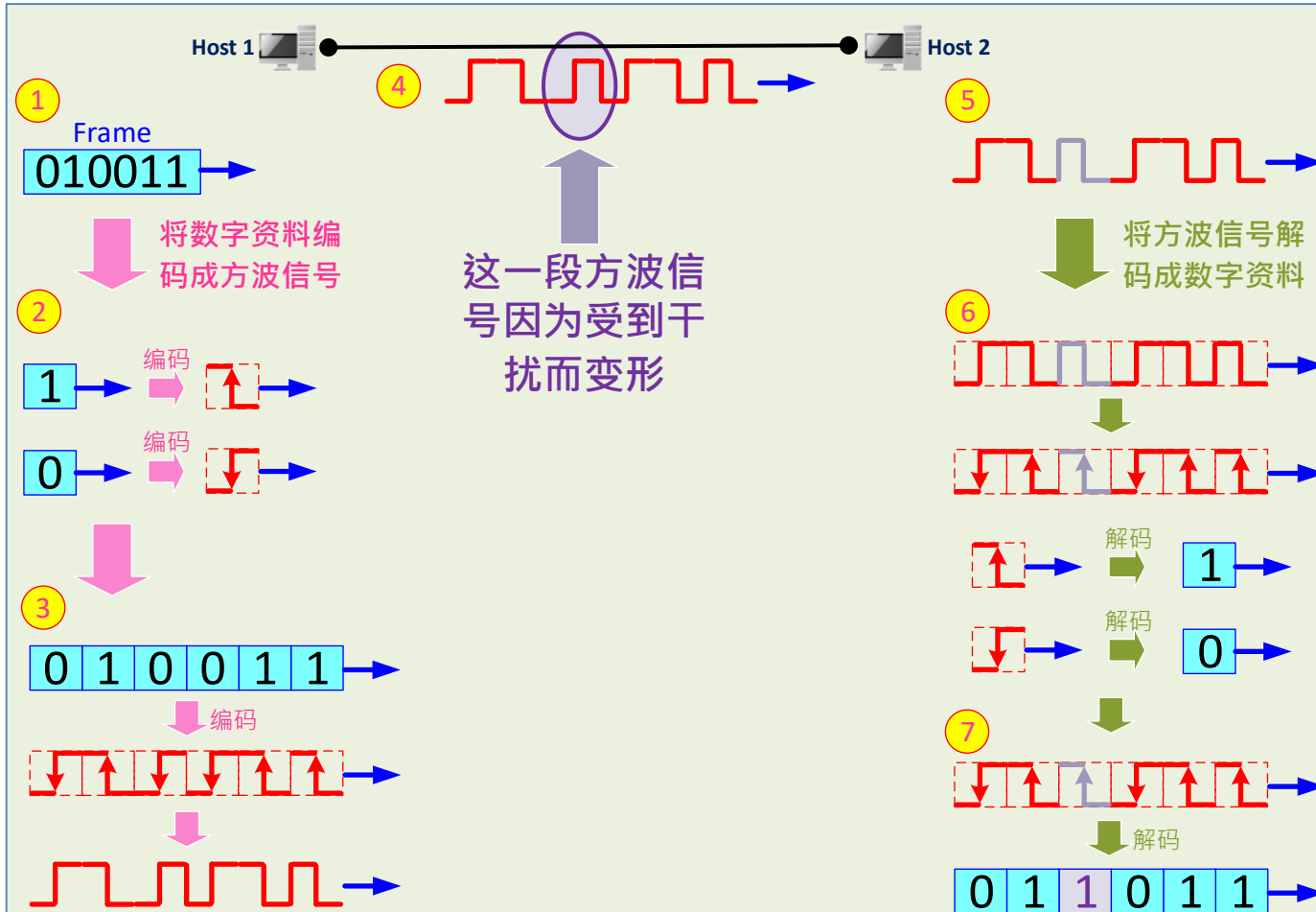
- ◆ 若是资料传送时必须以**模拟信号**的型式来处理，则不管原来的资料是数字或是模拟的，都要在传送端先调变成模拟信号后再进行传送。
- ◆ 在信号接收端，所收到的模拟信号要经过解调程序来取回原来的资料。



# 有线信号编码、解码与解码错误

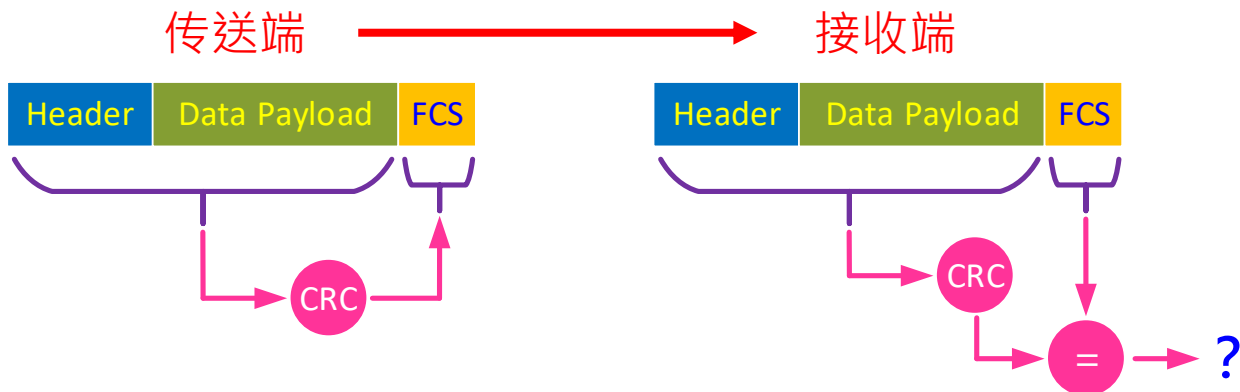


# 有线信号解码错误



# 如何发现有线信号解码错误?

- ◆ 在一个 Frame 的字段 ( Field ) 中，通常会有表头 (Header)、数据负载 (Data Payload) 与 Frame 检验序列 (FCS, Frame Check Sequence)。
- ◆ FCS 字段所填的数值，可用 CRC (Cyclic Redundancy Check) 算法根据表头与数据负载的内容计算而来。
- ◆ 在 Frame 被传送之前，在传送端会计算一次 CRC 数值并填到 FCS 字段中。
- ◆ 当 Frame 被接收时，接收端会根据表头与数据负载的内容再计算一次 CRC 数值，若此 CRC 数值与 FCS 字段内的数值不一致，则判定这个 Frame 有出现错误。



# 有线信号的传递

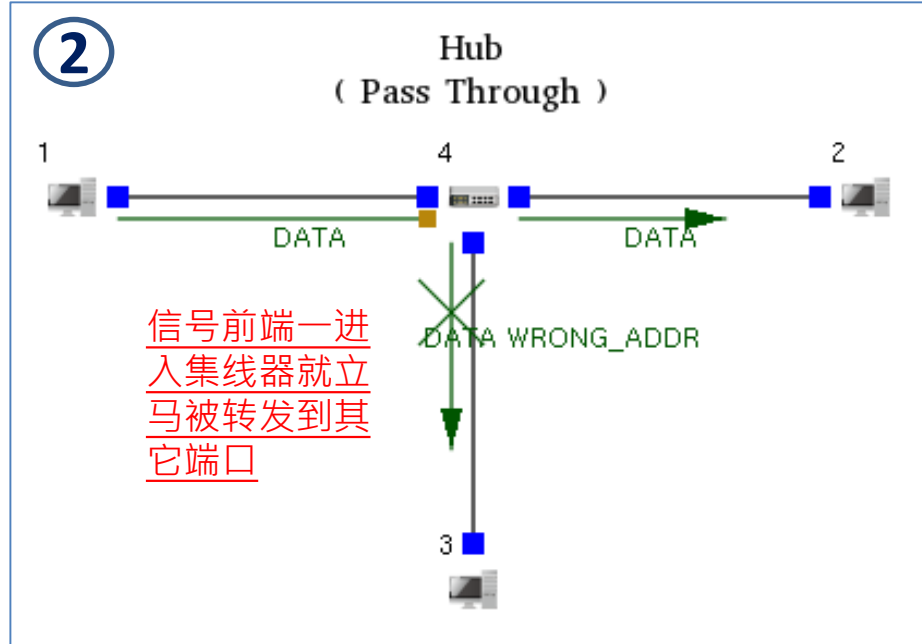
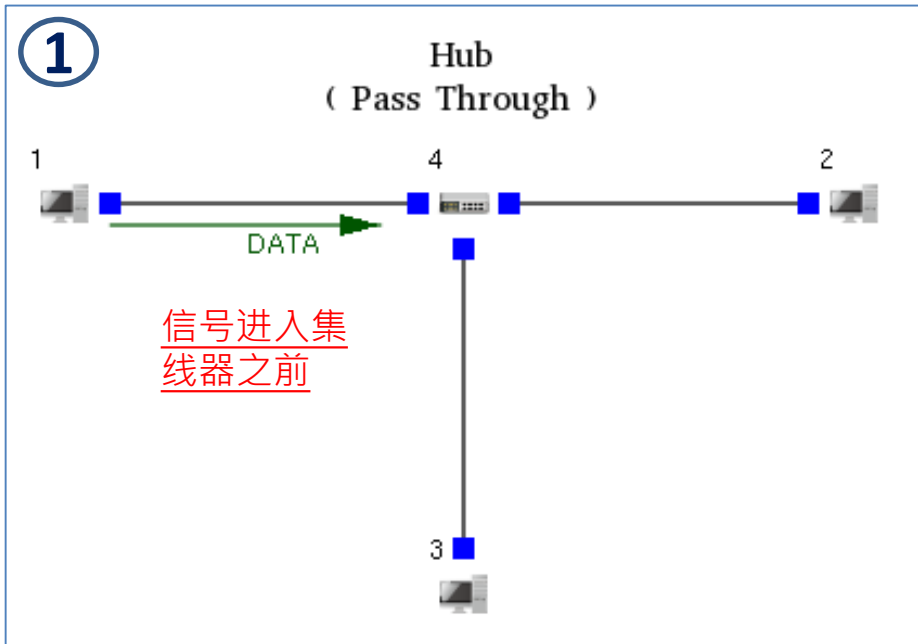
< Simulation Case >

pass\_through\_and\_store\_and\_forward.xtpl

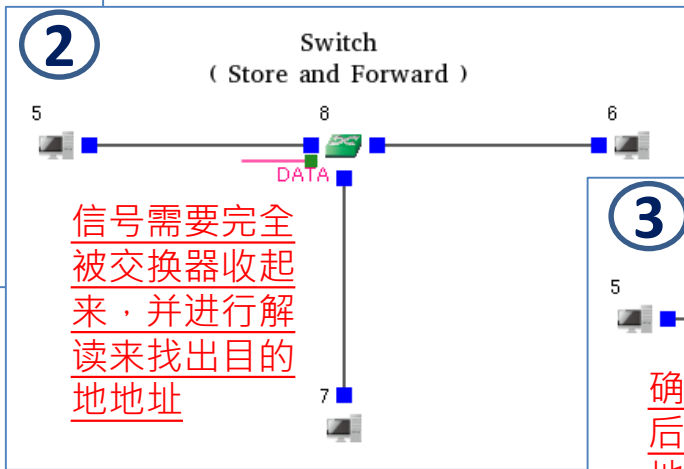
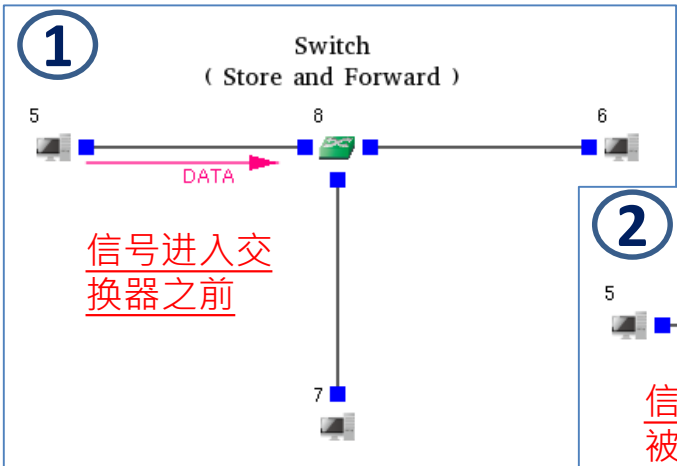
wired\_signal\_collision.xtpl



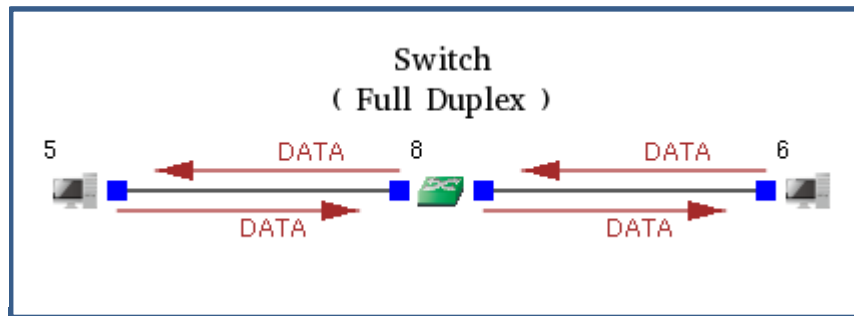
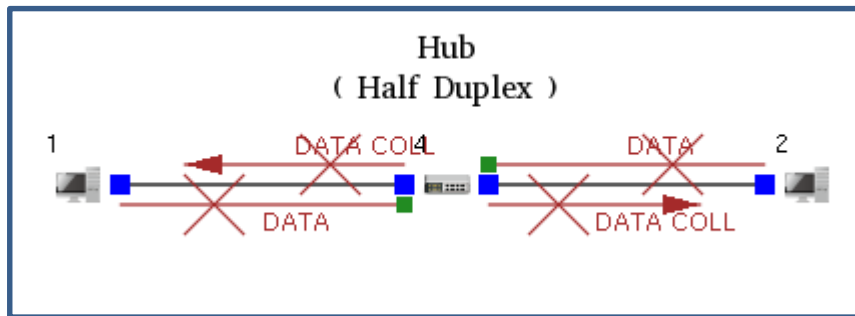
# 有线信号在通过像是集线器 (Hub) 或中继器 ( Repeater ) 的设备时，这些设备会直接将信号转送到所有其它端口，称为 Pass Through



有线信号在通过像是交换器 (Switch) 或路由器 (Router) 的设备时，这些设备会先将信号接收起来进行解读，在查明目的地地址之后，再往目的地所在的端口送出，称为 Store and Forward



# 有线信号在网络线中传递时，可能会因为与其它信号碰撞而互相干扰

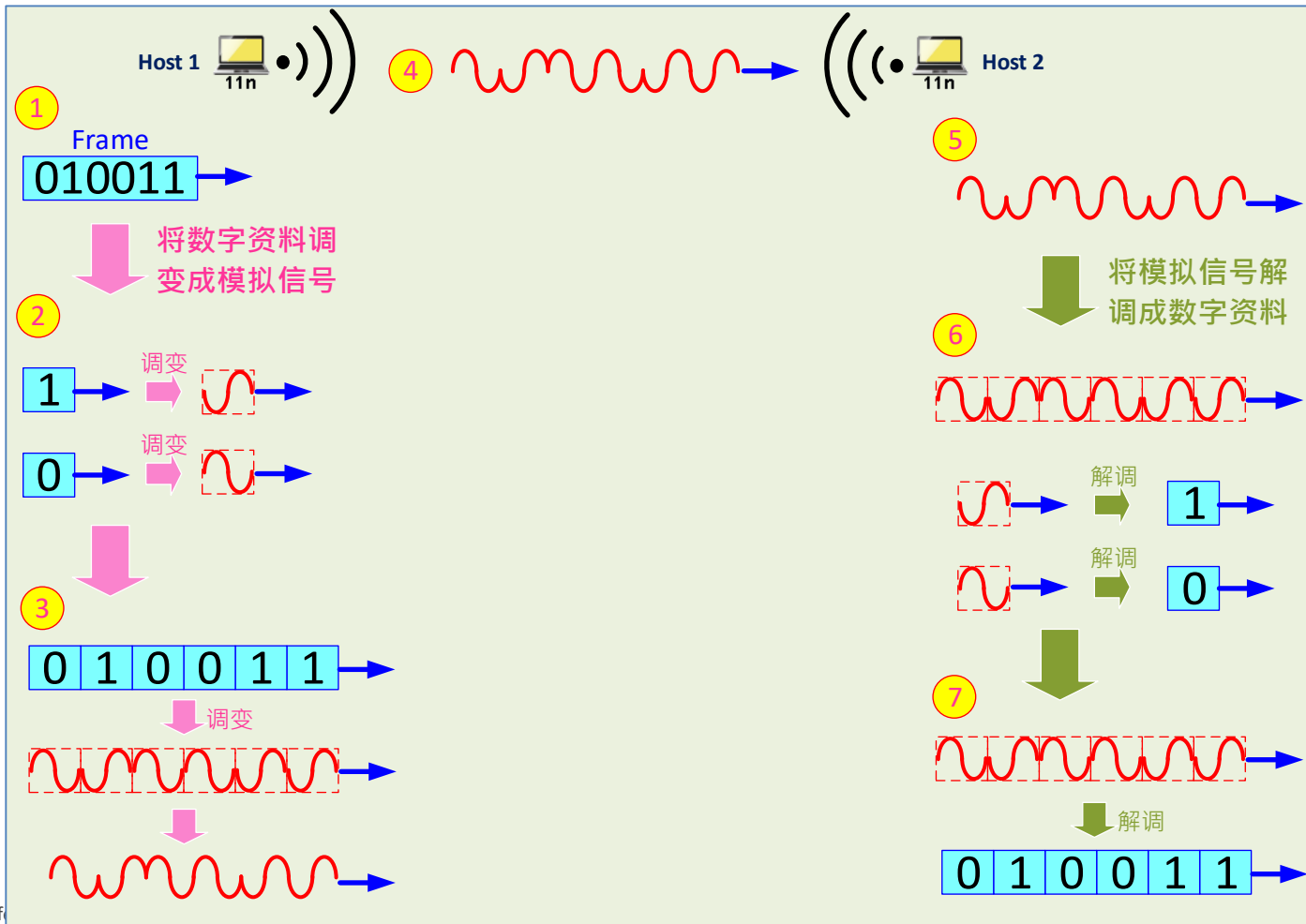


- ◆ 若在网络线中传送信号的规则是同时只能有单一个方向进行传送，当同时有两个信号由不同方向送进网络线上时，就会造成碰撞，使得这两个信号的传送结果是失败的。
- ◆ 此种规则称为半双工 (Half Duplex) 。

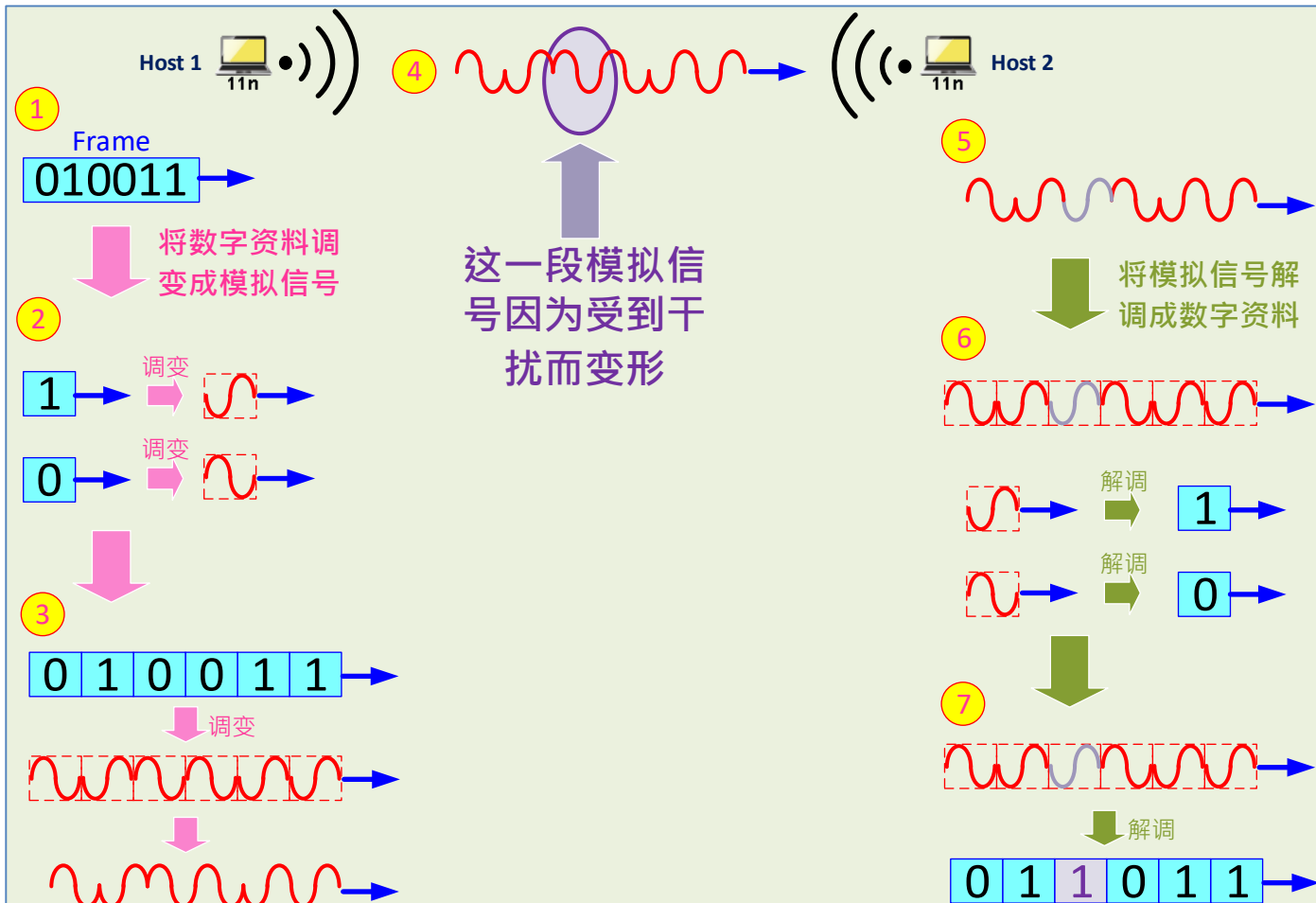
- ◆ 若在网络线中传送信号的规则是同时可允许双向进行传送，信号传送的过程中，就不会有碰撞的情况。
- ◆ 此种规则称为全双工 (Full Duplex) 。

# 无线信号调变、解调与解调错误

# 无线信号的调变与解调

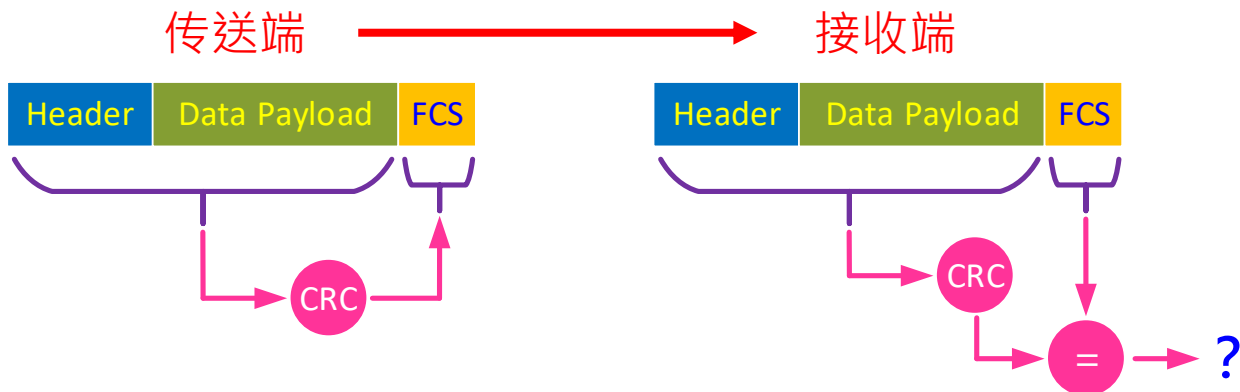


# 无线信号解调错误



# 如何发现无线信号解调错误?

- ◆ 在一个 Frame 的字段 ( Field ) 中，通常会有表头 (Header)、数据负载 (Data Payload) 与 Frame 检验序列 (FCS, Frame Check Sequence)。
- ◆ FCS 字段所填的数值，可用 CRC (Cyclic Redundancy Check) 算法根据表头与数据负载的内容计算而来。
- ◆ 在 Frame 被传送之前，在传送端会计算一次 CRC 数值并填到 FCS 字段中。
- ◆ 当 Frame 被接收时，接收端会根据表头与数据负载的内容再计算一次 CRC 数值，若此 CRC 数值与 FCS 字段内的数值不一致，则判定这个 Frame 有出现错误。



# 无线信号的传递

< Simulation Case >

antenna\_gain\_pattern.xtpl

wireless\_link\_rcv\_sensitivity.xtpl

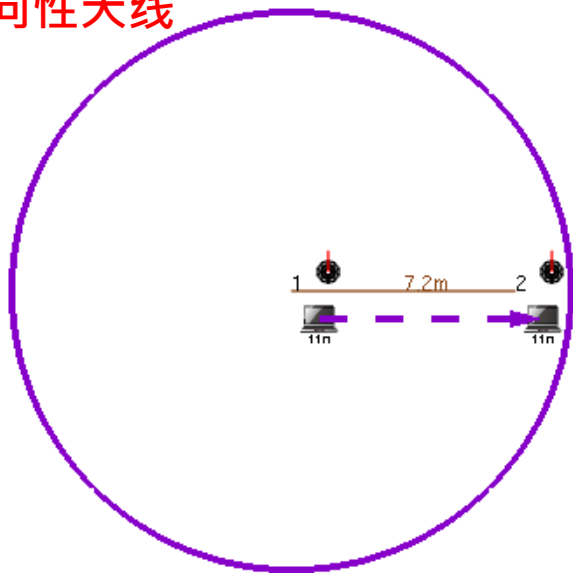
wireless\_signal\_collision.xtpl



决定无线信号传递范围的因素：

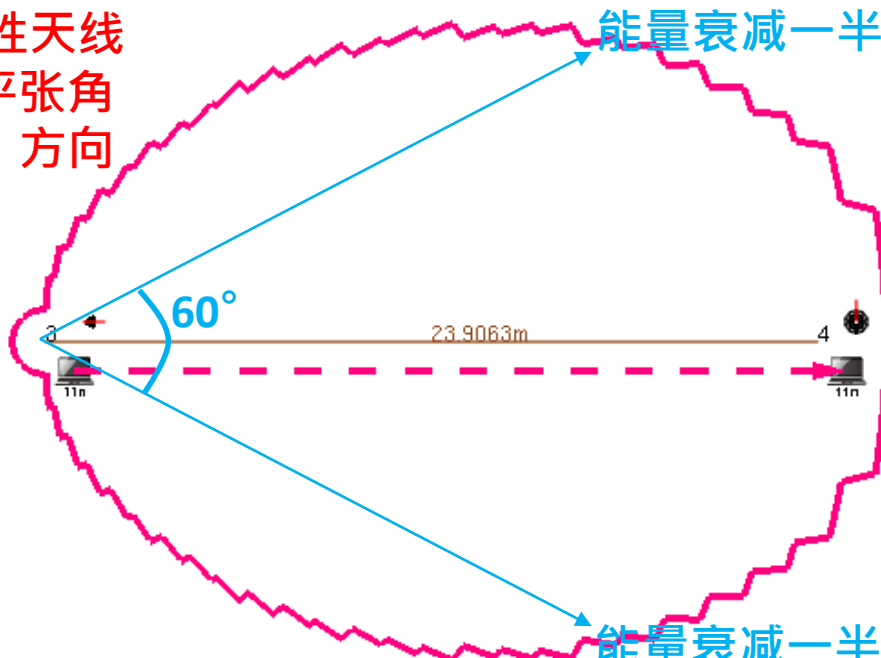
1. 传送端与接收端的天线增益方向图 ( **Antenna Gain Pattern** )
2. 传送端供给信号传递的能量 ( **Tx Power** )
3. 接收端的信号接收灵敏性 ( **Rx Sensitivity** )
4. 信号频率与环境参数 ( 地形、地物、天气、干扰等等 )

全向性天线



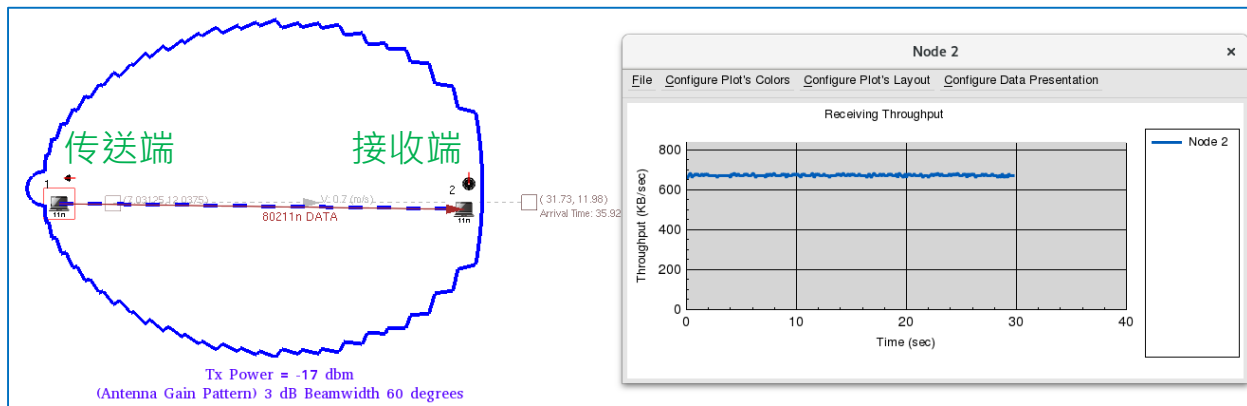
Tx Power = -17 dbm  
Isotropic Antenna

方向性天线  
( 水平张角  
60度，方向  
朝右 )

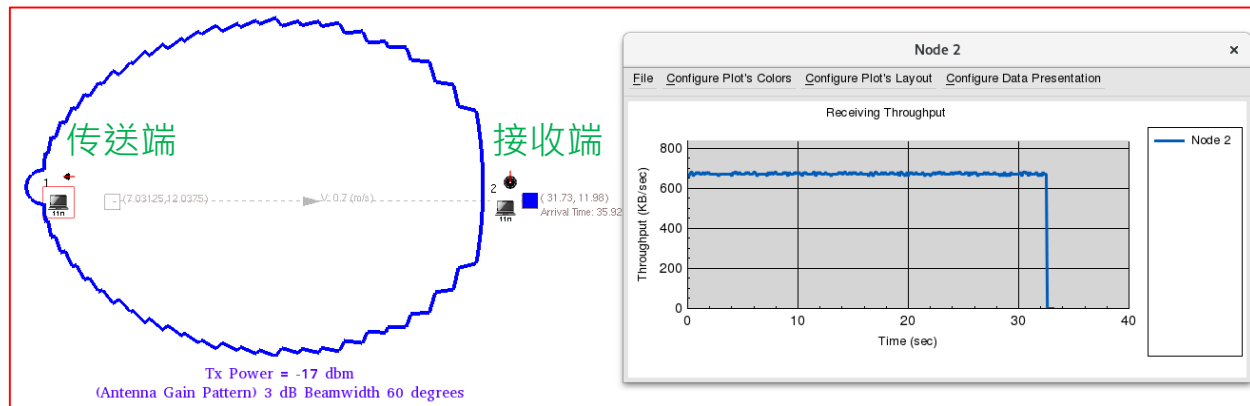


Tx Power = -17 dbm  
(Antenna Gain Pattern) 3 dB Beamwidth 60 degrees

传送端所传输的信号能量会随著距离增加而衰减，若能量低于接收端的信号接收灵敏性时，接收端就无法接收到信号

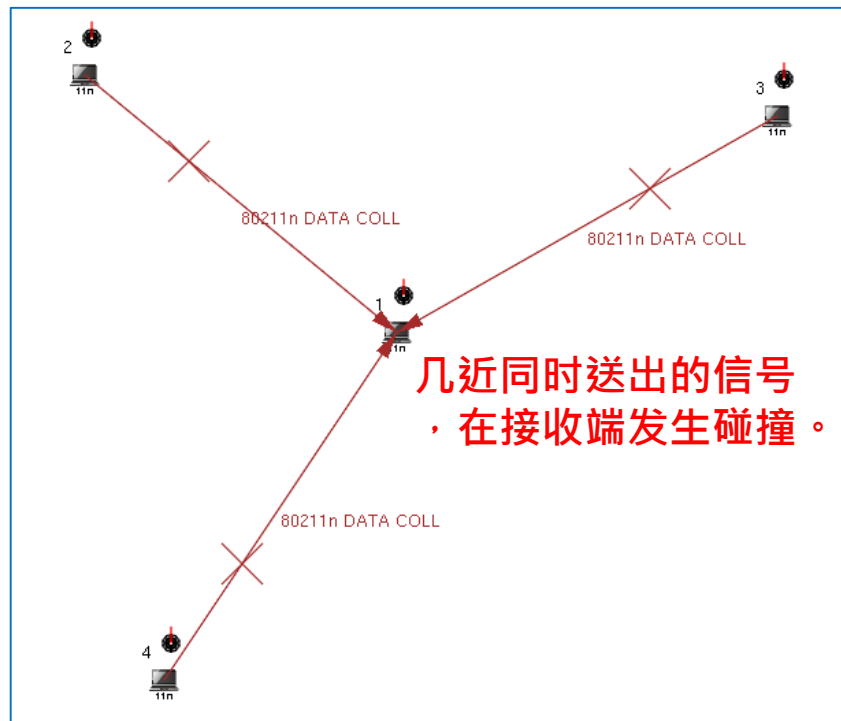
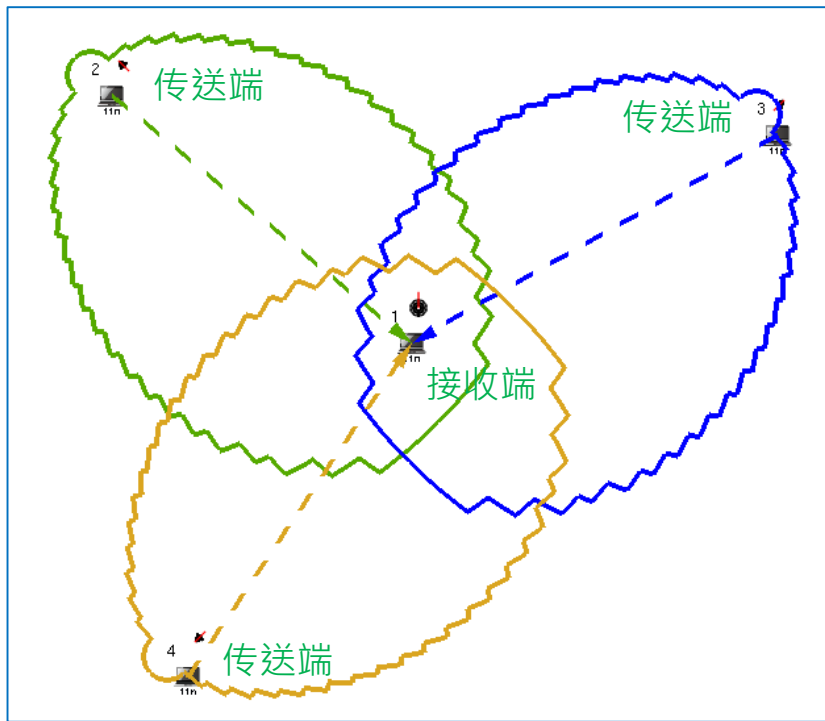


接收端在信号传递范围内移动，可成功接收信号。



接收端一旦移出信号传递范围，就无法接收信号。

# 无线信号在空气中传递时，会因为与其它信号碰撞而互相干扰



# 总结

# 重点回顾

- ◆ 关于信号传递时间，何谓传输时间 (Transmission Time)？何谓传播时延 (Propagation Delay)？
- ◆ 关于数据传输时延，决定端到端时延 (End-to-end Delay) 的因素有那些？
- ◆ 信号的编码/解码 (Encoding/Decoding) 与调变/解调 (Modulation/Demodulation) 是如何进行的？解码 (Decoding) 与解调 (Demodulation) 的过程中，为什么会产生错误？
- ◆ 在有线网络中的信号传递，有什么特性？
- ◆ 在无线网络中的信号传递，有什么特性？