สายสัญญาณและสื่อไร้สาย

จุดประสงค์การเรียนรู้

- เพื่อให้เข้าใจเทคโนโลยีการรับส่งสัญญาณแบบ Baseband และ broadband เข้าใจถึงเทคโนโลยีแต่ละแบบว่าจะใช้ตอนไหน
- เพื่อให้เข้าใจและอธิบายเกี่ยวกับ ระบบสาย, สัญญาณ, crosstalk, shielding, และ plenum ได้
- บอกชนิดของสาย 3 ชนิดหลักในระบบเครือข่ายและเทคโนโลยีเครือข่ายแบบไร้สายได้

continue

Introduction

- ประสิทธิภาพของเครือข่ายจะถูกจำกัดด้วยสายสัญญาณที่ใช้ หรืออีกนัยหนึ่งคือ ระบบเครือข่ายไม่สามารถมีประสิทธิภาพดีกว่าที่สายสัญญาณที่สามารถรองรับได้
- Layer 1 ที่กำหนดใน OSI model เป็น Layer ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับส่งบิตต่อเนื่องผ่านสายสัญญาณหรือสื่อกลางที่ใช้
- เทคโนโลยี LAN ได้กำหนดเกี่ยวกับประสิทธิภาพของสายสัญญาณที่เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เครือข่าย 2 อุปกรณ์ใดๆ แต่ไม่ได้กำหนดไปถึงตัวสายสัญญาณจริงๆ
- Media
  - Guided media: copper wire, fiber optics.
  - Unguided media: wireless transmission.

เทคนิคในการส่งสัญญาณผ่านสาย

- Broadband transmission
- Baseband transmission

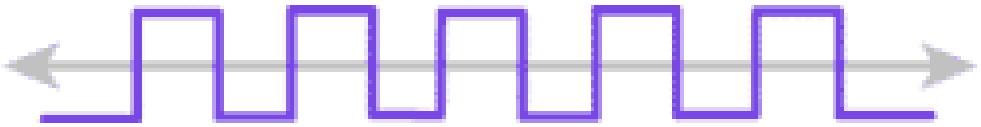
Broadband Transmission

- เป็นเทคนิคการส่งสัญญาณแบบอนาล็อก โดยใช้ลักษณะคุณสมบัติแบนด์วิดท์ที่กว้างของความถี่แม่เหล็กไฟฟ้าบนสื่อกลาง สามารถส่งหลายสัญญาณและหลายประเภทของการจราจรได้พร้อม ๆ กัน (ตรงกันข้ามกับ baseband ที่ถูกส่งผ่านไปในความถี่เดียว)
- สื่อกลางอาจเป็น สายเคเบิลแกนร่วม (coax) ใยแก้วนำแสง สายเคเบิลตีเกรียว (twisted pair) หรือไร้สาย
- แต่ละช่องทางสัญญาณจะอยู่ในรูปการผสมสัญญาณ(มอดูเลต)ไปในความถี่ ซึ่งอุปกรณ์ที่ส่งหรือรับจะต้องมีการการปรับจูน
- การไหลของสัญญาณเป็นแบบทิศทางเดียวเท่านั้น ดั้งนั้นจึงต้องใช้สองช่องทางเพื่อในการรับ / ส่งข้อมูลในคอมพิวเตอร์

continued

Baseband Transmission

- ใช้สัญญาณดิจิตอลในการส่งไปในสายโดยไม่มีการผสมคลื่นพาหะ (modulation)
- ส่งค่า (0 และ 1) เป็น pulses โดยใช้ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ต่างกัน
- ภายในสายในเวลาเดียวกันจะมีเพียงสัญณาณเดียวเท่านั้น
- ข้อจำกัดคือถ้าใช้สายเส้นเดียวต้องส่ง half-duplex
- สามารถส่งแบบสองทางได้
- ใช้ repeater ในการขยายสัญญาณ

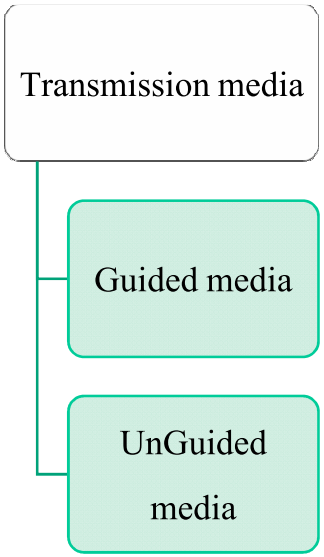


Broadband Transmission

- ใช้ตัวขยายสัญญาณ(amplifiers) ในการตรวจหาสัญญาณที่อ่อน ขยายสัญญาณและส่งออกไปอีกครั้ง
- วิธีการทำให้บอร์ดแบรนด์สื่อสารแบบสองทิศทางได้มี 2 วิธีหลักๆ คือs
  - Mid-split broadband
  - Dual-cable broadband
- ให้แบนวิทที่สูงกว่า แต่โดยทั่วไปจะแพงกว่าระบบ Baseband

ประเภทของ Transmission Media

- สื่อที่กำหนดทิศทางได้ (Guided Media) เช่น สายสัญญาณประเภทต่างๆ
- สื่อที่กำหนดทิศทางได้ (Unguided Media) เช่น สื่อไร้สายต่างๆ

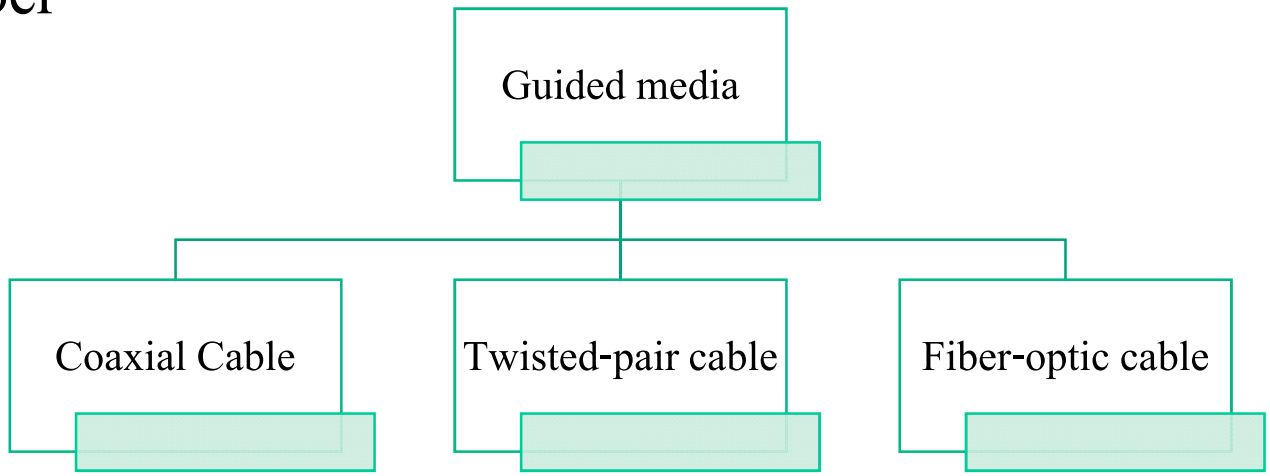


ลักษณะทั่วไปของสาย

- ความเร็วในการรับส่ง
- ระยะทางต่อ segment
- จำนวน segments สูงสุดต่อเครือข่าย
- จำนวนอุปกรณ์ต่อ segment
- ความทนทานต่อสัญญาณรบกวน
- ชนิดของหัวต่อ
- คุณภาพของสาย
- อัตราการเกิดสารพิษ
- ความสามารถในการโค้งงอ
- ต้นทุนของวัสดุที่ใช้ทำ
- ต้นทุนในการติดตั้ง

Guided Transmission Media

- Coaxial cable
- Twisted Pair
- Optical fiber



สื่อนำสัญญาณที่ใช้ในเครือข่ายคอมพิวเตอร์

- สายสัญญาณ
  - สายโคเอ็กเชียล (Coaxial Cable)
  - สายคู่เกลียวบิด (Twisted Pairs)
  - สายใยแก้วนำแสง (Fiber Optics)
- สื่อไร้สาย (Wireless)
  - Radio Transmission
    - Spread Spectrum Radio
    - Narrowband or single-band radio
  - Satellite System Links
  - Microwave Transmission
    - Infrared, Millimeter Waves
    - Light wave
  - Cellular Radio
    - Paging Systems,Cordless Telephone, AMPS, GSM and PCS

Coaxial Cable

- ส่วนแกนกลางเป็นส่วนที่นำสัญญาณข้อมูล
- ส่วนชั้นใยข่ายใช้ป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอกและเป็นสายดินในตัว

Coaxial Cable(ต่อ)

- เป็นสายสัญญาณที่ใช้และนิยมมากในเครือข่ายคอมพิวเตอร์สมัยแรกๆ
- สายโคแอ็กเชียลส่วนใหญ่จะเรียกสั้นๆว่า สายโคแอ็กซ์ (Coax)
- Coaxial Cable แบ่งตามการใช้งานเป็น 2 เกรด คือ
  - เกรด PVC ใช้พลาสติกเป็นวัสดุห่อหุ้ม นิยมใช้ในสำนักงานเพราะยืดหยุ่นมาก แต่เมื่อติดไฟจะเกิดแก๊สที่เป็นอันตรายต่อคน
  - เกรด Plenum เป็นสายที่ใช้ติดตั้งบนเพดานหรือระหว่างชั้นหรือพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่างจากอุณหภูมิห้อง เพราะเป็นสายที่ทนไฟ และถ้าไฟไหม้สายแก๊สที่เกิดขึ้นก็ไม่เป็นอันตรายต่อคนมากนัก

สายโคแอ็กซ์ (Coaxial cable)

- Coaxial Cable แบ่งตามขนาดออกเป็น 2 แบบ
  - สายโคแอ็กซ์แบบบาง = Thin Ethernet (thinnet, thinwire, cheapernet, 10Base2)
  - สายโคแอ็กซ์แบบหนา = Thick Ethernet (thicknet, thickwire, 10Base5)

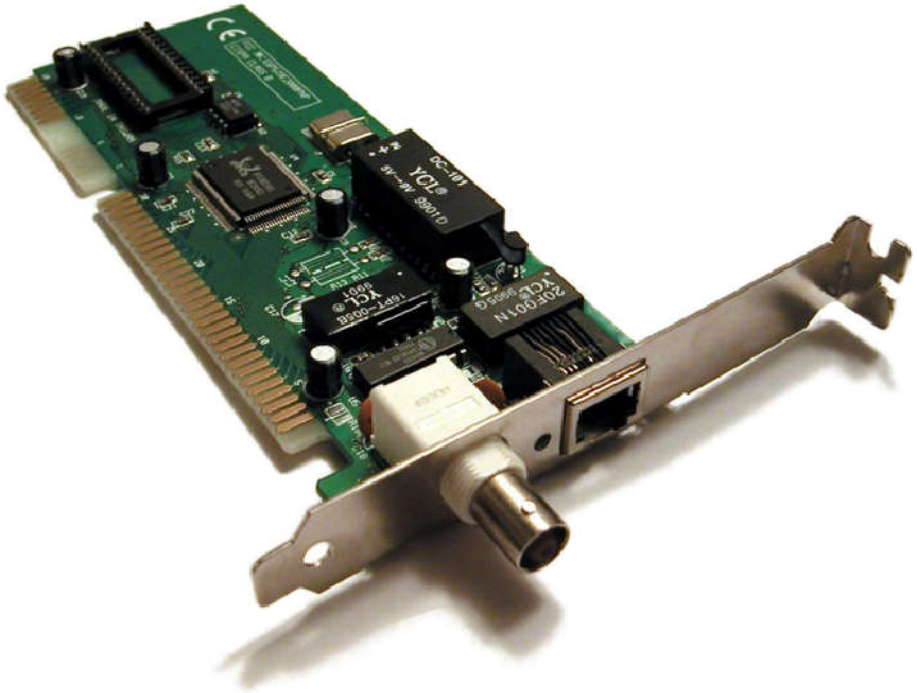
เปรียบเทียบระหว่าง Thinnet และ Thicknet

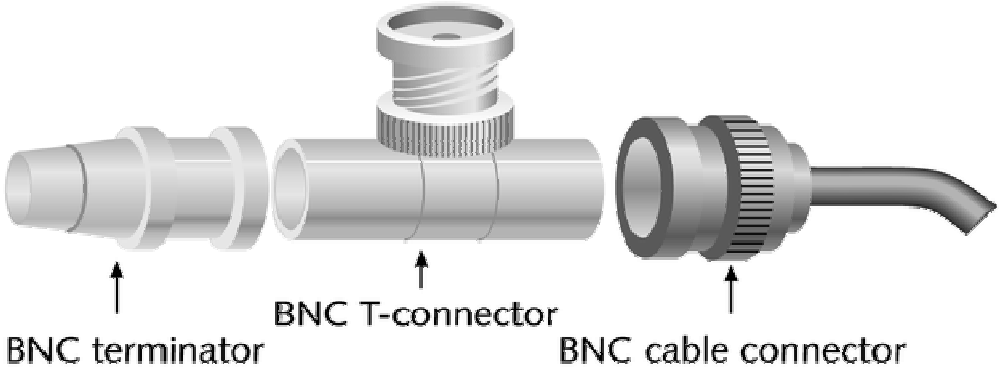
- สายที่ใหญ่กว่านำสัญญาณได้ดีกว่า
- สายแบบหนามีความยุ่งยากในการติดตั้งมากกว่าเนื่องจากเป็นสายที่ค่อนข้างแข็ง
- สายแบบบางมีความยืดหยุ่นที่ดีกว่าทำให้ง่ายต่อการติดตั้งและราคาก็ถูกกว่า
- ความยืดหยุ่นของสายแบบบางทำให้สามารถเดินสายผ่านท่อขนาดเล็กที่ติดบนฝ้าเพดานทำให้เป็นที่นิยมมากกว่า

สายโคแอ็กซ์แบบบาง (Thin Coaxial cable หรือ Thinnet Cable)

- เป็นสายที่มีขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.64 CM
- ติดตั้งและใช้งานได้ง่าย
- ราคาถูกทั้งตอนซื้อและตอนติดตั้ง
- เหมาะกับเครือข่ายเล็ก ๆ หรือมีการเคลื่อนย้ายบ่อย ๆ
- ใช้หัวต่อ BNC T-connectors ในการเชื่อมระหว่างอุปกรณ์เครือข่ายกับการ์ดแลนคอมพิวเตอร์
- สามารถนำสัญญาณได้ไกลถึง 185 เมตร

BNC Connector





Radio Government (RG) Specifications

- การออกแบบสายโคแอกเชีย ดั้งเดิมใช้เพื่อรับส่งสัญญาณข้อมูลคลื่นความถี่วิทยุ

ประเภท	ลักษณะ
RG-58 /U	ส่วนแกนเป็นทองแดงเส้นเดียว
RG-58 A/U	ส่วนแกนเป็นโยโลหะหลายเส้น
RG-58 C/U	เป็นชื่อที่ในทางการทหารในการเรียกสาย RG-58 A/U
RG-59	สายที่ใช้ส่งสัญญาณแถบกว้าง (Broadband) เช่น ที่ใช้ในระบบเคเบิลทีวี
RG-6	ใช้ในการส่งสัญญาณแถบกว้างเช่นเดียวกับ RG-59 แต่มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวกว่า และใช้ในการส่งสัญญาณที่ความถี่สูง
RG-62	ใช้กับเครือข่าย ArcNet

Thinwire Ethernet Cable

Table 3-2 Thinwire Ethernet characteristics

Characteristic	Value
Maximum cable length	185 meters (607 feet)
Bandwidth	10 Mbps
Bend radius	360 degrees/ft
Installation/maintenance	Easy to install and reroute; flexible
Cost	Cheapest form of coax cable; prefabricated cables average $1/foot
Connector type	British Naval Connector* (BNC)
Interference rating	Good: lower than thicknet, higher than TP

* Research reveals numerous decodings for the BNC acronym that names thinwire Ethernet and thicknet connectors. These include British Naval Connector (preferred Microsoft usage), bayonet nut connector, bayonet navy connector, and bayonet Neill-Concelman.

สายโคแอ็กซ์แบบหนา (Thick Coaxial Cable หรือ Thicknet Cable)

- เป็นสายค่อนข้างแข็ง ใหญ่กว่าสายโคแอ็กซ์แบบบาง
- มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.27 cm
- ส่วนใหญ่ใช้เป็น backbone
- ใช้ vampire tap ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์กับสาย โดยใช้ transceiver ในการรับสัญญาณ โดยที่ transceiver จะมีหัวต่อแบบAUI (attachment unit interface) เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์
- สามารถนำสัญญาณได้ไกลถึง 500 เมตร

การเชื่อมต่อสาย Thickwire Ethernet

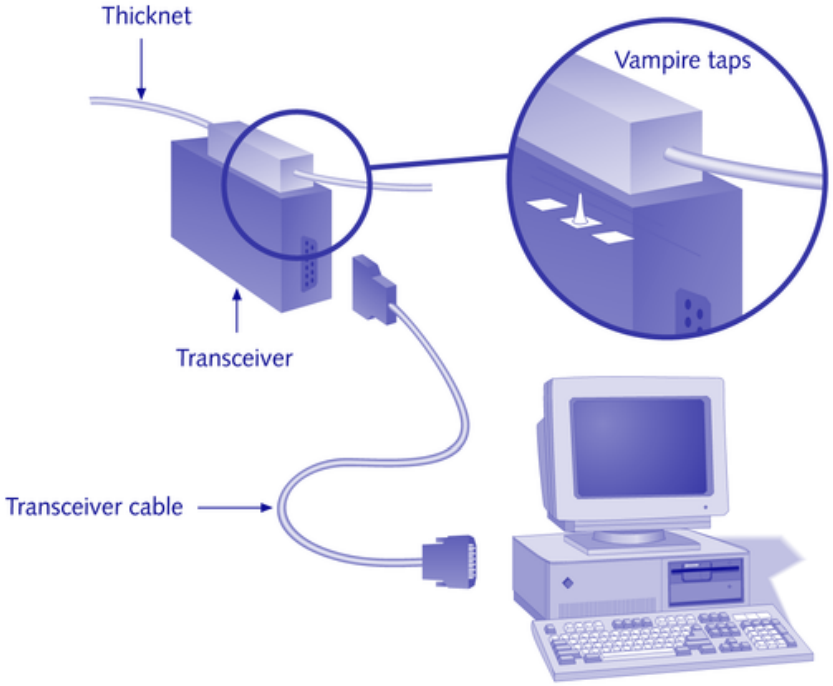


Figure 3-4 Thicknet cable transceiver with detail of a vampire tap piercing the core

การเชื่อมต่อสาย Thickwire Ethernet

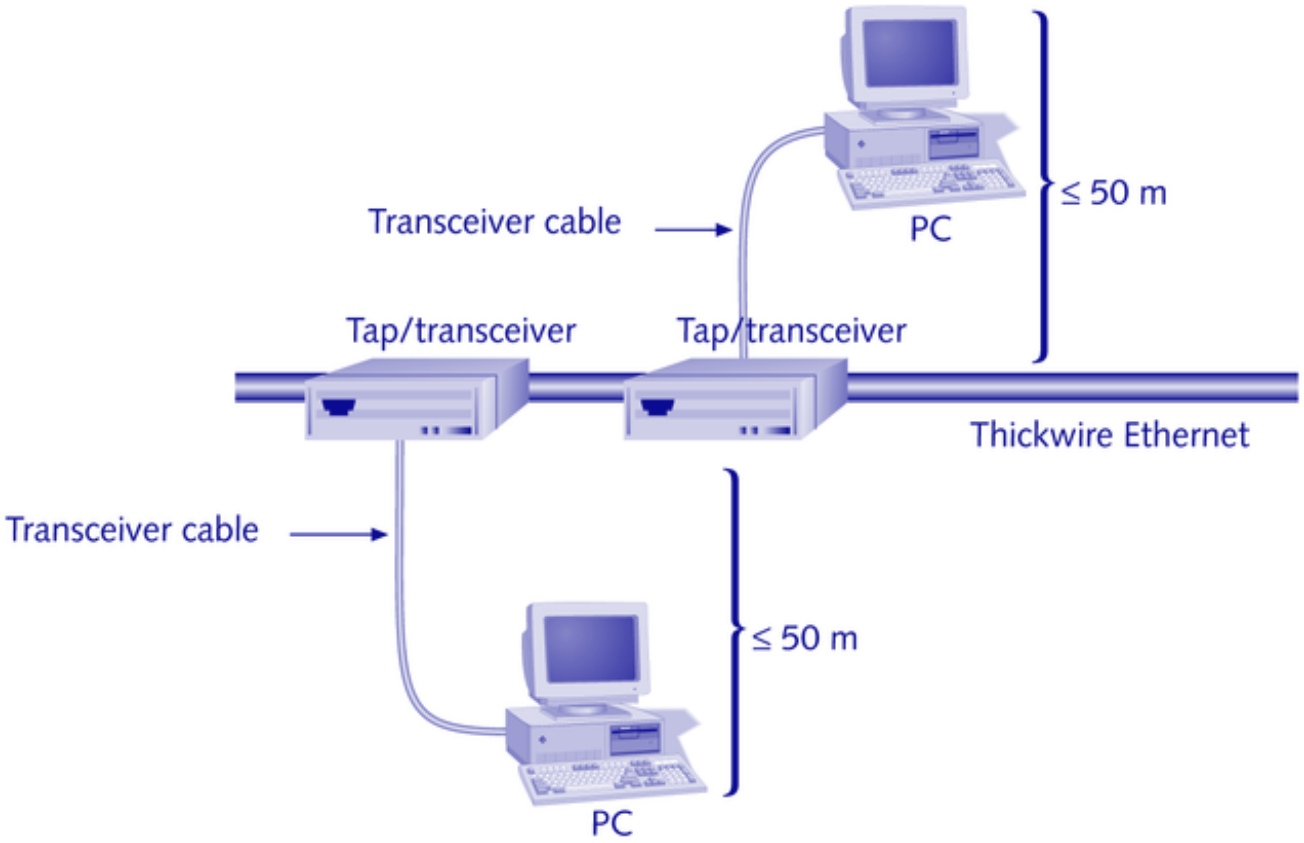


Figure 3-5 Thickwire Ethernet

Thickwire Ethernet Cable

Table 3-3 Thickwire Ethernet characteristics

Characteristic	Value
Maximum cable length	500 meters (1640 feet)
Bandwidth	10 Mbps
Bend radius	30 degrees/ft
Installation/maintenance	Hard to install and reroute; rigid
Cost	More expensive than thinwire, cheaper than fiber
Connector type	BNC
Interference rating	Good: lowest of all electrical cable types

เปรียบเทียบระหว่าง Thinnet และ Thicknet

- สายธิกค์เน็ต (Thicknet)
  - ตามกฎการนำสัญญาณ สายที่ใหญ่กว่าย่อมนำสัญญาณได้ดีกว่า
  - จะยืดหยุ่นในการติดตั้งน้อยกว่าเนื่องจากเป็นสายที่ค่อนข้างแข็ง
- สายแบบอินเน็ต (Thinnet)
  - ยืดหยุ่นที่ดีกว่าทำให้ง่ายต่อการติดตั้งและราคาก็จะถูกกว่า
  - ความยืดหยุ่นของสายมีผลต่อการติดตั้งเมื่อเดินสายผ่านท่อขนาดเล็กที่ติดบนเพดาน ทำให้เป็นที่นิยมมากว่า

หัวเชื่อมต่อที่ใช้กับสายโคแอ็กซ์

- ทั้ง Thinnet และ Thicknet จะใช้หัวเชื่อมต่อที่เรียกว่าหัว BNC
- ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างสายสัญญาณและเน็ตเวิร์คการ์ด
- หัวเชื่อมต่อแบบ BNC มีหลายแบบ
  - หัวเชื่อมสาย BNC (BNC Cable Connector) เป็นหัวที่เชื่อมเข้ากับปลายสาย
  - หัวเชื่อมสายรูปตัว T (BNC T-Connector) เป็นหัวเชื่อมต่อระหว่างสายสัญญาณกับเน็ตเวิร์คการ์ด
  - หัวเชื่อมสายแบบ Barrel (BNC Barrel Connector) เป็นหัวที่ใช้ในการเชื่อมต่อสายสัญญาณเพื่อใช้สายมีขนาดยาวขึ้น
  - ตัวสิ้นสุดสัญญาณ (BNC Terminator) เป็นหัวที่ใช้ในการสิ้นสุดสัญญาณที่ปลายสายรบกวนสัญญาณที่ใช้นำข้อมูลสมจริง ซึ่งจะทำให้เครือข่ายล้อมเหลวในที่สุด

หัวเชื่อมต่อแบบ BNC

BNC Cable Connector

BNC T-Connector

BNC Barrel Connector

BNC Terminator

สายคู่เกลียวบิด (Twisted Pairs)

- เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.016-0.035 นิ้ว
- ภายในสายประกอบไปด้วย สายทองแดงบิดเกลียวเป็นคู่กันอยู่ เพื่อเป็นการป้องกันคลื่นรบกวนจากภายนอก
- สายคู่บิดเกลียวที่ใช้กับเครือข่าย LAN จะประกอบด้วย 4 คู่
- สายคู่เกลียวบิดที่ใช้ในเครือข่ายแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท
  - STP (Shielded Twisted Pairs) หรือสายคู่เกลียวบิดหุ้มเกราะ
  - UTP (Unshielded Twisted Pairs) หรือสายคู่เกลียวบิดไม่หุ้มเกราะ

Types of TP Cable

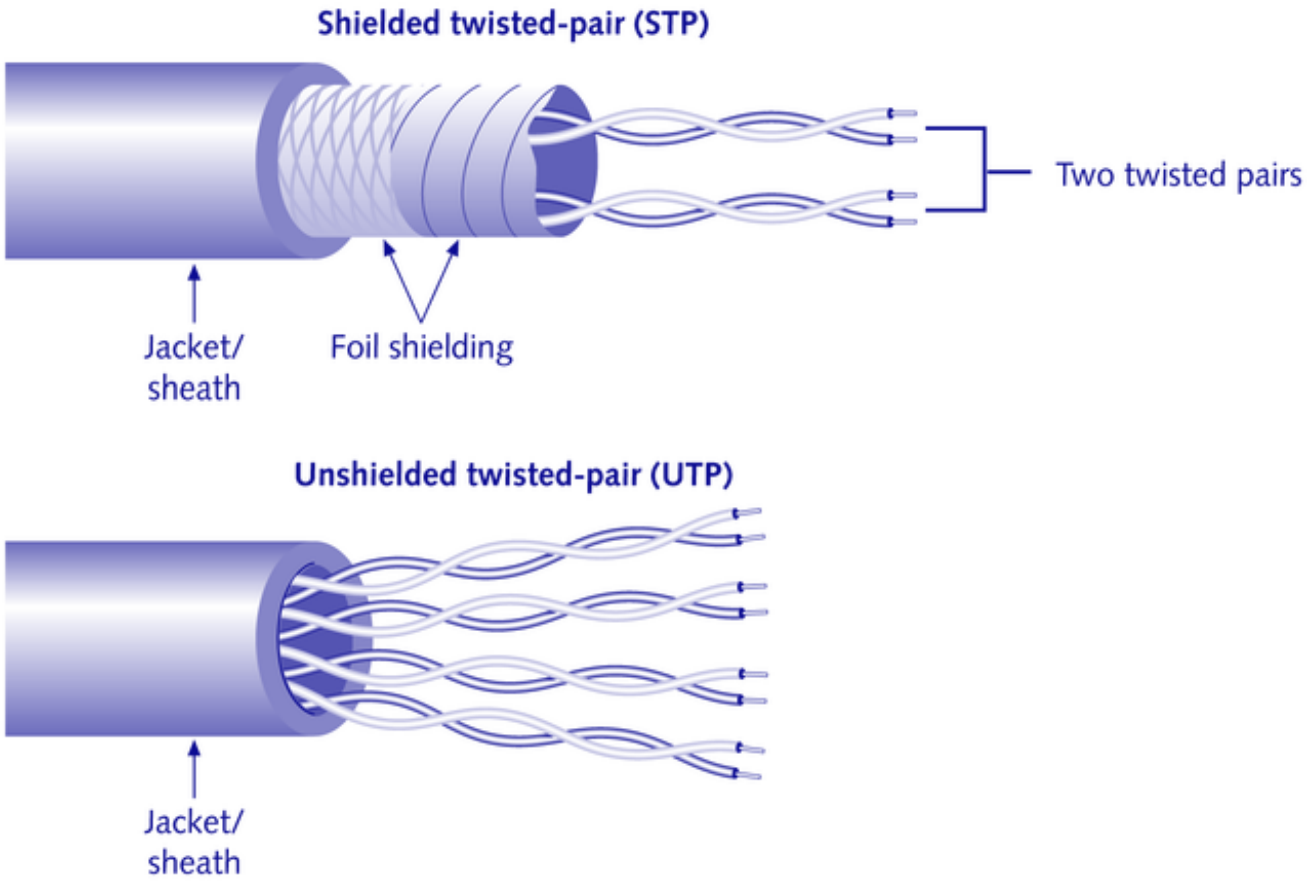
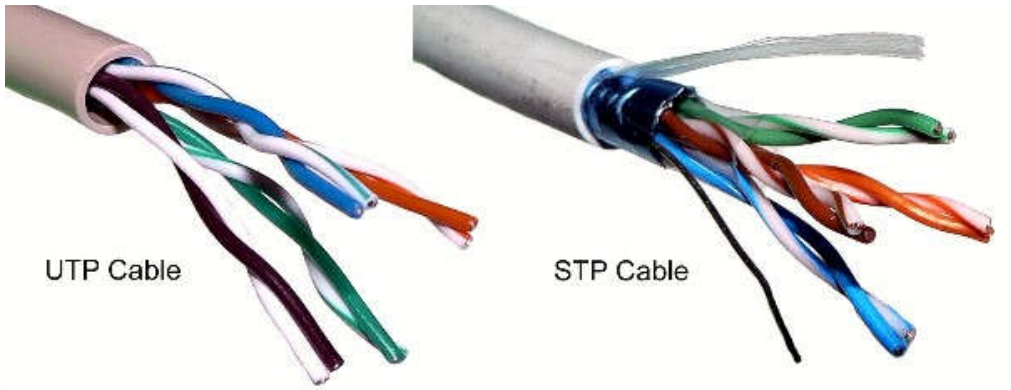


Figure 3-6 STP and UTP cable

Unshielded and Shielded TP

- Shielded Twisted Pair (STP)
  - มีชั้นที่เป็นแผ่นโลหะบางๆ หรือใยโลหะที่ถักเปียเป็นตาข่าย หุ้มเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น คลื่นวิทยุต่างๆ
  - ราคาค่อนข้างสูงกว่าแบบ UTP



- Unshielded Twisted Pair (UTP)
  - ไม่มีส่วนที่เป็น Shield ป้องกันสัญญาณรบกวน ทำให้อาจมีการรบกวนจากคลื่นไฟฟ้าจากภายนอกได้
  - ราคาไม่แพง
  - นิยมใช้มากสุดในระบบเครือข่าย แต่ความยาวของสายจากจุดถึงจุดต้องไม่เกิน 100 เมตร

Shielded Twisted-Pair Cable

Unshielded Twisted-Pair Cable

คุณสมบัติพิเศษของสายคู่เกลียวบิด

- ในการรับส่งสัญญาณนั้นจำเป็นต้องใช้สายหนึ่งคู่ในการส่งสัญญาณและอีกหนึ่งคู่ในการรับสัญญาณ ซึ่งในแต่ละคู่จะมีทั้งขั้วบวกและลบในการทำเช่นนี้เป็นเทคนิคอย่างหนึ่งที่เรียกว่า “Differential Signaling”
- ซึ่งเป็นเทคนิคเพื่อที่จะกำจัดคลื่นรบกวน (Electromagnetic Noise) ที่เกิดกับสัญญาณข้อมูล
- ซึ่งคลื่นรบกวนนี้เกิดขึ้นได้ง่ายและถ้าเกิดกับสายสัญญาณแล้วจะทำให้สัญญาณข้อมูลยากต่อการอ่านหรือแปลความหมาย

Effect of Noise on Parallel Lines

Noise on Twisted-Pair Lines

มาตรฐานสายสัญญาณ

- สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หรือ EIA (Electronics Industries Association) และสมาคมอุตสาหกรรมโทรคนนาคม หรือ TIA (Telecommunication Industries Association) ได้ร่วมกันกำหนดมาตรฐาน EIA/TIA 568 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้ในการผลิตสาย UTP

Category/Class	Cat 5/Class D	Cat 5E	Cat 6/Class E	Cat 7/Class F
Bandwidth	100 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz
Delay	< 545 ns	< 548 ns	< 548 ns	< 504 ns
Delay Skew	<50 ns	<50 ns	<50 ns	< 20 ns
Attenuation (dB)	24dB@100MHz	24dB@100MHz	36dB@250MHz	54.1@600MHz
NEXT (dB)	29.3@100MHz	32.3@100MHz	33.1@250MHz	51.0@600MHz
PSNEXT (dB)	N/A*	27.1@100MHz	30.2@250MHz	48.0@600MHz
ELFEXT (dB)	17@100MHz	21@100MHz	19.2@250MHz	Future Study
PSELFEXT (dB)	29.3@100MHz	29.3@100MHz	29.3@250MHz	29.3@600MHz
Return Loss (dB)	15-10log(f/20)	17-7log(f/20)	19-10log(f/20)	

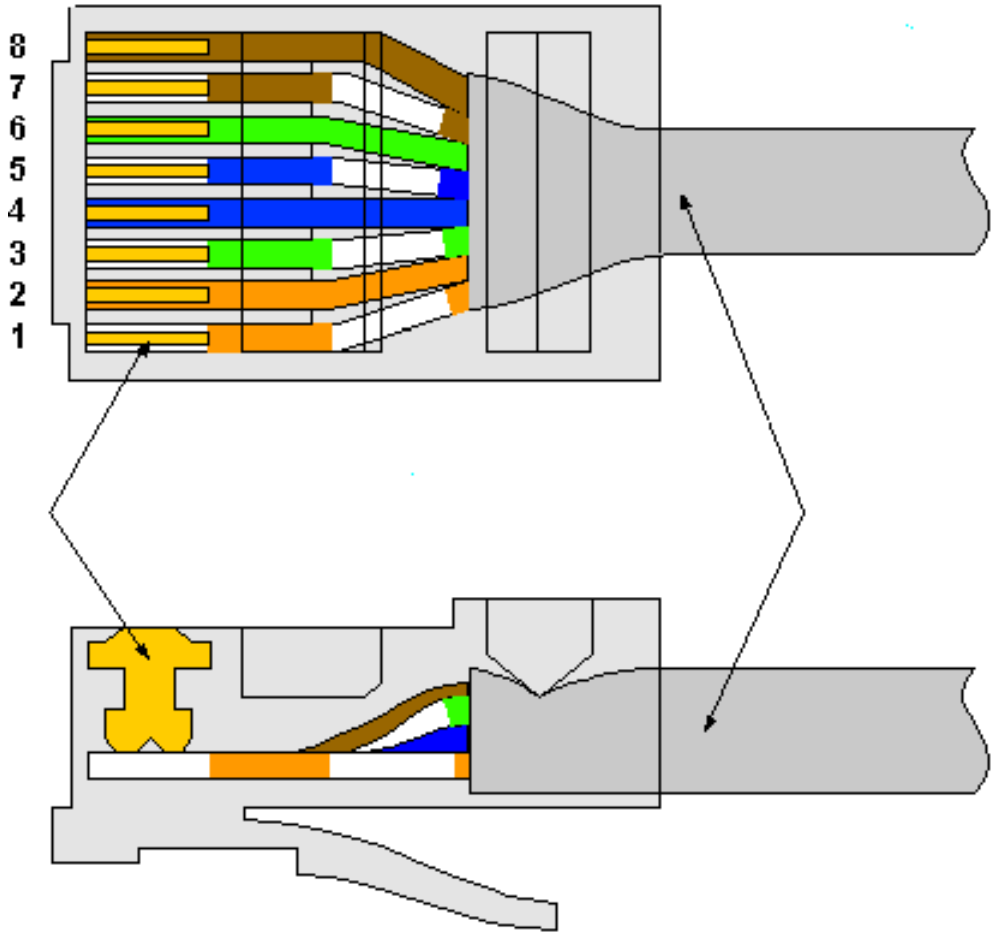
มาตรฐานสายสัญญาณ

- Category 1/Class A: เป็นสายที่ใช้ได้กับโทรศัพท์อย่างเดียว
- Category 2/Class B: เป็นสายที่ใช้แบนด์วิธได้ถึง 4 MHz ทำให้ส่งข้อมูลแบบดิจิตอลได้ถึง 4 Mbps ประกอบด้วยสายคู่เกลียวบิด 4 คู่
- Category 3/Class C: ส่งข้อมูลได้ถึง 16 Mbps ประกอบด้วยสายคู่เกลียวบิด 4 คู่
- Category 4: ส่งข้อมูลได้ถึง 20 Mbps ประกอบด้วยสายคู่เกลียวบิด 4 คู่
- Category 5/Class D: ส่งข้อมูลได้ถึง 100 Mbps โดยใช้ 2 คู่ และ ส่งข้อมูลได้ถึง 1000 Mbps โดยใช้ 4 คู่
- Category 5 Enhanced(5e): ส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ที่ 1000 Mbps โดยใช้ 4 คู่
- Category 6/Class E: เป็นสายที่ใช้แบนด์วิธได้ถึง 250 MHz
- Category 7/Class F: เป็นสายที่ใช้แบนด์วิธได้ถึง 600 MHz

UTP Connectors

หัวเชื่อมต่อที่ใช้กับสายคู่เกลียวบิด

- ใช้หัวเชื่อมต่อแบบ RJ-45



หัวเชื่อมต่อที่ใช้กับสายคู่เกลียวบิด

Pin #	Signal	EIA/TIA 568A	EIA/TIA 568B
1	Transmit+	ขาวเขียว	ขาวส้ม
2	Transmit-	เขียว	ส้ม
3	Receive+	ขาวส้ม	ขาวเขียว
4	N/A	น้ำเงิน	น้ำเงิน
5	N/A	ขาวน้ำเงิน	ขาวน้ำเงิน
6	Receive-	ส้ม	เขียว
7	N/A	ขาวน้ำตาล	ขาวน้ำตาล
8	N/A	น้ำตาล	น้ำตาล

การทดสอบสาย UTP

- เมื่อติดตั้งสาย UTP เสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การทดสอบสายสัญญาณดังกล่าวให้เป็นไปตามมาตรฐาน
- ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสาย UTP จะเรียกว่าเคเบิลแอนาไลเซอร์ (Cable Analyzer)
  - Wire Map : คือการทดสอบสายสัญญาณว่าติดตั้งถูกหรือไม่ ซึ่งสิ่งที่ต้องทดสอบคือ
    - ทดสอบการสิ้นสุดสายที่ปลายทั้งสองด้าน
    - ทดสอบความต่อเนื่องของสาย หรือสายขาดระหว่างปลายทั้งสองด้านหรือไม่
    - ทดสอบว่าสายสัญญาณวงจรแต่ละวงจรปิดหรือไม่
    - การทดสอบการครอสส์โอเวอร์สาย
  - ความยาวสาย (length) : ซึ่งสาย UTP ที่ใช้กับระบบอีเธอร์เน็ตต้องไม่เกิน 100 เมตร
  - ค่าคุณสมบัติของสาย ดังที่ได้กำหนดตามมาตรฐาน

10BaseT's Networking Characteristics

Table 3-4 10BaseT Ethernet characteristics

Characteristic	Value
Maximum cable length	100 meters (328 feet)
Bandwidth	10 Mbps
Bend radius	TP not subject to bend radius limitations
Installation/maintenance	Easy to install, no need to reroute; the most flexible
Cost	Least expensive of all cabling options
Connector type	RJ-45 for device and wall-plate connections
Interference rating	Low: most susceptible of all electrical cable types

สายใยแก้วนำแสง (Fiber Optic)

- ใช้สัญญาณแสงในการส่งแทนสัญญาณไฟฟ้า
- ส่งสัญญาณทิศทางเดียว หากต้องการส่งสองทางต้อง ใช้สองเส้น
- การส่งสัญญาณไม่ถูกรบกวนจากสมานแม่เหล็กไฟฟ้าต่างๆ
- ทนทานต่อสภาวะสภาพแวดล้อมต่าง ๆ
- ตัวกลางที่ใช้การส่งสัญญาณแสงคือ ใยแก้ว ซึ่งมีขนาดเล็กและบางทำให้ประหยัดพื้นที่ได้มาก

Fiber-optic Cable

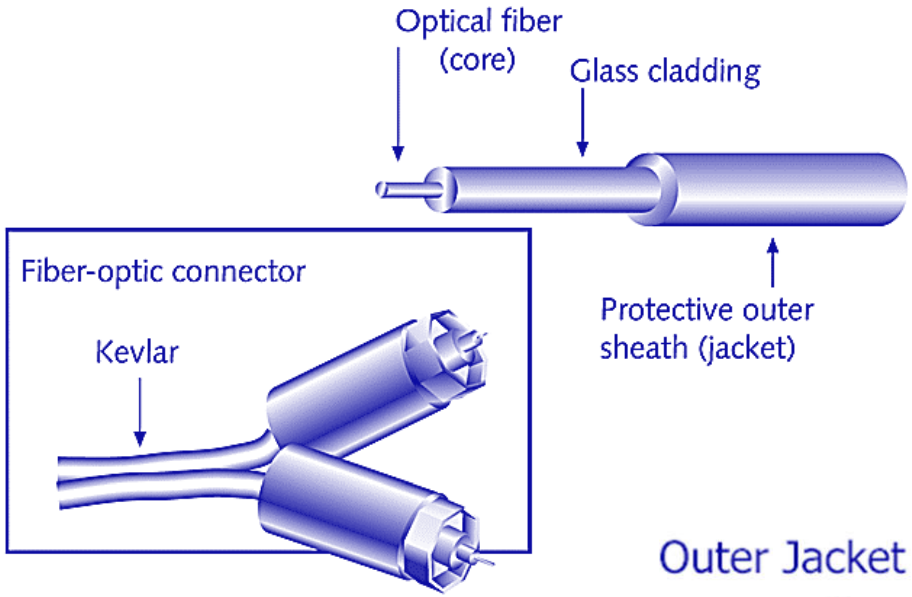
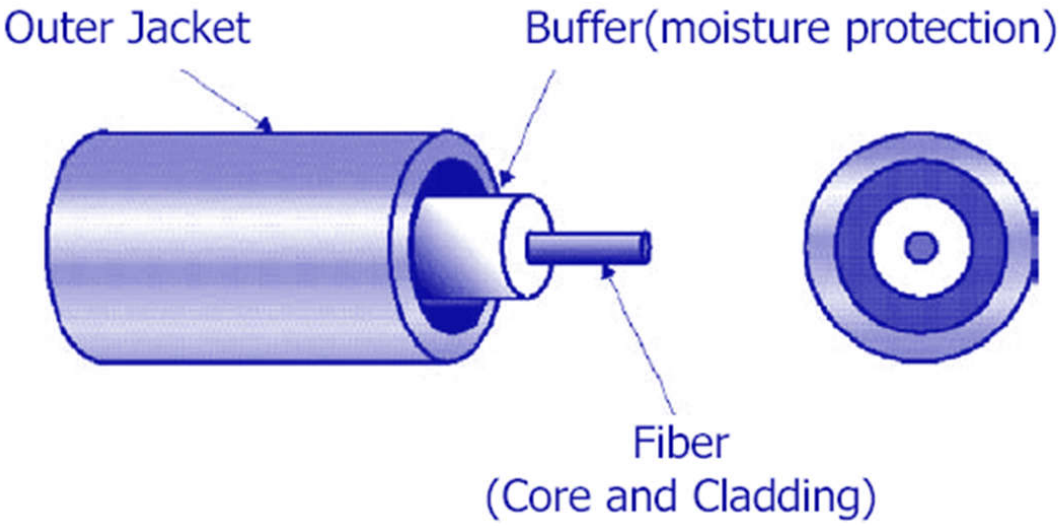


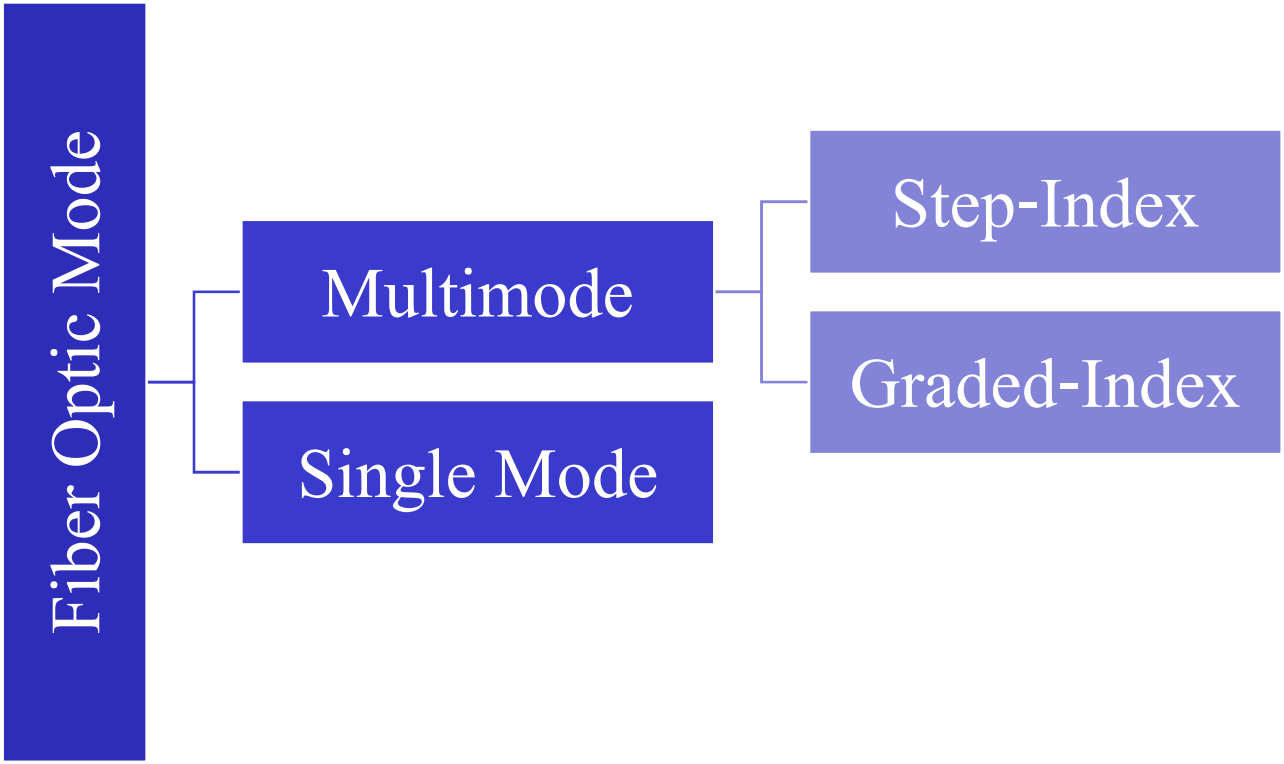
Figure 3-9 Fiber-optic cable



ชนิดของสาย Fiber-optic หลัก ๆ

- Single-mode cables
  - ภายในจะมีใยแก้วเพียงอันเดียวต่อหนึ่ง core
  - มีเส้นใยแก้วส่วนแกนขนาดเล็กกว่าสายแบบมัลติโหมด
  - ราคาสูงมาก
  - การทำงานจะใช้เลเซอร์ในการส่ง ทำให้ส่งสัญญาณได้ไกลกว่า
- Multi-mode cables
  - ภายในจะมีใยแก้วสองหรือมากกว่า ต่อหนึ่ง core
  - นิยมใช้ในระบบ LAN มากที่สุด
  - ราคาถูก
  - การทำงานจะใช้ light emitting diodes (LEDs) ทำให้ส่งสัญญาณได้ใกล้กว่า

ประเภทของใยแก้วนำแสง



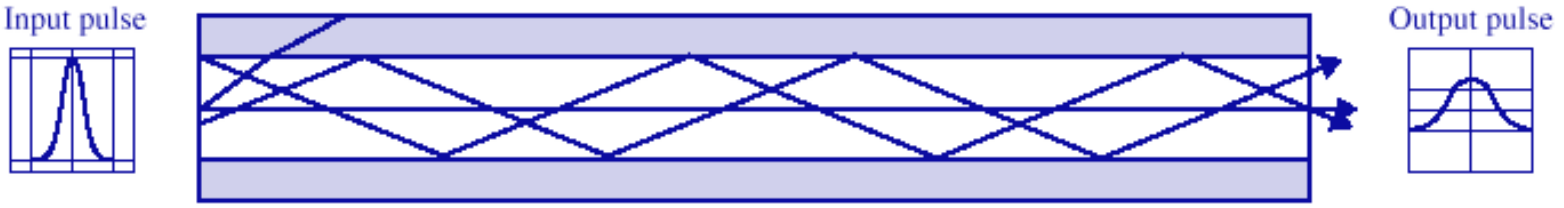
- จำนวนลำแสงที่เดินทางหรือเกิดขึ้นจะเป็น ตัวบอกโหมดของแสงที่เดินทางภายในเส้นใยแก้วนำแสงนั้น

Single Mode

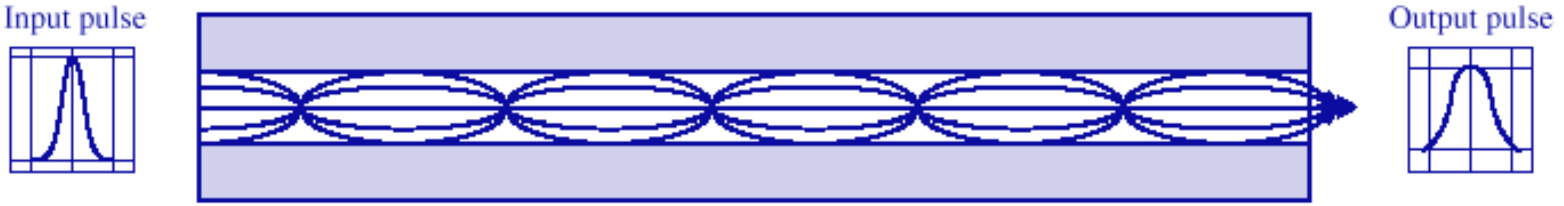
Multimode Step-Index

Multimode Graded-Index

Optical Fiber Transmission Modes



(a) Step-index multimode



(b) Graded-index multimode

(c) Single mode

- **MMF (Multimode Fiber Optic)** เป็นสายไฟเบอร์ที่นิยมใช้ในระบบ **LAN** มากที่สุด

Transmission Characteristics (Fiber optic)

- ส่งข้อมูลด้วยความถี่ของแสงในช่วง 10^{14} ถึง 10^{15} Hz ทำให้ใช้ Bandwidth ได้กว้างและส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราส่งสูง
- ทำให้การส่งสัญญาณไม่ถูกรบกวนจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต่างๆทั้งยังทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี
- ใยแก้วที่มีขนาดเล็กทำให้ประหยัดพื้นที่ได้มาก
- สามารถส่งสัญญาณไปได้ไกลโดยมีการสูญเสียสัญญาณน้อย
- ให้อัตราข้อมูลสูงกว่าสายแบบโลหะหลายเท่า
- ความปลอดภัยในการส่งข้อมูลมีมาก เพราะยากแก่การดักข้อมูล

แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการส่งสัญญาณ

- Light Emitting Diode (LED)
- Injection Laser Diode (ILD)

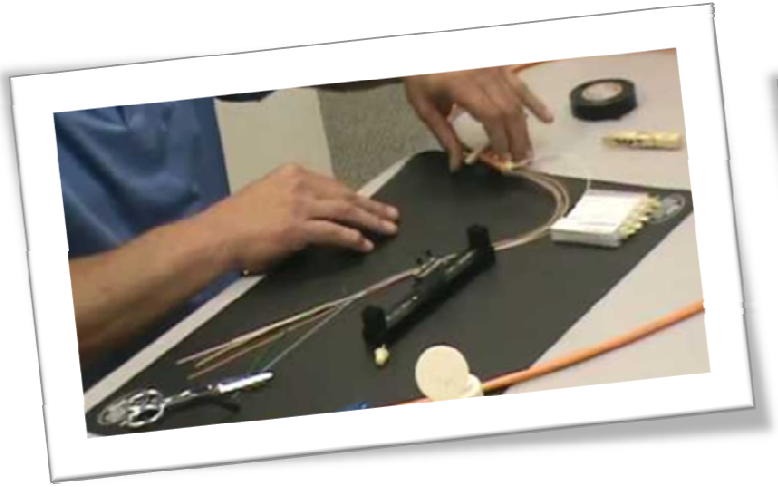
Item	LED	Semiconductor laser
Data rate	Low	High
Fiber type	Multimode	Multimode or single mode
Distance	Short	Long
Lifetime	Long life	Short life
Temperature sensitivity	Minor	Substantial
Cost	Low cost	Expensive

ข้อดี-ข้อเสียของสาย Fiber-optic

- ข้อดี
  - ทนทานต่อสัญญาณรบกวนจากภายนอก
  - มีความปลอดภัยสูง
  - เป็นสื่อที่ดีมาก มีความเร็วสูง ระยะทางไกล
- ข้อเสีย
  - ราคาสูง
  - ติดตั้งได้ยาก

การเชื่อมสายไฟเบอร์

- การเชื่อมต่อใยแก้วนำแสงมีหลายวิธี ซึ่งการที่จะเลือกใช้วิธีใดก็แล้วแต่ความเหมาะสมกับงานต่างๆ ที่ต้องการติดตั้งในระบบสื่อสาร หรือเครือข่ายสื่อสาร
  - การเชื่อมต่อเชิงกล (Mechanical Splice)
  - การเชื่อมต่อด้วยวิธีหลอมรวม (Fusion Splice)



Fiber-optic Media Connectors

- **หัวเชื่อมต่อแบบ ST** ออกแบบโดยบริษัท AT&T นิยมมากที่สุดสำหรับสายไฟเบอร์แบบมัลติโหมด
- **หัวเชื่อมต่อแบบ FC/PC** จะมีลักษณะคล้ายๆ กับแบบ ST เคยเป็นที่นิยมใช้กับสายชิงเกิดโหมดมาก
- **หัวเชื่อมต่อแบบ SC** เป็นหัวแบบเชื่อมต่อที่กำลังเป็นที่นิยมใช้กับสายไฟเบอร์ปัจจุบัน
- **หัวเชื่อมต่อแบบ SMF (Small Form Factor)** เนื่องจากหัวเชื่อมต่อที่กล่าวมาข้างต้นเป็นหัวเชื่อมต่อที่มีขนาดใหญ่ทำให้เปลืองพื้นที่บนอุปกรณ์เครือข่าย

Fiber-optic Media Connectors

Fiber Media Connectors

ST Connector

Straight Tip (ST) connector is widely used with multimode fiber

SC Connector

Subscriber Connector (SC) is widely used with single-mode fiber

Single-Mode (LC)

Single-Mode Lucent Connector (LC)

Multimode (LC)

Multimode LC Connector

Duplex Multimode (LC)

Duplex Multimode LC Connector

การทดสอบสายไฟเบอร์

- การทดสอบการสูญเสียของสัญญาณของลิงค์ (End-to-End Optical Link Loss)
- อัตราการสูญเสียต่อหน่วยความยาว (Attenuation)
- การสูญเสียเนื่องจากการเชื่อมต่อแบบต่างๆ (Splice, Connectors)
- ความยาวของสายไฟเบอร์

เครื่องมือทดสอบสายไฟเบอร์

- OTDR (Optical Time Domain Reflect meter) คือเครื่องมือที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติของสายไฟเบอร์
- OTDR สามารถตรวจจับวัดคุณสมบัติของสายไฟเบอร์หลายประเภท ซึ่งสิ่งที่ OTDR รายงานให้ทราบนั้นจะเรียกว่าเหตุการณ์ (Event)
  - เหตุการณ์ที่มีการสะท้อนกลับของแสง (Reflective Event)
  - เหตุการณ์ที่ไม่มีการสะท้อนกลับของแสง (Non-reflective Event)

Fiber-optic Cable Characteristics

Table 3-5 Fiber-optic cable characteristics

Characteristic	Value
Maximum cable length	2 km (6562 feet)–100 km (62.14 miles)
Bandwidth	100 Mbps–1 Gbps
Bend radius	30 degrees/ft
Installation/maintenance	Difficult to install and reroute, sensitive to strain and bending
Cost	Most expensive of all cabling options
Connector type	Several types: ST, SC, MIC, and SMA
Interference rating	None: least susceptible of all cable types

ปัจจัยที่ใช้ในการเลือกชนิดของสาย

- ความเร็ว
- งบประมาณ
- ความสามารถ
- สภาพแวดล้อม
- สถานที่
- ระยะทาง
- การขยายในอนาคต

เปรียบเทียบคุณลักษณะสายแต่ละชนิด

Table 3-6 Comparison of general cable characteristics

Type	Maximum Length	Bandwidth	Installation	Interference	Cost
UTP	100m	10–100 Mbps	Easy	High	Cheapest
STP	100m	16–1000 Mbps	Moderate	Moderate	Moderate
10Base2	185m	10 Mbps	Easy	Moderate	Cheap
10Base5	500m	10 Mbps	Hard	Low	Expensive
Fiber	2–100 km	100 Mbps–10 Gbps	Very hard	None	Most expensive

สื่อไร้สาย (Wireless Transmission)

- เป็นสื่อชนิดกำหนดทิศทางไม่ได้
- รับส่งสัญญาณผ่านเสาอากาศ
- ทิศทางการแพร่สัญญาณ
  - สัญญาณจะแพร่ออกไปทุกทิศทาง
  - สามารถรับสัญญาณโดยใช้เสาอากาศหลายอันได้

Wireless Networking: Intangible Media

- ส่งข้อมูลผ่านความถี่แม่เหล็กไฟฟ้าผ่านชั้นบรรยากาศ เพื่อส่งข้อมูลจากอุปกรณ์เครือข่ายหนึ่งไปยังอุปกรณ์อื่น
- โดยทั่วไปจะใช้ร่วมกับเครือข่ายแบบใช้สาย

ความสามารถของเครือข่ายไร้สาย

- สร้างการเชื่อมต่อชั่วคราวไปยังเครือข่ายสายที่มีอยู่แล้ว
- ใช้เป็นเครือข่ายสำรองหรือการเชื่อมฉุกเฉินของเครือข่ายแบบมีสายที่มีอยู่แล้ว
- ขยายเครือข่ายแบบ ในพื้นที่ที่เครือข่ายแบบสายไปไม่ถึง
- ช่วยให้ผู้ใช้งานเครือข่ายเคลื่อนย้ายไปที่ต่างๆ ภายในขอบเขตที่กำหนดได้

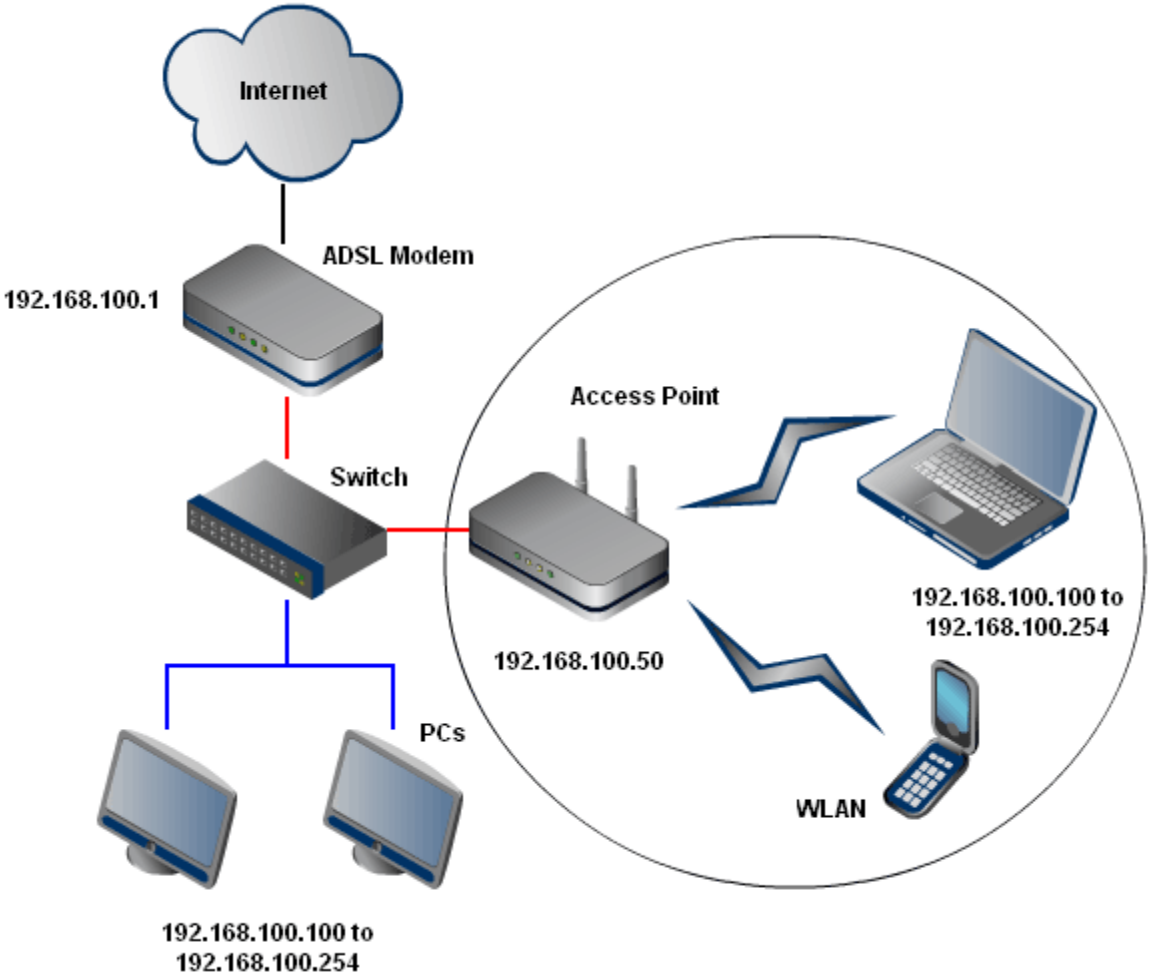
Commercial Applications for Wireless Networking

- ช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้งานแบบเคลื่อนที่ได้ตลอดเวลา
- ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงเครือข่ายด้วยความสะดวก
- ช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงเครือข่ายในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างต่อเนื่อง
- เพิ่มการบริการลูกค้า ในพื้นที่ที่มีคนพลุกพล่านได้ดีขึ้น
- อำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อเครือข่าย ในพื้นที่ที่ไม่สามารถเดินสายหรือมีต้นทุนในการติดตั้งสูง

Wireless LAN Applications

- ยังต้องใช้อินเตอร์เฟซเครือข่ายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่อินเตอร์เฟซเป็นเสาอากาศแทนที่จะสายเคเบิล
- ต้องใช้อุปกรณ์ที่จุดเชื่อมต่อ (access point device) เพื่อเชื่อมอุปกรณ์ไร้สายและเครือข่ายแบบมีสาย

Wireless Access Point Device



Wireless LAN Transmission

- ความถี่สื่อไร้สาย
  - Radio: 10 KHz to 1 GHz
  - Microwave: 1 GHz to 500 GHz
  - Infrared: 500 GHz to 1 THz
- เทคโนโลยีสื่อไร้สายที่สำคัญ
  - Infrared
  - Laser
  - Narrowband, single-frequency radio
  - Spread-spectrum radio

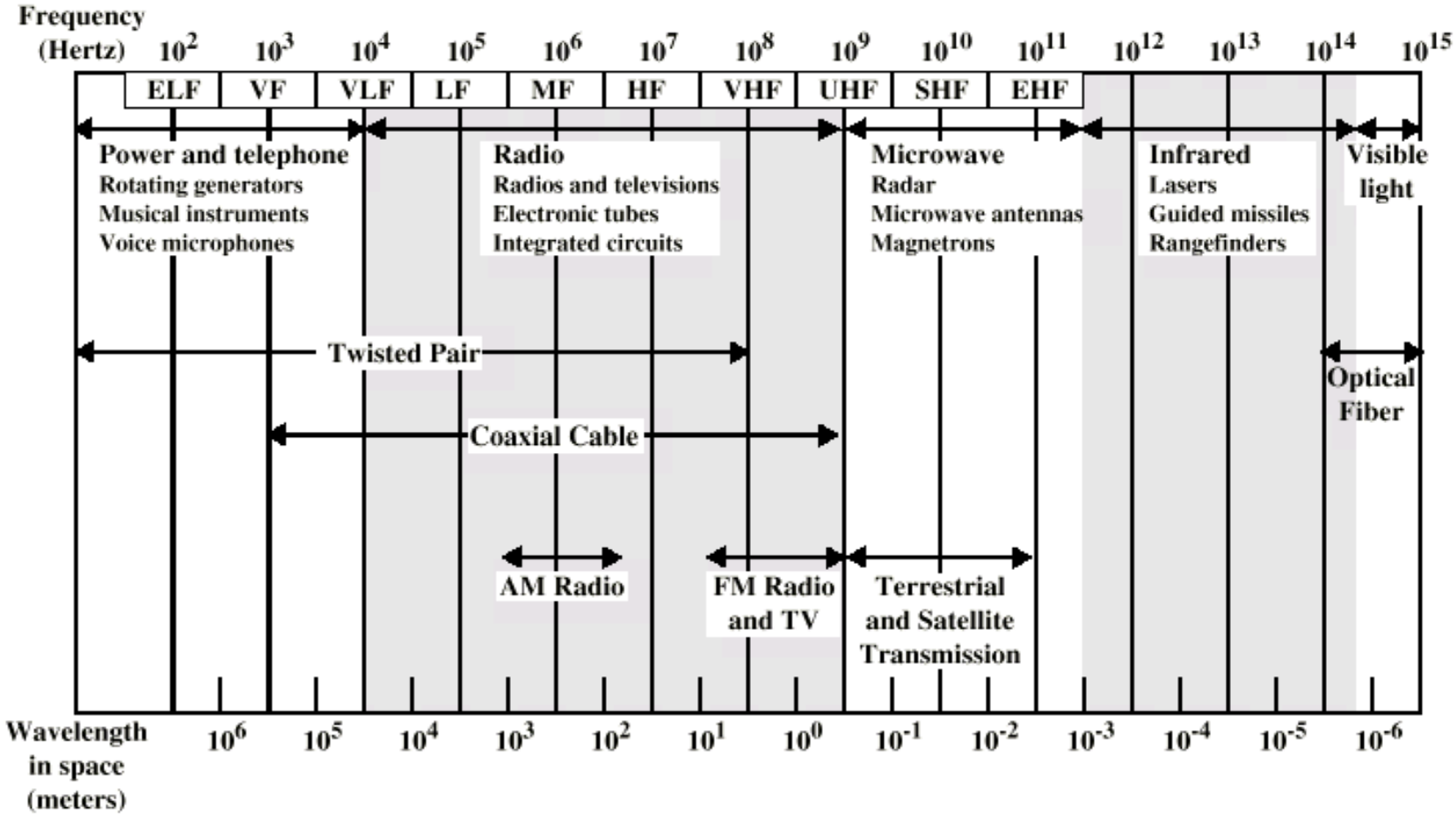
Broadcast Medium Principles

- เป็นความสัมพันธ์แบบผกผันระหว่างความถี่และระยะทาง
- เป็นความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างความถี่และอัตราการถ่ายโอนข้อมูลและแบนด์วิดธ์
- เทคโนโลยีความถี่ที่สูงขึ้นมักจะใช้การกระจายสัญญาณอย่างหนาแน่นและช่องว่างระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับต้องไม่มีสิ่งกีดขวางมาบดบังเพื่อให้การรับส่งได้ถูกต้อง

เทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย

- เทคโลยีการสื่อสารไร้สายแบ่งออกเป็น 4 ประเภท โดยแต่ละประเภทจะใช้ช่วงความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่างกัน
  - ระบบวิทยุแบบความถี่แคบ Narrow Band Technology
  - Spread Spectrum Technology
    - Frequency-Hopping
    - Direct Sequence
  - อินฟราเรด (Infrared)
  - เลเซอร์ (Laser)

Electromagnetic Spectrum



ELF = Extremely low frequency
VF = Voice frequency
VLF = Very low frequency
LF = Low frequency
MF = Medium frequency
HF = High frequency
VHF = Very high frequency
UHF = Ultrahigh frequency
SHF = Superhigh frequency
EHF = Extremely high frequency

ประเภทที่ใช้สัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ

- Narrow Band Technology เป็นระบบวิทยุแบบความถี่แคบ เป็นการรับส่งความถี่ 902 MHz ถึง 928 MHz, 2.14 MHz ถึง 2.484 และ 5.725 MHz ถึง 5.850 MHz สัญญาณจะมีกำลังต่ำ (โดยทั่วไปประมาณ 1 มิลลิวัตต์) และใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างต้นทางกับปลายทางเพียง 1 คู่เท่านั้น

Narrow-band, Single-frequency Wireless LAN Characteristics

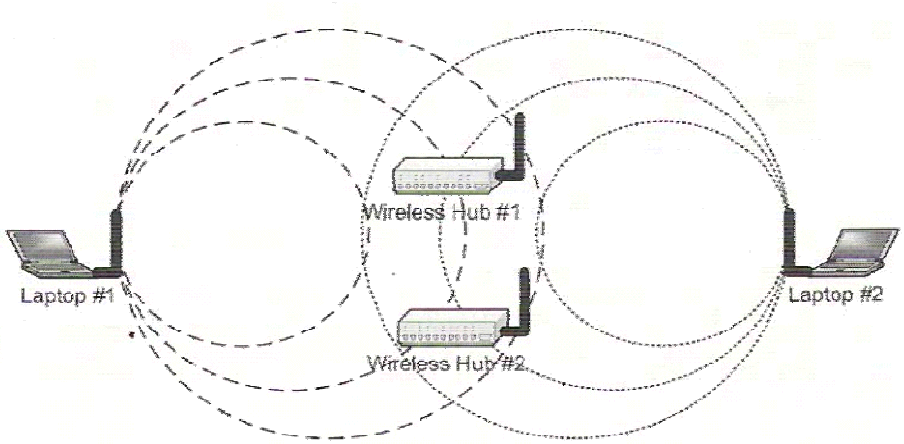
Table 3-8 Narrow-band, single-frequency wireless LAN characteristics

Characteristic	Value
Frequency ranges	Unregulated: 902–928 MHz, 2.4 GHz, 5.72–5.85 GHz
Maximum distance	50–70 meters (164–230 feet)
Bandwidth	1–10 Mbps
Installation/maintenance	Easy to install and maintain
Interference	Highly susceptible
Cost	Moderate
Security	Highly susceptible to eavesdropping within range

- Spread Spectrum Technology ระบบเครือข่ายไร้สายส่วนใหญ่นิยมใช้เทคนิค Spread Spectrum Technology ซึ่งใช้ความถี่ที่กว้างกว่า Narrow Band Technology ซึ่ง Spread Spectrum คือ ช่วงความถี่ระหว่าง 902-928 MHz และ 2.4-2.484 GHz โดยการส่งสัญญาณเทคนิค Spread Spectrum สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ
  - Frequency-Hopping
  - Direct Sequence

Frequency Hopping

- Frequency - Hopping Spread Spectrum (FHSS) การส่งสัญญาณรูปแบบนี้จะใช้ความถี่แคบพาหะเพียงความถี่เดียว (Narrow Band)
- FHSS มีการเปลี่ยนช่องสัญญาณระหว่างการส่ง
  - ช่วยลดผลกระทบจากสัญญาณรบกวน
  - อนุญาตให้มีการซ้อนกันขึ้นพื้นที่สื่อสาร



ประโยชน์ของการฮ็อปปิ้งความถี่

- ความปลอดภัย เนื่องจากใครก็ตามที่ต้องการเชื่อมต่อกับเครือข่ายได้นั้น จะต้องทำ 3 สิ่งต่อไปนี้
  - เข้าไปอยู่ในพื้นที่ที่สามารถรับส่งสัญญาณได้
  - ต้องสามารถตรวจจับสัญญาณที่รับส่งหลายช่องสัญญาณ
  - ต้องตรวจจับลำดับการเปลี่ยนสัญญาณได้ ซึ่งลำดับการเปลี่ยนช่องอาจดูเหมือนกันการสุ่ม

Direct Sequence

- Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) เป็นเทคนิคที่ยังใช้คลื่นพาหะที่ต้องระบุความถี่ที่ใช้
- สามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าแบบ Narrow Band วิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะกับสภาพแวดล้อมที่มีการแทรกสอดรบกวนจากคลื่นวิทยุอื่น ๆ อย่างรุนแรง
- การทำงานจะคล้ายๆ กับฟรีเควนซีฮ็อฟปิ้งคือ จะแบ่งแบนด์วิธออกไปเป็นช่องสัญญาณย่อย ๆ และจะเปลี่ยนช่องสัญญาณในการรับส่งไปเรื่อย ๆ
- แต่การเปลี่ยนช่องสัญญาณจะเป็นไปตามลำดับที่กำหนดไว้ ในขณะที่ฟรีเควนซ้ฮ็อปปิ้ง จะลำดับเป็นแบบสุ่ม
- ความปลอดภัยของข้อมูลก็จะลงลด เทคนิคนี้เรียกว่า “DSSS (Direct Sequence Spread Spss)”

Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM)

- เทคนิคนี้ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความเร็วในการส่งข้อมูลตามมาตรฐานใหม่ ๆ ของระบบเครือข่ายไร้สาย คือ IEEE 802.11a, 802.11g และ 802.11n
- การส่งสัญญาณคลื่นวิทยุแบบนี้เป็นการ Multiplex สัญญาณโดยช่องสัญญาณความถี่จะถูกแบ่งออกเป็นความถี่พาหะย่อย (subcarrier) หลาย ๆ ความถี่
- โดยแต่ละความถี่พาหะย่อยจะตั้งฉากซึ่งกันและกัน ทำให้มันเป็นอิสระต่อกัน
- ความถี่ที่คลื่นพาหะที่ตั้งฉากกันนั้นทำให้ไม่มีปัญหาการซ้อนทับของสัญญาณที่อยู่ติดกัน

Spread-spectrum LAN Characteristics

Table 3-10 Spread-spectrum LAN characteristics

Characteristic	Value
Frequency ranges	Unregulated: 902–928 MHz or 2.4 GHz
Maximum distance	Limited to cell boundaries, but often extends over several miles
Bandwidth	1–2 Mbps for frequency-hopping, 2–6 for direct-sequence
Installation/maintenance	Depends on equipment; ranges from easy to difficult
Interference	Moderately resistant
Cost	Inexpensive to moderate
Security	Not very susceptible to eavesdropping

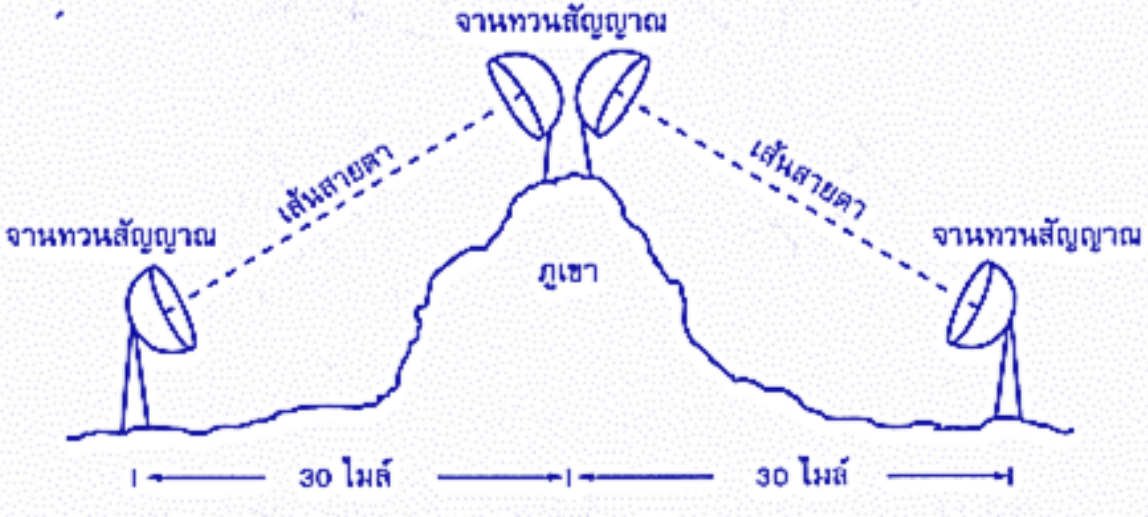
Microwave Networking Technologies

- สามารถส่งข้อมูลด้วยอัตราการส่งข้อมูลที่สูงกว่าระบบวิทยุ
- ช่องว่างระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับต้องไม่มีสิ่งกีดขวางมาบดบัง
- จะต้องได้รับอนุมัติการออกใบอนุญาต FCC
- มีราคาแพงกว่าระบบวิทยุ
- ทั้งสองประเภท
  - บนพื้นดิน (Terrestrial)
  - ดาวเทียม (Satellite)

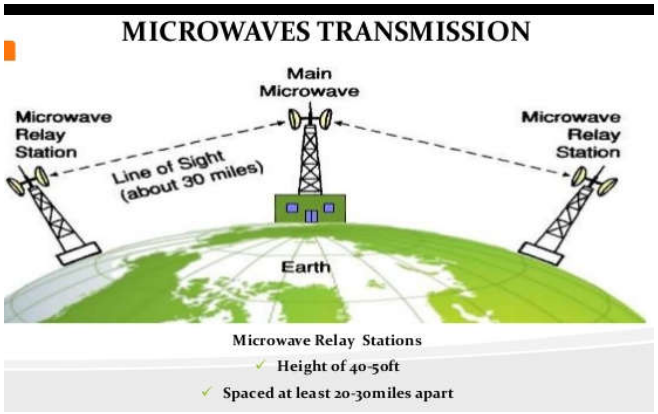
Terrestrial Microwave

- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกส่งจากจานส่งบนเสา หรือบนยอดอาคาร ที่ต้นทางพุ่งตรงไปยังจานรับปลายทางในลักษณะเส้นสายตา
- สามารถส่งข้อมูลได้ในระยะไกล
- สะดวกในการติดตั้ง เพราะไม่ต้องขุดพื้นวางสาย
- ไม่สามารถเดินทางผ่านทะลุวัตถุที่กีดขวางได้
- ถูกรบกวนได้ง่าย จากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ฟ้าผ่าหรือพายุฝน
- ค่าใช้จ่ายสูง และต้องหาตำแหน่งในการติดตั้งที่เหมาะสม

Microwave Transmission



- ข้อดี รับ-ส่งได้ไกล
- ข้อเสีย เกิดสัญญาณรบกวนได้ง่าย



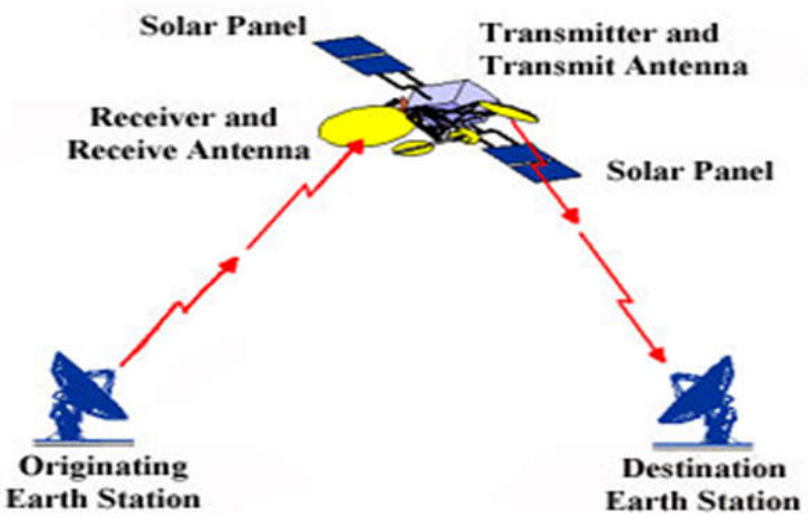
Terrestrial Microwave LAN/WAN Characteristics

Table 3-12 Terrestrial microwave LAN/WAN characteristics

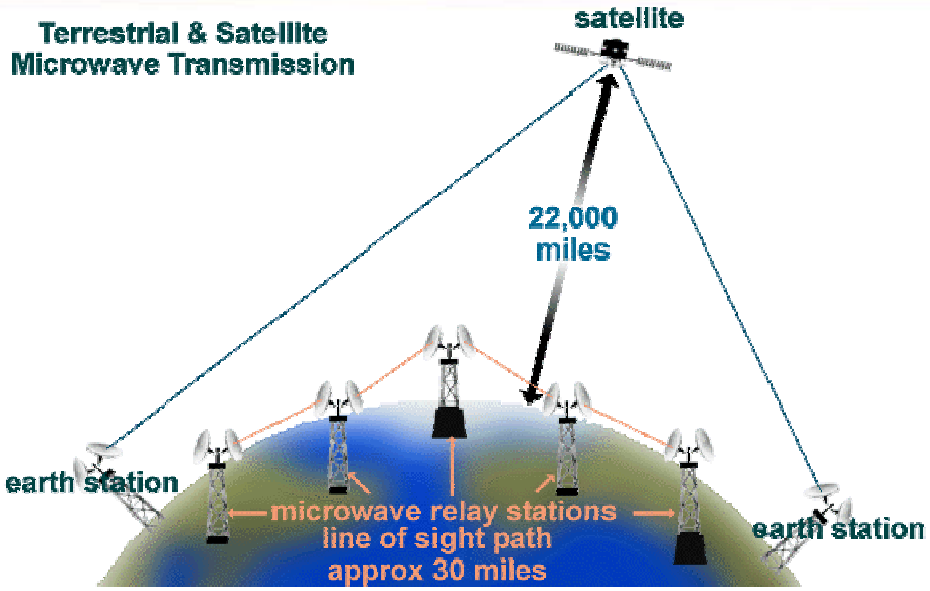
Characteristic	Value
Frequency ranges	4–6 GHz or 21–23 GHz
Maximum distance	Typically from 1 to 50 miles
Bandwidth	1–10 Mbps
Installation/maintenance	Difficult
Interference	Varies with respect to power and distance; longer distances more prone to weather disturbances
Cost	Expensive
Security	Highly susceptible, but signals usually encrypted

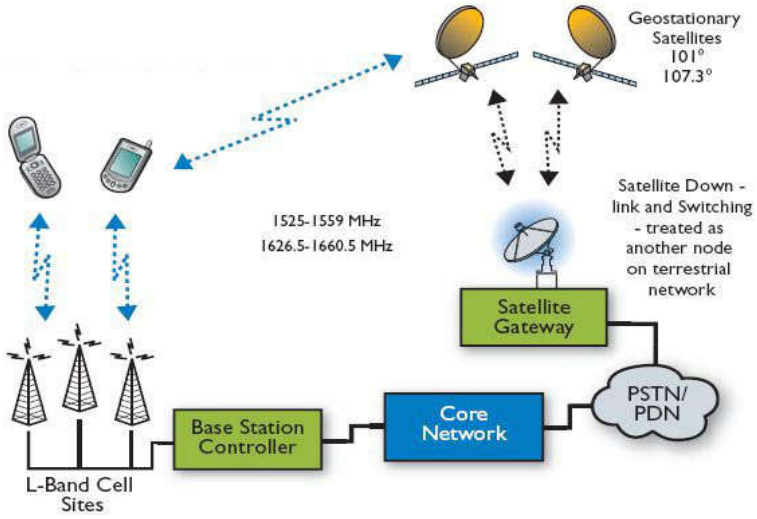
Satellite Transmission

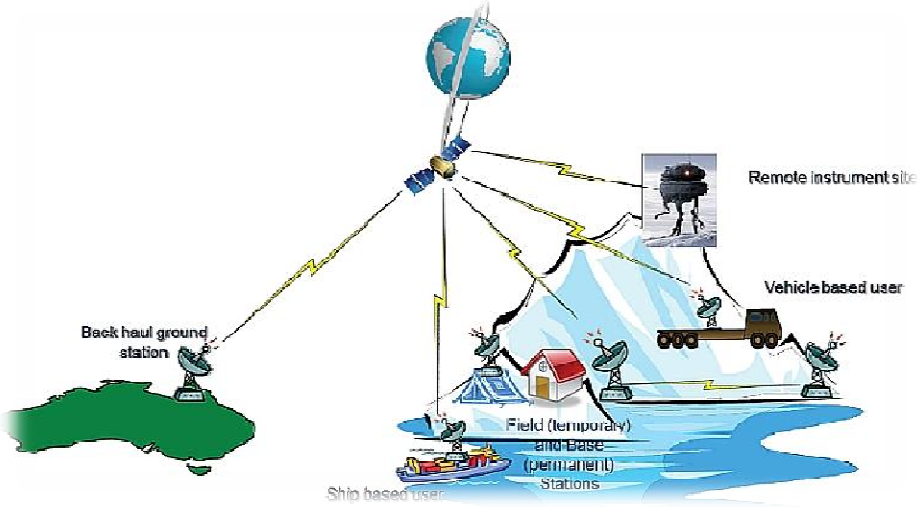
- เหมือนการส่งข้อมูลแบบ Microwave ดาวเทียมเป็นเหมือน Repeater ขนาดใหญ่ที่ลอยอยู่บนท้องฟ้า
- ลักษณะการส่งข้อมูลสำหรับดาวเทียม
  - From the earth --> satellite : Uplink
  - From satellite --> the earth : Downlink



Satellite Communication







Satellite Microwave

- ใช้ดาวเทียม ส่งและถ่ายทอดสัญญาณระหว่างผู้ส่งและผู้รับ
- ต้องมีการเช่า ทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูง

Satellite Microwave WAN Characteristics

Table 3-13 Satellite microwave WAN characteristics

Characteristic	Value
Frequency ranges	11–14 GHz
Maximum distance	Global reach
Bandwidth	1–10 Mbps
Installation/maintenance	Prohibitively difficult
Interference	Prone to EM interference, jamming, atmospheric disturbances
Cost	Prohibitive
Security	Not very susceptible to eavesdropping

Infrared LAN Technologies

- ใช้ลำแสงแสงอินฟราเรดส่งสัญญาณระหว่างคู่ของอุปกรณ์
- มีแบนด์วิดธ์สูง ทำงานได้ดีสำหรับการใช้งานระบบ LAN
- ช่องว่างระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับต้องไม่มีสิ่งกีดขวางมาบดบัง

Infrared

- **Infrared Technology** ลำแสงอินฟราเรด (Infrared : IR) เป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในย่านความถี่ของแสงที่อยู่ต่ำกว่าแสงสีแดงที่ตาของคนเราจะไม่สามารถมองเห็น
- ถูกนำมาใช้เพื่อการสื่อสารที่ใช้ในระยะใกล้ ได้แก่ อุปกรณ์ควบคุมแบบไร้สาย (Wireless Remote Control) ที่ควบคุมเครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องเล่นวีดีโอ เครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook
- คุณสมบัติเด่นของคลื่นอินฟราเรดและคลื่นสั้น คือ เดินทางเป็นแนวตรง ราคาถูก และง่ายต่อการผลิตใช้งาน แต่คลื่นประเภทนี้ไม่สามารถเดินทางผ่านวัตถุหรือสิ่งกีดขวางได้ และถูกรบกวนจากแสงอาทิตย์ได้

Cellular System

- ใช้สื่อประเภทคลื่นวิทยุในการรับส่งสัญญาณ และสัญญาณจะต้องอยู่ในพื้นที่หนึ่งที่เรียกว่า “เซลล์ (Cell)” มีลักษณะเป็นรูปรังผึ้ง
- โดยการรับส่งสัญญาณในแต่ละเซลล์จะมีเสาอากาศเป็นของตัวเอง และใช้คลื่นสัญญาณที่ต่างกันเพื่อป้องกันการรบกวนระหว่างกัน
- การรับส่งสัญญาณใช้วิธีการมอดูเลตสัญญาณ Analog เข้าช่องสื่อสาร โดยแบ่งความถี่ออกเป็นช่องเล็กๆ ทำให้มีข้อจำกัดเรื่องจำนวนช่องสัญญาณและ การใช้งานไม่เต็มประสิทธิภาพ ตัวเครื่องโทรศัพท์ก็มีขนาดใหญ่และใช้กำลังไฟฟ้ามาก

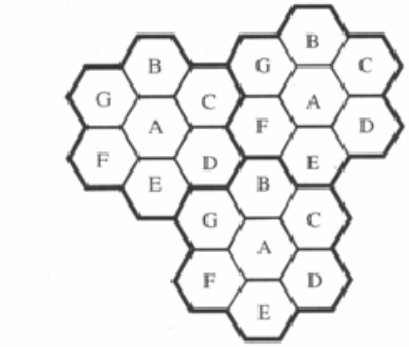
Cellular System

- โครงสร้างของเครือข่ายระบบโทรศัพท์เซลลูลาร์แต่ละเซลล์จะเชื่อมต่อถึงกัน ซึ่งแต่ละเซลล์มีรัศมีทำการกว้างหรือแคบขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของการใช้โทรศัพท์เซลลูลาร์
- ถ้าการใช้โทรศัพท์เซลลูลาร์มีความหนาแน่นมากจำนวนเซลล์จะเพิ่มขึ้นรัศมีของแต่ละเซลล์จะใหญ่ขึ้น
- มาตรฐานทั่วไปที่นิยมใช้ขนาดของเซลล์มีรัศมีตั้งแต่ 250 เมตร ถึง 30 กิโลเมตร
- แต่ละเซลล์ที่ถูกแบ่งออกจะต้องเพิ่มสถานีฐานเข้าไปทุกเซลล์ เครื่องรับเครื่องส่งแต่ละเซลล์สามารถทำงานได้ที่กำลังส่งซึ่งครอบคลุมอยู่เฉพาะพื้นที่เล็กๆ ของเซลล์ตัวเองเท่านั้น ทำให้เครื่องรับส่งที่ใช้งานมีขนาดเล็กลง

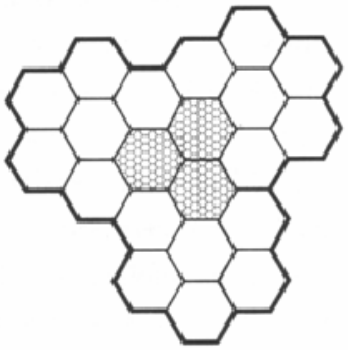
Cellular System

Advanced Mobile Phone System (AMPS)

- แบ่งพื้นที่ให้บริการออกเป็น เซล
- ในแต่ละเซลมีขนาด 10-20 กิโลเมตร และแต่ละเซลที่อยู่กลุ่มเดียวกันจะไม่ใช้ชุดความถี่เดียวกัน
- แนวคิดหลักคือการแบ่งเซลให้มีขนาดเล็ก และนำความถี่กลับมาใช้ใหม่
- ในแต่ละเซลประกอบด้วย base station, transmitter-receiver และ MTIO(Mobile telephone switching center).



(ค) เซลล์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน จะไม่ใช้ชุดของความถี่เดียวกัน


(ง) การแบ่งเซลล์ให้เล็กลงเพื่อเพิ่มผู้ใช้บริการ

Digital Cellular Telephone

- GSM : Global Systems for Mobile communication.
- แต่ละเซลประกอบด้วย base station และ MTSO
- ใช้สัญญาณแบบดิจิตอลและมีการเข้ารหัส

ยุคของการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ไร้สาย (Mobile Wireless Communication)

- ยุค 1G (First Generation) ปี 2526 ระบบเซลลูลาร์เริ่มพัฒนาขึ้นใช้งานโดยระบบแรกที่พัฒนามาใช้งานเรียกว่า ระบบ AMPS (Advance Mobile Phone Service)
  - ส่งสัญญาณไร้สายโดยใช้วิธีการ มอดูเลตแบบอนาล็อก โดยใช้คลื่นความถี่ 824-894 MHz โดยใช้หลักการแบ่งช่องทาง ความถี่หรือที่เรียกว่า FDMA (Frequency Division Multiple Access)
  - ต่อมาประมาณ ปี 2533 ได้พัฒนามาตรฐานใหม่โดยใช้ชื่อว่า ระบบ GSM (Global System for Mobile Communication) โดยเน้นระบบเชื่อมโยงติดต่อกันได้ ทั่วโลก ใช้วิธีการเข้าถึงช่องสัญญาณด้วยระบบ TDMA (Time Division Multiple Access) โดยใช้ความถี่ 890-960 MHz ในการติดต่อกับสถานีฐาน

ยุคของการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ไร้สาย (Mobile Wireless Communication)

- มีข้อจำกัดในเรื่องจำนวนช่องสัญญาณ และการใช้ไม่เต็มประสิทธิภาพ จึงติดขัดเรื่อง การขยายจำนวนเลขหมาย และการขยายแถบความถี่
- ประจวบกับระบบเครื่องรับส่ง สัญญาณวิทยุกำหนดขนาดของเซลล์ และความแรงของสัญญาณเพื่อให้เข้าถึงสถานีฐานได้ ตัวเครื่องโทรศัพท์เซลลูลาร์ยังมีขนาดใหญ่ ใช้กำลังงานไฟฟ้ามาก
- ระบบโทรศัพท์แบบอนาล็อกนั้นจะไม่รองรับการส่งผ่านข้อมูลใดๆ นอกจากเสียง หรือแค่โทรออกและรับสายเท่านั้น
- ไม่มีการรองรับการใช้งานข้อมูลอื่นๆ โดยปริมาณผู้ โทรศัพท์มือถือยังอยู่ในขอบเขตที่จำกัดมาก และจะพบว่าผู้ใช้มักจะเป็นนักธุรกิจที่มีรายได้สูง

ยุคของการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ไร้สาย (Mobile Wireless Communication) (ต่อ)

- ยุค 2G (Second Generation) ใช้วิธีการมอดูเลตระบบดิจิตอล
  - มีการกำหนดเส้นทางและการค้นหาเส้นทางเพื่อเชื่อมกับสถานีฐานได้ดี ทำให้เกิดระบบโรมมิ่ง (Roaming) คือ การนำโทรศัพท์มือถือไปใช้ในเครือข่ายของผู้ให้บริการรายอื่นในต่างประเทศ และเกิดระบบโทรศัพท์มือถือแบบ GSM
  - เชื่อมโยงกันแบบรวงผึ้ง (Cellular) ทุกครั้งที่เปิดโทรศัพท์มือถือ เครื่องโทรศัพท์จะติดต่อกับสถานีฐานเพื่อลงทะเบียนตำแหน่ง จากนั้นก็สามารถติดต่อกับระบบได้
  - มีการเข้ารหัสสัญญาณเสียง โดยบีบอัดสัญญาณเสียงในรูปแบบดิจิตอลให้มีขนาดเล็กลง เหลือประมาณ 9 กิโลบิตต่อวินาที ต่อช่องสัญญาณ
  - การติดต่อจาก โทรศัพท์มือถือกับสถานีฐาน ใช้วิธีการ 2 แบบ คือ
    - TDMA คือ การแบ่งช่องเวลาออกเป็น ช่องเล็กๆ และแบ่งกันใช้ ทำให้ใช้ช่องสัญญาณความถี่วิทยุได้เพิ่มขึ้นจากเดิมอย่างมากของเครือข่าย GSM
    - การแบ่งการเข้าถึงตามการเข้ารหัส และการถอดรหัสโดยใส่แอดเดรส เหมือน IP Address เรียกวิธีการนี้ว่า CDMA - Code Division Multiple Access

ยุคของการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ไร้สาย (Mobile Wireless Communication) (ต่อ)

- ยุค 2.5G เนื่องจากการลงทุนในช่วงยุค 2G ในปริมาณที่มาก ผู้ประกอบการในธุรกิจโทรศัพท์มือถือ จึงพัฒนาเครือข่าย 2G ที่ใช้งานอยู่ให้มีศักยภาพเพิ่มเติม
  - เกิดบริการรูปแบบ ใหม่ๆ เช่น EMS (Enhanced Messaging Service) หรือ MMS (Multimedia Messaging Service) รวมถึงบริการอินเทอร์เน็ตไร้สายผ่านอุปกรณ์สื่อสาร เช่น PDA (Personal Digital Assistant), Smart Phone
  - มาตรฐานเทคโนโลยี การสื่อสารข้อมูลในรูปแบบใหม่จึงถูกกำหนดขึ้นภายใต้แนวคิดในการพัฒนาเครือข่ายเดิม คือ
    - เทคโนโลยี HSCSD (High Speed Circuit Switching Data),
    - GPRS (General Packet Radio Service) หรือ EDGE (Enhanced Data Rate for GPRS Evolution) ของค่าย GSM
    - เทคโลยี CDMA2000 1xEV-DV หรือ CDMA2000 1xEV-DO ของค่าย CDMA เรียกมาตรฐานโดยรวมว่า เทคโนโลยียุค 2.5G/2.75G

ยุคของการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ไร้สาย (Mobile Wireless Communication) (ต่อ)

- ยุค 3G (Third Generation) UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) เปิดตัวครั้งแรกในปีพ.ศ. 2544 กำหนดเป็นมาตรฐานโดย 3GPP (Third Generation Program Partnership)
- ใช้งานในแถบยุโรป ญี่ปุ่น และจีน โดยใช้โครงสร้างร่วมกับระบบ GSM เวอร์ชัน (Version) แรกของ UMTS ที่นิยมมากที่สุด คือ W-CDMA
- W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาโดยบริษัทโดโคโม ของญี่ปุ่น เป็นเทคโนโลยี CDMA ที่มีมาตรฐานตามข้อกำหนดของ ITU และเป็นที่รู้จักกันอย่างเป็นทางการในชื่อว่า IMT-2000
- โดย W-CDMA เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลแบบไร้สายทั้งเสียง ภาพ ข้อมูล และภาพวิดีโอด้วย
- ความเร็วถึง 2 Mbps ผ่านโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ไร้สายความเร็วสูง

ยุคของการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ไร้สาย (Mobile Wireless Communication) (ต่อ)

- โดยสัญญาณขาเข้าจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลและส่งเป็นรหัส ผ่านแถบความถี่สัญญาณกระจายไปสู่คลื่นความถี่ต่างๆ
- เทคโนโลยีนี้ใช้ความถี่ 5 MHz และพัฒนาการก้าวต่อไปของเทคโนโลยีนี้จะนำไปสู่ความสามารถในการส่งข้อมูลที่ความเร็วสูงขึ้น เรียกว่า HSPA (High Speed Packet Access) ซึ่งสามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงถึง 14 Mbps
- CDMA2000 เป็นมาตรฐานที่กำหนดโดย 3GPP2 ใช้ในแถบอเมริกาเหนือและเกาหลีใต้ เป็นระบบที่ใช้โครงสร้างพื้นฐานร่วมกับระบบ IS-95 (cdmaOne)
- โดยเวอร์ชันล่าสุดของ CDMA2000 คือ EVDO Rev ซึ่งสามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงถึง 14.7 Mbps

ยุคของการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ไร้สาย (Mobile Wireless Communication) (ต่อ)

- ยุค 4G (Fourth Generation) ซึ่งเป็นระบบเครือข่ายไร้สายความเร็วสูงชนิดพิเศษ
  - โดย ITU ได้กำหนดความต้องการสำหรับมาตรฐาน IMT-Advance ซึ่งเป็นมาตรฐานที่พัฒนา ต่อจาก IMT-2000 ของ 3G
  - ข้อกำหนดคือ ระบบต้องรองรับแบนด์วิธได้ถึง 100 Mbps สำหรับการสื่อสารที่มีการเคลื่อนที่เร็ว เช่น ในรถหรือรถไฟ และรองรับแบนธ์วิธที่ 1 Gbps สำหรับการสื่อสารที่เคลื่อนที่ช้า เช่น เดินหรือยืนอยู่กับที่
  - 4G จะเป็นระบบที่ให้บริการได้ทั้ง Smart Phone, Tablet หรือ Notebook ซึ่งจะรองรับ การสื่อสารแบบ IP เหมือนกับระบบอินเทอร์เน็ต
  - ระบบที่กำลังพัฒนาให้ก้าวไปสู่ยุค 4G เช่น LTE (Long Term Evolution) และ WiMAX ซึ่งจัดว่าเป็นเทคโนโลยีในยุค pre-4G เนื่องจากทั้ง 2 เทคโนโลยียังรองรับแบนธ์วิธแบบดาวลิงค์อยู่เพียง 144 Mbps สำหรับ LTE และ 100 Mbps สำหรับ WiMAX ซึ่งยังไม่เพียงพอตามข้อกำหนด 4G

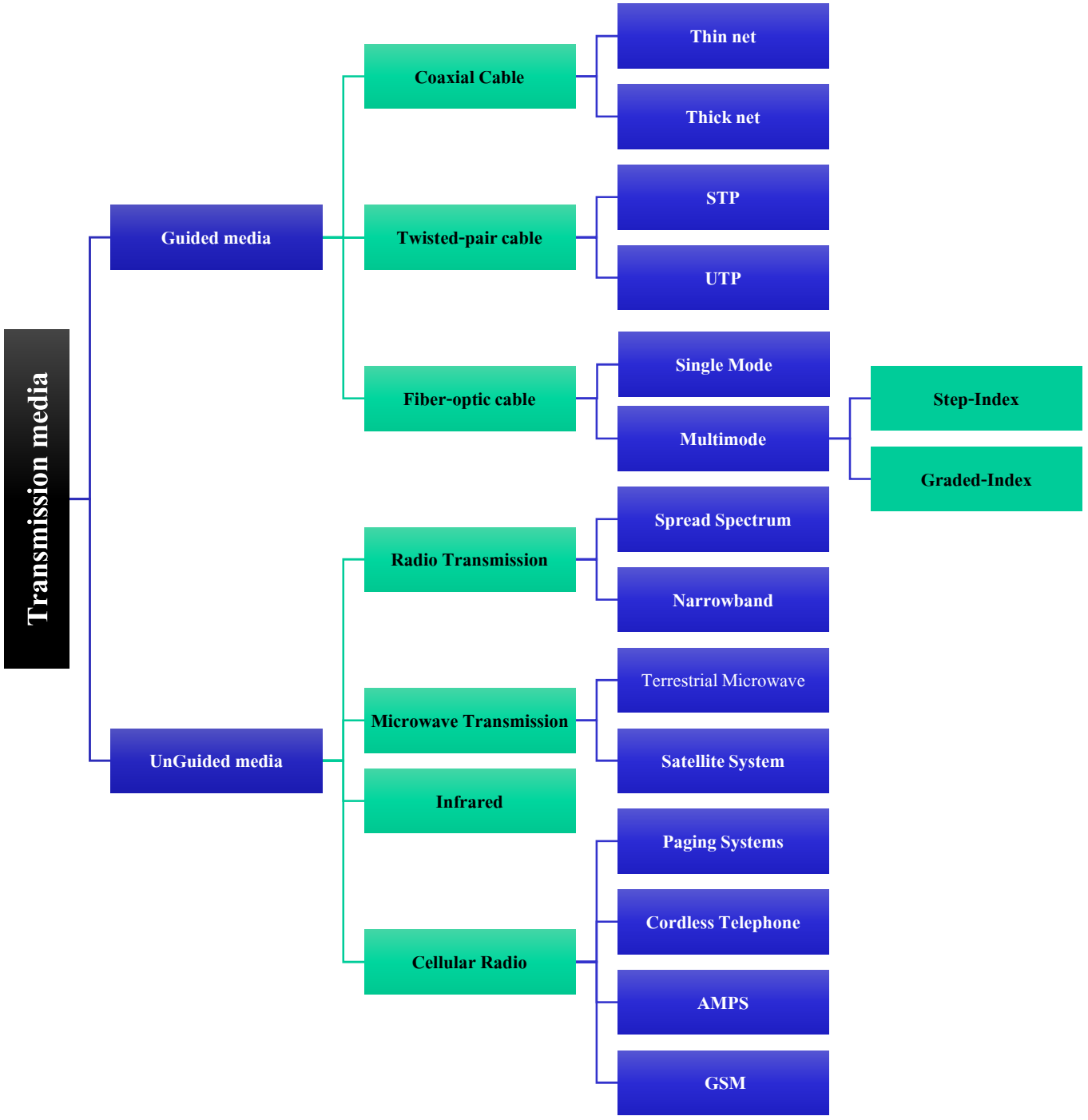
Chapter Summary

- Network cabling
- Primary cable types
  - Twisted-pair (unshielded and shielded) and coaxial conductive cables
  - Fiber-optic cables
- Cabled network transmission schemes
  - Broadband
  - Baseband

continue

Chapter Summary

- Wireless networking
  - Provides cable-free LAN access
  - Extends span of LANs
  - Provides WAN links
  - Supports mobile computing needs
  - Uses a variety of electromagnetic frequency ranges
    - Narrow-band and spread-spectrum radio
    - Microwave
    - Infrared
    - Laser transmission


Transmission media
Guided media
UnGuided media
Coaxial Cable
Twisted-pair cable
Fiber-optic cable
Radio Transmission
Microwave Transmission
Infrared
Cellular Radio
Thin net
Thick net
STP
UTP
Single Mode
Multimode
Step-Index
Graded-Index
Spread Spectrum
Narrowband
Terrestrial Microwave
Satellite System
Paging Systems
Cordless Telephone
AMPS
GSM

END