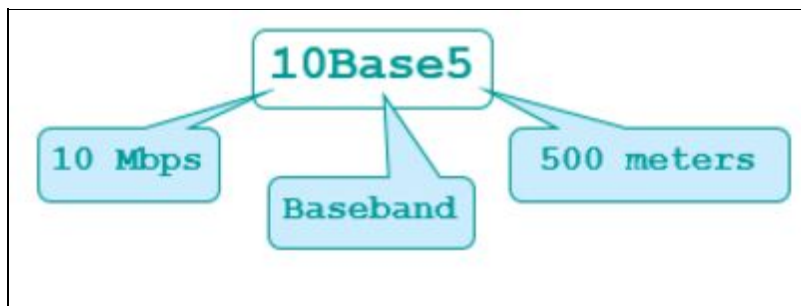


IEEE 802.3

IEEE แบ่ง IEEE 802.3 เป็น 2 กลุ่มคือ baseband และ broadband

พิจารณาจากลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าที่ส่งลงไปในสาย

- Baseband ใช้สัญญาณแบบ digital สำหรับสื่อสารในสาย มี 5 มาตรฐานคือ 10Base5, 10Base2, 10Base-T, 1Base5 และ 100Base-T
- Broadband ใช้สัญญาณแบบ analog สำหรับสื่อสารในสาย มีมาตรฐานเดียวคือ 10Broad36



ซึ่งการใช้งานสามารถเลือกใช้Fiber Optic ให้เหมาะสมกับชนิดและระยะทางดังต่อไปนี้

1. SFP 1000BASE-SX ใช้ได้กับ Fiber optic ชนิด Multi mode (GLC-SX-MM) จะใช้งานได้ดีที่ ระยะทาง 220-550 เมตร
2. SFP 1000BASE-LX หากใช้กับ Fiber optic ชนิด Multi mode (GLC-LX-MM) จะใช้งานได้ดีที่ ระยะทาง 550 เมตร
3. SFP 1000BASE-LX หากใช้กับ Fiber optic ชนิด Single mode (GLC-LX-SM) จะใช้งานได้ดีที่ ระยะทาง 5 กิโลเมตร
4. SFP 1000BASE-LH หากใช้กับ Fiber optic ชนิด Single mode (GLC-LH-SM) จะใช้งานได้ดีที่ ระยะทาง 5 กิโลเมตร
5. SFP 1000BASE-LX10 ใช้กับ Fiber optic ชนิด Single mode (GLC-LX10-SM) จะใช้งานได้ดีที่ ระยะทาง 10 กิโลเมตร
6. SFP 1000BASE-ZX ใช้กับ Fiber optic ชนิด Single mode (GLC-ZX-SM) จะใช้งานได้ดีที่ ระยะทาง 70 กิโลเมตร

Ethernet LAN

- เป็น LAN แบบมีสาย เป็นแบบ Connectionless /Unreliable เพราะมี Noise น้อย
- ใช้หลักการรับส่งข้อมูลแบบ CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)

CSMA/CD

- ใช้หลักการแบบคนสุภาพคุยกัน (ฟังก่อนพูดไม่พูดแทรก) แต่ละเครื่องจะมีการ Check ก่อนว่ามีช่องสัญญาณว่างหรือไม่ (carrier detection) ซึ่งอาจเกิดกรณีที่ฟังและเห็นว่าสัญญาณว่างเหมือนกัน

และส่งข้อมูลออกมาพร้อมกันทำให้เกิดการชนกัน โดยแต่ละเครื่องจะมีการจับว่ามีการชนกัน (collision detection) ทุกเครื่องจะหยุดส่ง และเวลาจะถูกแบ่งออกเป็นช่องๆ (slots) แต่ละเครื่องจะต้องทำการ Generate Random Time ออกมา

Binary Exponential Back off หลักการที่ใช้ Generate Random Time ใช้เพื่อแก้ปัญหาการชนกัน

Example สมมติมี 2 สถานี A กับ B

กรณีชนกัน 1 รอบ

Time slot จะถูกแบ่งเป็น 2 ช่อง

Time slot (2^N , N = จำนวนรอบการชน)

0	1

Generate Random A => 1

Generate Random B => 0

** B จะได้ทำการส่งข้อมูลออกจาก slot 0 เพราะ Timeout B < A

กรณี Generate Random ได้เหมือนกันรอบแรก

รอบที่ 1

Generate Random A => 1

Generate Random B => 1

หากมีการชนกันรอบแรกจะทำการแบ่ง Time slot และ Generate Random อีกครั้ง

รอบที่ 2

Time slot จะถูกแบ่งเป็น 4 ช่อง

0	1	2	3

Generate A => 2

Generate B => 3

ดังนั้นในรอบนี้ A จะได้ทำการส่งข้อมูล $A < B$

** หากมีการชนกันอีกจะทำการแปลง Slot ไปเรื่อยๆ และ Generate Random Time ใหม่ทำให้ลดการชนได้มากขึ้นเรื่อยๆ ทำจน 2^{15} (15 รอบ) หากยังชนอีกแสดงว่าระบบมีปัญหา ระบบจะส่ง message ไปแจ้งระบบ Application

Ethernet Frame

- Clock 6 bit ทำหน้าที่ในการประสานให้ฝั่งส่งและฝั่งรับส่งข้อมูลสอดคล้องกัน
- CRC ทำหน้าที่ Error Detection

** หาก check ตรง CRC และมี Error จะทำการตัด Frame นั้นทิ้ง โดยหน้าที่ทำการแก้ไขจะแบ่งเป็น

- TCP Protocol จะทำการแก้ไข Transport Layer จะทำการแก้ไขให้ (เนื่องจาก TCP เป็นแบบ Reliable)
- UDP Protocol จะส่งต่อให้ Application Layer ทำการแก้ไขเอง

Ethernet 10 M

- 10Base5 ใช้สื่อเป็นแบบ Broadcast , 5 หมายถึง 500 M ใช้สายโคแอกเชียลอย่างหนา (3/8 นิ้ว) (Thick (หนา), Thin (บาง)) สามารถส่งข้อมูลได้ที่อัตราเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาที ในระยะทางสูงสุดไม่เกิน 500 เมตร

เริ่มต้นเป็นระบบเครือข่ายแบบ Bus

ปัญหา

1. ใช้สายเส้นใหญ่
2. หากเกิดสายขาดจะทำให้ล้มทั้งระบบ

Hub (Repeater)

ต่อมามีการใช้ Hub เข้ามาต่อแบบ star ช่วยในการป้องกันการล้ม เป็นอุปกรณ์รวมสายของ 10BASE T (เปลี่ยนสายเป็นแบบ Twisted pair)

Hub เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่กระจายสัญญาณในระบบเครือข่าย

เป็นอุปกรณ์ศูนย์กลางในการนำคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อกัน ฮับ หรือ รีพีตเตอร์ (Hub, Repeater) เป็นอุปกรณ์ที่ทวนและขยายสัญญาณ เพื่อส่งต่อไปยังอุปกรณ์อื่น ให้ได้ระยะทางที่ยาวไกลขึ้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลก่อนและหลัง การรับ-ส่ง และไม่มีการใช้ซอฟต์แวร์ใดๆ มาเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ชนิดนี้ การติดตั้งจึงทำได้ง่าย โดยการทำงานภายในเป็นแบบป้อนตนเอง

การทำงาน

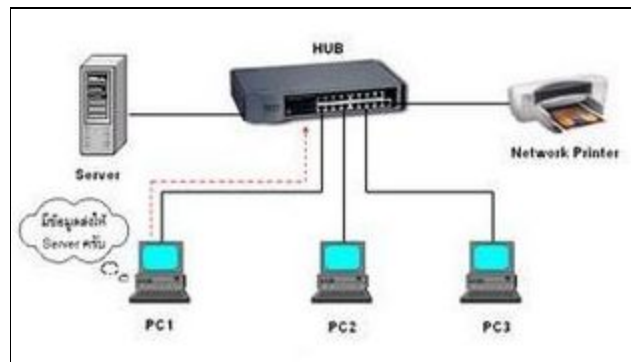
เมื่อรับข้อมูลเข้ามาก็ส่งข้อมูลนั้นแพร่กระจาย (Broadcast)

ออกไปยังทุกพอร์ตโดยไม่รู้จุดหมายปลายทางของผู้รับว่าอยู่ที่ใด

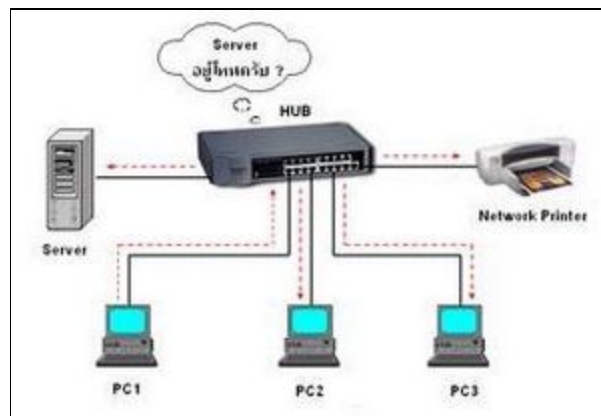
ผู้ส่งจะส่งข้อมูลผ่านฮับไปยังผู้รับแบบแชร์เส้นทางกันหรือที่เรียกว่าเป็นการแชร์แบนด์วิดท์ (Bandwidth)

โดยผู้รับจะดูว่าเป็นข้อมูลของตนจาก MAC Address

ตัวอย่างการทำงาน



- หาก PC1 ต้องการส่งข้อมูลไปยัง Server , PC1 จะทำการส่งข้อมูลมายัง Hub (รูปบน)



- เมื่อ Hub ได้รับข้อมูลจะทำการส่งข้อมูลแบบ Broadcast ไปยังทุก Port (รูปบน)
- Server ซึ่งเป็นเจ้าของข้อมูลก็จะได้รับข้อมูลที่ PC1 ส่งมาให้แล้วข้อมูลนำไปประมวลผล และในขณะเดียวกันนั้นอุปกรณ์อื่นๆก็ได้รับข้อมูลนั้นด้วยเช่นกันแต่จะไม่นำข้อมูลไปประมวลผลเนื่องจากไม่ใช่ข้อมูลของตนเอง(ตรวจสอบจาก Mac Address ผู้รับใน Frame ข้อมูล)

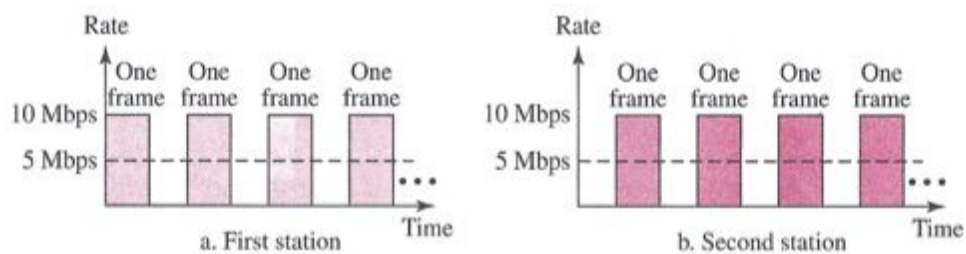
ข้อดี

1. ถ้าเกิดสายขาดจะไม่ล้มทั้งระบบ
2. หากเป็น Fiber จะไปได้ไกล 2 km.

ข้อเสีย

1. เป็นแบบ Shared หรือ Multiport Repeater คือ หากมีข้อมูลส่งมาที่ Hub จะทำการ repeater สัญญาณไปทุกๆ port ทำให้มีการ Shared Bandwidth กัน ไม่สามารถส่งข้อมูลพร้อมๆ กันได้ ยิ่งอุปกรณ์เยอะจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง
2. โอกาสในการชนกันมีมาก

Figure 13.11 *Sharing bandwidth*

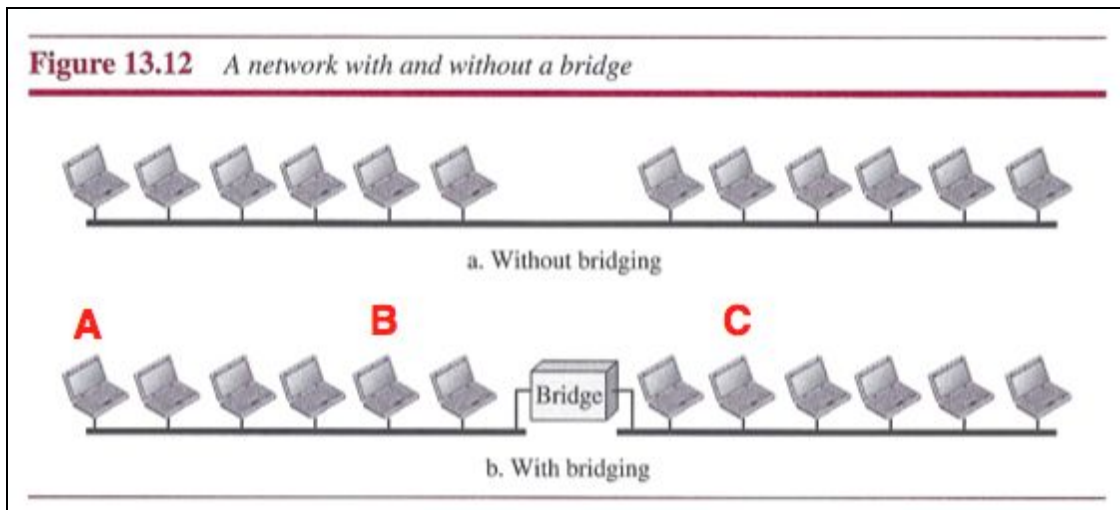


จากรูป จะเห็นว่ามี 2 station Bandwidth จะเหลือ 5 MB แทนที่จะ 10 MB

3. ความเร็วในการส่งข้อมูล จะเฉลี่ยลดลงเท่ากันทุกเครื่อง เมื่อมีคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อมากขึ้น

Bridge

เพื่อแก้ข้อเสียของ hub จึงมีการคิดอุปกรณ์อีกอย่างเรียกว่า Bridge



จากรูป หาก A ต้องการส่งข้อมูลให้กับ B ซึ่งอยู่ใน Segment เดียวกันข้อมูลก็จะไม่ออกไปข้างนอก Segment แต่หาก A ต้องการส่งข้อมูลให้กับ C ข้อมูลก็จะออกไปข้างนอก

ข้อดี

1. ทำให้อัตราการส่งข้อมูลดีขึ้น

หลักการทำงาน

Bridge ทำงานโดยอาศัย Table เป็นแบบ learning

ตัวอย่าง

1. เริ่มแรก Table จะว่างเปล่า สมมติว่า A ส่งข้อมูลให้กับ C โดย A จะส่งผ่าน Internet มี Address ต้นทาง, Address ปลายทาง
2. ในเริ่มต้น Bridge ไม่รู้ว่า C อยู่ที่ไหน จะทำการส่งข้อมูลออกไปทุกๆ port (broadcast) เมื่อถึง C จะทำการรับข้อมูล ณ ตอนนั้น Bridge จะทำการเก็บข้อมูล Port ของ A,C ไว้ใน Table เพื่อใช้ในครั้งต่อไป
3. ครั้งต่อไป หากต้องการ B ต้องการส่งข้อมูลให้ C Bridge จะทำการส่งข้อมูลให้กับ C ได้ทันที

Switch

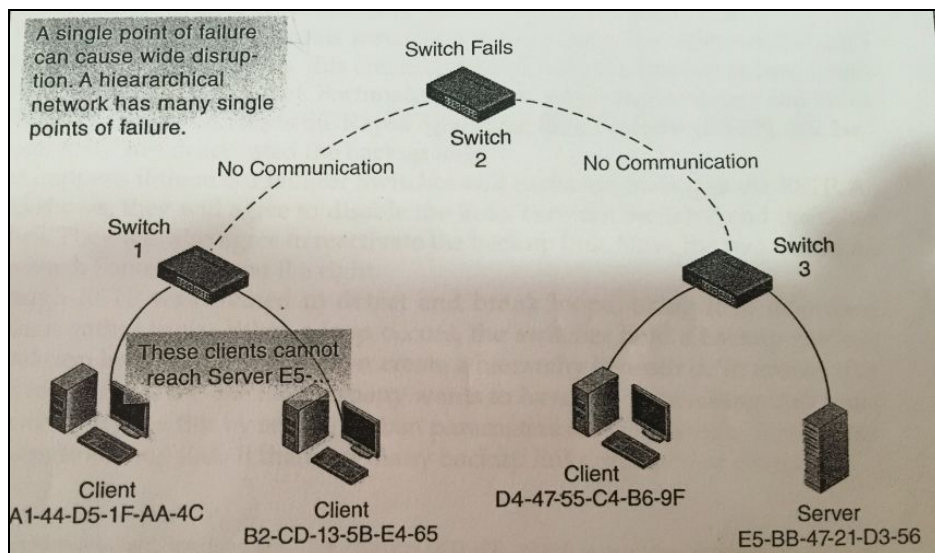
- เป็นแบบ Multiport แต่โดยทั่วไป 1 port จะใช้กับ 1 เครื่องจึงมองว่า switch เป็นแบบ Individual แต่ละเครื่องจะได้ Bandwidth ตามที่กำหนดไว้คือ 10 MB
- switch แต่ละ port จะมี 2 buffer (รับ-ส่งข้อมูล) ทำให้ส่งและรับข้อมูลได้พร้อมๆ กันไม่ชนกัน เช่น ขณะที่ A ส่งข้อมูลให้กับ B , C สามารถส่งข้อมูลให้กับ A ได้
- อาศัย Table ในการส่งข้อมูลเป็นแบบ learning (แบบเดียวกับ Bridge)
- ไม่มีการชนกันของข้อมูลจึงไม่ใช้หลักการ CSMA/CD
- ใช้ Protocol ARP ในการ Broadcast ข้อมูลกรณีไม่มีข้อมูลใน Table
- switch จะเชื่อมโยงกันแบบ hierarchical ลักษณะ Tree ทำให้เส้นทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดมีแค่ 1 เส้นทาง ไม่ต้องทำการหาเส้นทางที่สั้นสุด ทำให้การทำงานง่ายขึ้น

จากรูปหากต้องการ ส่งข้อมูลจาก A ไปยัง E มีขั้นตอนดังนี้

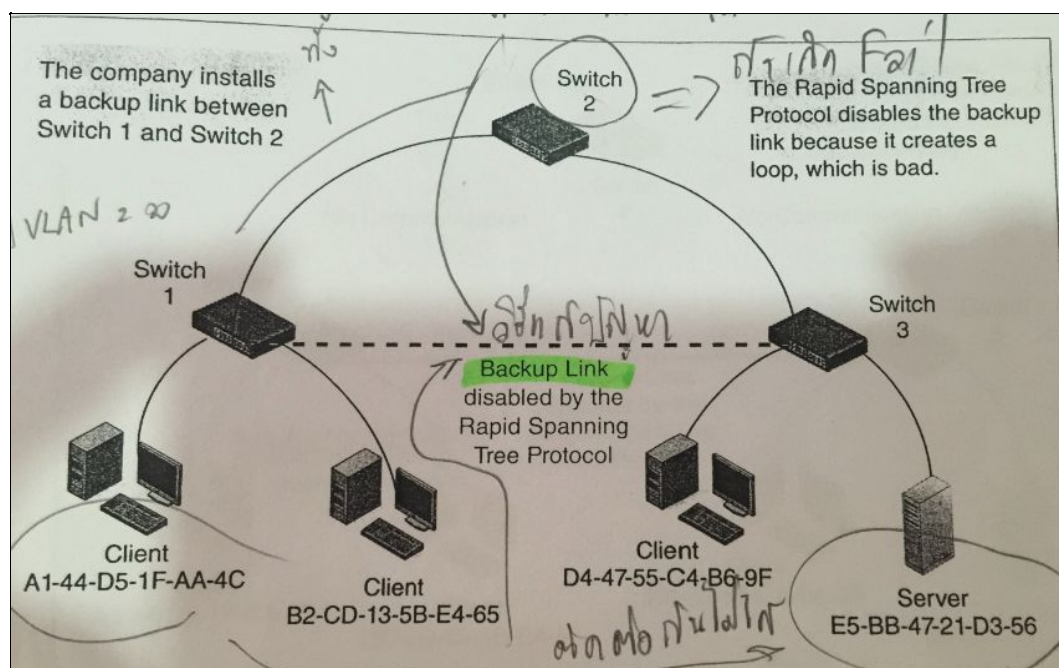
1. A ทำการส่ง Frame ที่มี MAC Address ของ E (E5-BB-47-21-D3-56) ไปยัง Switch 1
2. เมื่อถึง Switch 1 จะทำการหาใน Table ว่าหากต้องการส่งข้อมูลให้กับ MAC Address E ต้องออก Port ไหนซึ่งใน Table ของ switch 1 จะได้ port 5 จึงทำส่ง Frame ออกไปยัง port 5 ไปยัง switch 2
3. เมื่อถึง switch 2 จะทำการตรวจสอบที่ Table switch 2 จะได้ port 7 (switch 2 ส่งออกทาง port 7 ไปยัง switch 3)
4. เมื่อถึง switch 3 จะทำการตรวจสอบที่ Table switch 3 ซึ่งจะได้ว่า E อยู่ที่ port 6 จึงทำการส่ง Frame ให้ E ทาง port 6

ข้อเสียของการต่อ switch แบบ Tree ดังรูป

- หากตัวใดเสียจะทำให้ระบบไม่สามารถใช้งานได้



ทำการแก้ไขโดยการทำ Backup link (ภาพล่าง) แต่การทำ Backup link ขึ้นมาจะทำให้เกิด loop จึงต้องใช้ Protocol RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) เข้ามาช่วยป้องกัน loop



RSTP คือ Tree ซึ่งเป็นแบบกราฟ

วิธีการ

Admin ระบบจะกำหนดน้ำหนักให้กับแต่ละเส้น เช่น

- Backup link น้ำหนักจะมากกว่า (ให้ weight เยอะ)
- switch 1

ความแตกต่าง Switch กับ Router

1. Router พอได้ packet จะเอา Address ไป AND กับ Subnet Mark ก่อน แต่ switch ทำการ Search ใน Table

VLAN

- สามารถ Implement ได้ทั้ง Switch layer 2 และ layer 3
- switch layer 2 จะส่งข้อมูลข้าม VLAN ไม่ได้ต้องมี router หรือ switch layer 3 มาช่วย
- Switch layer 3 สามารถส่งข้าม VLAN ได้
- Ip Address ของแต่ละ VLAN ในระบบต้องห้ามซ้ำกัน

ข้อดี

1. ลดความแออัด เพราะข้อมูลที่ส่งข้อมูลแค่ใน VLAN เท่านั้น
2. Security ข้อมูลที่อยู่ใน VLAN เดียวกันจะไม่ออกไปข้างนอก หาก VLAN ไหนติดไวรัสจะไม่แพร่ไปยัง VLAN อื่นๆ

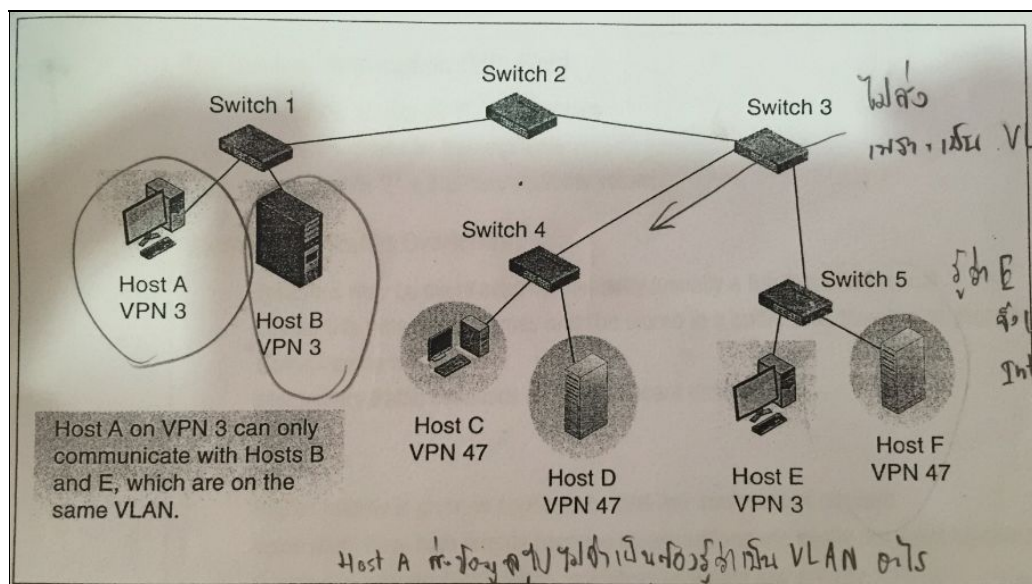
การ Implement VLAN

- ทำการกำหนด port ที่ switch ว่าจะให้เป็น VLAN อะไร (lab)

หลักการทำงาน

มาตรฐานที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ 802.1Q โดยอาศัย Tag

1. Tag Protocol ID ใช้ 12 bit ในการเป็น VLAN ID ดังนั้นสามารถมีได้ 4096 VLAN
2. Tag Control Information



จากรูป

หาก Host A ต้องการส่งข้อมูลให้กับ Host B มีขั้นตอนดังนี้

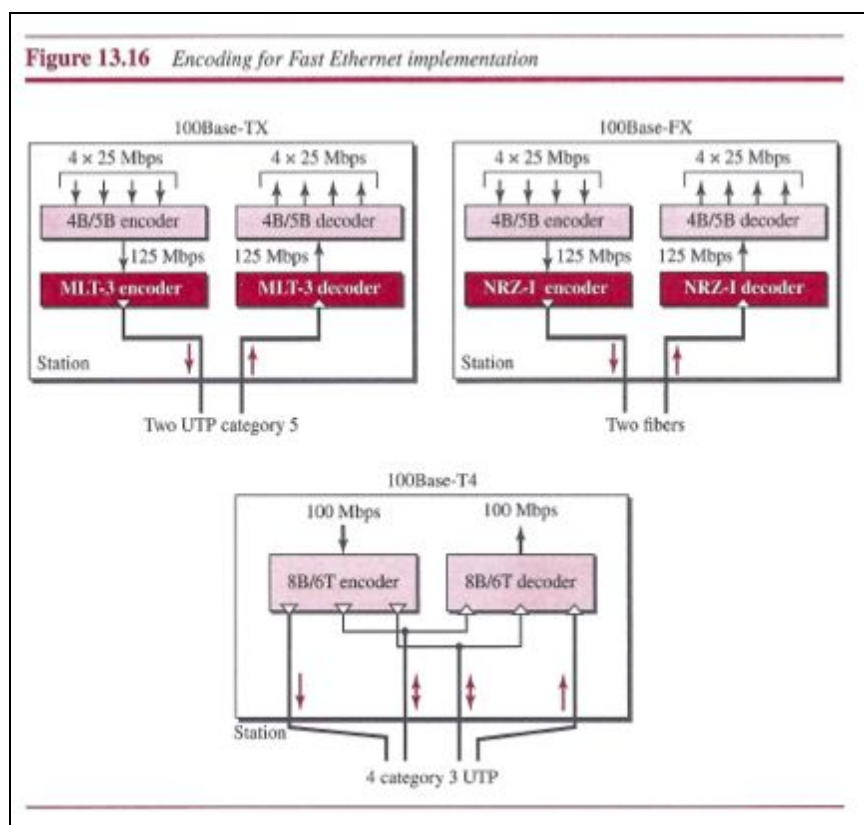
1. Host A ส่ง Ethernet Frame ออกไปให้กับ switch 1
2. switch รู้ว่า Host B อยู่ใน switch 1 เดียวกันก็จะส่ง frame ให้กับ Host B ทันที

หาก Host A ต้องการส่งข้อมูลให้กับ Host E

1. Host A ส่ง Frame โดยระบุปลายทางเป็น Host E ให้กับ Switch 1
2. switch 1 เห็นว่า Host E อยู่ใน VLAN เดียวกับ Host A ก็จะทำการแปะ Tag VLAN ID เข้าไปที่ Frame และส่งต่อไปให้ Switch 2
3. switch 2 จะทำการส่งต่อไปให้กับ switch 3 และ switch 3 จะส่งต่อไปให้กับ switch 5
4. switch 5 รู้ว่า Host E อยู่ที่ Port ของมันจึงเอา tag ออกและส่งแต่ Ethernet Frame ให้แก่ Host E

Auto-Negotiation

การที่อุปกรณ์เครือข่ายอีเธอร์เน็ตสามารถทำงานได้ด้วยความเร็ว 2 ระดับ เช่น 10/100 Mbps นั้นก็เนื่องจากอุปกรณ์เครื่องนั้นมีฟังก์ชันที่สามารถเช็คได้ว่าอุปกรณ์ หรือคอมพิวเตอร์ที่มาเชื่อมต่อ นั้นสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดเท่าใด และอุปกรณ์นั้นก็จะเลือกอัตราข้อมูลสูงสุดที่รองรับทั้งสองฝั่ง



100BASE-TX

- ใช้สาย UTP (สาย LAN) CATEGORY 5 +
- ความถี่ทางไฟฟ้าอยู่ที่ 125 MHz (รับข้อมูลครั้งละ 4 bit เข้ามา 25 ครั้งต่อวินาที และ clock เข้ามาอีก 1 ตัว)
- มี 2 Pair คู่สายแรกใช้เพื่อ ส่งข้อมูล อีกคู่หนึ่งใช้สำหรับรับข้อมูล
- มีการเข้ารหัสแบบ 4B/5B รับ 4 bit ส่ง 5 bit (4 bit ข้อมูล + 1 bit clock)

100BASE-FX

- Fast Ethernet ใช้สาย Fiber Optic

SONET (Synchronous Optical Network)

Table 14.1 SONET/SDH rates

STS	OC	Rate (Mbps)	STM
STS-1	OC-1	51.840	
STS-3	OC-3	155.520	STM-1
STS-9	OC-9	466.560	STM-3
STS-12	OC-12	622.080	STM-4
STS-18	OC-18	933.120	STM-6
STS-24	OC-24	1244.160	STM-8
STS-36	OC-36	1866.230	STM-12
STS-48	OC-48	2488.320	STM-16
STS-96	OC-96	4976.640	STM-32
STS-192	OC-192	9953.280	STM-64

ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานการส่งข้อมูลระยะไกลของ ระบบโทรศัพท์ในอเมริกา และอีกหลายประเทศก็กำลังใช้ระบบ SONET ในการส่งข้อมูลผ่านเส้นใยแก้วนำแสง (fiber optic) เป็นสื่อกลางในการขนส่งข้อมูล ทางยุโรป โดย CCITT ก็ได้ออกมาตราฐานระบบส่งข้อมูลความเร็วสูงที่เรียกว่า SDH(Synchronous Digital Hierarchy) ซึ่งคล้ายกับมาตรฐาน SONET มาก

ระบบ SONET ประกอบ ด้วยอุปกรณ์ switch, Multiplexer, Repeater ซึ่งเชื่อมโยงกันด้วยเส้นใยแก้วนำแสง

จากลักษณะของ SONET และ SDH เหตุที่เรียกว่าเป็น hierarchy ก็เพราะ แต่ละมาตรฐานความเร็วของ SONET นั้นเกิดจากการนำเอาสายสัญญาณใยแก้วนำแสงของมาตรฐานความเร็วที่ต่ำกว่ามาต่อร่วมกันเกิดเป็นมาตรฐาน ความเร็วที่สูงกว่า เช่น อัตราการส่ง OC-12 ที่ 622 Mbps นั้นก็เกิดจากการรวบรวมช่องสัญญาณ OC-3 155 Mbps จำนวน 4 ช่อง แล้วส่งออกพร้อมกันนั่นเอง ด้วยเหตุนี้ SONET จึงมีการกำหนดความเร็วใหม่เพิ่มขึ้นได้เรื่อย ๆ คล้ายกับ ไม่มีขีดจำกัด ปัจจุบันความเร็วสูงสุดคือ OC-192 ที่ 9.9 Gpbs (10 G)

Wireless LAN

- มาตรฐาน 802.11
- เป็นส่วนขยายของ Network มีสาย ทำให้ส่วนที่ติดตั้งแบบใช้สายได้ยากสามารถใช้งาน Internet ได้
- ใช้ Radio Frequencies ในการส่งข้อมูล ความถี่ 3 KHz - 300 GHz

- ประกอบด้วย

Radiowave	Microwave
3 KHz - 1 GHz	1 GHz - 300 GHz
Omnidirectional	Unidirectional

ตารางเปรียบเทียบ Omnidirectional กับ Unidirectional

Omnidirectional	Unidirectional
ความถี่ต่ำไปได้ไกล	ความถี่สูงไปได้ไม่ไกล
ความถี่เดียวกันรบกวนกัน (คลื่นแบบแผ่กระจาย)	ความถี่เดียวกันไม่รบกวนกัน (เป็นเส้นตรง)

ตารางเปรียบเทียบ คุณสมบัติของความถี่ (f) สูง-ต่ำ

ความถี่ (f)	
สูง	ต่ำ
คลื่นเป็นเส้นตรง (Line Of Size)	คลื่นจะแผ่กระจาย
ไปได้ไม่ไกล	ไปได้ไกล
bandwidth กว้าง	Bandwidth แคบ
เหมาะกับในเมือง	เหมาะกับนอกเมือง
	ความถี่ต่ำมาก ๆ ไม่เหมาะกับการรับส่งข้อมูลเนื่องจากเสาจะสูงมาก
สูงมาก ๆ Shadow Zone (Deal spot จุดอับ) ยิ่งมาก	รับข้อมูลได้ง่ายกว่า
Attenuation การลดทอนสัญญาณ ยิ่งมาก	

Bandwidth

1. Analog Bandwidth ช่วงความถี่ซึ่งสามารถผ่าน Channel นั้นได้
2. Digital Bandwidth อัตราการส่งข้อมูลที่ผ่าน Channel นั้นได้

Golden Zone ช่วงความถี่ที่เหมาะสมกับการรับส่งข้อมูล (500 MHz - 10 GHz)

Wireless LAN ใช้ 2.4 GHz - 5 GHz อยู่ในช่วง ISM Band

ตารางเปรียบเทียบ 2.4 GHz กับ 5 GHz

2.4 GHz	5 GHz
นิยมทำ (ไปได้ไกลกว่า)	ไปได้ไม่ไกล
ถูกกว่า	แพงกว่า
Bandwidth 83.5 MHz	Bandwidth มากกว่า , Dead Zone มากกว่า
1 Channel 20 MHz มีทั้งหมด 11 Channel = 220 MHz	
มี Channel ทับซ้อนกันมากกว่า (Overlap) ยกเว้น 1,6,11 (จะไม่ทับกัน)	มี Channel Non-Overlap มากกว่า / Channel 11 (USA), 24 (EURO) ที่จะไม่ทับกัน
มีระบบที่ใช้ความถี่นี้เยอะมาก (Bluetooth, Remote ปรศู) ดังนั้นมีคลื่นรบกวนเยอะ ทำให้รับส่งข้อมูลได้ไม่รวดเร็ว	Design ได้ง่ายกว่าเพราะคนใช้น้อยกว่า
	สามารถใช้ 2 Channel ที่ไม่ Overlap กันส่งข้อมูลออกไปพร้อมๆ กันได้ Bandwidth = 40 MHz อัตราการส่งข้อมูลจะเร็วขึ้น

เทคโนโลยีที่ใช้ใน 802.11N ขึ้นไป และ 4G

- วิธีการส่งแบบ Spread Spectrum

เป็นรูปแบบการสื่อสารไร้สาย ซึ่งความถี่ของการส่งผ่านสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลง ผลลัพธ์ของ bandwidth ที่ใหญ่กว่าสัญญาณจะทำให้ความถี่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น การส่งข้อมูล 1 MB จะใช้ bandwidth มากกว่า 1 MHz (ปกติ 1 MB ใช้ 1 MHz)

Multiplexing (การรวมสัญญาณ)

คือเทคนิคที่ใช้สำหรับบริหารจัดการตัวกลางการสื่อสาร 1 เส้นทาง เพื่อให้สามารถใช้ส่ง สัญญาณ หลายสัญญาณ ร่วมกันได้

1. FDM (Frequency-division multiplexing)
 - การรวมสัญญาณโดยการจัดสรรความถี่
 - สาย 1 เส้นนำมาแบ่งเป็น Channel หลาย Channel รวบรวมข้อมูลของ ความถี่ย่อยส่งไปพร้อมๆ กัน
 - ระหว่าง Channel จะมี Guard band เพื่อให้ความถี่ที่ติดกันไม่รบกวนกัน (ทำให้เกิดการสูญเสีย)
2. TDM แบ่งตามช่วงเวลา

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)

- ใช้ใน Wifi

ข้อดี

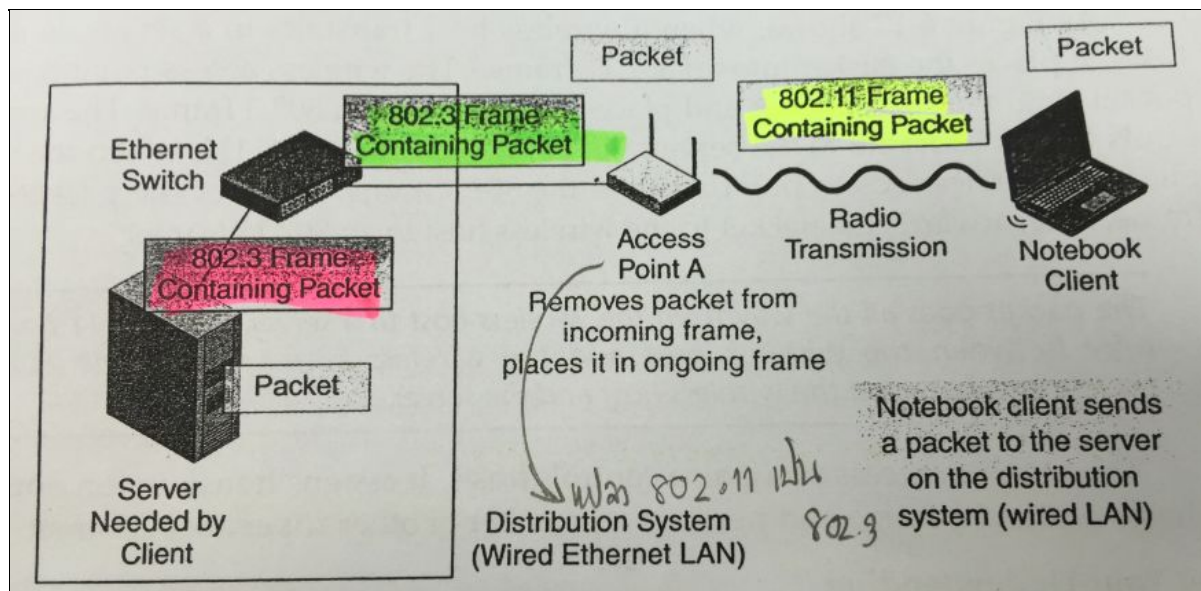
- ความถี่ใช้ใน Channel จะมีคุณสมบัติตั้งฉากกัน (ไม่รบกวนกัน) ทำให้ไม่ต้องมี Guard Band ซึ่งทำให้ใช้ Bandwidth ได้เต็มที่ ไม่เกิดการสูญเสีย
- อัตราเร็วในการส่งข้อมูลได้สูง (ส่งแบบ Parallel พร้อมๆ กัน)

- สามารถทำ Error Correction (แก้ไข Error แบบอัตโนมัติ) ได้
- แบ่งเป็น Channel ย่อยใช้ความถี่ต่ำในการส่งข้อมูล ทำให้ส่งข้อมูลได้ไกล และรับข้อมูลได้ง่ายกว่า

ข้อเสีย

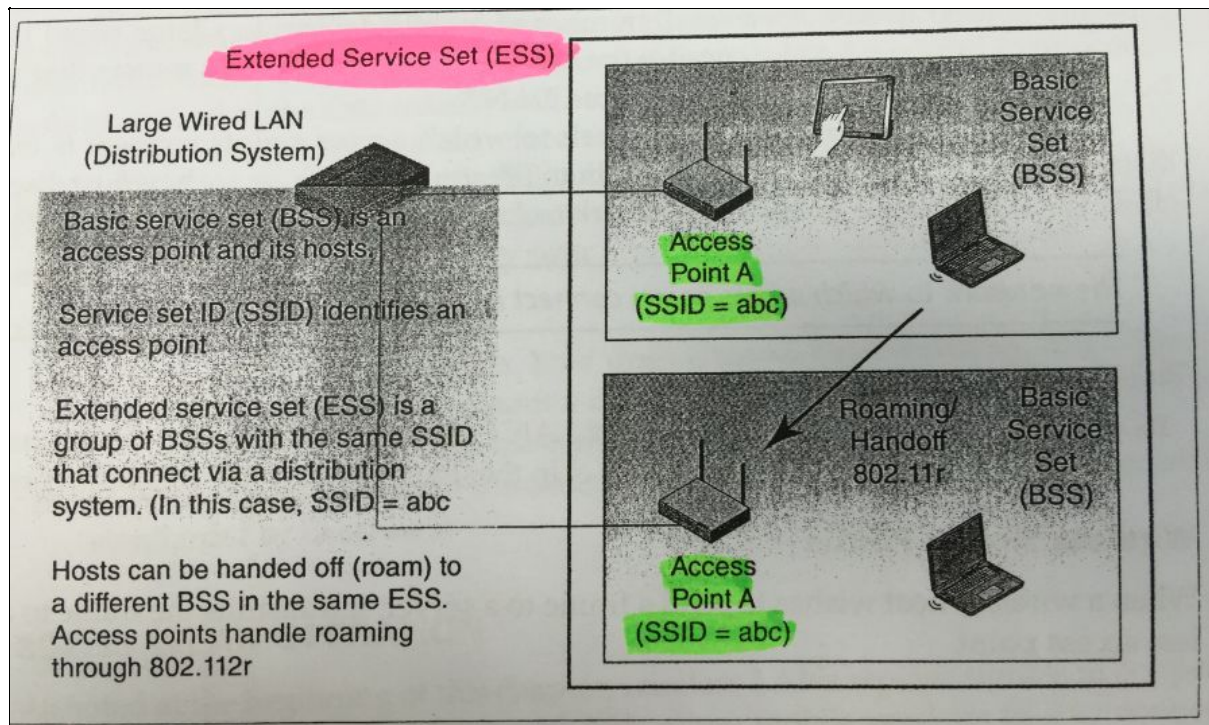
- ทำยาก
- ราคาแพง

โครงสร้าง Wireless LAN



Access Point

- ทำงานแบบ Bridge คือ แปลง 802.3 (LAN) > 802.11 (Wireless)



- Basic service set (BSS) บริเวณของเครือข่าย IEEE 802.11 WLAN ที่มีสถานีแม่ข่าย 1 สถานี ซึ่งสถานีผู้ใช้ภายในขอบเขตของ BSS นี้ทุกสถานีจะต้องสื่อสารข้อมูลผ่านสถานีแม่ข่ายดังกล่าวเท่านั้น จะมี SSID
- Distribution System ระบบมีสายที่เชื่อมโยงระหว่าง Access Point
- BSS ที่มี SSID เหมือนกันและเชื่อมด้วย Distribution เรียกว่า Extended service set (ESS) จะสามารถ Roaming กันได้
- Handoff การเปลี่ยนการควบคุม Access Point ไปเป็นอีกตัวเพื่อไม่ให้สัญญาณขาด
- ควรเลือกช่องความถี่สื่อสารให้แตกต่างกันเพื่อหลีกเลี่ยงการส่งสัญญาณรบกวนกันเองระหว่าง AP เช่น การเลือกช่องความถี่ 1 แล้วไป 6 แล้วไป 11 ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่องที่ไม่มีการซ้อนทับของสัญญาณกัน (Non Overlap)

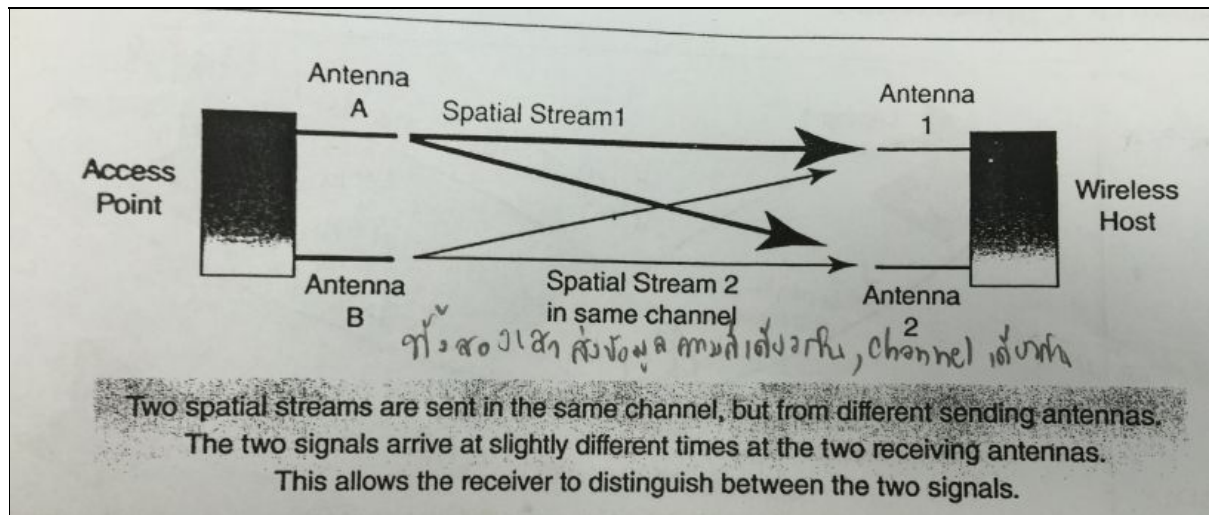
Wireless

- ใช้ CSMA/CA (CA => Collision Avoidance (หลีกเลี่ยง)) ในการควบคุมการชนกันของข้อมูล
- ใช้ CA แทน CD เนื่องจาก
 - สัญญาณแผ่ลงไว เมื่อเกิดการชนกันจะทำการ Detect ได้ยากทำให้ยากที่จะรู้ว่าเกิดการชนกัน
 - การ Design ให้ฟังและส่งได้ยาก

หลักการ CSMA/CA

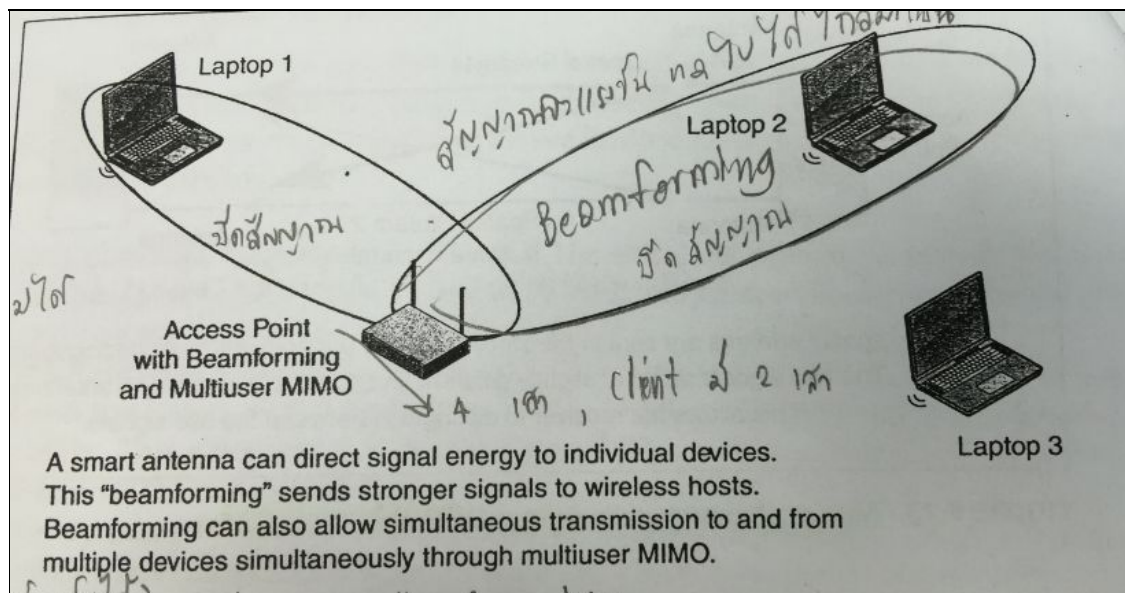
- คนอื่นส่งไม่ส่ง รอจน Channel ว่าง และรอเวลาอีกช่วงหนึ่งจึงทำการส่ง หากในระหว่างที่รอมีคนส่งแล้ว จะย้อนกลับไปฟังให้ Channel ว่างอีกครั้ง
- มีการใช้ Ack, Nck (เป็น Reliable)

MIMO (Multi Input/Multi Output)



- ฝั่งส่งและรับมีหลายเสา
- ทั้งสองเสาจะส่งข้อมูลพร้อมๆ กัน, ความถี่เดียวกัน, Channel เดียวกัน ทำให้อัตราการส่งเร็วขึ้น
- ข้อมูลจะไม่ชนกันเนื่องจากช่วงเวลาการส่งมาถึงฝั่งรับ ไม่พร้อมกันทำให้แยกได้
- จากรูป สัญญาณ A มาพร้อมกันทั้ง 2 สายทำให้เลือกสัญญาณที่ดีกว่าใช้ได้
- ใช้ใน 4G

Multi MIMO



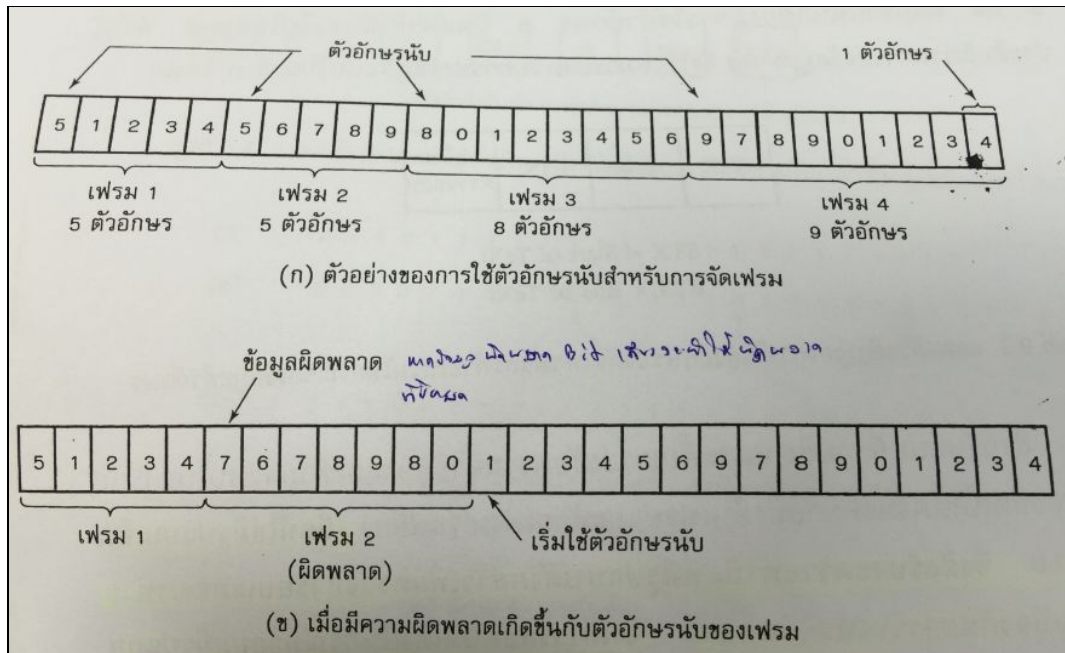
- ส่งมาต่าง User กัน
- ใช้เทคนิค Beamforming คือการบีบสัญญาณให้แต่ละเครื่อง
- ข้อดี

- ปกติเครื่อง 2 เครื่องส่งข้อมูลพร้อมกันไม่ได้ จะเกิดการชนกัน ใช้วิธีนี้เข้ามาช่วยให้ส่งพร้อมกันได้
- สัญญาณแรงขึ้นส่งได้รวดเร็วขึ้น

Data Link Layer

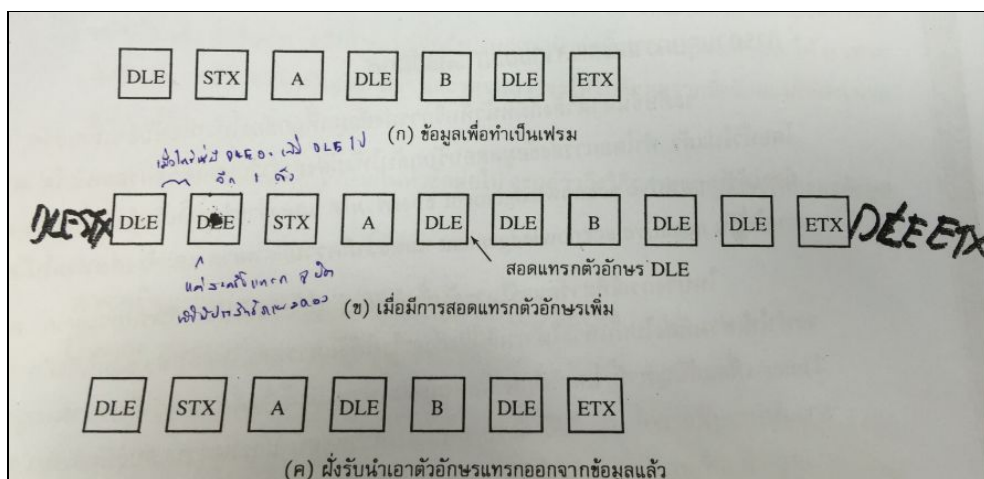
การสร้างเฟรมข้อมูล (Framing)

1. การใช้ตัวอักษรนับ (Character count) บอกว่าเฟรมประกอบด้วยกี่ Byte



ข้อเสีย

- หากข้อมูลผิดพลาด Bit เดียวจะทำให้ผิดพลาดทั้งหมด
2. Character stuffing การใช้ตัวอักษรเพื่อป้องกันเฟรมและท้ายเฟรม

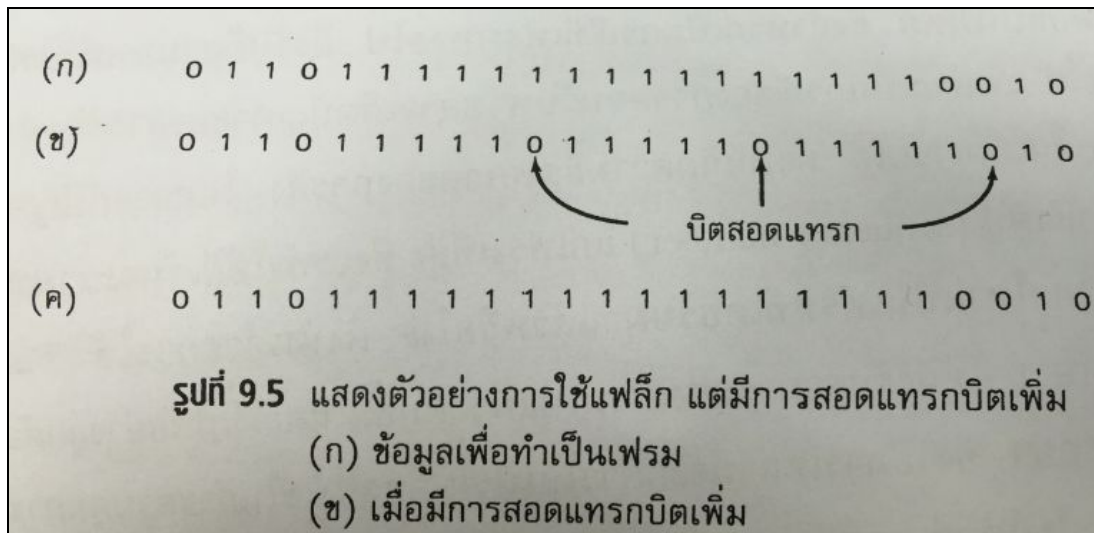


- ใส่ DELSTX เพื่อบอกว่าเป็นจุดเริ่มต้น
- ใส่ DELETX เพื่อบอกว่าเป็นจุดสิ้นสุด
- ใน Data หากเจอว่าเป็น DEL ให้ทำการใส่ DEL ไปอีก 1 ชุด

ข้อเสีย

- แต่ละครั้งจะแทรก 8 bit (DEL) จะทำให้ประสิทธิภาพลดลง

3. Bit Stuffing การใช้กลุ่มของ Bit เพื่อทำเป็น Flag (01111110)



- ทำการเติม 01111110 ไปเป็น หัวเฟรมและท้ายเฟรม
- ในชุดข้อมูลหากเจอ bit 1 ติดกัน 5 ตัวให้ทำการเติม 0 แทรก 1 ตัว

Error Detection

1. BCC (Block check character)

- ทำได้โดยหาก Even Parity Bit ของแต่ละ Bit ของตัวอักษรในแนวนึง จะได้ BCC
- และทำการหาก Odd Parity ในแนวนอนของแต่ละตัว
- ส่งไปพร้อมกับข้อมูล
- สามารถตรวจหาข้อผิดพลาดได้ 99.99%

2. CRC (Cyclic Redundancy Check) หรือ Polynomial code

- CRC-12 คือ ตัวหารจะเท่ากับ 13 Bit
- CRC-4 คือ ตัวหารจะเท่ากับ 5 Bit
- $M(x) \cdot r(x) / G(x) = 0$

$M(x)$ => ชุดข้อมูล

$r(x)$ => เศษที่ได้จากการหาร

$G(x)$ => ตัวหาร

วิธีการ

ฝั่งส่ง

1. กำหนดค่าตัวหาร ($G(x)$) ตามรูปแบบ CRC ที่กำหนดเช่น CRC-4 ตัวหารจะเท่ากับ 5 bit เช่น 10011
2. ทำการเพิ่ม 0 ท้ายข้อมูลตามรูปแบบ CRC ที่กำหนด เช่น CRC-4 ทำการเพิ่ม 0 จำนวน 4 ตัวต่อท้ายข้อมูล เช่น ข้อมูล 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 => 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0

- นำข้อมูลหลังเพิ่ม 0 มาทำการหารกับ ตัวหาร จะได้เศษ (r(x)) ของการหา จำนวน bit ต้องเท่ากับ รูปแบบ CRC ที่กำหนด
- นำข้อมูล (ไม่ได้เพิ่ม 0) มาต่อกับ เศษที่ได้ส่งไป (M(x).r(x))

ผังรับ

- นำข้อมูลที่ส่งมาทำการหาร กับตัวหาร หากได้เท่ากับ 0 แสดงว่าข้อมูลถูกต้อง

Example

CRC-4

Frame M(x) : 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1

G(x) : 1 0 0 1 1

Handwritten long division for CRC-4:

Divisor: 10011 ($x^4 + x + 1$)

Dividend: 11010110110000

Remainder sequence (from top to bottom):

- 10011
- 10011
- 10011
- 00001
- 00000
- 00010
- 00000
- 00101
- 00000
- 01011
- 00000
- 10110
- 10011
- 01010
- 00000
- 10100
- 10011
- 01110
- 00000
- 1110

Final remainder: 1110

Frame M(x) : 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1

Example แบบ Polynomial

$$\begin{aligned}
 M(x) &= 1101011011 = x^9 + x^8 + x^6 + x^5 + x^3 + x + 1 \\
 \text{นำ } M(x) \text{ คูณด้วย } x^4 &= x^4(x^9 + x^8 + x^6 + x^5 + x^3 + x + 1) \\
 &= x^{13} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 \\
 G(x) &= x^4 + x + 1 \\
 &\begin{array}{r}
 x^9 + x^8 + x^3 + x \\
 x^4 + x + 1 \overline{) x^{13} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4} \\
 \underline{x^{13} + x^{10} + x^9} \\
 x^{12} + x^9 + x^6 \\
 \underline{x^{12} + x^9 + x^6} \\
 x^7 + x^4 + x^3 \\
 \underline{x^7 + x^4 + x^3} \\
 x^5 + x^3 \\
 \underline{x^5 + x^2 + x} \\
 \underline{x^3 + x^2 + x} \\
 \underline{} \\
 \rightarrow 1110 \\
 \hookrightarrow r(x)
 \end{array}
 \end{aligned}$$

Error Correction

1. Hamming Code

$$(m + r + 1) \leq 2^r$$

m = bit ข้อมูล

r = check sum

Example

$m = 10$ bit , r ต้องมีอย่างน้อย 4 bit $(10+4+1) \leq 2^4$

วิธีการ

1. ทำการคำนวณหาค่าของ check sum (r) จากจำนวน Bit ข้อมูล ตามสมการ

2. เมื่อได้ r ทำการหาตำแหน่งของ r โดยการแปลงเป็นเลข 2 ยกกำลัง โดยกำลังสูงสุดจะเท่ากับ $r-1$
เช่น $r = 4$ จะได้ $2^0, 2^1, 2^2, 2^3$
3. ทำการแทรก 0 ตามตำแหน่งที่คำนวณได้จาก r เช่น $2^0, 2^1, 2^2, 2^3 = 1, 2, 4, 8$
(นับจากทางซ้ายสุดเป็น 1)

Example

$m = 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0$

คำนวณ r จะได้ 4 จากสมการ $(7+4+1) \leq 2^4$

r จะถูกวางไว้ที่ $2^0, 2^1, 2^2, 2^3 = 1, 2, 4, 8$

จะได้ Bit ที่ต้องแทรก parity ให้เป็น x ไว้ก่อน จะได้

ตารางสำหรับแทนค่า Parity

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x	x	1	x	0	0	1	x	0	0	0

ตารางไว้เทียบ

ฐาน 10	ฐาน 2	2^x
1	0001	2^0
2	0010	2^1
3	0011	$2^0 + 2^1$
4	0100	2^2
5	0101	$2^0 + 2^2$
6	0110	$2^1 + 2^2$
7	0111	$2^0 + 2^1 + 2^2$
8	1000	2^3
9	1001	$2^0 + 2^3$
10	1010	$2^1 + 2^3$
11	1011	$2^0 + 2^1 + 2^3$

ทำการคำนวณหา Parity Bit

1. Parity ของ Bit ที่ 1 คือ หาจำนวนที่ประกอบด้วย 2^0 จากค่า 1-11 (แปลงเป็นฐาน 2 และทำให้อยู่ในรูป 2 ยกกำลัง) เทียบจากตารางด้านล่างจะได้

Bit ที่มี 2^0 ได้แก่ 1, 3, 5, 7, 9, 11

นำค่าของ Bit ดังกล่าวมาหา Even Parity

1	3	5	7	9	11	Even Parity
x	1	0	1	0	0	0

2. Parity ของ Bit ที่ 2 คือ หาจำนวนที่ประกอบด้วย 2^1 เทียบจากตารางด้านล่างจะได้

Bit ที่มี 2^1 ได้แก่ 2, 3, 6, 7, 10

2	3	6	7	10	Even Parity
x	1	0	1	0	0

3. Parity ของ Bit ที่ 4 คือ หาจำนวนที่ประกอบด้วย 2^2 เทียบจากตารางด้านล่างจะได้

Bit ที่มี 2^2 ได้แก่ 4, 5, 6, 7, 11

4	5	6	7	11	Even Parity
x	0	0	1	0	1

4. Parity ของ Bit ที่ 8 คือ หาจำนวนที่ประกอบด้วย 2^3 เทียบจากตารางด้านล่างจะได้

Bit ที่มี 2^3 ได้แก่ 9, 10, 11

9	10	11	Even Parity
0	0	0	0

5. ดังนั้นจะได้ชุดข้อมูลที่เพิ่มบิตตรวจสอบ ดังนี้

<u>1</u>	<u>2</u>	3	<u>4</u>	5	6	7	<u>8</u>	9	10	11
<u>0</u>	<u>0</u>	1	<u>1</u>	0	0	1	<u>0</u>	0	0	0

** หากเกิด Error bit ที่ 11 จะทำให้จำนวน Bit ที่ผิดคือ $2^0, 2^1, 2^3 = 1, 2, 8$ ทำให้แก้ไขได้ทันที

** ตามหลักการ Hamming Code สามารถ Correct Error ได้เพียง 1 Bit

แต่มีการใช้เทคนิคในการส่งดังนี้

ฝั่งส่ง จะนำข้อมูลที่ทำการคำนวณ Parity แล้วมาเรียงกัน และส่งไปตามแนวดิ่ง (column)

ฝั่งรับ จะรับมาเรียงเป็นแนวนอน

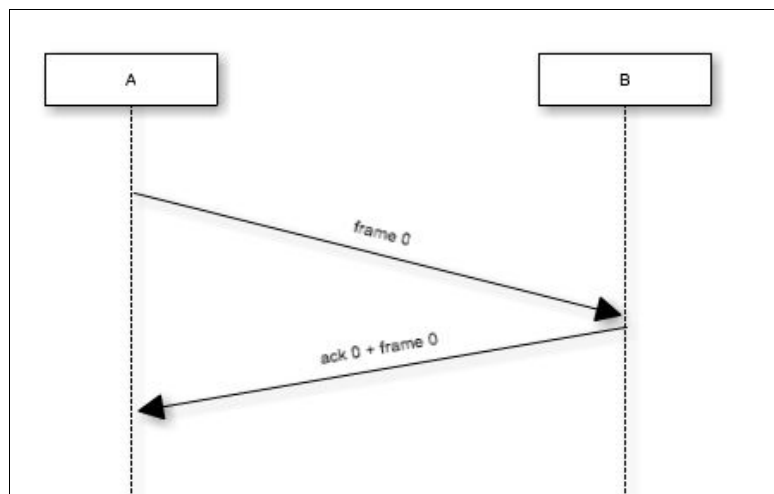
ซึ่งทำให้สามารถ Correct Error ได้ยาวต่อเนื่อง 12 Bit เนื่องจากแต่ละแถวจะเกิด Error ได้ 1 Bit หากส่ง 12 แถว โดยส่งตามแนวดิ่งจะได้ติดกัน 12 Bit

ส่วนใหญ่ที่ใช้ Hamming Code

- Wireless เนื่องจาก Noise เยอะ จะคุ้มกว่าที่จะทำการส่งใหม่
- ระบบที่ส่งข้อมูลแบบรวดเร็ว

Protocol แบบ Full Duplex

Piggy Backing (ทางทฤษฎี)



ข้อดี

- เพิ่มประสิทธิภาพในการส่งข้อมูล เนื่องจากทำการส่ง Frame ข้อมูลไปพร้อมกับการส่ง Ack

ปัญหา

- หาก B ไม่มีข้อมูลส่งไปจะทำให้ไม่สามารถส่ง Ack ไปได้ และฝั่ง A จะ Timeout ฝั่ง A ต้องส่งใหม่ทำให้ประสิทธิภาพลดลง

แก้ไขโดย

- กำหนดช่วงเวลา Ack Timer หากหมดเวลาจะส่ง Ack กลับไป

