บทที่ 3
ตัวกลางในการสื่อสารข้อมูล

แผนการสอนประจำบท

รายวิชา การสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย

บทที่ 3 ตัวกลางในการสื่อสารข้อมูล

หัวข้อเนื้อหาหลัก

3.1 ตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลแบบใช้สาย

3.2 ตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย

แนวคิด

1. ตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลเป็นองค์กระกอบพื้นฐานที่สำคัญของการสื่อสารข้อมูล ประกอบด้วย 2 แบบ ได้แก่ ตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลแบบใช้สาย และตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย โดยแบบแรกเป็นการใช้สายนำสัญญาณสำหรับการสื่อสารข้อมูล มีสายนำสัญญาณที่นิยมใช้งานในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ได้แก่ สายคู่ตีเกลียว สายโคแอกเซียล และสายใยแก้วนำแสง สายคู่ตีเกลียวและสายโคแอกเซียล เป็นสายที่มีลวดตัวนำผลิตจากทองแดง ที่จะมีผลกระทบจากคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นจึงทำให้มีการป้องกันคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยการตีเกลียว หรือการห่อหุ้มด้วยใยตาข่ายโลหะ และสำหรับสายใยแก้วนำแสงแกนตัวนำเป็นแกนที่ผลิตจากสารอโลหะ คือ ซิลิก้า ซึ่งเป็นวัสดุคล้ายแก้ว วัสดุดังกล่าวทำให้สายใยแก้วนำแสงไม่มีผลกระทบจากคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแต่อย่างใด

2. ตัวกลางแบบไม่ใช้สายนำสัญญาณ เนื่องจากการสื่อสารต้องการให้สามารถรับส่งสัญญาณให้ได้ในระยะทางที่ไกลๆ ซึ่งตัวกลางแบบใช้สายไม่สามารถทำได้ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาการสื่อสารแบบไร้สายขึ้นด้วยการใช้คลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงในการนำพาข้อมูลส่งถึงปลายทาง คลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีช่วงความถี่ในการใช้งานมากมาย เช่น คลื่นวิทยุ คลื่นย่านไมโครเวฟ คลื่นอินฟราเรด เป็นต้น

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาบทที่ 3 จบแล้ว ผู้เรียนสามารถอธิบายหัวข้อต่อไปนี้ได้

1. ลักษณะของตัวกลางแบบใช้สายในการสื่อสารข้อมูลได้
2. คุณสมบัติของตัวกลางแบบใช้สายในการสื่อสารข้อมูลได้
3. ข้อดีและข้อเสียของตัวกลางแบบใช้สายในการสื่อสารข้อมูลได้
4. ลักษณะของตัวกลางแบบไร้สายในการสื่อสารข้อมูลได้
5. คุณสมบัติของตัวกลางแบบไร้สายในการสื่อสารข้อมูลได้
6. ข้อดีและข้อเสียของตัวกลางแบบไร้สายในการสื่อสารข้อมูลได้

กิจกรรมระหว่างเรียน

1. ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนบทที่ 3
2. ศึกษาเอกสารประกอบการสอนหัวข้อเนื้อหาหลักที่ 3.1 - 3.2
3. ปฏิบัติกิจกรรมตามที่ได้รับมอบหมายในเอกสารประกอบการสอน

4. ทำแบบประเมินผลตนเองหลังเรียนบทที่ 3
5. ทำกิจกรรมประจำรายวิชา

สื่อการสอน

1. เอกสารประกอบการสอน
2. แบบฝึกปฏิบัติ

การประเมินผล

1. ประเมินผลจากแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน
2. ประเมินผลจากการทำกิจกรรมและแนวตอบท้ายเรื่อง
3. ประเมินผลจากกิจกรรมประจำรายวิชา
4. ประเมินผลจากการสอบไล่ประจำภาคการศึกษา

ข้อกำหนด

เมื่ออ่านแผนการสอนประจำบทที่ 3 แล้ว กำหนดให้ผู้เรียนทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนบทที่ 3 ในแบบฝึกปฏิบัติ แล้วจึงศึกษาเอกสารการสอนต่อไป

3.1 ตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลแบบใช้สาย

หัวข้อเนื้อหาย่อย

3.1.1 สายคู่ตีเกลียว

3.1.2 สายโคแอกเซียล

3.1.3 สายใยแก้วนำแสง

แนวคิด

1. ตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลแบบใช้สายมี 3 ประเภทได้แก่ สายคู่ตีเกลียว สายโคแอกเซียล และสายใยแก้วนำแสง สายคู่ตีเกลียวเป็นสายลวดทองแดง 2 เส้นที่หุ้มด้วยฉนวนพลาสติกและนำมาพันเกลียวเป็นคู่ ๆ เพื่อกำจัดการรบกวนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สายคู่ตีเกลียวแบ่งออกเป็น 2 ชนิดได้แก่ สายคู่ตีเกลียวแบบไม่หุ้มฉนวน และสายคู่ตีเกลียวแบบหุ้มฉนวน

2. สายโคแอกเซียลเป็นสายที่มีลวดทองแดงเป็นตัวนำเพียงเส้นเดียว และถูกหุ้มด้วยฉนวนไดอิเล็กทริก โดยมีตาข่ายโลหะและฉนวนพลาสติกหุ้มสายอีกชั้นหนึ่ง สายโคแอกเซียลมีการป้องกันการรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยตาข่ายโลหะ ชนิดของสายแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ สายโคแอกเซียลแบบหนา และสายโคแอกเซียลแบบบาง

3. สายใยแก้วนำแสงเป็นสายที่มีแกนตัวนำ เป็นแท่งแก้วที่ผลิตจากซิลิก้า หรือพลาสติกและหุ้มด้วยส่วนห่อหุ้ม ที่เป็นแก้วหรือพลาสติกที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าแกนตัวนำ เพื่อทำให้คลื่นแสงเดินทางสะท้อนภายในแท่งแก้วไปยังปลายทางได้ สายใยแก้วนำแสงเป็นสายที่ไม่มีผลกระทบจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ชนิดของสายแบ่งตามรูปแบบการเดินทางของแสง ได้แก่ สายใยแก้วนำแสงแบบซิงเกิลโหมดและสายใยแก้วนำแสงแบบมัลติโหมด

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาหัวข้อเนื้อหาหลักที่ 3.1 จบแล้ว ผู้เรียนสามารถอธิบายหัวข้อต่อไปนี้ได้

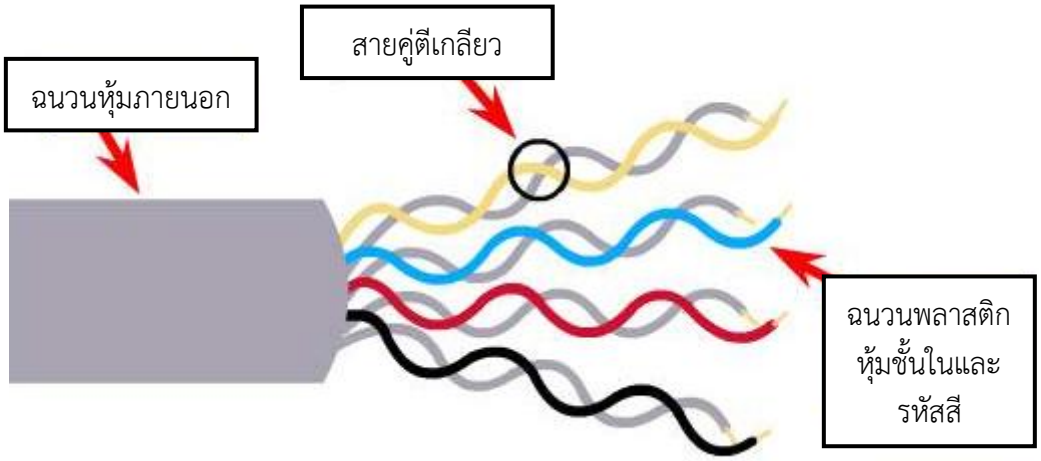
1. โครงสร้างของสายนำสัญญาณแต่ละประเภทได้
2. คุณสมบัติของสายนำสัญญาณแต่ละประเภทได้
3. ระบุชนิดของสายนำสัญญาณแต่ละประเภทได้
4. ข้อดีข้อเสียของสายนำสัญญาณแต่ละประเภทได้
5. การใช้สายนำสัญญาณแต่ละประเภทได้

3.1.1 สายคู่ตีเกลียว

สายคู่ตีเกลียว (twisted pair cable) เป็นสายนำสัญญาณที่ได้รับความนิยมในการใช้งานในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากการติดตั้งง่ายและมีราคาไม่แพง รวมถึงมีการวิจัยและพัฒนาให้สายคู่ตีเกลียวสามารถรองรับการรับส่งสัญญาณข้อมูลในอัตราที่ค่อนข้างสูงได้

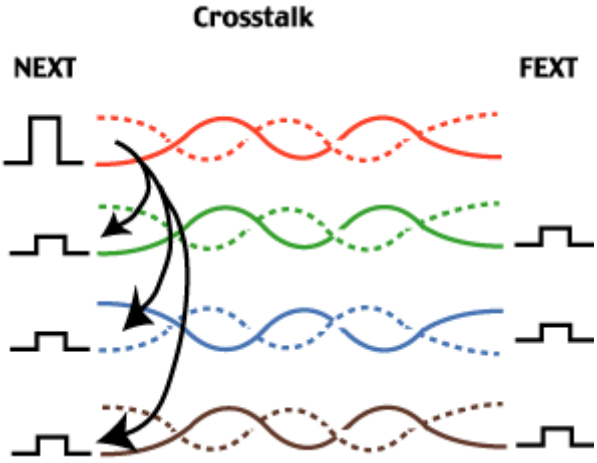
1) ลักษณะสายคู่ตีเกลียว

สายคู่ตีเกลียวมีลักษณะเป็นเส้นลวดทองแดง 2 เส้นแต่ละเส้นมีฉนวนหุ้มและพันเข้าด้วยกันเป็นเกลียวหนึ่งคู่ สามารถลดการรบกวนจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้ แต่ไม่สามารถป้องกันการสูญเสียพลังงานจากการแผ่รังสีความร้อนในขณะที่มีสัญญาณส่งผ่านสายได้ สายคู่ตีเกลียว 1 คู่ จะแทนการสื่อสารได้ 1 ช่องทางสื่อสาร (Channel) ดังแสดงในภาพที่ 3.1 (ฉัตรชัย สุมามาลย์, 2549 : 63)



ภาพที่ 3.1 ลักษณะสายคู่ตีเกลียว

การตีเกลียวคู่กันของลวดทองแดงทำเพื่อลดสัญญาณรบกวนจากคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและสัญญาณรบกวนแบบครอสทอล์ก (crosstalk) ระหว่างลวดตัวนำ แต่อย่างไรก็ตามถ้าระดับการส่งสัญญาณมีความแรงมาก ผลการเกิดสัญญาณรบกวนแบบครอสทอล์กก็จะรุนแรงตามไปด้วย ดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ลักษณะการเกิดสัญญาณรบกวนแบบครอสทอล์ก
ที่มา: VDV Works LLC. (2002).

โดยปกติแล้วเมื่อมีกระแสไฟฟ้าวิ่งผ่านลวดตัวนำจะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนั้น ด้วยเหตุดังกล่าวเมื่อลวดตัวนำ 2 เส้น ที่มีกระแสไฟฟ้าวิ่งผ่านวางอยู่ใกล้กันจึงเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเกิดการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ทำให้เกิดข้อผิดพลาดเมื่อมีการรับส่งข้อมูล ดังนั้นเพื่อลดผลกระทบจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จึงนำลวดตัวนำที่วางใกล้กันมาพันเป็นเกลียวเพื่อให้อำนาจสนามแม่เหล็กของแต่ละลวดตัวนำหักล้างกันไปหมด

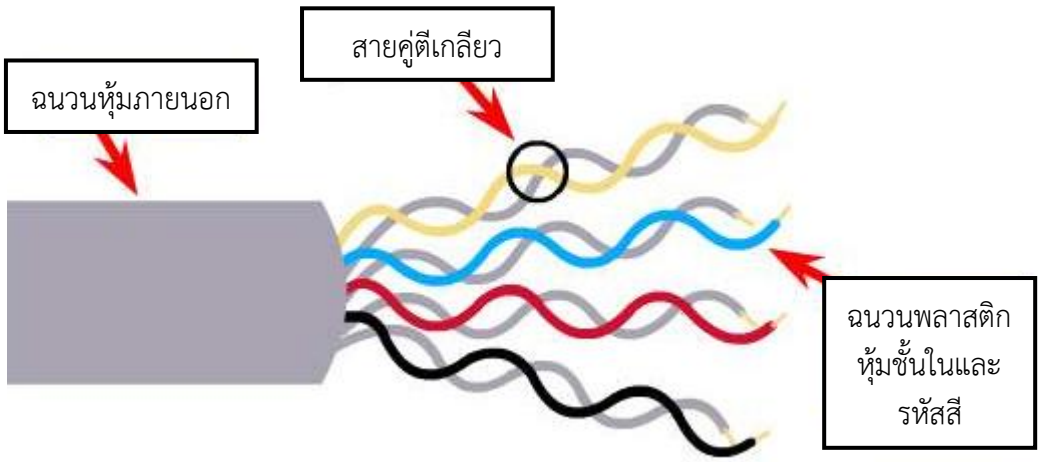
สำหรับวิธีการป้องกันการลดทอนสัญญาณเมื่อมีการรับส่งสัญญาณด้วยระยะทางที่ไกลขึ้น จะใช้อุปกรณ์เครื่องขยายสัญญาณ (amplifier) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณให้มีสัญญาณเหมือนต้นทาง สำหรับสัญญาณแบบแอนะล็อกหรือใช้อุปกรณ์เครื่องทวนสัญญาณ (repeater) เพื่อทำหน้าที่ทวนสัญญาณแบบดิจิตอล

2) ชนิดของสายคู่ตีเกลียว

ชนิดของสายคู่ตีเกลียวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดได้แก่ สายคู่ตีเกลียวแบบไม่หุ้มฉนวน (Unshielded Twisted Pair: UTP) และสายคู่ตีเกลียวแบบหุ้มฉนวน (Shielded Twisted Pair: STP)

2.1) สายคู่ตีเกลียวแบบไม่หุ้มฉนวน

สายคู่ตีเกลียวแบบไม่หุ้มฉนวน นิยมเรียกสั้น ๆ ว่า สาย UTP สายชนิดนี้เป็นสายที่ประกอบด้วยลวดทองแดงหุ้มฉนวนพันเป็นคู่ ๆ จำนวน 4 คู่ และหุ้มด้วยฉนวนพลาสติกแบบบางอีกชั้นหนึ่งเพื่อความสะดวกในการตัดโค้งงอเวลาเดินสาย ดังแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ลักษณะสายคู่ตีเกลียวแบบไม่หุ้มฉนวน

โครงสร้างของสายคู่ตีเกลียวแบบ UTP ถูกควบคุมและพัฒนาขึ้นตามมาตรฐานสายสัญญาณของสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หรือ EIA(Electronic Industries Association) และสมาคมอุตสาหกรรมโทรคมนาคม หรือ TIA (Telecommunication Industries Association) โดยทั้งสองสมาคมได้ร่วมมือกันกำหนดมาตรฐานของสายนำสัญญาณสำหรับสายคู่ตีเกลียวขึ้นและใช้ชื่อมาตรฐานว่า EIA/TIA 568 สำหรับใช้เป็นมาตรฐานในการผลิตสายคู่ตีเกลียว โดยมาตรฐานนี้ได้แบ่งประเภทของสายคู่ตีเกลียวออกเป็นหลายประเภท และเรียกแต่ละประเภทว่า Category N โดยค่าของ N หมายถึง หมายเลขที่บอกประเภทหน้าที่การใช้งานของสายนำสัญญาณ และในทำนองเดียวกันสถาบันมาตรฐานนานาชาติ (International Organization for Standardization: ISO) ได้มีการกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับเรื่องสายนำสัญญาณนี้เช่นกัน โดยเรียกสายนำสัญญาณของแต่ละประเภทเป็น Class A ถึง F สำหรับคุณสมบัติทั่วไปของสายนำสัญญาณของแต่ละประเภทแสดงได้ (ก่อกิจ วีระอาชากุล. 2553, 37) ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของมาตรฐานสายสัญญาณแบบคู่ตีเกลียว

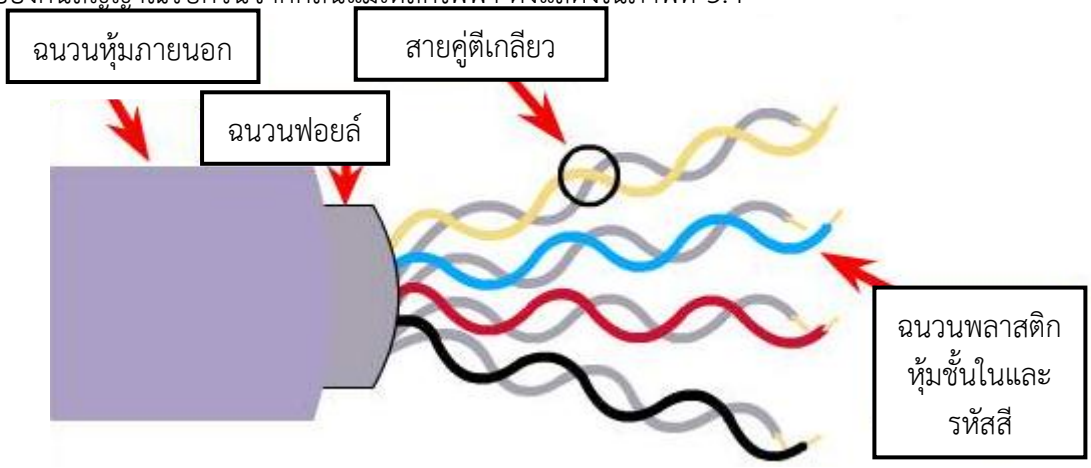
มาตรฐานสาย	อัตราบิต (Mbps)	คุณสมบัติ
Category 1/ Class A	1	ใช้ในระบบโทรศัพท์อย่างเดียว มีความสามารถในการส่งผ่านข้อมูล 1 เมกกะบิต (mega-bit per second: Mbps) สายชนิดนี้ไม่สามารถใช้ในการส่งข้อมูลแบบดิจิตอลได้
Category 2/ Class B	4	เป็นสายแบบ UTP มีความสามารถในการส่งผ่านข้อมูล 4 Mbps สามารถสื่อสารข้อมูลทั้งแบบแอนะล็อกและดิจิตอลสำหรับเครือข่ายความเร็วต่ำ เช่น ระบบโทรศัพท์แบบ ISDN2 และเครือข่ายโทเค็นริง (Token ring)
Category 3/ Class C	10	เป็นสายแบบ UTP ภายในมีสายสัญญาณจำนวน 4 คู่ โดยมีข้อกำหนดระบุไว้ว่า สายแต่ละคู่จะต้องนำมาบิดเกลียวอย่างน้อย 3 รอบต่อ 1 ฟุต รองรับความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลที่ 10 Mbps สายชนิดนี้นิยมใช้กับเครือข่ายอีเทอร์เน็ต (10 Mbps) และเครือข่ายโทเคนริง (4 Mbps)
Category 4	20	เป็นสายแบบ UTP ภายในมีสายสัญญาณจำนวน 4 คู่ รองรับความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลที่ 20 Mbps สายชนิดนี้นิยมใช้กับเครือข่ายอีเทอร์เน็ต (20 Mbps) และเครือข่ายโทเคนริง (16 Mbps)
Category 5/ Class D	100	เป็นสายแบบ UTP มีความสามารถในการส่งผ่านข้อมูลที่ 100 Mbps โดยมีการพันเกลียวประมาณ 3 เกลียวต่อ 1 นิ้ว ในแต่ละคู่ของสาย มีทั้งหมด 4 คู่ โดยจะยึดหลักการพันตามมาตรฐาน TIA/EIA 568[A|B] โดยปกติสายกลุ่ม CAT-5 หากใช้มาตรฐาน TIA/EIA 568A มักใช้ทำเป็นสายสำหรับเครือข่ายโทเค็นริง ส่วนมาตรฐาน TIA/EIA 568B มักใช้ทำสายสำหรับเครือข่ายอีเทอร์เน็ต เช่น 10BASE-T และ 100BASE-TX เป็นต้น ความยาวของสายสูงสุดไม่เกิน 100 เมตร และความถี่ที่ส่งได้สูงสุด คือ 100 MHz
Category 5 Enhanced (5E)	1,000	เช่นเดียวกับ Class D แต่มีคุณภาพของสายที่ดีกว่า เพื่อรองรับการสื่อสารข้อมูลแบบ Full duplex มีความสามารถในการส่งผ่านข้อมูลที่ 1 Gbps มักใช้ทำสายสำหรับเครือข่ายอีเทอร์เน็ตความเร็วสูง เช่น 1000BASE-T เป็นต้น และหากเปรียบเทียบการส่งผ่านข้อมูลในความเร็ว 100 Mbps จะสามารถส่งข้อมูลได้ไกลถึง 350 เมตร แต่ความถี่ที่ส่งยังคงได้สูงสุดไม่เกิน 100 MHz

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

มาตรฐานสาย	อัตราบิต (Mbps)	คุณสมบัติ
Category 6/ Class E	1,000	เป็นสาย UTP ที่พัฒนาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากสาย CAT-5 และ CAT-5e ซึ่งสมารถส่งผ่านข้อมูลได้สูงสุด 1 Gbps และความถี่สูงสุดที่ทดสอบได้ คือ 250 MHz นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพในส่วนการป้องกันคลื่นรบกวนด้วย สำหรับมาตรฐานที่ใช้อ้างอิง คือ TIA/EIA-568B.2
Category 7/ Class F	10,000	เป็นสายแบบ ScTP ต่างกับแบบ STP ตรงที่ได้มีการเพิ่มฟอยล์ป้องกันคลื่นรบกวนในแต่ละคู่เกลียวทั้ง 4 คู่ และยังคงมีแผ่นทองแดงบางหุ้มอีกชั้น CAT-7 ได้ถูกออกแบบให้รองรับความถี่ในการสื่อสาร คือ 600 MHz และสามารถส่งข้อมูลได้สูงถึง 10 Gbps ในระยะทาง 100 เมตร ด้วยความสามารถนี้จึงได้นำมาใช้ทำสายสำหรับเครือข่ายอีเทอร์เน็ต 10GBASE-T แต่ก็ทำให้ทำให้ไม่สามารถใช้หัวเชื่อมต่อแบบเดิมชนิด RJ-45 ได้ ต้องเปลี่ยนมาใช้แบบใหม่ คือ GG-45 แทน

2.2) สายคู่ตีเกลียวแบบหุ้มฉนวน

สายคู่ตีเกลียวแบบหุ้มฉนวน นิยมเรียกสั้นๆ ว่าสาย STP สายชนิดนี้เป็นสายที่มีลักษณะคล้ายกับสาย UTP แต่มีแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์บาง ๆ (aluminum foil) ห่อหุ้มคู่สายหรือมีใยโลหะที่ถักเป็นตาข่ายห่อหุ้มคู่สายและแผ่นฟอยล์อีกชั้นหนึ่ง โดยแผ่นฟอยล์และใยโลหะตาข่ายทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ลักษณะสายคู่ตีเกลียวแบบหุ้มฉนวน

โดยทั่วไปสายนำสัญญาณชนิด STP นี้ใช้มาตรฐาน Category 5 ที่มีการพันตีเกลียวกันถี่กว่าแบบ UTP และสามารถใช้สื่อสารข้อมูลได้สูงถึง 100 Mbps สายชนิดนี้ส่วนใหญ่แล้วมักใช้ในระบบเครือข่าย LANแบบ Token Ring ที่สามารถรับส่งข้อมูลได้เร็วถึง 150 บิตต่อวินาที (bps) และ

แม้ว่าคุณภาพของสัญญาณในสาย STP จะดีกว่า สายแบบ UTP แต่สายแบบ STP จะมีลักษณะสายค่อนข้างเทอะทะกว่าสาย UTP มากจึงทำให้ไม่สะดวกที่จะนำมามัดรวมกันเป็นกลุ่มสายเหมือนกับสาย UTP อย่างไรก็ตามสายคู่ตีเกลียวแบบ STP ส่วนมากถูกนำไปใช้สำหรับการเดินสายนำสัญญาณผ่านสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวนมากๆ เท่านั้นเพราะเนื่องจากราคาของสายมีราคาที่สูงกว่าแบบ UTP

3) การเชื่อมต่อสายคู่ตีเกลียว

การเชื่อมต่อสายคู่ตีเกลียวเพื่อทำการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย จะใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อที่เรียกว่าหัวต่อ (connector) เชื่อมต่อเข้ากับการ์ดเครือข่าย (LAN card) และเรียกลักษณะหัวต่อสำหรับสายคู่ตีเกลียว 4 คู่ว่า RJ-45 (Registered Jack 45) ดังแสดงในภาพที่ 3.5

ก) RJ-45 แบบตัวผู้ (RJ-45 ตัวผู้) ข) JR-45 แบบตัวเมีย (RJ-45 ตัวเมีย)

ภาพที่ 3.5 หัวต่อสำหรับสายคู่ตีเกลียว RJ-45 แบบตัวผู้และแบบตัวเมีย

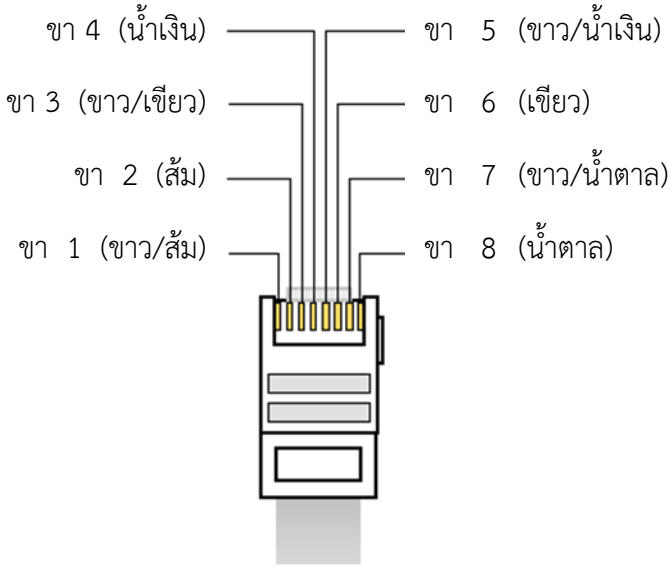
ที่มา: NW Systems Group Limited. (2012). และ RAB Telecom Canada. (2013).

สำหรับระบบสายโทรศัพท์ทั่ว ๆ ไปจะใช้สายคู่ตีเกลียวเพียง 2 คู่และเรียกหัวต่อที่ใช้กับสายเพียง 2 คู่นี้ว่า RJ-11 อย่างไรก็ตามนอกจากมาตรฐานประเภทของสายคู่ตีเกลียว ที่กำหนดโดยสมาคม EIA/TIA แล้วรหัสสีที่ใช้สำหรับสายคู่ตีเกลียวก็ได้มีการกำหนดให้มีรหัสสีที่แตกต่างกันตามมาตรฐาน EIA/TIA-568A และ EIA/TIA-568B โดยแต่ละคู่จะจับคู่เป็นสีหลัก ๆ ได้แก่สีน้ำเงิน (blue) สีส้ม (orange) สีเขียว (green) และสีน้ำตาล (brown) เพื่อใช้ในการเข้าหัวต่อ RJ-45 ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 มาตรฐานการเข้าหัวต่อ RJ-45 ตัวผู้

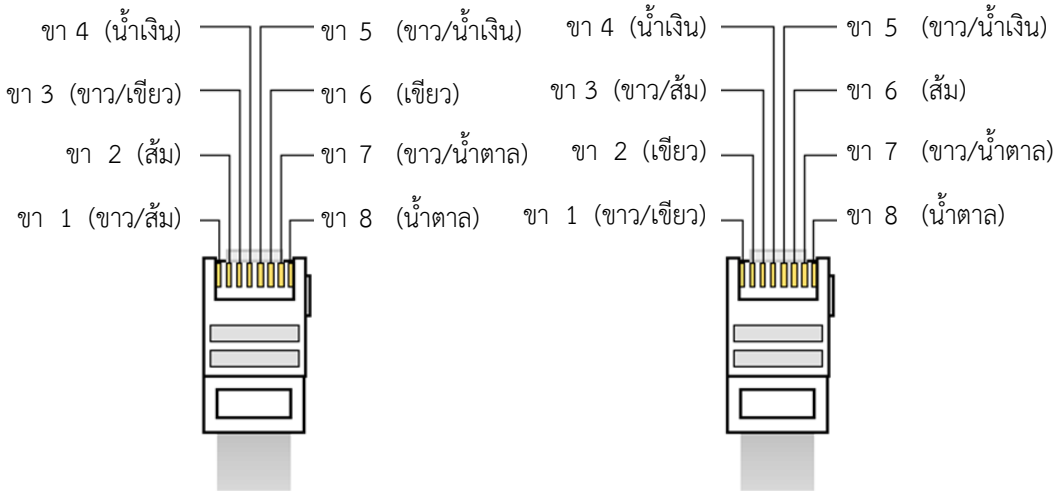
ตำแหน่งขา	สัญญาณ	EIA/TIA 568A	EIA/TIA 568B
1	Transmit+	ขาวเขียว	ขาวส้ม
2	Transmit-	เขียว	ส้ม
3	Receive+	ขาวส้ม	ขาวเขียว
4	N/A	น้ำเงิน	น้ำเงิน
5	N/A	ขาวน้ำเงิน	ขาวน้ำเงิน
6	Receive-	ส้ม	เขียว
7	N/A	ขาวน้ำตาล	ขาวน้ำตาล
8	N/A	น้ำตาล	น้ำตาล

การเข้าหัวต่อ RJ-45 ตามมาตรฐานทั้งสองจะมีวิธีการประยุกต์ใช้งานที่แตกต่างกัน คือ เมื่อมีการเชื่อมต่อด้วยสายคู่ตีเกลียวระหว่างฮับหรือสวิตช์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายสายทั้งสองควร เข้าหัวต่อแบบ EIA/TIA-568B



ภาพที่ 3.6 การเข้าหัว RJ-45 แบบ EIA/TIA-568B สำหรับเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับฮับหรือสวิตช์

สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างฮับกับฮับหรือเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ปลายสายข้างหนึ่งควรเป็นแบบ EIA/TIA-568A และอีกปลายอีกข้างหนึ่งควรเป็นแบบ EIA/TIA-568B



ก) เข้าหัวปลายข้างหนึ่งแบบ EIA/TIA-568B ข) เข้าหัวปลายข้างหนึ่งแบบ EIA/TIA-568A

ภาพที่ 3.7 การเข้าหัว RJ-45 สำหรับเชื่อมต่อระหว่างฮับกับฮับ หรือ คอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์

เทคนิคการเข้าหัวสาย UTP กับ RJ-45

จากที่กล่าวมาทั้งหมดเกี่ยวกับสายคู่ตีเกลียวสามารถสรุปลักษณะทั่วไปได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สรุปลักษณะทั่วไปของสายคู่ตีเกลียว

สายคู่ตีเกลียว	รายละเอียด
ลักษณะสายสัญญาณ	เป็นสายลวดทองแดง 2 เส้นแต่ละเส้นมีฉนวนพลาสติกหุ้ม นำมาพันเกลียวกันเป็นคู่ หรือมีแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์หุ้มคู่สายอีกชั้นหนึ่ง

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

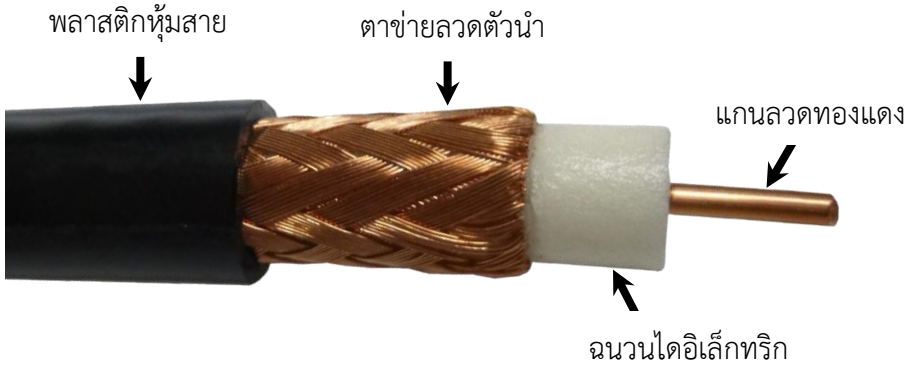
สายคู่ตีเกลียว	รายละเอียด
ชนิดสายสัญญาณ	1. สายคู่ตีเกลียวแบบไม่มีการหุ้มฉนวน (UTP) 2. สายคู่ตีเกลียวแบบมีการหุ้มฉนวน (STP)
การส่งสัญญาณ	ใช้รับส่งสัญญาณดิจิตอลและแอนะล็อกที่มีความถี่ไม่สูง
อุปกรณ์สนับสนุน	ใช้อุปกรณ์ทวนสัญญาณ (Repeater) ช่วยขยายระยะทางการรับส่งข้อมูล
ข้อดี	1. ราคาถูก 2. มีน้ำหนักเบา และติดตั้งใช้งานง่าย
ข้อเสีย	1. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนง่าย 2. จำกัดระยะทางการรับส่งข้อมูล
การนำไปใช้งาน	1. ใช้ในระบบโทรศัพท์สาธารณะ 2. ใช้ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แลน (LAN)

3.1.2 สายโคแอกเซียล

สายโคแอกเซียล (Coaxial Cable) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า สายโคแอก (Coax) เป็นสายนำสัญญาณที่มีคุณภาพดีกว่าและราคาแพงกว่าสายคู่ตีเกลียว

1) ลักษณะสายโคแอกเซียล

สายโอแอกเซียล ประกอบด้วยแกนตัวนำที่เป็นลวดทองแดงตรงกลาง 1 เส้น และมีฉนวนพลาสติกหนาหรือ ไดอิเล็กทริก (Dielectric) หุ้มลวดตัวนำ เช่น โฟมเมด โพลีเอธีลีน (Foamed Polyethylene) เป็นต้น และถัดจากฉนวนไดอิเล็กทริกจะมีตาข่ายที่ถักจากลวดตัวนำหุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันการรบกวนจากคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและสัญญาณรบกวนอื่น ๆ และหุ้มรอบตาข่ายอีกชั้นด้วยพลาสติก ดังแสดงในภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ลักษณะโครงสร้างสายโคแอกซ์

สายโคแอกซ์เป็นสายที่มีฉนวนพลาสติกหนาหุ้มลวดตัวนำ ทำให้ช่วยเพิ่มความคงทนให้กับสายและยังทำให้สามารถติดตั้งฟังสายได้ สายโคแอกซ์มีฉนวนป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอก ทำให้สามารถรับส่งข้อมูลในช่วงแถบความถี่กว้างได้ดี ส่งผลให้การรับส่งข้อมูลมีความเร็วสูง แต่อย่างไรก็ตาม ช่วงแถบความถี่กว้างของสัญญาณจะขึ้นอยู่กับความยาวของสายด้วย เนื่องจากสายที่มีขนาดยาวจะมี

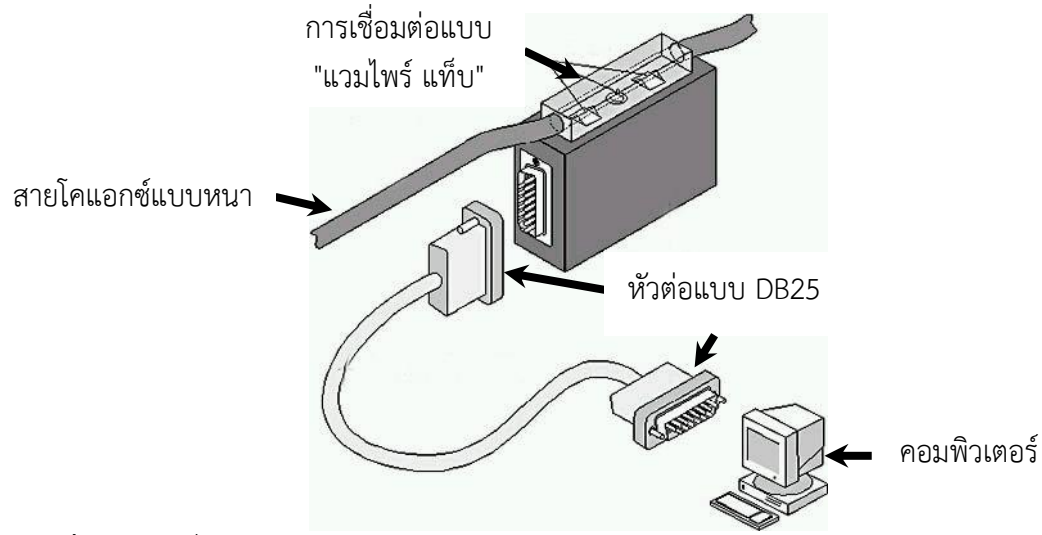
การลดทอนสัญญาณเกิดขึ้น ทำให้อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลลดลง ดังนั้น เพื่อป้องกันการลดทอนของสัญญาณ อุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Amplifier หรือ Repeater) จึงได้ถูกนำมาใช้ขยายสัญญาณให้มีขนาดคงที่ และด้วยคุณสมบัติที่ดีในช่วงแถบความถี่กว้างของสายโคแอกซ์ ทำให้สายได้รับความนิยมไปใช้ในการรับส่งสัญญาณในระบบเคเบิ้ลทีวี

สายโคแอกซ์สามารถส่งสัญญาณข้อมูลได้ทั้งในช่องทางแบบเบสแบนด์ และบรอดแบนด์ การส่งสัญญาณในเบสแบนด์สามารถทำได้เยง 1 ช่องทาง และเป็นแบบกึ่งสองทิศทาง แต่ในส่วนของการส่งสัญญาณในบรอดแบนด์จะเป็นเช่นเดียวกับสายเคเบิ้ลทีวี คือ สามารถส่งได้พร้อมกันหลายช่องทางทั้งข้อมูลแบบดิจิตอลและแบบแอนาล็อก สายโคแอกซ์ของเบสแบนด์สามารถส่งสัญญาณได้ไกลประมาณ 2 กิโลเมตร ในขณะที่บรอดแบนด์ส่งได้ไกลกว่าถึง 6 เท่า โดยไม่ต้องใช้เครื่องทบทวนหรือเครื่องขยายสัญญาณ ถ้าอาศัยหลักการมัลติเพล็กซ์สัญญาณแบบเอฟดีเอ็ม (FDM) สายโคแอกซ์สามารถมีช่องทาง (เสียง) ได้ถึง 10,000 ช่องทางในเวลาเดียวกัน อัตราเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุด คือ 50 Mbps หรือ 1,000 Mbps ถ้าใช้เครื่องทบทวนสัญญาณทุก ๆ 1.6 กิโลเมตร (ฉัตรชัย สุมามาลย์, 2549 : 66)

2) ชนิดของสายโคแอกเซียล

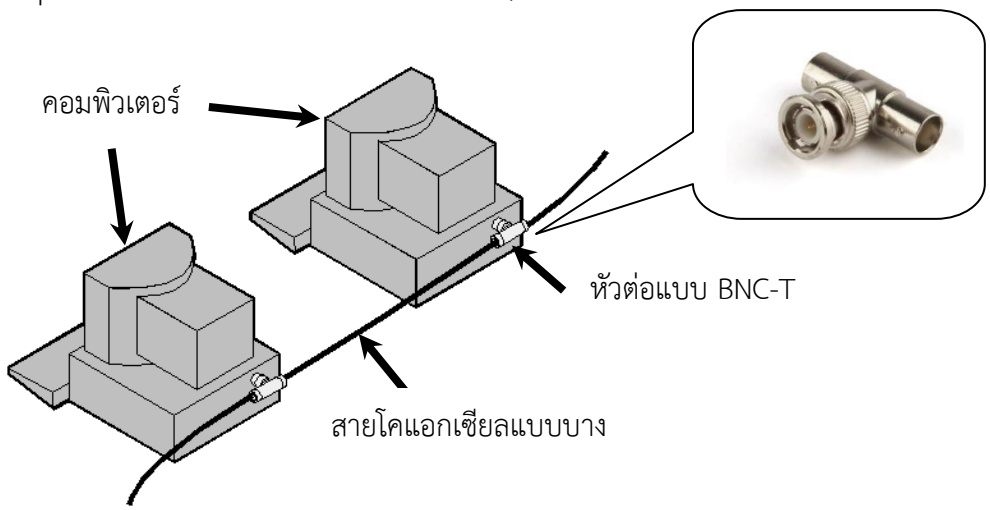
ชนิดของสายโคแอกซ์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดหลักได้แก่ มิลิทารี เกรดหรือเอ็มไอแอลเกรด (Military grade : MIL grade) และแยเนอรัล เกรด (General grade) โดยมาตรฐาน MIL เป็นมาตรฐานทางด้านการทหารที่เหมาะสำหรับระบบการรักษาความปลอดภัย (Security) และระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด (Closed-Circuit Television : CCTV) ส่วนมาตรฐานเยเนอรัลเกรด เป็นมาตรฐานทั่วไปที่เหมาะสำหรับการใช้งานด้านระบบเคเบิ้ลทีวี อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปแล้วนิยมแบ่งชนิดของสายโอแอกซ์ ตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดตัวนำตรงกลางได้แก่ สายโคแอกเซียล แบบหนา (Thick Coaxial) และสายโคแอกเซียลแบบบาง (Thin Coaxial)

2.1) สายโคแอกเซียลแบบหนา เป็นสายที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดตัวนำประมาณ 0.5 นิ้ว และมีค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance) 50 โอห์ม (Ohms) สายแบบนี้บางครั้งเรียกว่า “สายธิคเน็ต (thicknet)” หรือมีชื่อเรียกมาตรฐานว่า “RG – 11 (Radio Guide: RG)” สามารถรับส่งสัญญาณได้ไกลประมาณ 500 เมตร ปกติแล้วสายแบบ thicknet เป็นสายนำสัญญาณแบบ Broadband ที่ใช้สำหรับการรับส่งสัญญาณข้อมูลแบบแอนะล็อก และถูกนมาใช้เป็นสายสื่อสารหลัก (Backbone) ของเครือข่าย แต่เนื่องด้วยสายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ทำให้การติดตั้งเดินสายทำได้ยากกว่าสายนำสัญญาณแบบอื่น อย่างไรก็ตามตามระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบ Ethernet 10 Base-5 ได้นำสายโคแอเซียลแบบนี้มาใช้เชื่อมต่อแบบเจาะสัมผัสแกนกลางลวดตัวนำกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณ (Transceiver) ซึ่งวิธีเชื่อมต่อนี้ถูกเรียกว่า “แวมไพร์ แท็บ (vampire tap)” ดังแสดงในภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 การเชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 10Base-5 ด้วยสายโคแอกเชียลแบบหนา

2.2) สายโคแอกเชียลแบบบาง เป็นสายที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดตัวนำประมาณ 0.25 นิ้ว ทำให้บางครั้งเรียกสายแบบนี้ว่า “สายธินเน็ต (Thinnet)” สายแบบนี้มีค่าอิมพิแดนซ์หรือค่าความต้านทานสาย 50 โอห์ม และมีชื่อเรียกมาตรฐานว่า “RG-58” ซึ่งเป็นสายที่ใช้ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และสำหรับค่าอิมพีแดนซ์ 75 โอห์มเรียกว่า “RG-59” เป็นสายที่ใช้สำหรับการให้บริการทีวีหรือ เคเบิ้ลทีวี (Cable TV) และเนื่องจากโครงสร้างสายโคแอกเชียลแบบนี้มีขนาดไม่ใหญ่ ทำให้ไม่สามารถรับส่งสัญญาณได้ไกลมากเหมือนกับสายโคแอกเชียลแบบหนา โดยมีระยะทางการรับส่งสัญญาณได้ไม่เกิน 200 เมตร สายชนิดนี้ปกติแล้วเป็นสายนำสัญญาณแบบ Baseband ที่ใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลดิจิตอล ดังเช่นในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบ Ethernet 10Base-2 (10Base-2 เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ใช้สายโคแอกเชียลแบบบาง มีความเร็วการรับส่งสัญญาณข้อมูลแบบ baseband ที่ 10 Mbps และระยะทางรับส่งประมาณ 200 เมตร) ดังแสดงในภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 การเชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 10Base-2 ด้วยสายโคแอกเชียลแบบบาง

จากภาพที่ 3.10 เป็นการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยสายโคแอกเชียลแบบบางกับการ์ดเครือข่ายโดยการตัดต่อสายด้วยหัวต่อ BNC แบบตัว T (BNC-T Connector)

2.3) การเชื่อมต่อสายโคแอกเชียล

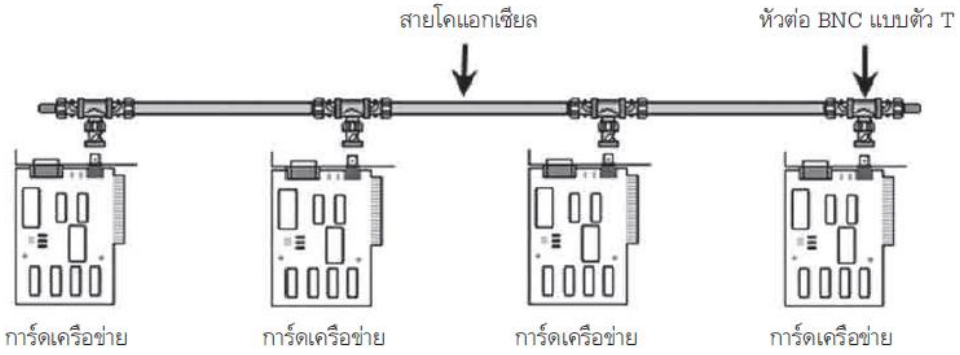
สายโคแอกเซียลจะมีหัวต่อที่นิยมใช้สำหรับการเชื่อมต่อเรียกว่า “หัวต่อ BNC” ซึ่ง BNC มาจากคำเต็มว่า “Bayone-Neill-Concelman” หรือ “British Naval Connector” ลักษณะของหัวต่อ BNC ที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบได้แก่ หัวต่อ BNC Connector หัวต่อ BNC T Connector และหัวต่อ BNC Terminator ดังแสดงในภาพ 3.11

ภาพที่ 3.11 ลักษณะของหัวต่อ BNC แบบต่างๆ สำหรับสายโคแอกเซียล
ที่มา: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2554 : 3-17)

จากภาพที่ 3.14 หัวต่อ BNC แต่ละแบบมีลักษณะการใช้งานดังนี้

- หัวต่อ BNC ใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ต้นทางและปลายทางผ่านสายโคแอกเซียล
- หัวต่อ BNC แบบตัว T ใช้เชื่อมต่ออุปกรณ์หัวต่อ BNC Connector หรือหัวต่อแบบ BNC Terminator
- หัวต่อ BNC Terminator ใช้สำหรับเชื่อมต่อปลายทางเพื่อป้องกันการสะท้อนกลับของสัญญาณ

อย่างไรก็ตาม การเชื่อมต่อของสายโคแอกเซียลเข้ากับการ์ดเครือข่ายที่รองรับหัวต่อแบบ BNC ในเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละครั้ง จะต้องทำการตัดสายและเข้าหัวต่อ BNC แบบตัว T ดังแสดงในภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 การเชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยสายโคแอกเซียลและการ์ดเครือข่าย
ที่มา: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2554 : 3-17)

ดังนั้นการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยสายโคแอกเซียลจึงไม่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้งานกับระบบเครือข่ายที่มีการเปลี่ยนจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ในการเชื่อมต่อบ่อยครั้ง จากที่กล่าวมาเกี่ยวกับสายโคแอกเซียลสามารถสรุปลักษณะทั่วไปได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สรุปลักษณะทั่วไปของสายโอแอกเซียล

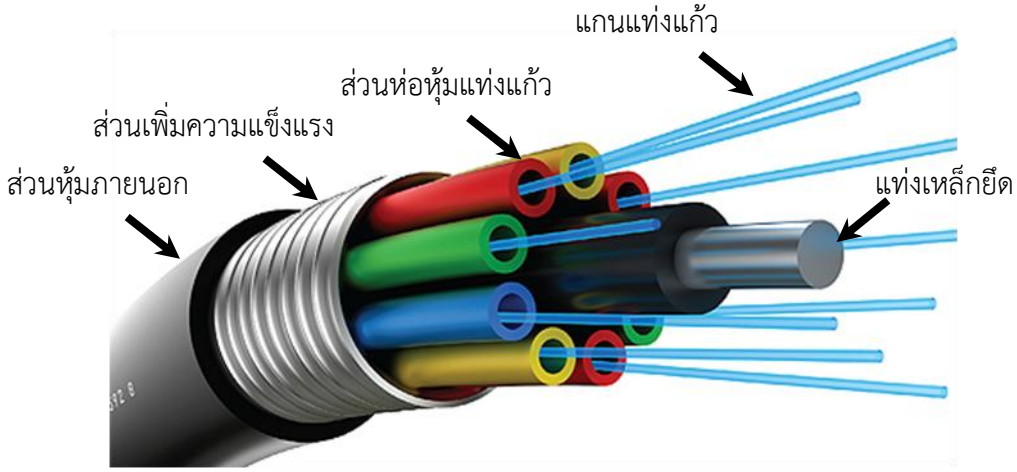
สายโคแอกเซียล	รายละเอียด
ลักษณะสายสัญญาณ	มีลวดตัวนำ 1 เส้นเป็นแกนกลาง ถูกหุ้มด้วยฉนวนไดอิเล็กทริกตามด้วยชั้นตาข่ายโลหะ และชั้นฉนวนพลาสติกหุ้มชั้นนอกสุด
ชนิดสายสัญญาณ	1. สายโคแอกเซียลแบบหนา 2. สายโคแอกเซียลแบบบาง
การส่งสัญญาณ	ใช้รับส่งสัญญาณดิจิตอลและแอนะล็อกที่มีความถี่ปานกลาง
อุปกรณ์สนับสนุน	ใช้อุปกรณ์ทวนสัญญาณ ช่วยขยายระยะทางการรับส่งข้อมูล
ข้อดี	1. มีระยะทางการรับส่งสัญญาณได้ไกลกว่าสายคู่ตีเกลียว 2. สายสัญญาณมีคุณภาพดีกว่าสายคู่ตีเกลียว
ข้อเสีย	1. สายมีลักษณะแข็ง น้ำหนักมากทำให้การติดตั้งลำบาก 2. ราคาแพงกว่าสายคู่ตีเกลียว
การนำไปใช้งาน	ส่วนใหญ่ใช้ในระบบเคเบิ้ลทีวี และไม่ค่อยได้รับความนิยมใช้ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน

3.1.3 สายใยแก้วนำแสง

สายใยแก้วนำแสง (fiber optic) เป็นสายนำสัญญาณประเภทอโลหะ (conductive non-metal) ที่ใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลสัญญาณแสง การเดินทางของสัญญาณแสงจากต้นทางไปปลายทางอาศัยการสะท้อนของแสงที่ได้รับจากดัชนีการหักเหระหว่างแท่งแก้วนำแสงกับวัสดุหุ้มแสงที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน สายใยแก้วนำแสงไม่มีผลการสะท้อนสัญญาณต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จึงทำให้สามารถรับส่งข้อมูลสัญญาณได้ในระยะทางที่ไกลและมีเบนด์วิธที่สูงกว่าสายโคแอกเซียล และด้วยข้อดีทำให้สายใยแก้วนำแสงนำมาใช้เป็นงานสายสื่อสารหลัก (backbone) แต่อย่าไรก็ตามก็มีข้อเสียได้แก่ เนื่องจากต้นทุนในการผลิตสายมีมูลค่าสูงจึงทำให้มีราคาแพง และการแตกหักง่าย จึงต้องใช้ความระมัดระวังในการติดตั้งสูง

1) ลักษณะสายใยแก้วนำแสง

เนื่องจากปัญหาของของสายนำสัญญาณมีลวดเป็นโลหะ (conductive metal) เช่น สายคู่ตีเกลียว หรือสายโคแอกเซียว จะมีผลการรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า หรือเครื่องใช้ไฟฟ้า ได้มีการสร้างสายสัญญาณจากวัสดุประชิลิก้า (SiO_2) ซึ่งเป็นสารที่ใช้ผลิตแก้ว หรือ จากพลาสติก โดยเป็นเส้นใยแก้วนำแสงขึ้น และมาใช้สำหรับการรับส่งสัญญาณข้อมูลที่ไม่มีการสูญเสีย หรือถูกรบกวนจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แต่อย่างใด ส่วนประกอบของสายใยแก้วนำแสงประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังภาพแสดงไว้ในภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 ส่วนประกอบสายใยแก้วนำแสง
ที่มา: ดัดแปลงจาก Nick Adams (2012)

จากภาพที่ 3.13 ส่วนประกอบสายใยแก้วนำแสง มีดังต่อไปนี้

- แกนแท่งแก้ว (core) หมายถึง เส้นใยแก้วนำแสงที่มีแท่งแก้วเป็นส่วนแกนกลางทำหน้าที่นำแสงที่ผ่านเข้าไปในแกนจะถูกขังด้วยส่วนห่อหุ้ม และเคลื่อนที่ไปตามแกนของเส้นใยแก้วนำแสงด้วยกระบวนการหักเหและการสะท้อนกลับหมดภายใน
- ส่วนห่อหุ้ม (cladding) หมายถึง ส่วนที่ห่อหุ้มแกนแท่งแก้วทำหน้าที่ให้ลำแสงสะท้อนภายในแกนโดยใช้กฎการสะท้อนกลับหมดตามหลักของมุมวิกฤต (critical angle)
- ส่วนป้องกัน (coating) หมายถึง ส่วนการป้องกัน(coating/buffer)ซึ่งเป็นการห่อหุ้มมีโครงสร้างประกอบไปด้วยชั้นของพลาสติกหลายชั้น ทำหน้าที่ป้องกันแสงจากภายนอก และป้องกันแรงดึงหรือแรงกระทบจากภายนอกไม่ให้สายไฟเบอร์ขาดในตอนติดตังสายสัญญาณ
- ส่วนเพิ่มความแข็งแรง (strengthening fiber) หมายถึง ส่วนช่วยเพิ่มความแรงให้กับสายใยแก้วนำแสงทำหน้าที่ป้องกันสายขาดจากแรงดึง
- ส่วนหุ้มภายนอก (cable jacket) หมายถึง ส่วนที่ห่อหุ้มภายนอกสุดของสายทำหน้าที่ป้องกันโค้งงอของสาย

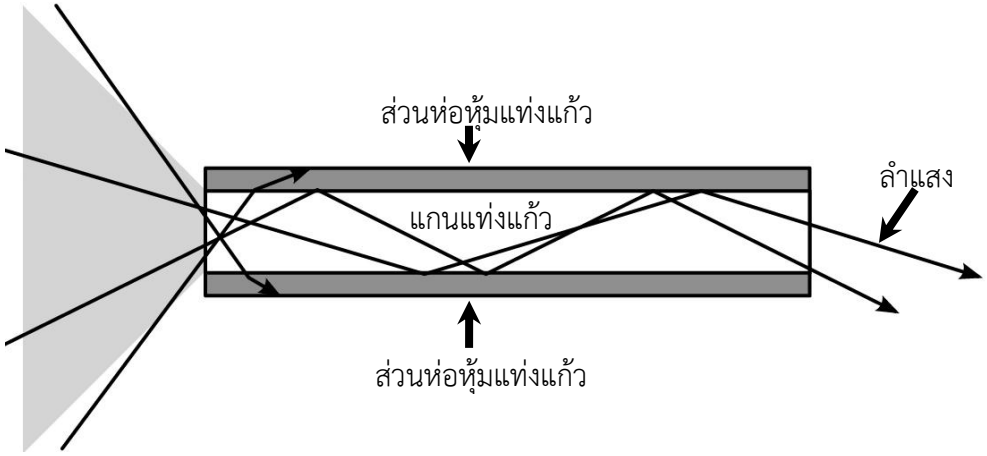
หลักการการส่งสัญญาณผ่านสายใยแก้วนำแสง

1.1) ธรรมชาติของแสง ปกติแล้วแสงจะเดินทางผ่านตัวกลางเป็นเส้นตรงสำหรับตัวกลางที่มีความหนาแน่นคงที่ ถ้าความหนาแน่นของตัวกลางมีค่าไม่เท่ากันเมื่อแสงเดินทางผ่านจะทำให้เกิด การหักเหของแสงได้แสดงในภาพที่ 3.14

ก.มุมตกกระทบ < มุมวิกฤต ข.มุมตกกระทบ = มุมวิกฤต ค.มุมตกกระทบ > มุมวิกฤต

ภาพที่ 3.14 มุมการสะท้อนและการหักเหของแสง

จากภาพที่ 3.14 แสดงถึงการหักเหของแสงเมื่อต้องเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อย ถ้ามุมตกกระทบ (angle of incidence) มีค่าน้อยกว่ามุมวิกฤต (critical angle) แสงจะหักเหไปเหมือนดังภาพที่ 3.14 ก ทางด้านซ้ายมือ ถ้ามุมตกกระทบมีค่าเท่ากับมุมวิกฤต แสงจะหักเหไปเหมือนภาพที่ 3.14 ตรงกลางและถ้ามุมตกกระทบมีค่ามากกว่ามุมวิกฤตที่ไม่เท่ากันดังนั้นมุมวิกฤตจึงเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของตัวกลางแสงสามารถผ่านได้ ดังนั้นความแตกต่างกันของความหนาแน่นนี้เองที่จะทำให้แสงสามารถเดินทางภายในแท่งแก้วได้โดยที่จะไม่เกิดการหักเหออกไปนอกท่อแก้วดัง แสดงในภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 การเดินทางของสัญญาณภายในสายใยแก้วนำแสง

จากภาพที่ 3.15 แสดงการเดินทางของสัญญาณและหักเหของแสงระหว่างแท่งแก้วและวัสดุที่ห่อหุ้มด้วยมุมตกกระทบของสัญญาณแสงที่มากกว่ามุมวิกฤต ทำให้สัญญาณ แสงเกิดการสะท้อนไปข้างหน้าภายในแท่งแก้วไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงปลายทาง

1.2) คุณสมบัติสายใยแก้วนำแสง สายใยแก้วนำแสงเป็นสายที่มีขนาดเล็กมาก และมีน้ำหนักเบามากเมื่อเปรียบเทียบกับสายชนิดอื่น อย่างไรก็ตามสายชนิดนี้มีความกว้างช่องสื่อสารสูงมากกว่าสายทุกชนิด และสามารถถ่ายทอดสัญญาณข้อมูลปริมาณสูงในระยะเวลาช่วงสั้น ๆ อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงกว่าอัตราความเร็วใน สายคู่ตีเกลียวและสายโคแอกเซียลมาก สายใยแก้วนำแสงให้ความปลอดภัยแก่ข้อมูลได้เป็นอย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับสายสัญญาณ ที่ทำจากทองแดง เนื่องจากการขโมยสัญญาณ หรือที่นิยมเรียกกันว่า การแท็ปสาย (tapping) สายที่ทำจากทองแดงสามารถทำการแท็ปสายได้ง่ายโดยที่ผู้ใช้เองจะไม่ทราบเลยว่ากำลังถูกขโมยสัญญาณ ซึ่งแตกต่างกับสายใยแก้วนำแสงที่โอกาสลักลอบขโมยสัญญาณจาก สายเกือบจะเป็นไปไม่ได้เลย เพราะถึงแม้ว่าการแท็ปสายจะประสบผลสำเร็จการตรวจจับจากต้นสายและปลายสายก็สามารถทำได้โดยง่าย เนื่องจากการแท็ปสายจะทำให้ความเข้มของลำแสง ณ ตำแหน่งนั้นมีระดับสัญญาณเปลี่ยนไป และเนื่องจากสายใยแก้วนำแสงเป็นสายที่ผลิตจากสารประเภทอโลหะทำให้สัญญาณที่รับส่งภายในสายใยแก้วปลอดภัยจากคลื่นแม่เหล็กฟ้าทุกชนิดรวมถึงปัญหา ครอสทอล์ก ซึ่งถือเป็นข้อดีข้อหนึ่งของสายใยแก้วนำแสง อย่างไรก็ตามแม้ว่าสายใยแก้วนำแสงจะมีคุณสมบัติด้านคุณภาพสัญญาณที่ดีกว่าสายที่ผลิตจากทองแดง แต่การลดทอนคุณภาพของสัญญาณยังขึ้นอยู่กับระยะทางการเชื่อมต่อของสายใยแก้วนำแสงที่แตกต่างกัน ทำให้การลดทอนสัญญาณจะมีระดับที่แตกต่างกันด้วย

2) ชนิดของของสายใยแก้วนำแสง

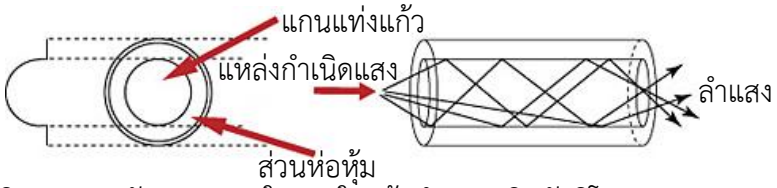
ชนิดของสายใยแก้วนำแสงสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดตามเทคนิคที่ใช้ในการส่งลำแสงผ่าน ได้แก่ สายใยแก้วนำแสงแบบมัลติโหมด (Multi-Mode: MM) และแบบชิงเกิลโหมด (Single-

Mode: SM) อย่างไรก็ตามสายใยแก้วนำแสงแบบมัลติโหมดยังสามารถแบ่งตามรูปแบบการส่งได้อีก 2 ชนิด ได้แก่แบบ Step - Index (SI) และแบบ Graded - Index (GI)

2.1) สายใยแก้วนำแสงแบบมัลติโหมด การส่งสัญญาณแสงในโหมดนี้ผ่านสายใยแก้วนำแสง สัญญาณแสงหลายลำแสงจะถูกส่งจากแหล่งกำเนิดแสงด้วยมุมหักเหที่มุมต่างๆ กันภายในแกนกลางของสายและอาศัยการสะท้อนแสงที่เกิดขึ้นภายในสาย นำพาสัญญาณ แสงไปยังปลายสาย ถ้าสายมีความกว้างพอสมควรจะทำให้เกิดมุมในการสะท้อนของแสงมาก และสาย ที่มีความกว้างมาก ก็จะยิ่งมีมุมสะท้อนแสงมากขึ้นลักษณะของแสงที่ถูกส่งออกไปหลายๆ ลำแสงจึงเรียกลักษณะการส่งแบบนี้ว่ามัลติโหมด สายใยแก้วนำแสงชนิดนี้มีราคาไม่แพงมากนัก และมีประสิทธิภาพในการรับส่งสัญญาณดีพอสมควร อย่างไรก็ตามสายใยแก้วนำแสงแบบมัลติโหมดยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

- แบบ step-index โครงสร้างสายชนิดนี้ส่วนของส่วนห่อหุ้ม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 125 ถึง 400 ไมโครเมตร (micrometer: μm^9) และสำหรับส่วนแกนกลางมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่า 50 ถึง 200 μm โดยมีความหนาแน่นที่เท่ากันตลอดทั้งสาย ดังนั้นลำแสงที่มีมุมตกกระทบที่ต่างกัน จะมีมุมหักเหที่ต่างกันด้วยส่วนที่ห่อหุ้มแกนกลางจะทำหน้าที่ในการสะท้อนลำแสง ทำให้แสงเคลื่อนที่ไปยังแกนเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงปลาย
- แบบ Graded- index โครงสร้างสายชนิดนี้ส่วนของส่วนห่อหุ้ม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 125 μm ถึง 140 μm ส่วนแกนกลางมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 50ถึง 100 um และมีความหนาแน่นขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งมีค่าสูงสุดที่ส่วนห่อหุ้ม ดังนั้น เมื่อมีการส่งลำแสงเข้าไปแสงจะค่อยๆ หักเหตามความหนาแน่นของสายใยแก้วนำแสง จนกระทั้งหักเหกลับหมด ที่ส่วนห่อหุ้ม และลักษณะของการหักเหของลำแสงจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง

2.2) สายใยแก้วนำแสงแบบชิงเกิลโหมด สายใยแก้วนำแสงในโหมดนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของส่วนห่อหุ้ม 125 ไมโครเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนกลางที่ 8 μm ถึง 12 μm ซึ่งขนาดน้อยกว่าแบบมัลติโหมด การส่งลำแสงของสายชนิดนี้ จะคล้ายกันกับสายแบบ step-Index แต่ลำแสงที่ออกจากแหล่งกำเนิดนั้นจะส่งออกไปเกือบที่จะเป็นเส้นตรง จึงทำให้ลำแสงเดินทางออกไปเป็นแนวนอนของเส้นตรงโดยไม่อาศัยหลักการหักเหและการสะท้อนของลำแสงเหมือนกับสายใยแก้วนำแสงประเภทอื่น



ก) ลักษณะการเดินทางของสัญญาณแสงในสายใยแก้วนำแสงชนิดมัลติโหมด แบบ Step - Index

ข) ลักษณะการเดินทางของสัญญาณแสงในสายใยแก้วนำแสงชนิดมัลติโหมด แบบ Graded - Index

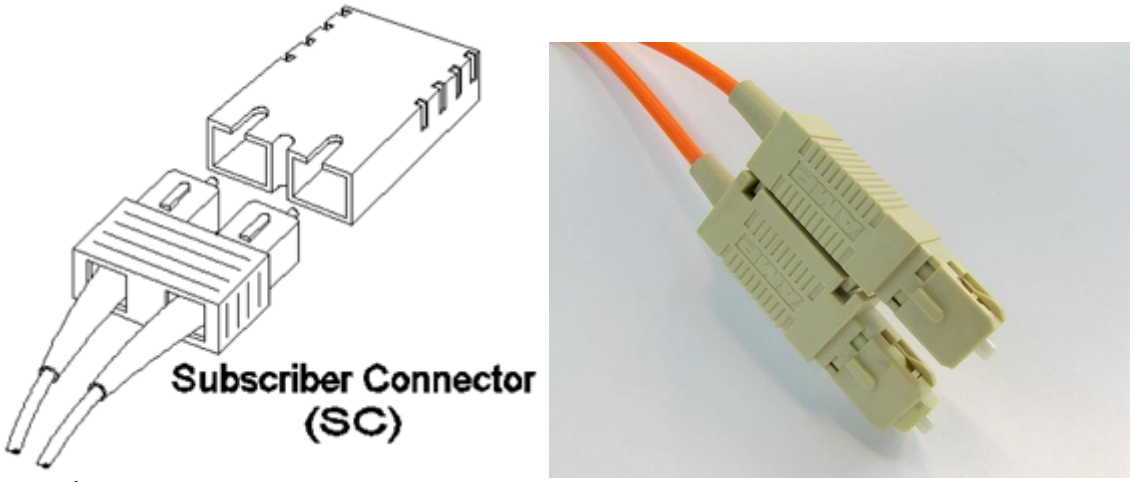
ค) ลักษณะการเดินทางของสัญญาณแสงในสายใยแก้วนำแสงชนิดซิงเกิลโหมด

ภาพที่ 3.16 ลักษณะการเดินทางของสัญญาณแสงสำหรับในสายใยแก้วนำแสงแบบต่าง ๆ

3) การเชื่อมต่อสายใยแก้วนำแสง

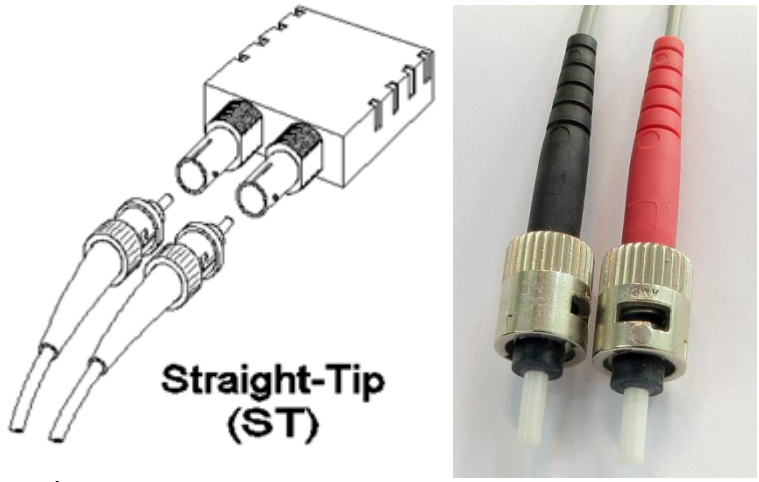
การเชื่อมต่อของสายใยแก้วนำแสงกับอุปกรณ์เครือข่ายหรืออุปกรณ์อื่นๆจะใช้หัวต่อ (connector) เข้าหัวที่ปลายสายของสายใยแก้วนำแสงและลักษณะของหัวต่อสายใยแก้วนำแสงที่นิยมใช้งานมีอยู่ 3 แบบ ดังนี้

3.1) หัวต่อแบบ SC (Subscriber Channel) เป็นหัวต่อที่ออกแบบโดยบริษัท AT&T เพื่อใช้เชื่อมต่อสายใยแก้วนำแสงทั้งแบบซิงเกิลโหมดและแบบมัลติโหมดเข้ากับอุปกรณ์เครือข่าย LAN ภายในอาคารสำนักงานหรือเชื่อมต่อ อุปกรณ์สื่อสารในระบบเคเบิ้ลทีวีหัวต่อสายใยแก้วนำแสงแบบ SC ดังแสดงในภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 ลักษณะหัวต่อสายใยแก้วนำแสงแบบ SC
ที่มา: B&B Electronics (2012) และ Wikimedia Commons (2009)

3.2) หัวต่อแบบ ST (Straight-Tip) เป็นหัวต่อที่ใช้งานสำหรับสายใยแก้วนำแสงแบบซิงเกิลโหมดและแบบมัลติโหมดมากที่สุด หัวต่อแบบนี้มีอัตราการสูญเสียกำลังแสงไม่เกิน 0.5 เดซิเบล (dB) นิยมใช้งานในระบบเครือข่าย LAN เพื่อเชื่อมต่อสายกับอุปกรณ์ฮับและสวิตช์ดังแสดงในภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 ลักษณะหัวต่อสายใยแก้วนำแสงแบบ ST
ที่มา: B&B Electronics (2012) และ Wikimedia Commons (2009)

3.3) หัวต่อแบบ FC เป็นหัวต่อที่ได้รับการออกแบบโดยบริษัท NTT ของประเทศญี่ปุ่น และเป็นหัวต่อที่ได้รับความนิยมใช้งานทั้งในประเทศสหรัฐอเมริกาและยุโรป หัวต่อ FC ถูกนำไปใช้ในงานสำหรับการเชื่อมต่อสายกับอุปกรณ์สื่อสารในระบบเครือข่ายโทรศัพท์ โดยอาศัยการขันเกลียวเพื่อยึดติดกับหัวปรับทำให้การเชื่อมต่อแน่นหนาขึ้น แต่อาจต้องใช้เวลาบ้างดังแสดงในภาพที่ 3.19

ภาพที่ 3.19 ลักษณะหัวต่อสายใยแก้วนำแสงแบบ FC
ที่มา: NINGBO TONGRUN ELECTRONICS (2013)

4) การทดสอบสายไฟเบอร์

เมื่อติดตั้งสายไฟเบอร์เสร็จเรียบร้อยแล้วก่อนที่จะใช้งานสายไฟเบอร์นั้นจำเป็นที่ต้องทำการทดสอบสายก่อน เพื่อให้แน่ใจว่าสายไฟเบอร์นั้นใช้รับส่งข้อมูลได้ตามต้องการ ซึ่งการทดสอบด้านต่าง ๆ มีดังนี้ (จตุชัย แพงจันทร์ และคณะ, 2546: 71)

ตารางที่ 3.5 การทดสอบสายไฟเบอร์

การทดสอบด้านเมคานิก (Mechanical Test)	การทดสอบด้านกายภาพ (Geometrical Test)	การทดสอบเกี่ยวกับคุณสมบัติของสาย (Optical Test)	การทดสอบเกี่ยวกับการรับส่งสัญญาณ (Transmission Test)
Traction	Concentricity	Index Profile	Bandwidth
Torsion	Cylindricity	Numerical Aperture	Optical Power
Bending	Core Diameter	Spot Size	Optical Loss
Temperature	Cladding Diameter	-	Reflectometry

จากตารางที่ 3.5 การทดสอบด้านเมคานิก การทดสอบด้านกายภาพ และการทดสอบเกี่ยวกับคุณสมบัติของสาย จะทดสอบเพียงครั้งเดียว เพราะค่าพารามิเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในระหว่างการใช้งาน ก่อนที่จะมีการใช้งานสายไฟเบอร์นั้นต้องมีการตรวจวัดค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของสายก่อน ซึ่งการวัดค่าต่าง ๆ นี้จะถูกอธิบายใน FOTP (Fiber Optic Test Procedure) เป็นขั้นตอนการทดสอบที่เสนอโดย EIA (Electronic Industries Association) และได้ถูกกำหนดใน ITU-T G650 หรือในเอกสาร EN 188 000

3.1) การทดสอบการรับส่งข้อมูล

การทดสอบหลัก ๆ ของสายไฟเบอร์ที่ติดตั้งแล้ว เพื่อให้แน่ใจได้ว่าสายไฟเบอร์สามารถรับส่งข้อมูลได้ตามต้องการมีดังนี้

- การทดสอบการสูญเสียของสัญญาณลิงค์ (End-to-End Optical Link Loss)
- อัตราการสูญเสียต่อหน่วยความยาว (Attenuation)
- การสูญเสียเนื่องจากการเชื่อมต่อแบบต่าง ๆ (Splice and Connector)
- ความยาวของสายไฟเบอร์

การทดสอบแบบอื่น ๆ เช่น แบนด์วิดท์ หรือการสูญเสียเนื่องจากการแตกกระจายของแสง (Modal Dispersion) การสูญเสียเนื่องจากการสะท้อนกลับของแสง

3.2) ค่าการสูญเสียของสัญญาณแสง (Optical Loss Budget)

ค่าการสูญเสียของสัญญาณแสงที่เดินทางผ่านสายไฟเบอร์ออปติกนั้นจะมีข้อจำกัดอยู่ เพื่อให้การรับส่งข้อมูลเป็นไปได้อย่างถูกต้อง ค่านี้จะขึ้นอยู่กับหลายอย่าง เช่น กำลังแสงที่ใช้ส่ง ความสามารถในการรับสัญญาณของตัวรับสัญญาณ การเชื่อมต่อสายสัญญาณ ไม่ว่าจะเป็นการสไปลซ์ (Splice) หรือการใช้หัวเชื่อมต่อ เพื่อให้สามารถคำนวณค่าสูญเสียของสายสัญญาณได้ ต่อไปนี้เป็นค่าสูญเสียที่นิยมใช้ในการคำนวณ

- 0.2 dB/KM สำหรับสายซิงเกิลโหมดที่ความยาวคลื่น 1,550 nm
- 0.35 dB/KM สำหรับสายซิงเกิลโหมดที่ความยาวคลื่น 1,310 nm
- 1.0 dB/KM สำหรับสายมัลติโหมดที่ความคลื่น 1,300 nm
- 3.0 dB/KM สำหรับสายมัลติโหมดที่ความยาวคลื่น 850 nm
- 0.05 dB สำหรับการสไปลซ์แบบหลอมละลาย (Fusion Splice)
- 0.1 dB สำหรับการสไปลซ์เชิงกล (Mechanic Splice)
- 0.2-0.5 dB สำหรับการเชื่อมต่อโดยใช้หัวเชื่อมต่อ (Connector)
- 3.5 dB สำหรับการใช้ตัวแยกสัญญาณจาก 1 ไป 2 (Splitter)

หลักจากที่ทราบค่าโดยประมาณของการสูญเสียอันเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ แล้ว ค่าสูญเสียของสัญญาณแสงของลิงค์ก็สามารถคำนวณได้

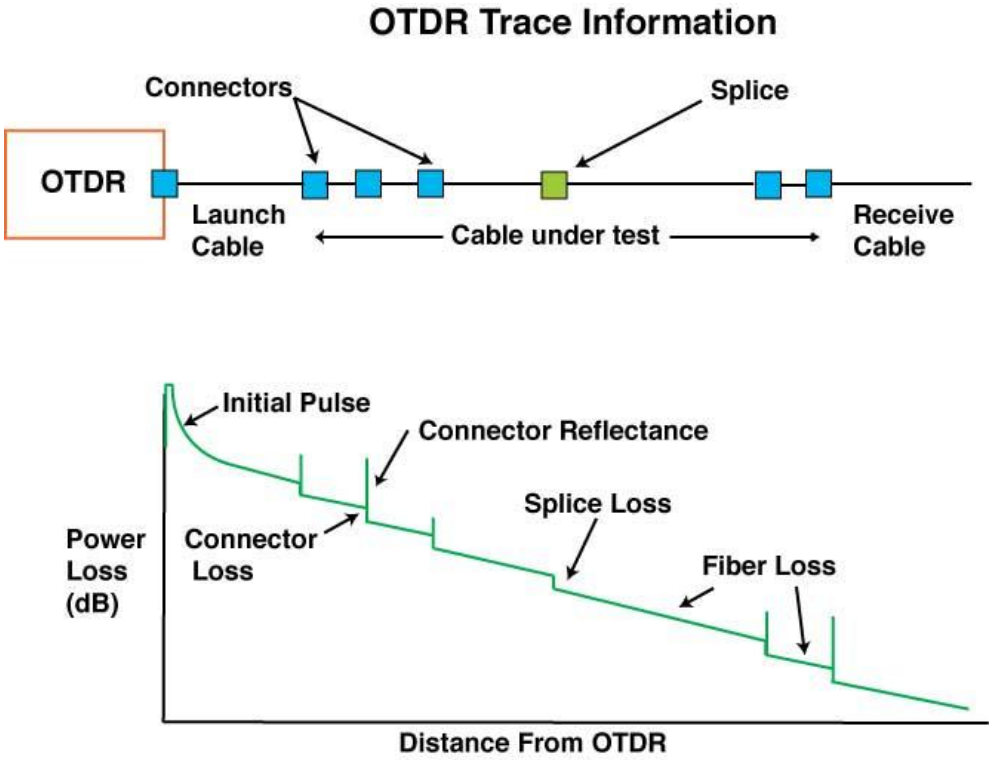
3.3) โอทีดีอาร์ (OTDR : Optical Time Domain Reflectometer)

โอทีดีอาร์ คือ เครื่องมือที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติของสายไฟเบอร์ จุดประสงค์ของเครื่องมือนี้ก็เพื่อตรวจวัดและค้นหาเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนสายไฟเบอร์ เช่น ความยาวของสาย ตำแหน่งที่มีการเชื่อมต่อ หรือหัวเชื่อมต่อ และอัตราการสูญเสียของสัญญาณ ข้อดีของโอทีดีอาร์ ก็คือสามารถใช้ทดสอบสายไฟเบอร์จากปลายข้างเดียวเท่านั้น โดยโอทีดีอาร์จะแสดงผลเป็นกราฟที่แสดงการสูญเสียของสัญญาณในระหว่างการส่งข้อมูล ดังนั้นโอทีดีอาร์จึงเป็นเครื่องวัดที่นิยมมากที่สุดสำหรับทดสอบสายไฟเบอร์

ภาพที่ 3.20 เครื่องโอทีดีอาร์สำหรับทดสอบสายไฟเบอร์ออปติก
ที่มา: AD ONE Techonology. (2013).

โอทีดีอาร์สามารถตรวจวัดคุณสมบัติของสายไฟเบอร์ได้หลายประเภท สิ่งที่โอทีดีอาร์รายงานให้ทราบนั้นจะเรียกว่าเหตุการณ์ (Event) มี 2 ประเภท คือ

- เหตุการณ์ที่มีการสะท้อนกลับของแสง (Reflective Event) คือ เหตุการณ์ที่ค่าสะท้อนกลับของแสงมีการเปลี่ยนแปลงในสายไฟเบอร์ ซึ่งอาจเกิดได้เนื่องจากสายแตกหัก การเชื่อมต่อสายไม่ว่าจะเป็นแบบให้หัวเชื่อมต่อ การสไปลซ์แบบแมคานิก หรือสุดปลายสาย การเชื่อมต่อแบบให้หัวเชื่อมต่อจะสูญเสียสัญญาณประมาณ 0.5 dB และการสไปลซ์แบบแมคานิก จะสูญเสียสัญญาณประมาณ 0.2 dB
- เหตุการณ์ที่ไม่มีการสะท้อนกลับของแสง (Non-reflective Event) คือ เหตุการณ์ที่แสงไม่สะท้อนกลับ เช่น การสไปลซ์แบบหลอมละลาย (Fusion Splice)



ภาพที่ 3.21 ตัวอย่างกราฟที่แสดงโดยโอทีดีอาร์
ที่มา: The Fiber Optic Association, Inc. (2013).

การแสดงผลของโอทีดีอาร์ โดยทั่วไปจะมีลักษณะดังภาพด้านบน เหตุการณ์ต่าง ๆ จะแสดงผลบนกราฟที่ไม่เหมือนกัน กราฟจะอธิบายลักษณะของสายไฟเบอร์ที่กำลังทดสอบอยู่ทำให้สามารถนับจำนวนครั้งและตำแหน่งที่มีการเชื่อมต่อ สไปลซ์หัวเชื่อมต่อได้ ซึ่งจะช่วยในการค้นหาจุดเสียของสาย จุดที่สายขาด หรือจุดที่มีการเชื่อมต่อไม่ดี เป็นต้น

โอทีดีอาร์เป็นเครื่องมือตรวจวัดสายไฟเบอร์ที่สำคัญและมีประโยชน์มากสำหรับการติดตั้งเครือข่ายที่ใช้สายไฟเบอร์ออปติก ผู้ใช้เครื่องมือนี้ควรมีความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแสง และก่อนที่จะใช้งานควรศึกษาคู่มือการใช้งานให้ดีก่อน

จากที่กล่าวมาเกี่ยวกับสายใยแก้วนำแสงสามารถสรุปลักษณะทั่วไปได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.6 สรุปลักษณะทั่วไปของสายใยแก้วนำแสง

สายโคแอกเซียล	รายละเอียด
ลักษณะสายสัญญาณ	แกนกลางเป็นแท่งแก้ว มีส่วนห่อหุ้ม รอบแท่งแก้ว และส่วนป้องกัน หุ้มบนส่วนห่อหุ้มและชั้นนอกสุดหุ้มด้วย ส่วนหุ้มภายนอก เพื่อป้องกันการโค้งงอสาย
ชนิดสายสัญญาณ	1. สายใยแก้วนำแสงแบบ ซิงเกิลโหมด 2. สายใยแก้วนำแสงแบบ มัลติโหมด แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด 2.1 สายใยแก้วนำแสงชนิด Step – index 2.2 สายใยแก้วนำแสงชนิด Graded – index
การส่งสัญญาณ	ใช้สัญญาณแสง โดยการเปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณแสงก่อนรับส่ง
อุปกรณ์สนับสนุน	1. ใช้อุปกรณ์ทวนสัญญาณ (Repeater) ขยายระยะทางการรับส่งข้อมูล 2. ใช้อุปกรณ์กำเนิดแสง และอุปกรณ์ตรวจจับแสง
ข้อดี	1. มีความกว้างของช่องสื่อสารมาก 2. ไม่นำกระแสไฟฟ้า และไม่มีการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า 3. มีการสูญเสียต่ำ 4. มีความน่าเชื่อถือของระบบและความปลอดภัยของสัญญาณสูง
ข้อเสีย	1. สายมีราคาแพง 2. การเชื่อมต่อมีขั้นตอนยุ่งยาก 3. อุปกรณ์ที่ใช้กับระบบมีราคาแพง 4. การเดินสายและติดตั้งต้องระมัดระวังสูงและยุ่งยาก
การนำไปใช้งาน	1. ใช้ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ความเร็วสูง 2. เป็นสายสื่อสารหลักระหว่างเครือข่ายสื่อสาร

กิจกรรมที่ 3.1

1. วัตถุประสงค์ของการพันสายลวดตัวนำเป็นเกลียวคู่สำหรับสายคู่ตีเกลียวคืออะไร
2. สาย STP มีข้อดีกว่าสาย UTP อย่างไร
3. ในการเชื่อมต่อสายโคแอกเซียลเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์มีข้อเสียอย่างไร
4. เพราะเหตุใดสายโคแอกเซียลแบบหนามีระยะทางการรับส่งสัญญาณข้อมูลได้ไกลกว่าสายโคแอกเซียลแบบบาง
5. สัญญาณแสงเคลื่อนที่ผ่านสายใยแก้วนำแสงได้อย่างไร
6. สายใยแก้วนำแสงมีผลกระทบจากคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าหรือไม่อย่างไร

3.2 ตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย

หัวข้อเนื้อหาย่อย

3.2.1 คลื่นวิทยุ

3.2.2 ไมโครเวฟ

3.2.3 อินฟราเรด

3.2.4 บลูทูธ

3.2.5 เซลลูล่าร์

แนวคิด

1. คลื่นวิทยุ เป็นคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ที่มีความถี่ระหว่าง 3 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 3 กิกะเฮิร์ตซ์ ลักษณะของการแพร่กระจายสัญญาณจะแพร่กระจายออกไปรอบทิศทาง

2. ไมโครเวฟเป็น คลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ที่มีความถี่ระหว่าง 1 กิกะเฮิร์ตซ์ ถึง 300 กิกะเฮิร์ตซ์ ลักษณะการแพร่กระจายสัญญาณจะเป็นแบบแนวเส้นตรง ในระดับสายตาที่ไม่มีสิ่งกีดขวางการรับส่งสัญญาณ

3. อินฟราเรดเป็น คลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีความถี่ระหว่าง 300 กิกะเฮิร์ตซ์ ถึง 400 ทีราเฮิร์ตซ์ อินฟราเรดเป็นคลื่นแสงที่อยู่ต่ำกว่าแสงสีแดง ลักษณะการรับส่งสัญญาณจะเป็นแนวเส้นตรงไม่มีสิ่งกีดขวางและระยะทางการรับส่งสัญญาณจะไม่ไกล

4. บลูทูธ เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายที่ใช้คลื่นวิทยุความถี่สูงประมาณ 2.4 กิกะเฮิร์ตซ์ สำหรับการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์สื่อสารขนาดเล็กต่าง ๆ มีระยะทางการรับส่งข้อมูลสูงสุดไม่เกิน 100 เมตร

5. เซลลูล่าร์ เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายสำหรับระบบโทรศัพท์มือถือ มีการรับส่งสัญญาณเป็นทอด ๆ ระหว่างเซลล์รังผึ้งที่อยู่ติดกัน

วัตถุประสงค์

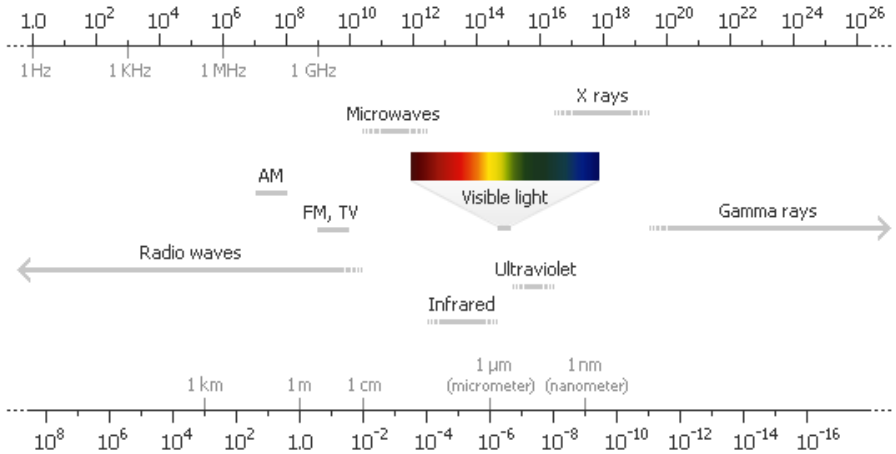
เมื่อศึกษาหัวข้อเนื้อหาหลักที่ 3.2 จบแล้ว ผู้เรียนสามารถอธิบายหัวข้อต่อไปนี้ได้

1. คุณสมบัติและข้อดีข้อเสียของคลื่นวิทยุได้
2. คุณสมบัติและข้อดีข้อเสียของระบบไมโครเวฟได้
3. คุณสมบัติและข้อดีข้อเสียของคลื่นอินฟราเรดได้
4. คุณสมบัติหลักการทำงานและข้อดีข้อเสียของเทคโนโลยีบลูทูธได้
5. คุณสมบัติหลักการทำงานและข้อดีข้อเสียของระบบโทรศัพท์เซลลูล่าร์ได้

สำหรับการสื่อสารแบบไร้สาย การรับส่งข้อมูลโดยทั่วไปจะผ่านอากาศ ซึ่งภายในอากาศนั้นจะมีพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่กระจายอยู่ทั่วไป โดยจะต้องมีอุปกรณ์ที่ไว้คอยจัดการกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหล่านั้น ปกติแล้วจะมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ 1) แบบกำหนดทิศทางของสัญญาณ (Directional) ด้วยการโฟกัสคลื่นนั้น ๆ ซึ่งจำเป็นต้องทำการรับส่งด้วยความระมัดระวัง โดยจะต้องอยู่ในแนวระนาบเดียวกัน เช่น การสื่อสารด้วยคลื่นไมโครเวฟ อุปกรณ์รับส่งจำเป็นต้องสื่อสารกันอยู่ในระดับสายตา ในการกำหนดทิศทางสัญญาณมักใช้งานได้ดีกับคลื่นความถี่สูงที่อยู่ในช่วงระหว่าง 2 GHz - 40 GHz ซึ่งเป็นคลื่นความถี่ไมโครเวฟ ทำให้สามารถสื่อสารในลักษณะแบบจุดต่อจุดได้ เช่น การใช้คลื่นไมโครเวฟในการสื่อสารระหว่างดาวเทียมกับภาคพื้นดิน เป็นต้น 2) แบบกระจายสัญญาณรอบทิศทาง (Omni directional) ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกไปนั้น จะกระจายหรือแพร่ไปทั่วทิศทางในอากาศ ทำให้สามารถรับส่งสัญญาณเหล่านี้ได้ด้วยการตั้งเสาอากาศ สัญญาณดังกล่าวจะอยู่ในช่วงความถี่ 30 MHz - 1 GHz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ของคลื่นวิทยุนั่นเอง ช่วงความถี่ช่วงนี้เหมาะสมกับการกระจายสัญญาณแบบรอบทิศทาง เช่น วิทยุกระจายเสียง หรือการแพร่ภาพสัญญาณโทรทัศน์ ซึ่งทำได้ด้วยการติดตั้งเสาอากาศทีวีเพื่อรับภาพสัญญาณโทรทัศน์ที่แพร่มาตามอากาศ โดยมีรายละเอียดของตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย ดังต่อไปนี้ (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2549: 150-151)

3.2.1 คลื่นวิทยุ

การติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านสื่อตัวกลางแบบใช้สาย นั้นเหมาะสำหรับบริเวณที่สามารถเดินสายสัญญาณได้สะดวก แต่สำหรับบริเวณที่ไม่สามารถเดินสายสัญญาณได้สะดวกหรือมีระยะทางไกล ทำให้การติดตั้งต้องใช้การลงทุนสูง ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวและทำให้การติดต่อสื่อสารมีความสะดวกมากขึ้นจึงได้มีการพัฒนารูปแบบการติดต่อสื่อสารผ่านสื่อตัวกลางใหม่และเรียกสื่อตัวกลางนี้ว่า "สื่อตัวกลางแบบไร้สาย (wireless)" โดยปกติแล้วลักษณะของสื่อตัวกลางแบบไร้สายจะอาศัยตัวกลางคืออากาศสำหรับนำพาสัญญาณข้อมูลส่งไปยังปลายทางหรือ ผู้รับแต่ด้วยคุณสมบัติของสัญญาณข้อมูลที่ไม่สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นอากาศไปได้ไกล ดังนั้น เพื่อทำให้ระยะทางการส่งสัญญาณข้อมูลผ่านอากาศไกลขึ้นจึงได้มีการผสมสัญญาณข้อมูลเข้ากับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อย่างไรก็ตามคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นที่มีแถบความถี่ในการใช้งานมากมายดังแสดงในภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.22 แถบความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา : Institute for Innovation and Development of Learning Process. (2004).

ดังนั้นชนิดของสื่อตัวกลางไร้สายที่จะกล่าวถึงจึงหมายถึงช่วงของความถี่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกนำมาใช้ในการติดต่อสื่อสาร เช่น คลื่นวิทยุ คลื่นไมโครเวฟ คลื่นอินฟราเรด เป็นต้น

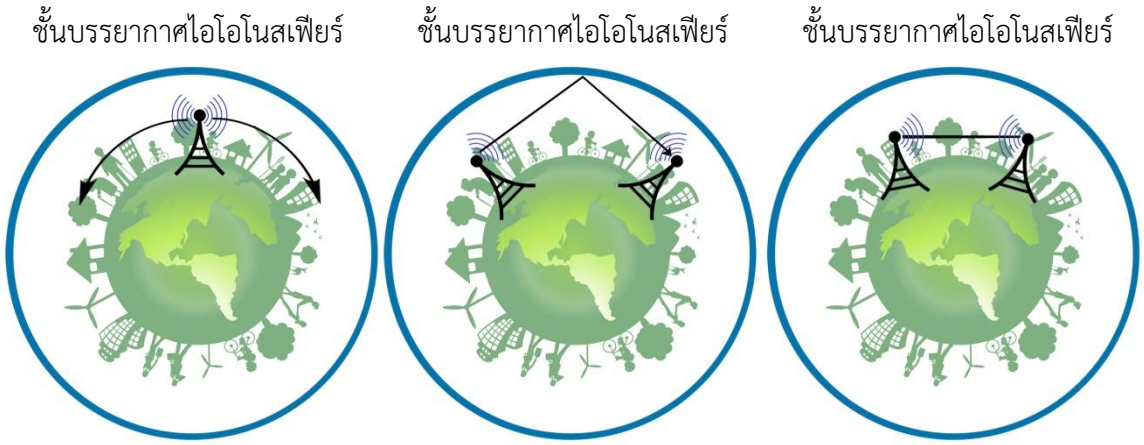
1) หลักการคลื่นวิทยุ

การสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการสื่อสารแบบไร้สายในสมัยแรกๆ และจุดประสงค์ของการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ คือ เพื่อทำให้สามารถรับส่งข้อมูลในระยะทางไกล ๆ ได้ คลื่นวิทยุเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ถูกค้นพบในปี ค.ศ.1864 โดย เจมเคลิร์ค แม็กเวลล์ (James Clerk Maxwell) นักฟสิกสชาวอังกฤษ หลังจากนั้นก็ได้มี การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับคลื่นวิทยุเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง คลื่นวิทยุนั้นเกิดจากการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าในสายอากาศ ทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระจายออกไปรอบๆ สายอากาศในทุกทิศทุกทาง (omni–directional) ดังนั้น การรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของเสาอากาศจึงไม่จำเป็นต้องตั้งทิศทางให้ชี้ตรงกับทิศทางของเสาส่งสัญญาณหรือทิศทางการแพร่กระจายคลื่น โดยปกติแล้วการแพร่กระจายคลื่นวิทยุจะมีวิธีการแพร่กระจายได้ 3 รูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 3.20 ได้แก่

1.1) การแพร่กระจายตามพื้นดิน (Ground propagation) วิธีนี้คลื่นวิทยุความถี่ต่ำน้อยกว่า 2 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz) จะถูกส่งให้เคลื่อนที่ไปตามแนวความโค้งของโลก หรือตามผิวดิน ระยะทางการเดินทาของสัญญาณขึ้นกับกำลังส่งของเครื่องส่ง คือ ถ้าสถานีส่งมีกำลังเครื่องส่งสูง จะทำให้การส่งสัญญาณคลื่นตามผิวดินสามารถเดินทางไปได้ไกล ๆ

1.2) การแพร่กระจายตามท้องฟ้า (Sky propagation) วิธีนี้คลื่นวิทยุความถี่สูงอยู่ระหว่าง 2 ถึง 30 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz) จะถูกส่งขึ้นไปบนท้องฟ้าในชั้นบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) ซึ่งเป็นชั้นบรรยากาศที่มีอิออนอยู่มาก ทำให้คลื่นวิทยุเมื่อเดินทางมาถึงชั้นบรรยากาศนี้จะถูกสะท้อนมายังพื้นโลกอีกครั้งด้วยระยะทางที่ไกลกว่าการแพร่สัญญาณตามพื้นดิน

1.3) การแพร่กระจายระดับสายตา(Line-of-sight propagation) วิธีนี้เป็นการส่งคลื่นวิทยุความถี่สูง มากกว่า 30 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz) ในแนวเส้นตรงระหว่างตัวส่งและตัวรับ โดยการส่งและการรับสัญญาณจะใช้เสาอากาศที่มีความสูงเพียงพอในการรับส่งกันได้ เพื่อหลีกเลี่ยงแนวความโค้งของโลก



ก) การแพร่กระจายตามพื้นดิน ข) การแพร่กระจายตามท้องฟ้า ค) การแพร่กระจายระดับสายตา

ภาพที่ 3.23 วิธีการแพร่สัญญาณคลื่นวิทยุ

โดยทั่วไปแล้วการแพร่กระจายคลื่นวิทยุมีช่วงความถี่สำหรับการแพร่กระจายตั้งแต่ 3 กิโลเฮิร์ตซ์ (kilohertz: KHz) ถึง 1 กิกะเฮิร์ตซ์ (Gigahertz: GHz) และนิยมส่งสัญญาณวิทยุแพร่กระจายตามท้องฟ้าซึ่งสามารถส่งคลื่นวิทยุไปได้เป็นระยะทางไกล ๆ เช่น การส่งกระจายคลื่นวิทยุระบบ AM และระบบ FM เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 แถบความถี่การใช้งานของสัญญาณคลื่นวิทยุ

แถบความถี่	ความถี่ใช้งาน	การแพร่กระจาย	การประยุกต์ใช้งาน
ความถี่ต่ำมาก	3-30 KHz	พื้นดิน	วิทยุคลื่นยาว การเดินเรือ
ความถี่ต่ำ	30-300 KHz	พื้นดิน	วิทยุสำหรับเครื่องบินและแจ้งการเดินเรือ
ความถี่ปานกลาง	300KHz-3MHz	ท้องฟ้า	วิทยุ AM
ความถี่สูง	3-30 MHz	ท้องฟ้า	วิทยุสื่อสาร การสื่อสารด้านเดินเรือและอากาศยาน
ความถี่สูงมาก	30-300MHz	ท้องฟ้าและระดับสายตา	โทรทัศน์ วิทยุ AM
ความถี่สูงมากมาก	300MHz-3GHz	ระดับสายตา	โทรทัศน์ เพจเจอร์ โทรทัศน์เซลลูล่าร์
ความถี่สูงมากพิเศษ	3-30 GHz	ระดับสายตา	การสื่อสารดาวเทียม
ความถี่สูงมากที่สุด	30-300 GHz	ระดับสายตา	การสื่อสารดาวเทียมเรดา

2) ข้อดีและข้อด้อยของการใช้งานคลื่นวิทยุ

2.1) ข้อดี

- สามารถรับส่งสัญญาณได้ในระยะทางที่ไกลได้
- คลื่นสามารถเดินทางผ่านทะลุกำแพงได้
- เดินทางผ่านตัวกลางของคลื่นจะไม่เสียค่าใช้จ่าย
- สามารถรับและส่งสัญญาณเคลื่อนขณะคลื่นที่ได้

2.2) ข้อด้อย

- เกิดการรวบรวมกันระหว่างความถี่ที่ใกล้เคียงกันได้ง่าย
- ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนสัญญาณให้อยู่เฉพาะภายในหรือภายนอกบริเวณที่ต้องการได้

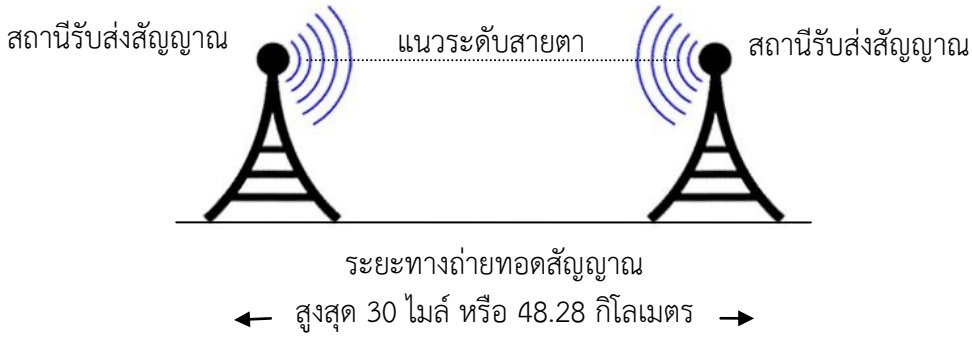
3.2.2 ไมโครเวฟ

เนื่องจากความต้องการวิทยุความถี่สูงเพื่อติดต่อสื่อสารไม่ให้รบกวนการสื่อสารของคลื่นวิทยุที่ใช้ในระบบคลื่นวิทยุ AM คลื่นวิทยุ FM หรือระบบโทรทัศน์มีมากขึ้น จึงทำให้มีการนำคลื่นวิทยุความถี่สูงระหว่าง 1 GHz ถึง 300 GHz มาใช้ติดต่อสื่อสารและผลจากการนำทางการรับส่งสัญญาณระหว่างสถานีรับและสถานีส่งในแนวระดับสายตาได้ ดังนั้น จึงได้มีการตั้งชื่อเรียก สำหรับการใช้งานในช่วงความถี่นี้ใหม่ว่า "คลื่นไมโครเวฟ" เนื่องจากความถี่ของคลื่นในช่วงนี้มีค่าที่สั้นมากในระดับไมโครเมตร

1) ลักษณะไมโครเวฟ

ไมโครเวฟเป็นคลื่นวิทยุชนิดหนึ่งที่มีความถี่ในระหว่าง 2 GHz ถึง 40 GHz (เกษรา ปัญญา, 2548: 67) การรับส่งสัญญาณไมโครเวฟมีลักษณะเป็นแนวเส้นตรงหรือ อยู่ในระดับสายตา (line

of sight) โดยเสาอากาศที่ทำหน้าที่ในการรับส่งสัญญาณนั้นต้องอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 3.24



ภาพที่ 3.24 การส่งสัญญาณข้อมูลแบบแนวเส้นตรงด้วยระบบไมโครเวฟ

ทิศทางในการรับส่งข้อมูลโดยการอาศัยสัญญาณไมโครเวฟในการแพร่กระจาย (Broadcasting) สำหรับสถานีรับส่งสัญญาณเป็นแบบทิศทางเดียว (Unidirectional) ทำหน้าที่รับและส่งสัญญาณหนึ่งไปยังอีกสถานีรับส่งสัญญาณหนึ่งซึ่งสัญญาณนั้นคือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูงที่ถูกส่งสัญญาณจากจานส่งบนเสาอากาศจากต้นทางไปยังจานรับสัญญาณที่ปลายทาง การรับส่งสัญญาณไมโครเวฟเหมาะสำหรับการสื่อสารระยะใกล้ (ไม่เกิน 30 ไมล์) ในบริเวณที่ไม่สามารถเดินสายนำสัญญาณได้ เช่น ภูเขา เป็นต้น อย่างไรก็ตามระหว่างการรับส่งข้อมูลต้องไม่มีตึก ภูเขา ต้นไม้ หรือ สิ่งกีดขวางระดับสูง มาบดบังการเดินทางของคลื่น

การพัฒนาการสื่อสารไมโครเวฟให้สามารถมีระยะทางการรับส่งสัญญาณได้ไกลขึ้นเพื่อต้องการให้สามารถครอบคลุมการสื่อสารได้ทั้งทวีปหรือทั่วโลก โดยระบบไมโครเวฟที่ได้รับการพัฒนาจะอาศัยสถานีทวนสัญญาณให้ลอยอยู่บนอวกาศตามแนววงโคจรค้างฟ้าที่อยู่เนื่องจากพื้นโลกประมาณ 22,236 ไมล์ หรือประมาณ 35,785 กิโลเมตร (เกษรา ปัญญา, 2548: 68) และเคลื่อนที่ตามการหมุนของโลกดังนั้นจะเรียกระบบการสื่อสารไมโครเวฟที่ได้รับการพัฒนาการนี้ว่า "ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม" ดังแสดงในภาพที่ 3.25

ภาพที่ 3.25 ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม

ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมมีลักษณะการติดต่อสื่อสารโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ย่านไมโครเวฟในการรับส่งสัญญาณ การส่งสัญญาณของระบบเริ่มจากการส่งสัญญาณจากสถานีภาคพื้นดินต้นทางผ่านชั้นบรรยากาศไปยังดาวเทียมในอวกาศที่มีจานเสาอากาศสำหรับรับสัญญาณโดยจะเรียกสัญญาณส่งช่วงนี้ว่า "สัญญาณเชื่อมต่อขาขึ้น (uplink)" และเมื่อดาวเทียมได้รับสัญญาณเชื่อมต่อขาขึ้น แล้วก็จะทำให้การส่งทวนสัญญาณผ่านชั้นบรรยากาศกลับไปยังสถานีภาคพื้นดินปลายทาง และจะเรียกสัญญาณส่งกลับสัญญาณช่วงนี้ว่า "สัญญาณเชื่อมต่อขาลง (downlink)" โดยมีอุปกรณ์บนดาวเทียมที่เรียกว่า "ทรานส์ปอนเดอร์ (transponder)" ทำหน้าที่รับสัญญาณเชื่อมต่อขาขึ้นสัญญาณและเชื่อมต่อขาลงไปยังปลายทาง และเนื่องจากการรับส่งสัญญาณย่านความถี่ไมโครเวฟ (2-40 GHz) ที่ช่วงความถี่สูง ๆ สัญญาณจะมีผลกระทบจากสภาพอากาศมากกว่าในช่วงความถี่ต่ำ ดังนั้นจึงทำให้มีการนิยมใช้งานย่านความถี่ของไมโครเวฟสำหรับระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมในช่วงความถี่ตั้งแต่ 1 ถึง 10 GHz มากกว่าความถี่ช่วงอื่น เนื่องจากช่วงความถี่นี้มีผลกระทบจากสภาพอากาศน้อยกว่า และความถี่ในช่วงนี้ได้มีการแบ่งความถี่ออกเป็นช่วงความถี่ต่าง ๆ พร้อมกับการกำหนดชื่อเรียกในแต่ละช่วงความถี่ ดังแสดงในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ชื่อเรียกความถี่ที่ใช้งานในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม

ชื่อแถบความถี่	ความถี่ใช้งาน
L-Band	1-2 GHz
S-Band	2-4 GHz
C-Band	4-8 GHz
X-Band	8-12 GHz

ในตารางที่ 3.8 แถบความถี่ที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ แถบความถี่ย่าน C-Band ซึ่งมีความถี่สัญญาณเชื่อมต่อขาขึ้น ประมาณ 6 GHz สัญญาณเชื่อมต่อขาลงประมาณ 4 GHz และเนื่องจากย่าน C-Band เป็นย่านความถี่ที่มีการใช้งานค่อนข้างมากจนทำให้อาจเกิดปัญหาการรบกวนกัน เนื่องจากช่องสัญญาณไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ดังนั้นจึงได้มีการขยายย่านความถี่ใหม่เป็นย่านความถี่ขาขึ้นประมาณ 14 GHz และความถี่สัญญาณเชื่อมต่อขาลงประมาณ 12 GHz โดยกำหนดชื่อเรียกย่านความถี่ดังกล่าวเป็น Ku-Band จากตรงนี้จะสังเกตได้ว่าสัญญาณเชื่อมต่อขาขึ้น และสัญญาณเชื่อมต่อขาลง จะมีความถี่สัญญาณไม่เท่ากัน หรือความถี่ขาขึ้นสูงกว่าความถี่ขาลง เพื่อป้องกันการรบกวนของสัญญาณการรับและการส่ง จึงต้องใช้ความถี่สำหรับสัญญาณขาขึ้น และเชื่อมต่อขาลงที่มีความถี่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากดาวเทียมมีระยะห่างจากพื้นโลกมาก ดังนั้นการส่งสัญญาณจากพื้นโลกขึ้นไป หรือการส่งสัญญาณกลับลงมาซึ่งเป็นระยะทางประมาณ 70,000 กิโลเมตร ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาช่วงหนึ่งก่อนสัญญาณส่งถึงสถานีปลายทาง และเรียกช่วงเวลาดังกล่าวว่า ช่วงเวลาหน่วง (delay time) ซึ่งเป็นข้อเสียที่สำคัญของระบบนี้

2) ข้อดีและข้อด้อยของการใช้งานระบบไมโครเวฟ

2.1) ข้อดี

- มีช่วงความถี่ที่กว้างสำหรับการใช้งาน
- สามารถใช้ในพื้นที่ทุรกันดารที่ไม่สามารถเดินสายได้

2.2) ข้อด้อย

- สัญญาณไมโครเวฟไม่สามารถเดินทางผ่านสิ่งกีดขวางได้ เช่น กำแพง ตึก อาคาร ภูเขา เป็นต้น
- ความโค้งของผิวโลกเป็นอุปสรรคในการรับส่งสัญญาณในระยะทางที่ไกลขึ้น

3.2.3 อินฟราเรด

ลำแสงอินฟราเรดมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า รังสีใต้แดง หรือรังสีความร้อน ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับการสื่อสารระยะใกล้มาหลายศตวรรษ มีลักษณะเป็นคลื่นวิทยุความถี่ที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่าความยาวคลื่นสีแดง ทำให้สายตาคนไม่สามารถสังเกตเห็นแสงของอินฟราเรดได้ คลื่นอินฟราเรดมีลักษณะการเดินทางของแสงเป็นแนวเส้นตรงหรือในแนวระดับสายตา ไม่สามารถทะลุผ่านวัตถุทึบแสงได้ นิยมใช้ในการติดต่อในระยะทางที่ใกล้ ๆ การประยุกต์ใช้คลื่นอินฟราเรดจะเป็นการประยุกต์ใช้ในการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless communication) ในการควบคุมเครื่องมือ เครื่องใช้ไฟฟ้า โดยการส่งสัญญาณไปทาง LED (Light Emitting Diode) โดยตัวส่ง (transmitter) หรือเลเซอร์ไดโอด (laser diode) และจำเป็นต้องมีตัวรับ (receiver) คอยทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลให้กลับไปเป็นข้อมูลที่ส่งเข้ามา

1) ลักษณะอินฟราเรด

อินฟราเรด (infrared: IR) มีชื่อเรียกอีกชื่อว่า รังสีใต้แดง หรือรังสีความร้อน เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและแสงมีความถี่ในช่วง 10^{12} – 10^{14} Hz (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2549: 153) มีความถี่ในช่วงเดียวกับไมโครเวฟ มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างแสงสีแดงกับคลื่นวิทยุสื่อสารทุกชนิดที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง -200 องศาเซลเซียสถึง 4,000 องศาเซลเซียส จะปล่อยรังสีอินฟาเรดออกมา คุณสมบัติเฉพาะตัวของอินฟราเรด เช่น ไม่เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่แตกต่างกันก็คือ คุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับความถี่ คือยิ่งความถี่สูงมากขึ้น พลังงานก็สูงขึ้นด้วย คลื่นสัญญาณอินฟราเรดมีความยาวคลื่นตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร ถึง 700 นาโนเมตร ความถี่ของสัญญาณอินฟราเรดถือได้ว่าเป็นความถี่ของแสงที่ต่ำกว่าแสงสีแดงที่ตาคนเราไม่สามารถมองเห็นได้ ปัจจุบันนำแสงอินฟราเรดมาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น รีโมทคอนโทรลสำหรับวิทยุและโทรทัศน์ เป็นต้น สำหรับการประยุกต์ใช้งานทางด้านเครือข่ายไร้สายเฉพาะบริเวณพื้นที่ครอบคลุมระยะทางประมาณ 10-30 เมตร (เกษรา ปัญญา, 2548: 70)

ตัวอย่างของอุปกรณ์ที่ใช้อินฟราเรดในการสื่อสารข้อมูล เช่น เมาส์ เครื่องพิมพ์ รีโมทคอนโทรล เป็นต้น โดยปกติพอร์ตสำหรับการเชื่อมต่ออินฟราเรดจะเรียกว่า "Infrared Data Association : IrDA" และการใช้งานของคลื่นอินฟราเรด ได้แก่ การใช้คีย์บอร์ดแบบไร้สายติดต่อกับคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

2) ข้อดีและข้อด้อยของการใช้งานระบบไมโครเวฟ

2.1) ข้อดี

- นำมาปรับใช้กับการสื่อสารแบบไร้สาย ที่มีการสื่อสารในระยะทางแบบใกล้ๆ เช่น รีโมทคอนโทรล สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า (โทรทัศน์ วิทยุ รถยนต์) และอุปกรณ์ต่อพ่วงกับเครื่องคอมพิวเตอร์ คีย์บอร์ดหรือเมาส์ไร้สาย รวมทั้งระบบเปิดปิดประตู หรือ หูฟังแบบไร้สาย เป็นต้น
- เนื่องจากอุปกรณ์อินฟราเรดมีขนาดเล็ก ราคาถูก รวมทั้งใช้พลังงานน้อยและยังสามารถใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นได้ง่าย จึงถูกนำมาประยุกต์เพื่อใช้งานกับโน๊ตบุ๊ค และโทรศัพท์
- สัญญาณสื่อสารมีความปลอดภัยสูงและไม่จำเป็นต้องขออนุญาตการใช้งาน

- ไม่มีคลื่นแทรกจากสัญญาณใกล้เคียง

2.2) ข้อด้อย

- ไม่เหมาะกับการสื่อสารระยะไกล
- ไม่สามารถใช้ภายนอกอาคารที่มีแสงแดดได้ เนื่องจากแสงแดดจะมีคลื่นอินฟราเรดเหมือนกัน ดังนั้นจึงมีโอกาสที่สัญญาณจะถูกรบกวนได้
- ถ้ามีการปิดบังทางเดินของแสงอินฟราเรดจะทำให้การรับส่งสัญญาณขาดหายได้

3.2.4 บลูทูธ

บลูทูธ (Bluetooth) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการติดต่อเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์ โดยใช้เทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารไร้สายที่ใช้คลื่นวิทยุความถี่สูงประมาณ 2.4 GHz โดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้การเดินทางของคลื่นเป็นแบบเส้นตรงเหมือนอินฟราเรด และยังสามารถส่งข้อมูลได้หลากหลายประเภททั้งข้อมูลภาพและเสียง การสื่อสารบลูทูธได้รับการวิจัยพัฒนาจากการรวมตัวของบริษัทยักษ์ใหญ่ เช่น อิริคสัน โมบาย คอมมูนิเคชั่น จำกัด (Ericson Mobile Communication Co. Ltd.,) บริษัท โนเกีย จำกัด (Nokia Co. Ltd.,) บริษัทไอบีเอ็ม จำกัด (IBM Co. Ltd.,) บริษัทโตชิบา จำกัด (Toshiba Co. Ltd.,) และบริษัทอินเทลคอร์ปอเรชั่น จำกัด (Intel Corporation Co. Ltd.,) ใช้ชื่อกลุ่มว่า "Special Interest Group (SIG)" โดยทางกลุ่ม SIG ได้ทำการวิจัยและพัฒนาโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการสื่อสารแบบใหม่ที่ปราศจากสายสัญญาณเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์สื่อสาร เพื่อพัฒนาเพื่อนำไปใช้ติดต่อสื่อสารระโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์สื่อสารต่าง ๆ หรืออาจใช้เป็นอุปกรณ์สื่อสารที่เป็นขนาดเล็กด้วยกันในระยะทางที่ไม่ไกลสำหรับการรับส่งข้อมูลขนาดไม่ใหญ่และจำนวนไม่มาก และมีการสูญเสียพลังงานน้อย ทำให้ใช้งานสำหรับการติดต่อสื่อสารได้นาน เช่น ไฟล์ภาพ ไฟล์เสียง และแอปพลิเคชั่นต่าง ๆ

1) ประเภทของบลูทูธ

เทคโนโลยีไร้สายบลูทูธใช้คลื่นความถี่ประมาณ 2.4 GHz สำหรับการติดต่อสื่อสารรับส่งข้อมูลไม่มากและมีระยะทางการติดต่อสื่อสารที่ไม่ไกลดังนั้นระยะทางการติดต่อสื่อสารของบลูทูธจึงมีผลต่อการรับส่งข้อมูลอย่างมาก และทำให้การแบ่งประเภทของบลูทูธตามระยะทางสำหรับการใช้งานได้เป็น 3 คลาส ได้แก่

1.1) แบบคลาส 1 (Class 1) มีระยะทางสำหรับการรับส่งข้อมูลมีระยะรัศมีไม่เกิน 100 เมตร และใช้พลังงานประมาณ 100 มิลลิวัตต์ (milliwatt: mW) โดยพลังงานดังกล่าวมีค่าการใช้พลังงานประมาณครึ่งหนึ่งของอุปกรณ์ไร้สาย ในระบบไวร์เลสแลน (Wireless LAN) ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 โดยอุปกรณ์ไร้สายในระบบนี้มีการใช้พลังงานประมาณ 250 mW

1.2) แบบคลาส 2 (Class 2) มีระยะทางสำหรับการรับส่งข้อมูลในระยะรัศมีประมาณไม่เกิน 10 เมตร และใช้พลังงานประมาณ 2.5 mW โดยคลาสการทำงานนี้ได้รับความนิยมสำหรับการใช้งาน เนื่องจากใช้พลังงานค่อนข้างน้อย

1.3) แบบคลาส 3 (Class 3) มีระยะทางสำหรับการรับส่งข้อมูลระยะรัศมีประมาณไม่เกิน 1 เมตร และใช้พลังงานประมาณ 1mW โดยคลาสการทำงานนี้ถือว่าเป็นคลาสการทำงานที่ใช้พลังงานน้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากระยะทางสำหรับการรับส่งข้อมูลค่อนข้างสั้น ทำให้ไม่เป็นที่นิยมสำหรับการใช้งาน อย่างไรก็ตามระยะทางการรับส่งข้อมูลของบลูทูธจะขึ้นต่อกำลังส่ง หรือพลังงานที่สูญเสียไปที่ใช้สำหรับแพร่กระจายสัญญาณโดยการใช้กำลังส่งสัญญาณที่สูง ๆ จะทำให้การรับส่งข้อมูลมีระยะทางการรับส่งที่ไกลขึ้น

2) ลักษณะบลูทูธ

การรับส่งข้อมูลของบลูทูธมีหลักการทำงานโดยการแบ่งสัญญาณคลื่นวิทยุความถี่สูงประมาณ 2.4 GHz ออกเป็นช่องสัญญาณจำนวน 79 ช่องสัญญาณ แล้วใช้ช่องสัญญาณจำนวนนี้สลับช่องไปมาจำนวน 1,600 ครั้งต่อ 1 วินาที โดยมีการเปลี่ยนช่องสัญญาณที่ใช้ติดต่อสื่อสารที่ไม่ได้เรียงตามหมายเลขช่องอย่างอัตโนมัติ เพื่อทำให้การดักฟังหรือการลักลอบขโมยข้อมูลทำได้ยากขึ้น และป้องกันสัญญาณคลื่นรบกวนกันและกันในกรณีที่มีอุปกรณ์บลูทูธติดต่อสื่อสารกันอยู่ใกล้ ๆ กันจำนวนมาก อย่างไรก็ตามการติดต่อสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์ของบลูทูธ จะมีการค้นหาอุปกรณ์บลูทูธและตรวจสอบข้อมูลการสื่อสารของอุปกรณ์ที่พบว่าสามรถสื่อสารกันได้หรือไม่ ถ้าพบว่าได้ก็จะมีการป้อนรหัสก่อนการเชื่อมต่อสื่อสารกับอุปกรณ์บลูทูธนั้น

3) ข้อดีและข้อด้อยของการใช้งานบลูทูธ

3.1) ข้อดี

- การรับส่งอุปกรณ์ข้อมูลไม่จำเป็นต้องใช้สายเชื่อมต่อสัญญาณ
- อุปกรณ์สื่อสารมีขนาดเล็ก ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน
- ใช้พลังงานน้อย ประมาณ 0.1 วัตต์
- สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งภาพและเสียง

3.2) ข้อด้อย

- ระยะการติดต่อสื่อสารของบลูทูธจำกัดเพียง 5-10 เมตร เท่านั้น จึงไม่เหมาะกับการสื่อสารระยะไกล
- ความสามารถในการส่งถ่ายข้อมูลเพียง 1 Mbps ซึ่งเหมาะกับการส่งข้อมูลบนโทรศัพท์มือถือ เพราะปริมาณการส่งผ่านข้อมูลน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลทั่วไป
- จำกัดจำนวนการเชื่อมต่อสัญญาณ มักใช้เพียง 1 อุปกรณ์ต่อการเชื่อมต่อหนึ่งครั้งเท่านั้น ถ้ามีจำนวนการเชื่อมต่อที่มากจะต้องสลับการใช้งาน ซึ่งจะทำให้การทำงานล่าช้ากว่าการใช้สายสัญญาณ

3.2.5 เซลลูล่าร์

เซลล์ลูล่าร์ (Cellular) เป็นเทคโนโลยีสื่อสารรูปแบบหนึ่งของระบบการสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือบางครั้งเรียกว่า "โทรศัพท์มือถือ" ที่ได้รับความนิยมใช้งานในปัจจุบัน ระบบเซลลูล่าร์เป็นระบบที่ได้รับการพัฒนามาจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Telephone System: MTS) โดยการใช้งานในระยะแรกได้เรียกชื่อว่า "ระบบ AMPS (Analog Advance Mobile Phone Service)" ระบบดังกล่าวส่งสัญญาณแบบแอนะล็อกความถี่สูงในช่วงแถบความถี่ 300 MHz-3 GHz ด้วยหลักการแบ่งช่องสัญญาณทางความถี่ (Frequency Division Multiple Access: FDMA) ทำให้มีช่องสัญญาณสำหรับการติดต่อสื่อสารเป็นจำนวนมากได้ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2554: 3-41)

โครงสร้างระบบโทรศัพท์เครื่องที่แบบเซลลูล่าร์ มีส่วนประกอบหลักด้วยกัน 3 ส่วนได้แก่

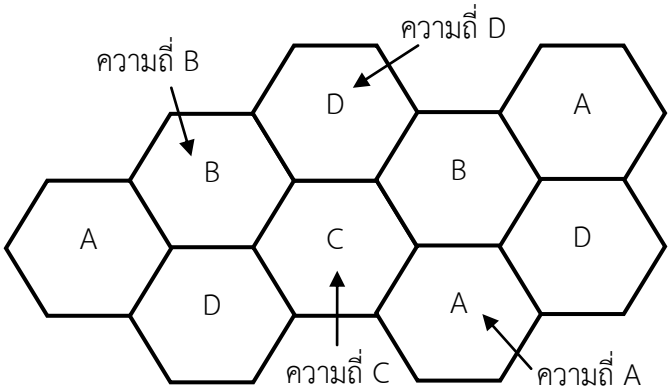
- ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Telephone Exchange: MTX หรือ Mobile Station Control: MSX) มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุมสายทั้งหมด ได้แก่ การตัดต่อ การค้นหาเลขหมาย การเลือกเส้นทางรวมทั้งส่งสัญญาณต่าง ๆ เป็นต้น
- สถานีฐาน (Base Station: BS หรือ Base Transceiver Station: BTS) มีหน้าที่รับส่งสัญญาณกับเครื่องโทรศัพท์ เพื่อทำการติดต่อสื่อสารและถ่ายทอดสัญญาณไปยังชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่

สถานีฐานนี้มีการกระจายอยู่ตามจุดต่าง ๆ ในพื้นที่ที่ให้บริการและเรียกจุดให้บริการเหล่านั้นว่า "เซลล์ (cell)"

- เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station: MS) หมายถึง อุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ที่ทำหน้าที่รับส่งสัญญาณระหว่างผู้รับกับผู้ส่ง

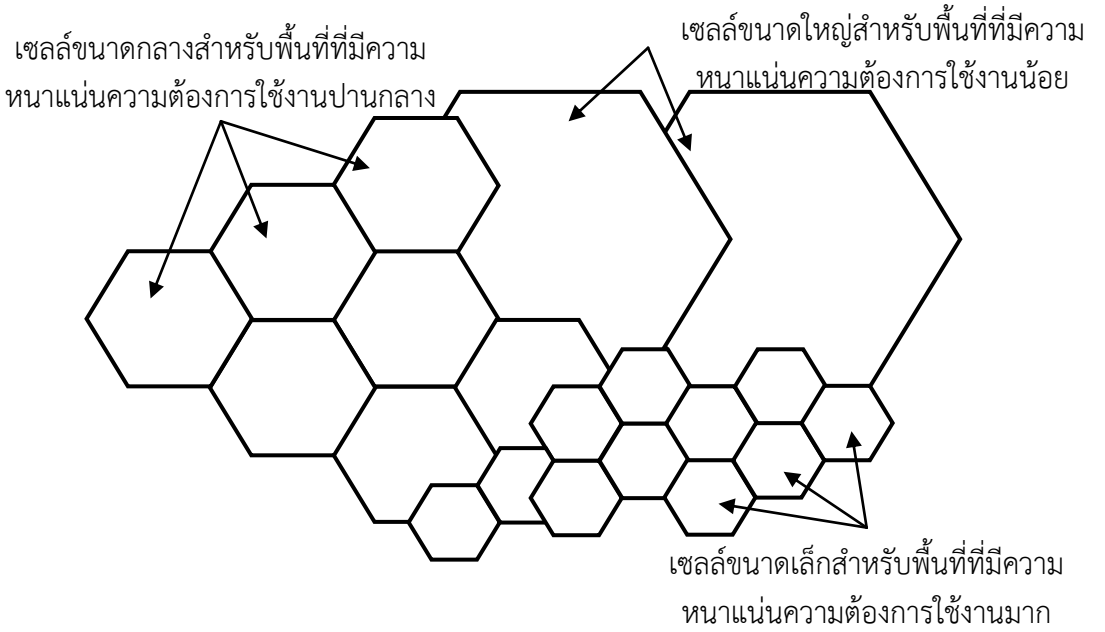
1) ลักษณะเซลลูล่าร์

ระบบการสื่อสารโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูล่าร์นั้นจะทำการแปลสัญญาณเสียงให้เป็นคลื่นความถี่เพื่อออกไปยังผู้รับผ่านเซลล์ (Cell) แต่ละเซลล์เป็นทอดๆที่เรียงต่อกันคล้ายรังผึ้ง จนกว่าจะถึงเซลล์ของผู้รับ ดังแสดงภาพที่ 3.26



ภาพที่ 3.26 พื้นที่เซลล์สำหรับการติดต่อสื่อสารที่มีลักษณะคล้ายรังผึ้ง

ในภาพที่ 3.26 พื้นที่เซลล์แต่ละเซลล์ที่อยู่ติดกันจะให้บริการครอบคลุมเฉพาะพื้นที่ในเซลล์นั้น ๆ โดยมีเครื่องรับส่งสัญญาณความถี่สูงที่ไม่ซ้ำกันติดต่อสื่อสารกับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ และสำหรับแต่ละเซลล์ที่อยู่ติดกันความถี่ที่ไม่ซ้ำกันก็เพื่อป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกัน โดยทั่วไปขนาดพื้นที่เซลล์สำหรับการใช้งานจริงไม่จำกันต้องมีขนาดเท่ากัน เช่นในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นตามความต้องการการใช้งานโทรศัพท์มาก ขนาดพื้นที่เซลล์ที่ให้บริการจะมีขนาดเล็ก และในทางตรงกันข้าม ขนาดพื้นที่เซลล์สำหรับให้บริการจะมีขนาดใหญ่สำหรับพื้นที่ที่มีความหนาแน่นความต้องการการใช้งานโทรศัพท์น้อย เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 3.27



ภาพที่ 3.27 ขนาดพื้นที่เซลล์ที่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นความต้องการใช้งานโทรศัพท์

ในภาพที่ 3.27 โดยปกติทั่วไปเซลล์มาตรฐาน (Standard cell) จะให้บริการในบริเวณกว้าง มีพื้นที่ให้บริการอยู่ที่ประมาณ 20-50 กิโลเมตร แต่ถ้าพื้นที่ใดที่มีความหนาแน่นและความต้องการของผู้ใช้งานเพิ่มมากขึ้นจะมีการลดขนาดของเซลล์ลง เพื่อเป็นการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณรองรับการติดต่อสื่อสารที่มีจำนวนมากขึ้น สำหรับเซลล์เล็ก (Small cell) มีขนาดพื้นที่ให้บริการอยู่ที่ประมาณ 5-15 กิโลเมตร และเซลล์จิ๋ว (Micro cell) จะมีขนาดพื้นที่ให้บริการอยู่ที่ 1-5 กิโลเมตร รองรับการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อมีผู้ใช้จำนวนหนาแน่นมากขึ้นหรือเป็นเมืองใหญ่หรือแหล่งชุมชน

โดยปกติแล้วผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่มักจะเคลื่อนที่ไปพร้อมขณะใช้บริการเช่น กำลังใช้โทรศัพท์มือถืออยู่บนรถยนต์ซึ่งกำลังวิ่ง เป็นต้น การเคลื่อนที่ดังกล่าวสามารถทำให้โทรศัพท์ที่ใช้พื้นที่เซลล์ให้บริการพื้นที่หนึ่งเปลี่ยนไปใช้บริการของพื้นที่เซลล์ข้างเคียงอีกเซลล์หนึ่งแทน เพื่อให้การใช้งานติดต่อสื่อสารเป็นไปอย่างต่อเนื่องโดยสายไม่หลุดวิธีการรักษาความต่อเนื่องของช่องสัญญาณการสื่อสารนี้เรียกว่า "การส่งต่อ (Hand off)" การส่งต่อเป็นลักษณะของการส่งต่อการสื่อสารระหว่างพื้นที่เซลล์ที่ติดกัน อย่างไรก็ตาม ในขณะการส่งต่อมักจะเกิดปัญหาขึ้น คือเมื่อผู้ใช้บริการโทรศัพท์มือถือมีจำนวนมากที่ต้องการส่งต่อระหว่างเซลล์พร้อมๆ กัน ระบบชุมสายอาจทำงานผิดพลาดได้ และเพื่อป้องกันการทำงานที่อาจจะผิดพลาดดังกล่าว จึงได้มีการสร้างเซลล์คลุม หรือเรียกว่า "เซลล์ร่ม (Umbrella Cell)" ขึ้นมาเพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการส่งข้อมูลข้ามเซลล์ และตรวจสอบการข้ามเซลล์จำนวนทีละมาก ๆ โดยเซลล์ร่มจะให้บริการครอบคลุมพื้นที่เซลล์ปกติหลาย ๆ เซลล์ ที่มีจำนวนการใช้งานโทรศัพท์อยู่จำนวนมาก

ในปัจจุบันระบบโทรศัพท์เซลล์ล่าร์แบบดิจิตอล ได้รับความนิยมในการใช้งานกันอย่างมากเมื่อเทียบกับระบบโทรศัพท์เซลลูล่าร์แบบแอนะล็อก เนื่องจากระบบที่ใช้สัญญาณแอนะล็อกมีความไวต่อสัญญาณรบกวน และการใช้แบ่งช่องสัญญาณแบบ FDMA จะกำหนดคลื่นความถี่สำหรับผู้ใช้กลุ่มหนึ่ง ผู้ใช้กลุ่มอื่นจะไม่สามารถใช้คลื่นความถี่นี้ได้จนกว่าจะเลิกใช้หรือช่องสัญญาณนั้นว่างลง ทำให้เกิดปัญหาและยากต่อการเพิ่มความถี่ของช่องสัญญาณได้อีก เมื่อจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงได้มีการปรับเปลี่ยนสัญญาณจากสัญญาณแอนะล็อกมาเป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีความทนต่อสัญญาณการรบกวน และใช้การแบ่งช่องสัญญาณออกเป็นช่วงเวลา (Time Slot) ถูกเรียกว่า "ทีดีเอ็มเอ (Time

Division Multiple Access: TDMA)" ทำให้ผู้ใช้ช่องสัญญาณสามารถใช้คลื่นความถี่เดียวกันได้สำหรับการรับส่งสัญญาณแบบหลายช่องและเรียกระบบสื่อสารโทรศัพท์แบบใหม่นี้ว่าระบบจีเอสเอ็ม (Global System for Mobile: GSM) อย่างไรก็ตาม การใช้ความถี่ที่ไม่ซ้ำในพื้นที่เซลล์ที่อยู่ติดกันก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องความถี่อยู่ ดังนั้นจะได้มีการคิดค้นพัฒนาระบบการส่งสัญญาณแบบหลายช่องสัญญาณใหม่ขึ้นมาเรียกว่า "ระบบซีดีเอ็มเอ (Code Division Multiple Access: CDMA)" ในระบบนี้แต่ละเซลล์ที่อยู่ติดกันจะใช้ความถี่ซ้ำกันแต่มีรหัส (Code) ของสัญญาณต่างกัน ทำให้ระบบนี้ช่วยประหยัดทรัพยากรทางด้านความถี่ได้อย่างมาก

2) ข้อดีและข้อด้อยของเซลลูล่าร์

2.1) ข้อดี

- รับส่งสัญญาณได้หลายช่องสัญญาณ
- อุปกรณ์โทรศัพท์สำหรับติดต่อสื่อสารมีขนาดเล็กทำให้ง่ายต่อการพกพา
- นำมาใช้ในการสื่อสารของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

2.2) ข้อด้อย

- ปริมาณการรับส่งข้อมูลไม่มากนัก
- ระยะทางการติดต่อสื่อสารขึ้นอยู่กับที่ตั้งของสถานีฐาน

กิจกรรมที่ 3.2

1. ลักษณะของการแพร่กระจายสัญญาณแบบแพร่กระจายตามท้องฟ้าเป็นอย่างไร
2. สัญญาณคลื่นวิทยุที่ความถี่สูงจะมีความยาวคลื่นเป็นอย่างไร
3. ลักษณะการรับส่งสัญญาณแบบแพร่กระจายระดับสายตา เป็นอย่างไร
4. เพราะเหตุใดความถี่ของสัญญาณเชื่อมต่อขาขึ้น และสัญญาณเชื่อมต่อขาลง สำหรับการรับส่งสัญญาณดาวเทียมจึงไม่เท่ากัน
5. คลื่นอินฟราเรดเป็นคลื่นที่สามารถมองเห็นได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
6. การรับส่งคลื่นอินฟราเรดมีลักษณะการรับส่งสัญญาณอย่างไร
7. เทคโนโลยีบลูทูธมีลักษณะการแพร่กระจายสัญญาณคลื่นวิทยุเพื่อรับส่งข้อมูลอย่างไร
8. เทคโนโลยีบลูทูธ และเทคโนโลยีไร้สายมีความแตกต่างกันอย่างไร
9. หลักการทำงานของระบบโทรศัพท์เซลลูล่าร์เป็นอย่างไร
10. ระบบเซลลูล่าร์ใช้สัญญาณแบบใดในการติดต่อสื่อสาร

เอกสารอ้างอิง

ก่อกิจ วีระอาชากุล. (2553). **Guide & Practice Network Administration.** นนทบุรี : ไอดีซีฯ.

เกษรา ปัญญา. (2548). **ระบบการสื่อสารข้อมูล Data Communication System.** ภูเก็ต: มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต.

จตุชัย แพงจันทร์ และอนุโชต วุฒิพงษ์. (2546). **เจาะระบบ Network ฉบับสมบูรณ์.** นนทบุรี : ไอดีซี.

ฉัตรชัย สุมามาลย์. (2549). **การสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์และระบบเครือข่าย.** กรุงเทพฯ : ไทยเจริญการพิมพ์.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2554). **เอกสารการสอนชุดวิชาการสื่อสารข้อมูลและระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ หน่วยที่ 1-7.** พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2549). **เครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

AD ONE Techonology. (2013). **Fiber Tester Instrument.** [Online]. Available : http : www.ad-one.com.my/category/34/Fiber-Tester--Instrument.html. [March 1, 2013].

B&B Electronics. (2012). [Online]. Available : http : secure.bb-elec.com/tech_articles/NTRON_fiber_optics.asp. [March 1, 2013].

Institute for Innovation and Development of Learning Process. (2004). **Media.** [Online]. Available : http : www.il.mahidol.ac.th/e-media/computer/network/net_media1.htm. [February 20, 2013].

Nick Adams. (2012 November 28). Reasons Why Fiber Optic Cable Are Gaining Popularity. [Online]. Available : http : gizmorati.com/2012/11/reasons-why-fiber-optic-cable-are-gaining-popularity/. [February 25, 2013].

NINGBO TONGRUN ELECTRONICS. (2013). **Single Mode FC connector on 3mm jacketed fiber.** [Online]. Available : http : www.wire-cable-solution.com/Single-Mode-FC-connector-on-3mm-jacketed-fiber-652.html. [March 1, 2013].

NW Systems Group Limited. (2012). [Online]. Available : http : www.networkwebcams.com/ip-camera-learning-center/2008/08/15/glossary-term-rj-45-ethernet-network-connections/. [March 1, 2013].

RAB Telecom Canada. (2013). **Keystone Jack and RJ45 Female.** [Online]. Available : http : www.cablesandlabels.com/category/Keystones-185. [March 1, 2013].

The Fiber Optic Association, Inc. (2013). **The FOA Reference Guide To Fiber Optics.** [Online]. Available : http : www.thefoa.org/tech/ref/quickstart/OTDR.html. [March 1, 2013].

VDV Works LLC. (2002). [Online]. Available : http : www.vdvworks.com/UncleTed/test.html. [March 1, 2013].

Wikimedia Commons. (2009). **SC optical fiber connector**. [Online]. Available : http : commons.wikimedia.org. [March 1, 2013].

บันทึก