บทที่ 3
การส่งผ่านข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลระหว่างตัวรับตัวส่งที่ต้องอาศัยสัญญาณส่งผ่านตัวกลางหรือสื่อกลางนำส่งสัญญาณข้อมูล ซึ่งสัญญาณอาจจะอยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้า สัญญาณแสง สัญญาณคลื่นแม่เหล็กหรือคลื่นวิทยุ จะต้องส่งผ่านสื่อกลางไปยังตัวรับทั้งสิ้น โดยชั้นสื่อสารฟิสิคัลจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณข้อมูลให้เป็นสัญญาณแล้วส่งผ่านสื่อกลางไปยังตัวรับปลายทาง โดยสื่อกลางที่ใช้สำหรับนำส่งสัญญาณจะมีด้วยกัน 2 กลุ่มคือกลุ่มใช้สายตัวนำ (Guided Media) ซึ่งเป็นส่งผ่านตัวนำประเภททองแดงบิดตีเกลียว สายโคแอ๊กเชียล และสายใยแก้วนำแสงเป็นต้น และกลุ่มที่สองคือกลุ่มไร้สาย (Unguided Media) ซึ่งเป็นลักษณะใช้คลื่นสนามแม่เหล็กแพร่ผ่านอากาศ หรือชั้นบรรยากาศโดยไม่ต้องอาศัยตัวนำทางไปยังตัวรับปลายทาง ซึ่งการพิจารณาคุณสมบัติและคุณภาพของการสื่อสารข้อมูลนั้นจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของสื่อกลางและคุณสมบัติของสัญญาณ ซึ่งในกลุ่มใช้สายตัวนำจะมีค่าคุณสมบัติความสามารถในการนำสัญญาณเป็นคุณสมบัติประจำตัวของแต่ละประเภทสื่อกลาง แต่ในส่วนของกลุ่มไร้สายสิ่งที่ต้องพิจารณานั่นคือในส่วนของแบนด์วิดซ์ และ ความสามารถของสายอากาศของตัวส่งสัญญาณ มากกว่าจะพิจาณาคุณสมบัติของสื่อกลาง ซึ่งหากใช้ในความถี่ต่ำจะเป็นลักษณะการแพร่สัญญาณรอบทิศทาง แต่หากใช้ความถี่สูงจะสามารถควบคุมทิศทางของการแพร่สัญญาณได้

ความเร็วการส่งสัญญาณผ่านสื่อกลาง

ข้อพิจารณาสำหรับการออกแบบระบบการส่งผ่านข้อมูล คืออัตราความเร็วการส่งข้อมูล (Rate Data) และระยะทาง (Distance) ซึ่งในการแข่งขันทางการค้าของการให้บริการอินเตอร์เน็ตมีการแข่งขันกันในเรื่องของใครมีความเร็วกว่ากัน และสามารถส่งผ่านข้อมูลได้ไกลกว่า โดยมีปัจจัยที่ผลกระทบต่อความเร็วและระยะทางในการส่งสัญญาณผ่านสื่อกลางขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

1. แบนด์วิดธ์ (Bandwidth) คือย่านความถี่สำหรับการส่งสัญญาณ หากมีความสามารถในการส่งสัญญาณที่ย่านความถี่สูงกว่าได้ ก็จะทำให้นำส่งจำนวนสัญญาณได้มากกว่าต่อหน่วยเวลาเดียวกัน ซึ่งหมือนถนนจำนวนหลายๆเลน ย่อมรองรับปริมาณการเดินทางของรถได้ปริมาณที่มากกว่า
2. ความสูญเสีย (Transmission Impairments) คือความอ่อนค่าลงของสัญญาณ หรือเป็นความสูญเสียของระดับสัญญาณซึ่งเกิดจากระยะทางที่ไกลมากขึ้น ทำให้สัญญาณที่ปลายทางมีระดับสัญญาณอ่อนลง หากเป็นการส่งผ่านสายตัวนำประเภททองแดงซึ่งจะมีความต้านทานประจำตัวของสายทองแดงประเภท ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมหรือเกิดเป็นความสูญเสียภายในสายนำสัญญาณ โดยค่าความสูญเสียนี้จะเป็นค่าคงที่สามารถคำนวณออกมาแล้วใช้วิธีการชดเชยความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากสายตัวนำได้
3. การรบกวนของสัญญาณ (Interface) การส่งสัญญาณผ่านตัวกลางมักจะถูกสัญญาณ

รบกวนอยู่เสมอ ทั้งแบบส่งผ่านสายตัวนำ หรือแบบไร้สายก็ตาม โดยสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นหากมีผลทำให้สัญญาณไปถึงฝั่งรับเกิดผิดเพี้ยนไป ตัวรับก็จะตีความหมายของสัญญาณผิดพลาดไป จะมีผลต่ออัตราความเร็ว และประสิทธิภาพของการส่งข้อมูล เนื่องจากฝั่งรับจะมีการขอให้ตัวส่งต้องส่งข้อมูลซ้ำ อยู่ตลอดเวลา ซึ่งมีผลทำให้การสื่อสารข้อมูลช้าลง

4. จำนวนโหนดการเชื่อมต่อ (Number of Receivers) เป็นจำนวนของอุปกรณ์สื่อสารหรือคอมพิวเตอร์ที่ต่ออยู่ในระบบ ซึ่งจะมีผลต่อความเร็วในการสื่อสารข้อมูล เนื่องจากใช้ตัวกลางในการส่งสัญญาณเดียวกัน ยิ่งมีจำนวนโหนดการเชื่อมต่อมากจะทำให้ความเร็วในการสื่อสารลดลง เนื่องจากต้องมีการแบ่งเวลาสำหรับการใช้สื่อกลางของแต่ละคู่รับส่งในสื่อกลางตัวเดียวกัน เป็นต้น

3.1 การส่งผ่านตัวกลางแบบใช้สายนำ

การส่งสัญญาณผ่านสื่อกลางที่ใช้สายนำนั้น มีหลายประเภท รองรับการส่งสัญญาณทั้งในระยะใกล้และระยะไกล รวมทั้งตอบสนองต่อระดับความเร็วของแบนด์วิดธ์ที่ผู้ออกแบบต้องการ ซึ่งอาจจะเป็นสายที่มีจำนวนคู่สัญญาณน้อยๆ จนถึงระดับเป็นพันคู่สัญญาณในรูปแบบสายเคเบิล โดยสื่อกลางแบบใช้สายนำที่ใช้งานปัจจุบันคือ สายคู่บิดเกลียว สายโคแอ็กเชียล และสายใยแก้วนำแสง เป็นต้น สายแต่ละแบบจะมีคุณสมบัติในการส่งผ่านสัญญาณแตกต่างกันไปดังนี้

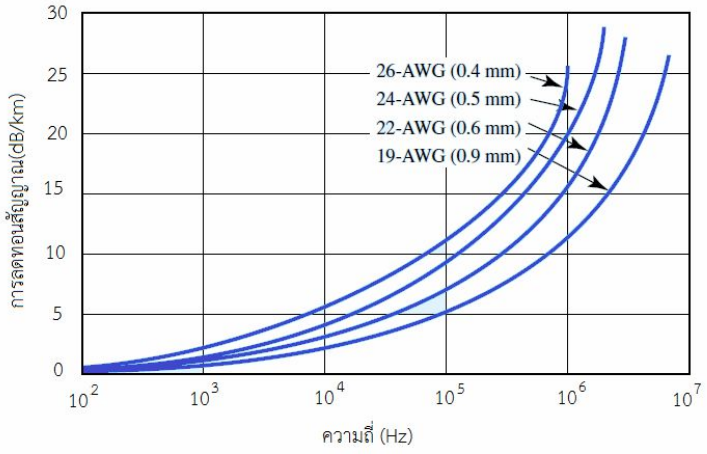
3.1.1 สายคู่บิดเกลียว

สายคู่บิดเกลียว (Twisted Pair Cable) เป็นสายที่ทำมาจากทองแดง (Copper Wire) หุ้มด้วยฉนวนโดยมีรหัสสีแยกแต่ละเส้น และให้แต่ละคู่นำมาบิดไขว้กันดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งการบิดเกลียวกันเป็นคู่ๆต่อหน่วยความยาว 1 ฟุตของสายตัวนำ จึงถูกเรียกว่าสายคู่บิดเกลียว (Twisted Pair) โดยมีเหตผลเพื่อลดสัญญาณรบกวนจากคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและสัญญาณรบกวนแบบครอสทอล์ก (Crosstalk) ยิ่งจำนวนรอบของการบิดเกลียวมากขึ้น จะทำให้มีความสามารถในการลดสัญญาณรบกวนได้ดียิ่งขึ้น

รูปที่ 3.1 ลักษณะของสายคู่บิดเกลียว

สายคู่บิดเกลียวใช้ได้กับทั้งสัญญาณอนาล็อกและสัญญาณดิจิตอล ซึ่งเมื่อก่อนนิยมใช้กับเครือข่ายโทรศัพทภายในอาคารที่ใช้ตู้ชุมสายขนาดเล็กหรือเรียกว่าตู้ PBX ซึ่งสามารถใช้งานกับระบบสัญญาณเสียง และการส่งผ่านข้อมูลด้วยโมเด็มด้วยอัตราการส่งข้อมูล 64 kbps ซึ่งปัจจุบันจะนิยมนำมาใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลในรูปแบบสัญญาณดิจิตอลระหว่างคอมพิวเตอร์ หรือทำหน้าที่สื่อกลางในการส่งผ่านข้อมูลของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ท้องถิ่น หรือระบบ LAN ภายในอาคารที่มีอัตราการส่งข้อมูลสูงถึง 100 Mbps ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนอุปกรณ์เชื่อมต่อและระยะทางของสาย แต่หากระยะทางมากขึ้นอัตราการส่งข้อมูลจะลดต่ำลงเป็น 4 Mbps

สายคู่บิดเกลียวจะมีต้นทุนที่ต่ำสุดหากเปรียบการส่งผ่านข้อมูลในกลุ่มแบบมีสายนำ มีความสามารถในทั้งการส่งข้อสัญญาณอนาล๊อกและดิจิตอล ซึ่งหากต้องส่งสัญญาณในระยะทางไกลๆ สำหรับสัญญาณอนาล๊อกจะต้องมีแอมปลิไฟเออร์ขยายสัญญาณทุกๆ 5 - 6 กิโลเมตร แต่หากส่งสัญญาณดิจิตอลจะต้องมีรีพีตเตอร์ทวนสัญญาณทุกๆ 2-3 กิโลเมตร การส่งสัญญาณผ่านสายคู่บิดเกลียวจะมีคุณสมบัติการลดทอนสัญญาณดังในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 อัตราการลดทอนสัญญาณของสายคู่บิดเกลียว

1. สาย UTP (Unshielded Twisted Pair) เป็นกลุ่มที่ได้รับความนิยมมากกว่า เนื่องจากได้มีการปรับปรุงพัฒนาเพื่อรองรับการงานที่หลากหลาย ง่ายต่อการใช้งานและติดตั้ง ซึ่งสามารถใช้งานทั้งระบบโทรศัพท์ และการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เครือข่าย ภายหลังสาย UTP ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อรองรับความเร็วในการสื่อสารข้อมูลที่มากขึ้น โดยในปี 1991 สมาคมอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม (Electronic Industry Association) ได้กำหนดมาตรฐาน EIA-568 เกี่ยวกับมาตรฐานของสายสัญญาณสื่อสารสำหรับอาคาร ซึ่งได้แบ่งสาย UTP ออกเป็น กลุ่ม (Category) ดังนี้

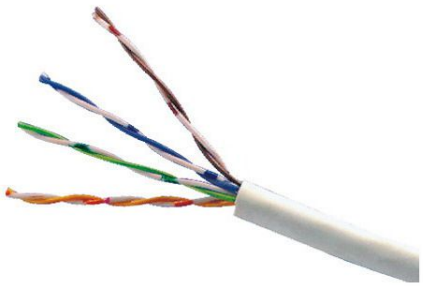
- ชนิด CAT 3 เป็นสายคู่บิดเกลียวอย่างน้อย 3 รอบทุกๆระยะ 1 ฟุต รองรับการส่งผ่านข้อมูล 16 Mbps จะเหมาะกับระบบสัญญาณเสียงที่ใช้สำหรับระบบโทรศัพท์ภายในอาคารทั้งระบบอะนาล๊อกและระบบดิจิตอล สมัยก่อนนิยมนำมาใช้เป็นสายนำสัญญาณของเครือข่ายอีเทอร์เน็ต ที่มีอัตราความเร็ว 10 Mbps ปัจจบันไม่เป็นที่นิยมใช้ ถูกทดแทนด้วยสาย CAT5 เนื่องจากมีประสิทธิภาพดีกว่า

รูปที่ 3.3 สาย UTP CAT 3

- ชนิด CAT 4 เป็นสายคู่บิดเกลียวที่รองรับการส่งผ่านข้อมูล 20 Mbps ถูกออกแบบให้ป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า CAT 3 แต่ปัจจุบันก็ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากไม่สามารถรองรับอัตราความเร็วของการสื่อสารข้อมูลของเครือข่ายที่มีความเร็วสูงขึ้นได้

รูปที่ 3.4 สาย UTP CAT 4

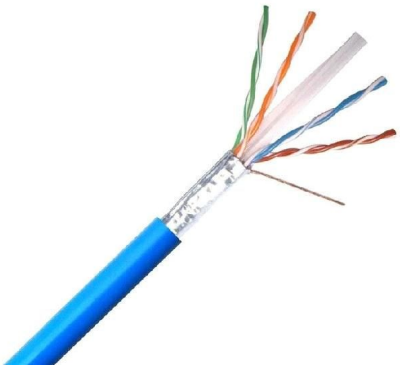
- ชนิด CAT 5 เป็นสายคู่บิดเกลียวจำนวน 4 คู่หรือ 8 เส้นบิดเกลียวจำนวน 12 รอบทุกๆระยะ 1 ฟุต ขนาดสายทองแดง 0.50 มิลลิเมตร หรือเบอร์ 24 AWG หุ้มด้วยฉนวนเทอร์โมพลาสติกโพลีโอลีฟิน และปลอกเป็นพีวีซี (PVC) ที่มีคุณสมบัติทนไฟสามารถรองรับการส่งผ่านข้อมูล 100 Mbps ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลภายในอาคาร ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้สำหรับการวางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในอาคาร เป็นมาตรฐานขั้นต่ำสำหรับการติดตั้งระบบเครือข่ายท้องถิ่น



รูปที่ 3.5 สาย UTP CAT 5

- ชนิด CAT 5 E (Enhance CAT 5) เป็นสายคู่บิดเกลียวจำนวน 4 คู่ ขนาดสายทองแดง 0.50 มิลลิเมตร หรือเบอร์ 24 AWG หุ้มด้วยฉนวนเทอร์โมพลาสติกโพลีโอลีฟิน และปลอกเป็นพีวีซี (PVC) ที่มีคุณสมบัติทนไฟ เช่นเดียวกับกับ CAT 5 แต่มีการปรับปรุงให้สามารถป้องกันสัญญาณรบกวนแบบครอสทอล์กได้ดีกว่า ใช้ลวดตัวนำที่มีคุณภาพมากกว่าและอายุการใช้งานที่นานกว่า รองรับการสื่อสารข้อมูลที่ความเร็ว 100 Mbps

- ชนิด CAT 6 เป็นสายคู่บิดเกลียวจำนวน 4 คู่ ขนาดสายทองแดง 0.53 มิลลิเมตร หรือเบอร์ 24 AWG หุ้มด้วยฉนวนเทอร์โมพลาสติกโพลีโอลีฟิน และปลอกเป็นพีวีซี (PVC) ที่มีคุณสมบัติทนไฟ เป็นสายคู่ที่มีการเพิ่มฉนวนแบบฟอยล์ (Foil) เป็นโลหะบางๆใช้ป้องกันสัญญาณบกวนจากภายนอก สามารถนำมาใช้กับอัตราความเร็วการสื่อสารข้อมูลถึง 1 Gbps (1,000 Mbps)

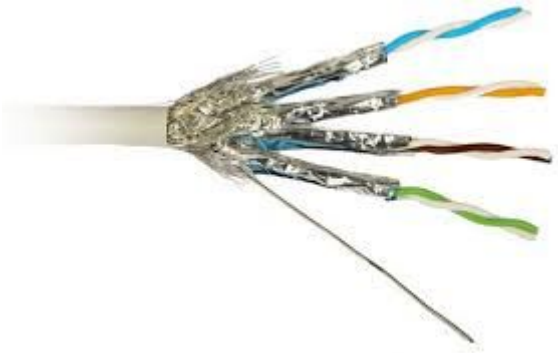


รูปที่ 3.6 สาย UTP CAT 6

- ชนิด CAT 7 (SSTP) เป็นสายที่มีคุณภาพสูงมาก มีฉนวนฟอยล์ป้องกันสัญญาณรบกวนหุ้มแต่ละคู่สาย แล้วยังมีชีลด์ที่เป็นเส้นใยโลหะถักหุ้มอีกชั้น และมีฉนวนชั้นนอกสุดเป็นฉนวนพีวีซี ดังลักษณะในรูปที่ 3.9 จะเหมาะสำหรับการสื่อสารสัญญาณความถี่สูงๆรองรับอัตราความเร็วการสื่อสารข้อมูลได้ถึง 1 GHz (1,000 Mbps)

รูปที่ 3.7 สาย UTP CAT 7

2. สาย STP (Shielded Twisted Pair) เป็นสายคู่บิดเกลียวที่มีการป้องกันสัญญาณรบกวนด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ แต่บางชนิดพิเศษ ด้วยการนำแต่ละคู่บิดเกลียวมาห่อหุ้มด้วยฟอยล์ และเพิ่มชีลด์โลหะถักเข้าไปอีกชั้นก่อนห่อหุ้มด้วยเปลือกภายนอก เพื่อช่วยป้องกันสัญญาณรบกวนแบบครอสทอล์กได้เป็นอย่างดี โดยทั่วไปสายนำสัญญาณชนิด STP นี้ใช้มาตรฐาน Category 5 ที่มีการพันเกลียวถี่กว่าแบบ UTP และสามารถรองรับการสื่อสารข้อมูลได้สูงถึง 100 Mbps ส่วนใหญ่จะใช้กับเครือข่าย LAN แบบโทเค็นริง ถึงแม้สาย UTP จะมีคุณภาพดีกว่าสาย UTP แต่ในการวางระบบส่วนใหญ่จะนิยมใช้สาย UTP เนื่องจากมีราคาและความง่ายต่อการใช้งานดีกว่า ซึ่วสาย STP จะใช้งานเมื่อจำเป็นต้องเดินสายผ่านจุดที่มีสัญญาณรบกวนสูงๆเท่านั้นเนื่องจากมีราคาสูงกว่า



รูปที่ 3.8 สายคู่บิดเกลียว STP

3.1.2 การเชื่อมต่อสายคู่บิดเกลียว

การเชื่อมต่อสายคู่บิดเกลียว เพื่อเชื่อมต่อการสื่อสารข้อมูลของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่โดยทั่วไปจะใช้วิธีการเข้าหัวต่อชนิด RJ-45 ชนิดตัวผู้ที่ปลายสายทั้งสองด้านของสายคู่บิดเกลียวทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์เครือข่ายซึ่งส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นการ์ดเครือข่าย อุปกรณ์ฮับ หรือสวิตช์ พอร์ตของอุปกรณ์เหล่านี้จะเป็นลักษณะ RJ-45 ตัวเมีย และหากเป็นการติดตั้งฝาผนัง (Outlet) หรือรางเพื่อเป็นจุดรองรับการการต่อใช้งานก็จะใช้ ชุดหัวต่อ RJ-45 ตัวเมีย ไว้ที่ผนังหรือราง ซึ่งหัว RJ-45 มีลักษณะดังแสดงในรูป 3.9

ก) หัวต่อแบบตัวผู้

ข) หัวต่อแบบตัวเมีย

รูปที่ 3.9 หัวต่อชนิด RJ-45

ก) แบบตัวเมีย ข) แบบตัวผู้

รูปที่ 3.10 ลักษณะหัวสาย RJ-45

การเข้าหัว RJ-45 สำหรับสายคู่บิดเกลียว จะมีมาตรฐานการเข้าหัวสาย 2 แบบ คือ แบบสายตรงและแบบสายไขว้

1. การเข้าหัวสายแบบตรง (Straight through) ใช้สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างชนิดกันเช่นการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับสวิตช์หรือฮับเป็นต้น ซึ่งลักษณะของโค้ดสีของปลายสายเมื่อนำมาเรียงกันในหัวต่อ RJ-45 โค้ดสีจะเรียงเป็นลักษณะเดียวกัน ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบมาตรฐาน EIA/TIA 568B หรือ EIA/TIA 568A ทั้งสองข้าง นั่นคือปลายสายทั้งสองด้านมีการเรียงโค้ดสีของสายเพื่อการเข้าหัวต่อที่เหมือนกัน

2. การเข้าหัวสายแบบสายไขว้ (Crossover) ใช้สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ชนิดเดียวกันเช่นคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์โดยตรง หรือกับโน๊ตบุ๊ค ระหว่างฮับกับฮับ เป็นต้น โดยปลายสายที่เข้าหัว RJ-45 จะมีการเรียงโค้ดสีที่ต่างกันเนื่องจากทั้งสองข้างใช้มาตรฐานคนละแบบ โดยปลายสายจะมีการเข้าหัวสายมาตรฐานแบบ EIA/TIA 568A และ EIA/TIA 568B

ก) เข้าหัวสายมาตรฐาน EIA/TIA 568A ทั้งคู่ ข) เข้าหัวสายมาตรฐาน EIA/TIA 568B ทั้งคู่

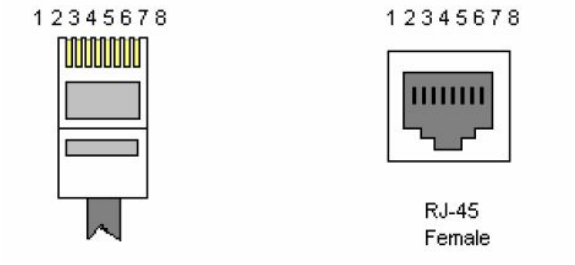
รูปที่ 3.11 ลักษณะการเข้าหัวสายแบบตรง

ก) ต้นสายมาตรฐาน EIA/TIA 568A และปลายสายมาตรฐาน EIA/TIA 568B

ข) ต้นสายมาตรฐาน EIA/TIA 568B และปลายสายมาตรฐาน EIA/TIA 568A

รูปที่ 3.12 ลักษณะการเข้าหัวสายแบบไขว้

โดยลักษณะการเรียงโค้ดสีของการเข้าหัวสายตามมาตรฐานทั้งมาตรฐาน EIA/TIA 568A และมาตรฐาน EIA/TIA 568B มีการเรียงลำดับของสายในรูปที่ และการเรียงโค้ดสีดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.13 การขาของหัวต่อ RJ-45

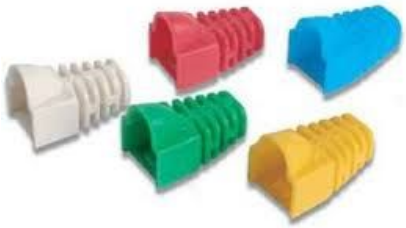
ตารางที่ 3.1 มาตรฐานการเรียงโค้ดสีของสายคู่บิดเกลียว

ขา	หน้าที่	มาตฐาน EIA/TIA 568A	มาตฐาน EIA/TIA 568B
1	TD+	ขาว - เขียว	ขาว – ส้ม
2	TD-	เขียว	ส้ม
3	RX+	ขาว – ส้ม	ขาว - เขียว
4	Not Assigned	ฟ้า	ฟ้า
5	Not Assigned	ขาว – ฟ้า	ขาว – ฟ้า
6	RX-	ส้ม	เขียว
7	Not Assigned	ขาว – น้ำตาล	ขาว – น้ำตาล
8	Not Assigned	น้ำตาล	น้ำตาล

เมื่อเรียงลำดับสายและโค้ดสีตามมาตฐาน EIA/TIA 568A หรือ EIA/TIA 568B แล้ว ก็นำหัวต่อ RJ-45 มาสวมให้สายเข้าไปสุดหัวต่อ แล้วจึงใช้คีมย้ำหัวต่อให้โลหะตัวนำของหัวต่อไปสัมผัสและยึดติดกับลวดตัวนำของสาย UTP ดังในรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 คีมเข้าหัวต่อ RJ-45

เพื่อให้การเข้าหัวมีความสวยงามและป้องกันการแตกหักจากการกระแทก จึงควรใช้ปลอกสวมที่หัวต่อ ซึ่งมีหลากหลายสีให้เลือกใช้ และควรสวมมาร์กเกอร์เพื่อระบุโค้ดสาย UTP เนื่องจากจุดศูนย์รวมบริเวณสวิตช์หรือฮับจะมีสาย UTP จำนวนมาก จะทำให้ยากต่อการระบุได้ว่าเป็นสายเชื่อมต่อมาจากจุดใด

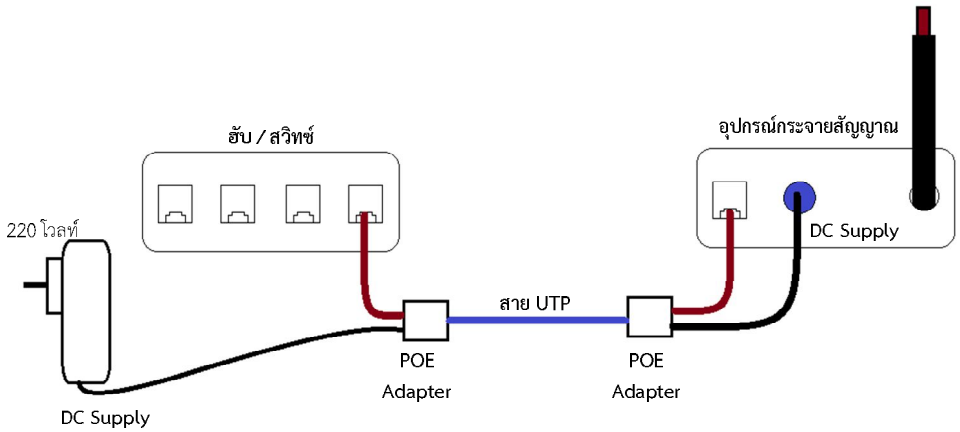


รูปที่ 3.15 ปลอกสวมหัวต่อ RJ-45

รูปที่ 3.16 มาร์คเกอร์ระบุโค้ดสาย

ทั้งนี้จากลักษณะการเข้าหัวสายตามมาตรฐานทั้งแบบ EIA/TIA 568A และ EIA/TIA 568B จะเห็นว่ามีคู่สายที่ไม่ได้ระบุเพื่อใช้งาน (Not Assigned) ใดๆ ซึ่งบางกรณีอาจจะสามารถนำไปประยุกต์สำหรับงานอื่นได้เช่น เป็นคู่สายโทรศัพท์จากตู้ชุมสายโทรศัพท์ (PBX) ไปยังโต๊ะทำงาน ซึ่งต้องเดินสาย UTP อยู่แล้ว โดยที่ไม่ต้องเดินสายโทรศัพท์ประจำโต๊ะ หรือเป็นสายเพาเวอร์ซัพพลายไปให้อุปกรณ์เครื่อข่ายประเภทเอ็กเซสพอยน์ (Access point) ของตัวกระจายสัญญาณอินเตอร์เน็ตไร้สายโดยที่ไม่ต้องเดินสายไฟเพิ่มเติม หรือที่มีขายกันตามท้องตลาดคืออุปกรณ์ประเภท POE (Power over Ethernet) เป็นเทคโนโลยีจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์เครือข่ายผ่านสาย UTP โดยหากเป็นชนิดพาสซีฟ จะใช้สายที่ไม่ได้ใช้งานคือ สายลำดับที่ 4 และ 5 หรือ 7 และ 8 สำหรับเป็นสายนำกระแสจากแหล่งจ่ายของอุปกรณ์พาสซีพ POE หรืออาจจะเป็นการประยุกต์ใช้อะแด๊ปเตอร์ (Adapter) เป็นแหล่งจ่ายให้กับอุปกรณ์เครือข่าย ดังลักษณะในรูปที่ 3.17

รูปที่ 3.17 อะแด๊ปเตอร์ POE



รูปที่ 3.18 การใช้คู่สาย UTP สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้าของอุปกรณ์เครือข่าย

3.1.3 สายโคแอ๊กเชียล

สายโคแอ๊กเชียล (Coaxial Cable) เป็นสายเคเบิลกลมทรงกระบอกยาว มีตัวนำ 2 เส้นโดยเส้นในจะเป็นทองแดงกลมเป็นแกนกลางหุ้มด้วยฉนวนไดอิเล็กทริก อีกเส้นจะมีลักษณะของโลหะถักห่อหุ้มตัวนำเส้นใน แล้วหุ้มอีกชั้นด้วยพลาสติกฉนวน ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างของสายดังรูปที่ 3.13 การใช้ถักตัวนำเส้นนอกมีจุดประสงค์เพื่อการป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอก และไม่ให้มีการแพร่สัญญาณไปสู่ภายนอกของสายส่ง สายโคแอ๊กเชียลจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 – 2.5 เซ็นติเมตร โดยสามารถรับส่งสัญญาณได้ระยะไกลกว่า และจำนวนของการเชื่อมต่ออุปกรณ์เครือข่ายได้มากกว่าการใช้สายคู่บิดเกลียว จึงมีการนำไปใช้งานได้หลายด้าน เช่นสายนำสัญญาณของระบบโทรทัศน์ระบบกล้องวงจรปิด ระบบสายนำสัญญาณทีวีในโรงแรมหรือรีสอร์ท การสื่อสารระบบโทรศัพท์ระยะไกล ระบบเครือข่าย LAN โทโพโลยีแบบบัส และการเชื่อมต่อระหว่างโฮสต์ที่ต้องการความเร็วสูงเป็นต้น

รูปที่ 3.19 โครงสร้างสายโคแอ็กเชียล

สายโคแอ๊กเชียลสามารถส่งสัญญาณทั้งในรูปแบบอนาล็อกและสัญญาณดิจิตอล มีแบนด์วิธสูงทำให้สามารถส่งสัญญาณข้อมูลได้สูงกว่าสายคู่บิดเกลียว และสามารถป้องกันสัญญาณรบกวนประเภทคลอสทอร์กได้ดีกว่า แต่ก็ยังมีปัญหาของสัญญาณรบกวนแบบเทอร์มอลนอย (Thermal Noise) และอินเตอร์มอแลชั่น (Intermodulation) อยู่บ้าง หากต้องใช้สายโคแอ็กชียลส่งสัญญาณอนาล็อกในระยะทางไกลจะต้องมีเครื่องขยายสัญญาณทุกๆหลายกิโลเมตร และหากส่งสัญญาณดิจิตอลต้องมีเครื่องทวนสัญญาณทุกๆ 1 กิโลเมตร โดยหากส่งสัญญาณในระยะทางใกล้จะสามารถส่งสื่อสารข้อมูลได้ถึง 500 MHz สายโคแอ๊กเชียลที่ใช้งานกันในปัจจุบันบางครั้งจะเรียกกันว่าสาย RG (Radio Guide) ซึ่งแบ่งการใช้งานดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ชนิดสายโคแอ๊กเชียล

ชนิด	ความต้านทาน (โอห์ม)	ขนาดแกน (มม.)	การประยุกต์ใช้งาน
RG-8/U	50	2.17	วิทยุสื่อสาร ,Thick Ethernet 10Base5
RG-8X	50	1.0	วิทยุสื่อสาร ,Thick Ethernet 10Base5
RG-58/U	50	0.81	วิทยุสื่อสาร ,Thin Ethernet 10Base2
RG-6/U	75	1.0	โทรทัศน์,ทีวีดาวเทียม,กล้องวงจรปิด
RG-59/U	75	0.64	เคเบิลทีวี กล้องวงจรปิด

https://en.wikipedia.org/wiki/Coaxial_cable

โดยทั่วไปจะมีการแบ่งชนิดของสายโคแอ็กเชียลออกเป็น 2 ชนิดตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดตัวนำตรงกลาง คือสายโคแอ็กเชียลชนิดหนา (Thick Coaxial) และสายโคแอ็กเชียชนิดบาง (Thin Coaxial)

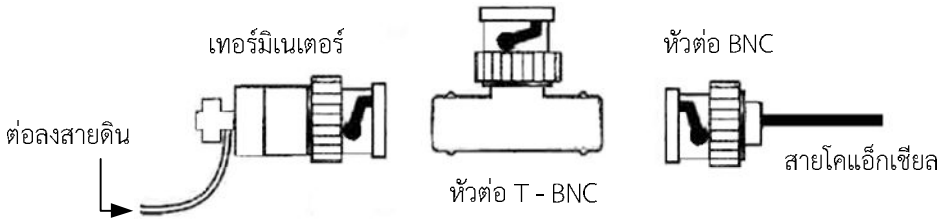
1. สายโคแอ็กเชี่ยลชนิดหนา เป็นสายที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดตัวนำ 1 - 2.17 มิลลิเมตร มีค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance) 50 โอห์ม (ohms) บางครั้งเรียกว่าสาย RG-8 สามารถรับส่งสัญญาณได้ถึง 500 เมตร ซึ่งนิยมนำมาเป็นสายนำสัญญาณแบบอนาล็อก และจะใช้เป็นสายสื่อสารหลัก (Backbone) ของเครือข่าย แต่มีข้อเสียคือขนาดโต ทำให้การเดินสายและติดตั้งมีความยุ่งยาก

2. สายโคแอ็กเชียบชนิดบาง เป็นสายที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดตัวนำประมาณ มีค่าอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม บางครั้งจะเรียกว่าสาย RG-58 ซึ่งจะใช้กับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ส่วนสาย RG-59 เป็นสายที่มีค่าอิมพีแดนซ์ 75 โอห์ม ใช้สำหรับงานสายอากาศโทรทัศน์ หรือเคเบิ้ลทีวี ระยะทางการรับส่งข้อมูลได้สั้นกว่าสายโคแอ็กเชี่ยลชนิดหนาเนื่องจากขนาดตัวนำเล็กกว่า ซึ่งมีระยะทางในการรับส่งข้อมูลประมาณ 200 เมตร เหมาะกับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มาตรฐาน 10Base

3.1.4 การเชื่อมต่อสายโคแอ็กเชียล

การเชื่อมต่อสายโคแอ็กเชียลและการเข้าหัวสายโคแอ๊กเชียลนั้นจะใช้หัวต่อชนิด BNC (BNC Connector) สำหรับต่อกับโหนดคอมพิวเตอร์ที่มีการ์ดแลนแบบ BNC หากระหว่างกลางของสายมีการต่อแยกเข้าไปยังโหนดคอมพิวเตอร์ต้องใช้ตัวแยกชนิด T (T Connector) และในส่วนของปลายสายทั้งสองด้านของสายโคแอ๊กเชียลต้องปิดหัวท้ายด้วยตัวสิ้นสุดสัญญาณ (Terminator) เพื่อป้องกันสัญญาณสะท้อนกลับไปรบกวนสัญญาณภายในสาย ซึ่งอุปกรณ์หัวต่อต่างๆ มีลักษณะดังรูปที่ 3.20

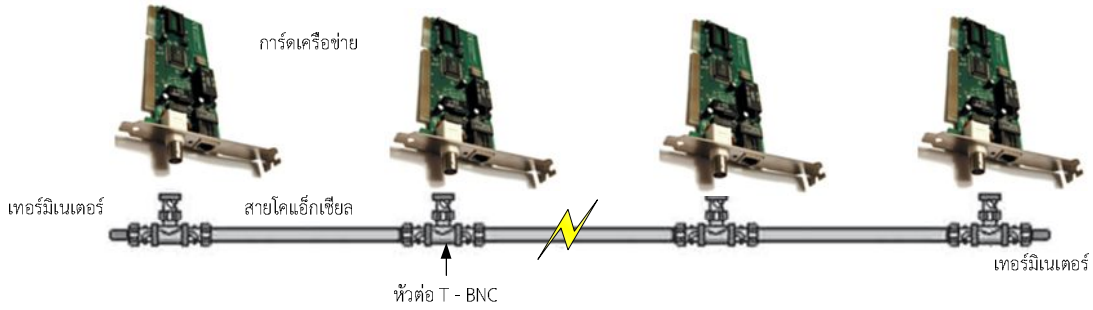
ก) หัวต่อ BNC และเทอร์มิเนเตอร์



ข) ลักษณะการใช้หัวต่อแบบ BNC

รูปที่ 3.20 หัวต่อ BNC และการเชื่อมต่อ

การใช้สายโคแอ็กเชียลเชื่อมต่อระบบเครือข่ายนั้นเหมาะสำหรับเครือข่ายรูปแบบ โทโปโลยีแบบบัส หรือวงแหวน จะใช้สายโคแอ็กเชียลเพียงเส้นเดียวติดตั้งผ่านจุดคอมพิวเตอร์คอมพิวเตอร์ที่ต้องการเข้าร่วมระบบเครือข่าย ซึ่งต้องตัดสายและแยกด้วยหัวต่อ T-BNC และต่อเข้าการ์ดเครือข่ายด้วยหัวต่อ BNC โดยระยะห่างของแต่ละจุดแยกและจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย ขึ้นอยู่กับแต่ละมาตรฐานเครือข่ายแต่ละประเภทโดยจะมีการระบุตำแหน่งไว้บนสาย ซึ่งจะกล่าวถึงอีกครั้งหนึ่ง และส่วนปลายสายทั้งสองด้านต้องต่อด้วยเทอร์มิเนเตอร์ ดังลักษณะการต่อใช้งานในรูปที่ 3.21

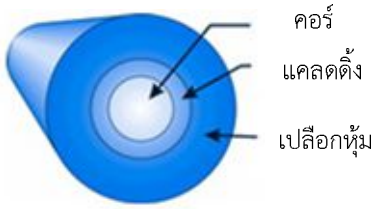


รูปที่ 3.21 ลักษณะการต่อใช้งานสายโคแอ็กเชียลในรูปแบบโทโปโลยีแบบบัส

3.1.4 สายใยแก้วนำแสง

สายใยแก้วนำแสง หรือเรียกกันว่าไฟเบอร์ออฟติค (Optic Fiber) เป็นสายนำสัญญาณด้วยแสง มีขนาดเล็กมาก 2 – 125 ไมโครเมตร (เล็กกว่าขนาดของเส้นผม) มีความอ่อนตัวงอได้ง่าย มีลักษณะเป็นแก้วหรือพลาสติกนำแสง หากเป็นใยแก้วจะมีอัตาการลดทอนต่ำ แต่หากเป็นพลาสติกนำแสงจะทำให้ต้นทุนต่ำลง ใช้กับการนำสัญญาณระยะทางไม่ไกลมากนัก สายใยแก้วนำแสงไม่มีผลต่อการรบกวนของคลื่นแม่เหล็ก จึงทำให้สามารถรับส่งสัญญาณได้ในระยะทางไกลและมีแบนด์วิธสูงกว่าสายโคแอ็กเชียล จึงนิยมนำมาใช้เป็นช่องสื่อสารหลักรองรับปริมาณการสื่อสารที่มีแบนด์วิธสูงๆ

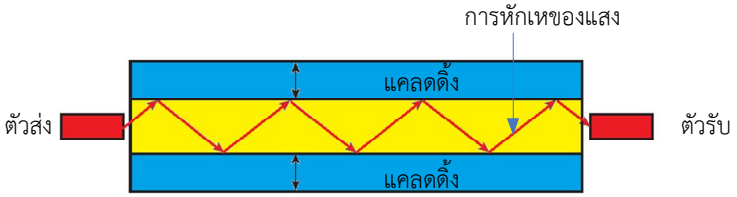
ใยแก้วนำแสงมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ส่วนแรกคือ คอร์ (Core) เป็นแกนมีหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณแสง ส่วนที่สองคือแคลดดิ้ง (Cladding) เป็นทำหน้าที่เป็นตัวสะท้อนกลับหมดเพื่อป้องกันไม่ให้แสงผ่านออกจากคอร์ของใยแก้วได้ และส่วนสุดท้ายคือเปลือกหุ้ม (Coating) ส่วนมากทำด้วยพลาสติก มีหน้าที่เป็นตัวสร้างความแข็งแรงให้แก่ใยแก้วนำแสง ลักษณะที่สำคัญที่ทำให้แสงสามารถเดินทางผ่านใยแก้วนำแสงได้คือหลักการสะท้อนกลับหมดของแสงอันเนื่องมาจากความแตกต่างของดัชนีหักเหของแก้วในส่วนที่เป็นคอร์และแคลดดิ้ง โดยที่คอร์จะต้องมีดัชนีหักเหมากกว่าแคลดดิ้ง ส่วนการออกแบบลักษณะของดัชนีหักเห (reflective indices profile) ของคอร์และแคลดดิ้งขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งานของอุปกรณ์แต่ละประเภท



รูปที่ 3.22 โครงสร้างของสายใยแก้วนำแสง

ปกติธรรมชาติของแสงจะต้องเดินทางเป็นเส้นตรงโดยผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นคงที่ หากความหนาแน่นของตัวกลางมีค่าไม่เท่ากัน จะทำให้เกิดความหักเหของแสงได้ แต่หากเป็นการหักเหของแสงในสายใยแก้วนำแสงจะเกิดการสะท้อนไปข้างหน้าภายในแท่งแก้วไปเรื่อยๆ จนถึงผู้รับแสงปลายทาง ดังลักษณะการหักเหและสะท้อนไปข้างหน้าของแสงภายในใยแก้วนำแสงในรูปที่ 3.17 ซึ่งเป็นสายที่มีขนาดเล็กมาก และมีนำหนักเบาเมื่อเทียบกับสายตัวนำประเภทอื่นๆ โดยความยาวของคลื่นแสงที่เหมาะสมแก่การใช้ส่งสัญญาณควรใช้ความยาวคลื่นแสงช่วง 1500 นาโนเมตร ถึง 1600 นาโนเมตร เนื่องจากเป็นช่วงความยาวแสงที่มีคุณสมบัติลดทอนสัญญาณน้อยกว่าช่วงอื่นๆ นอกจากนี้ใยแก้วนำแสงมีข้อดีกว่าตัวนำประเภทใช้ตัวนำทองแดง คือไม่มีผลกระทบจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และไม่มีปัญหาการครอสทอร์กและการดักจับ หรือขโมย สัญญาณระหว่างทางการส่งสัญญาณ โดยระบบรับส่งสัญญาณผ่านใยแก้วนำแสงประกอบด้วย ตัวส่งเป็นอุปกรณ์กำเนิดแสง ใยแก้วนำแสง และตัวตรวจรับแสงดังในรูปที่ 3.23 ซึ่งตัวกำเนิดแสงหากเป็นชนิดแอลอีดี (LED) จะเหมาะกับงานในระยะทางไม่ไกลมากนัก อัตราความเร็วในการส่งสัญญาณต่ำ หากเป็น

เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode) จะเหมาะกับงานระยะทางไกล อัตราความเร็วการส่งข้อมูลสูง แต่ราคาจะแพงกว่าแอลอีดี



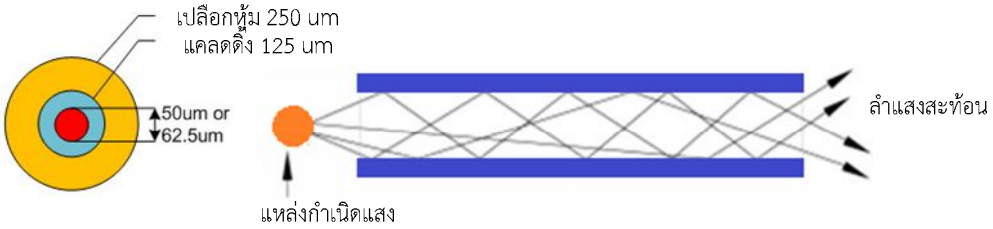
รูปที่ 3.23 การหักและการสะท้อนของแสงภายในใยแก้วนำแสง

3.1.5 ชนิดของสายใยแก้วนำแสง

การใช้งานใยแก้วนำแสงแบ่งออกตามลักษณะการส่งผ่านลำแสงได้เป็น 2 ชนิด คือ ใยแก้วนำแสงชนิดมัลติโหมด และชนิดซิงเกิลโหมด

1. ชนิดมัลติโหมด (Multimode) เป็นสายใยแก้วนำแสงที่มีลักษณะกระจายแสงให้มีการหักเหเป็นมุมต่างๆและสะท้อนไปสัมผัสกับเคล็ดดิงและเกิดการสะท้อนกลับไปมาจนถึงปลายทาง ลักษณะของลำแสงที่ส่งออกไปมีหลายๆลำแสง จึงเรียกว่ามัลติโหมด สายใยแก้วนำแสงที่ใช้ในเครือข่ายแลนส่วนใหญ่ใช้แบบมัลติโหมดเนื่องจากราคาถูกกว่าแบบซิงเกิลโหมด ซึ่งยังสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างของแกนกลางที่บังคับการเคลื่อนที่ของลำแสงออกได้อีก 2 รูปแบบ คือ

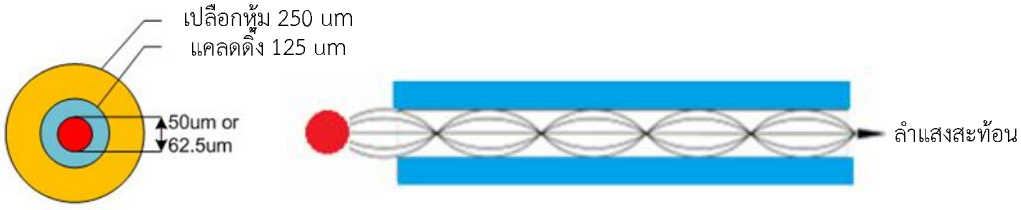
- แบบ Step Index เป็นสายที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่างขนาด 62.5/125 หรือ 50/125 ไมโครเมตร หมายถึงเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อแก้ว 62.5 ไมโครเมตรหรือ 50ไมโครเมตร และแคล็ดดิงรวมท่อแก้ว 125 ไมโครเมตร (micrometer) มีความหนาแน่นเท่ากันตลอดทั้งแกน ดังนั้นมุมที่ตกแตกต่างกันจะมีผลให้มุมหักเหแตกต่างกันไปด้วย มีผลให้สัญญาณที่ไปถึงปลายทางอาจจะไม่พร้อมกัน จึงมีผลทำให้อัตราความเร็วในการส่งสัญญาณต่ำกว่าแบบอื่น ซึ่งระยะทางการใช้งานไม่ควรเกิน 500 เมตร



รูปที่ 3.24 ลักษณะการสะท้อนของแสงภายในใยแก้วนำแสงแบบ Step Index

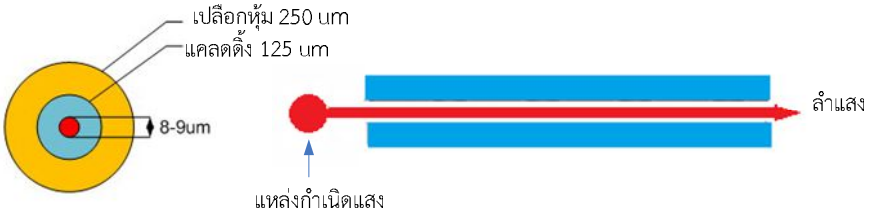
- แบบเกรดอินเด็กซ์ (Grade Index) มีขนาดสายใกล้เคียงกับขนาด Step Index แต่มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน โดยส่วนที่อยู่ตรงกลางของแกนกลางจะมีความหนาแน่นน้อยที่สุด และจากนั้นจะเพิ่มความหนาแน่นขึ้นเรื่อยๆ ของรัศมีแกน เพื่อให้แสงหักเหไปตามความ

หนาแน่นและสะท้อนกลับทั้งหมดเมื่อถึงแคลดดิ้ง ลักษณะการหักเหของลำแสงจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง และไปถึงปลายทางได้พร้อมกัน ดังในรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 ลักษณะการสะท้อนของแสงภายในใยแก้วนำแสงแบบ Grade Index

2. ชนิดซิงเกิลโหมด (Single Mode) มีลักษณะการนำแสงด้วยการบีบลำแสงให้พุ่งตรงไปตามท่อแก้ว โดยไม่ให้เกิดการหักเหและการสะท้อนของลำแสง ทำให้การกระจายแสงออกทางด้านข้างน้อยมาก จึงเป็นสายใยแก้วนำแสงที่มีกำลังสูญเสียทางแสงน้อยที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใยแก้ว 8-9 ไมโครเมตร ซึ่งขนาดเล็กกว่าแบบมัลติโหมด สามารถส่งสัญญาณได้ไกล 2000 เมตร อัตราการสูญเสียและการบิดเบือนของข้อมูลน้อยที่สุด จึงสามารถส่งสัญญาณได้ไกลกว่าและเร็วกว่าใยแก้วนำแสงแบบมัลติโหมด และบางชนิดสามารถส่งสัญญาณได้ไกลเป็นหลักร้อยกิโลเมตรทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของตัวกำเนิดแสงว่าเป็นชนิดแอลอีดี (LED) หรือชนิดเลเซอร์



รูปที่ 3.26 ลักษณะการนำแสงภายในใยแก้วนำแสงแบบซิงเกิลโหมด

ข้อมูลที่ต้องการส่งจะถูกผสมสัญญาณให้เป็นลำแสงที่มีความยาวคลื่นแสงในย่านอินฟราเรด คือย่าน 800 -1600 นาโนเมตร และส่งออกไปเป็นพัลส์ (Pulse) เปรียนเสมือนแสงติด ดับ เป็นช่วงๆ แต่ด้วยความเร็วสายตาไม่สามารถตรวจจับการติดดับได้ ลำแสงจะถูกส่งผ่านเข้าไปในใยแก้วนำแสง ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของใยแก้วนำแสงและเมื่อแสงไปถึงปลายทางจะมีตัวรับซึ่งทำหน้าที่รับลำแสงแล้วเปลี่ยนกลับให้เป็นข้อมูลเหมือนดังข้อมูลของต้นทางฝั่งส่งสัญญาณ

3.1.6 การเชื่อมต่อสายใยแก้วนำแสง

การออกแบบเครือข่ายที่ใช้สายใยแก้วนำแสงเป็นสื่อกลางนั้นเหมาะสำหรับการสื่อสารข้อมูลที่มีระยะทางไกลเกินกว่าสื่อกลางแบบสายชนิดอื่นๆ และต้องการสื่อสารด้วยความเร็วสูง ซึ่งจะต้องจัดหาอุปกรณ์เครือข่ายที่รองรับการสื่อสารข้อมูลด้วยใยแก้วนำแสง โดยต้นสายและปลายสายจะมีการเข้าหัวต่อคอนเน็กเตอร์เพื่อทำหน้าที่ยึดสายกับอุปกรณ์เครือข่ายต่างๆ ซึ่งการเข้าหัวสายจะมีความละเอียดอ่อนที่ต้องมีความระมัดระวังมากกว่าแบบอื่น ปัจจุบันจะมีหัวต่อ

คอนเน็กเตอร์ชนิด Fast Connector ทำให้การเข้าหัวสายใยแก้วนำแสงมีความสะดวกยิ่งขึ้น โดยหัวต่อคอนเน็กเตอร์มีหลายชนิดเช่น ST, SC, LC และ MR-RJ โดยแต่ละชนิดมีลักษณะดังในรูปที่ 3.27

ก) ชนิด ST

ข) ชนิด SC

ค) ชนิด LC

ง) ชนิด MT-RJ

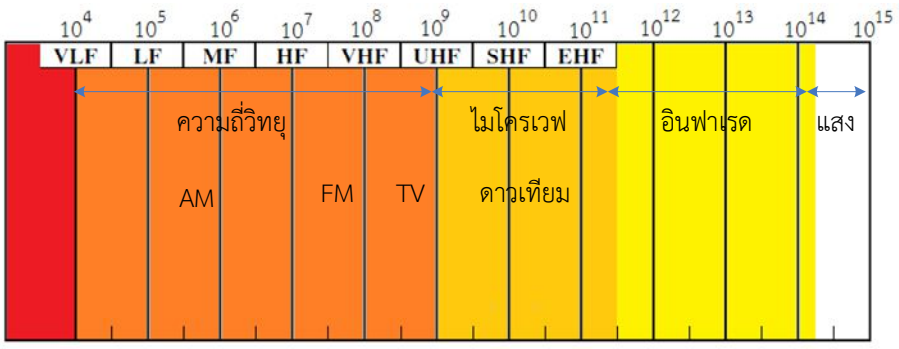
รูปที่ 3.27 ชนิดต่างของหัวต่อคอนเน็กเตอร์ใยแก้วนำแสง

กรณีระยะทางของสายใยแก้วนำแสงไกลจนต้องมีการเชื่อมต่อสาย ก็จะมีเครื่องมือเชื่อมต่อสายใยแก้วนำแสงด้วยกระบวนการฟิวชั่น (Fusion) ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบถาวรด้วยการหลอมให้ทั้งสองด้านเป็นเนื้อเดียวกัน โดยต้องใช้เครื่องมือที่ทันสมัย สามารถบอกค่าความสูญเสียของรอยต่อได้ทันที ซึ่งลักษณะของเครื่องเชื่อต่อสายใยแก้วนำแสงมีลักษณะดังรูปที่ 3.28

รูปที่ 3.28 เครื่องเชื่อมต่อสายใยแก้วนำแสงด้วยกระบวนการฟิวชั่น

3.2 สื่อกลางไร้สาย

สื่อกลางไร้สาย (Wireless media) เป็นการเชื่อมต่อที่ไม่ต้องใช้สายนำ (Unguided) เป็นสื่อกลางสำหรับการสื่อสารระหว่างผู้รับและผู้ส่งข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุหรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แพร่สัญญาณในอากาศไปยังตัวรับสัญญาณ ซึ่งต้องใช้สายอากาศ (Antenna) ทำหน้าที่แพร่กระจายคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า หรือคลื่นวิทยุ ซึ่งมีความเร็วในการเดินทางเทียบเท่าความเร็วแสง คือ 3×10^8 เมตรต่อวินาที หรือ 300 กิโลเมตรต่อวินาที โดยมีย่านความถี่ตั้งแต่ระดับกิโลเฮิรตซ์ (kHz) จนถึงระดับจิกะเฮิรตซ์ (GHz) แล้วแต่การได้รับจัดสรรการใช้งาน เช่นกิจการวิทยุกระจายเสียง AM และ FM ซึ่งอยู่ในย่านความถี่ระดับกิโลเฮิรตซ์ ถัดขึ้นมาจะเป็นกิจการโทรทัศน์ และหากความถี่สูงๆ ก็จะใช้สำหรับการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่เรียกว่าคลื่นไมโครเวฟเป็นต้น ในปัจจุบันการสื่อสารข้อมูลนิยมใช้ความถี่ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่กันมากยิ่งขึ้น โดยมีย่านความถี่ 580, 900, 1800, 2,100 เมกะเฮิรตซ์ ขึ้นกับผู้ให้บริการแต่ละราย นอกจากนี้ยังมีนำความถี่ย่าน 2.4 และ 5 จิกะเฮิรตซ์มาใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลของเครือข่ายไร้สายอีกด้วย โดยการจัดสรรย่านความถี่วิทยุสำหรับงานต่างๆมีลักษณะดังในรูปที่ 3.29 และดังตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.29 ลักษณะการนำแสงภายในใยแก้วนำแสงแบบซิงเกิลโหมด

ตารางที่ 3 ย่านความถี่วิทยุและการใช้งาน

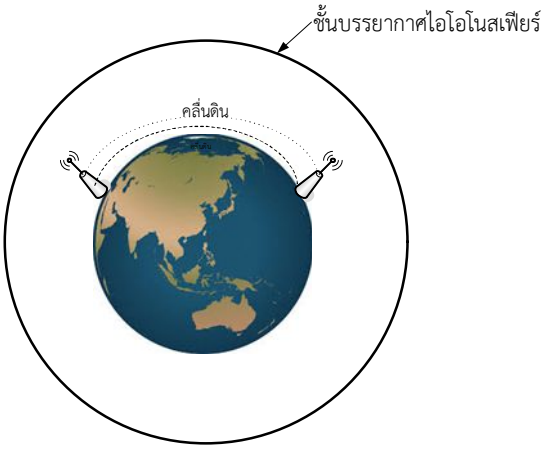
ย่านความถี่	ชื่อย่านความถี่	การใช้งาน
3 – 30 kHz	Very Low Frequency (VHF)	ระบบนำวิถีระยะไกล โซน่าร์
30 – 300 kHz	Low Frequency (LF)	ระบบนำวิถี
300 – 3,000 kHz	Medium Frequency (MF)	วิทยุ AM
3 – 30 MHz	High Frequency (HF)	ระบบโทรเลข ระบบโทรศัพท์ ระบบสื่อสารการเดินเรือ
30 – 300 MHz	Very High Frequency (VHF)	ระบบวิทยุ FM ระบบโทรทัศน์ ระบบการควบคุมการจารจร ทางอากาศ ระบบวิทยุสื่อสาร
0.3 – 3 GHz	Ultrahigh Frequency (UHF)	ระบบโทรทัศน์ UHF ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบเรดาร์ความปลอดภัย ระบบ LAN ไร้สาย
3 – 30 GHz	Superhigh Frequency (SHF)	ระบบไมโครเวฟ ระบบสื่อสารดาวเทียม ระบบเรดาร์พยากรณ์อากาศ
30 – 300 GHz	Extremely High Frequency (EHF)	ระบบเรดาร์ ระบบการลงจอดของเครื่องบิน
43 – 430 THz	อินฟราเรด (Infrared 7 – 0.7 um)	ระบบสื่อสารทางแสง
430 – 750 THz	แสงที่ตามองเห็น (Visible light 0.7 – 0.4 um)	ระบบสื่อสารทางแสง
750 – 3,000 THz	แสงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet light 0.4 – 0.1 um)	ระบบสื่อสารทางแสง

อ้างอิง *หลักการไฟฟ้าสื่อสาร สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

3.2.1 คลื่นวิทยุ

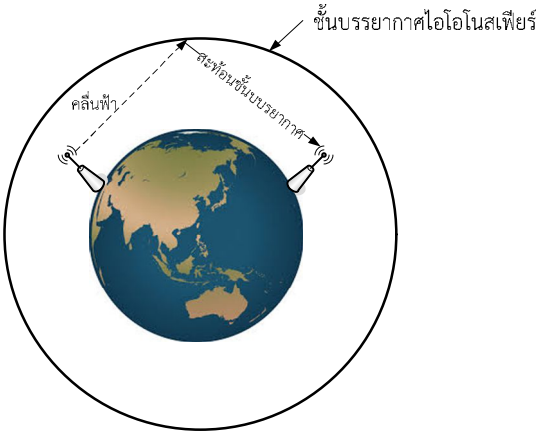
คลื่นวิทยุ (Radio waves) เกิดจากการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าในสายอากาศ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ากระจายไปรอบๆสายอากาศในทุกทิศทุกทาง และทั้งคู่มีลักษณะตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการสะท้อน การหักเห การเบี่ยงเบน และการถูกลดทอนกำลังเมื่อเดินทางผ่านอากาศ คลื่นวิทยุมีย่านความถี่ตั้งแต่ $3x10^3$ ถึง $3x10^9$ เฮิรตซ์ ซึ่งแต่ละย่านความถี่ถูกจัดสรรการใช้งานให้เหมาะสมกับแต่ละกิจการดังที่ได้กล่าวมา ลักษณะของการแพร่กระจายคลื่นแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะใหญ่ โดยพิจารณาจากมุมของการแผ่คลื่นที่สัมพันธ์กับผิวโลก ดังนี้

1) การกระจายตามผิวดิน (Ground Propagation) เป็นคลื่นวิทยุที่เดินทางใกล้ๆผิวโลก ไปตามส่วนโค้งของโลก ซึ่งเป็นลักษณะของคลื่นดิน (Ground Wave) มีความถี่น้อยกว่า 2 MHz เคลื่อนที่ไปตามแนวผิวโลกด้วยระยะทางไกลๆ เนื่องมีความถี่ต่ำ และทั้งนี้ระยะทางขึ้นกับกำลังของเครื่องส่งอีกด้วย โดยลักษณะของแพร่กระจายคลื่นเป็นลักษณะดังรูปที่ 3.30



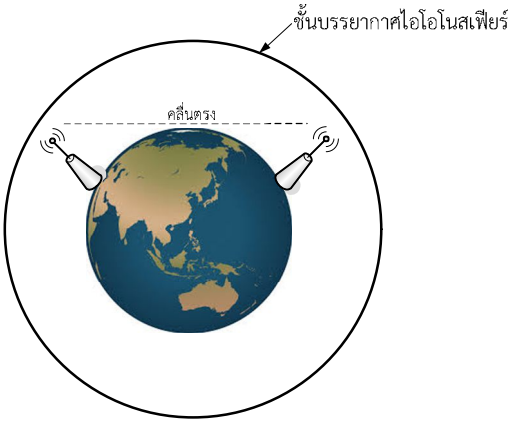
รูปที่ 3.30 การกระจายคลื่นวิทยุตามผิวดิน

2) การกระจายสะท้อนฟ้า (Sky Propagation) เป็นคลื่นวิทยุที่มีการเดินทางไปถึงชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟีย (Ionosphere) ซึ่งเป็นชั้นที่มีอิอนปริมาณมาก แล้วเกิดการสะท้อนกลับมายังโลก มีความถี่ตั้งแต่ 2 kHz ถึง 30 MHz เป็นลักษณะของคลื่นฟ้า (Sky Wave) ทำให้ระยะทางการส่งสัญญาณไปได้ไกลขึ้นเนื่องจากเกิดการสะท้อนชั้นบรรยากาศแล้วกลับลงมายังตัวรับ ลักษณะการกระจายคลื่นเป็นดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 การกระจายคลื่นวิทยุสะท้อนชั้นบรรยากาศ

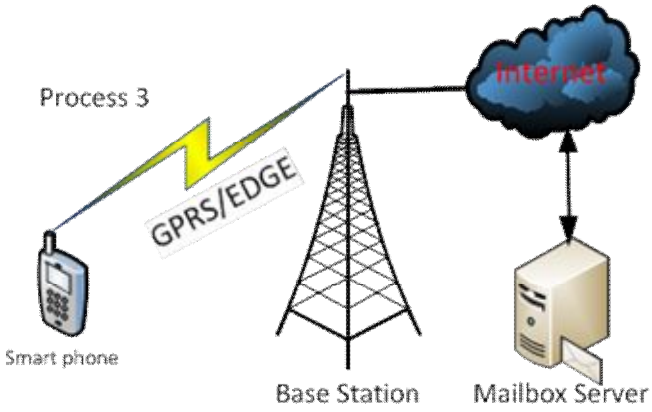
3) การกระจายแนวตรง (Line of Sight Propagation) เป็นคลื่นวิทยุที่เดินทางไปในแนวตรงระหว่างสายอากาศตัวส่งไปยังสายอากาศตัวรับโดยตรง ที่มีความถี่ตั้งแต่ 30 MHz ขึ้นไป จะไม่มีการสะท้อนหรือหักเหของคลื่นวิทยุก่อนจะไปถึงตัวรับ นั่นคือสายอากาศของตัวส่งและตัวรับต้องอยู่ในระดับแนวสายตา มุมของการส่งคลื่นและรับคลื่นวิทยุต้องตรงกันที่ไม่มีสิ่งใดๆ เช่น ตึกอาคารบ้านเรือน ต้นไม้ หรือผิวโลก มาขวางกั้น ซึ่งต้องยกสายอากาศให้สูงๆ เพื่อหลีกเลี่ยงอุปสรรคจากการขวางกั้นต่างๆ และหากตัวรับตัวไกลกันมากๆ จนความโค้งของผิวโลกเป็นส่วนขวางกั้นสัญญาณ ยิ่งต้องให้สายอากาศมีความสูงยิ่งขึ้นเพื่อให้สูงกว่าส่วนโค้งของโลก ลักษณะดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 การกระจายคลื่นวิทยุแนวตรง

การสื่อสารข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุหากใช้ความถี่ต่ำจะส่งปริมาณข้อมูลได้ช้ากว่าการใช้ความถี่สูงๆ ดังนั้นในการสื่อสารข้อมูลที่มีปริมาณข้อมูลจำนวนมากจะต้องใช้คลื่นวิทยุย่านความถี่สูงๆ ซึ่งการใช้คลื่นวิทยุสำหรับการสื่อสารข้อมูลที่ใช้กันในปัจจุบัน เช่น การสื่อสารข้อมูลของโทรศัพท์เคลื่อนที่ กับสถานีฐาน (BTS) ซึ่งใช้คลื่นความถี่ 850 900 และ 1800 MHz ของระบบ

โทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม (GSM) และ ในระบบยุค 3 G การสื่อสารระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่สมาร์ทโฟน กับสถานีฐาน (Node B) ซึ่งต้องมีการสื่อสารข้อมูลด้านเสียง รูปภาพและมัลติมิเดียต่างๆ ที่มีปริมาณข้อมูลจำนวนมากจำเป็นต้องมีใช้ย่านความถี่ 2100 MHz เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามหากความถี่สูงๆ จะทำให้การเดินทางของคลื่นได้ระยะทางน้อยกว่าความถี่ต่ำๆ ดังนั้นในระบบเครือข่ายโทรศัพท์ 3 G ย่านความถี่ 2100 MHz จะต้องเพิ่มจำนวนของสถานีฐานเพื่อให้สัญญาณครอบคลุมพื้นที่กว้างๆ เพื่อครอบคลุมพื้นที่ ดังลักษณะในรูปที่ 3.33



http://www.datacom2u.com/WirelessMedia.php

รูปที่ 3.33 การสื่อสารข้อมูลระหว่างสมาร์ทโฟนกับสถานีฐาน

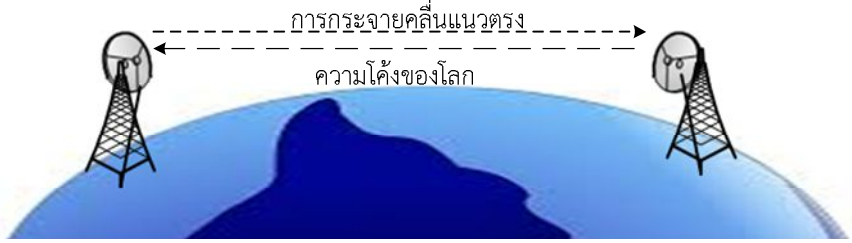
นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับการสื่อสารข้อมูลไร้สาย (Wireless) ที่ใช้ตามสำนักงานและตามบ้านเรือนที่รู้จักกันในชื่อ แอกเซสพอนย์ (Access Point) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกระจายสัญญาณให้กับคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์สื่อสารไร้สายต่าง โดยใช้ย่านความถี่ 2.4 GHz เป็นต้น ซึ่งจะเห็นว่ามีการใช้ความถี่วิทยุที่ย่านความถี่สูงเนื่องจากมีปริมาณในการส่งข้อมูลจำนวนมาก ทั้งข้อมูลด้านเสียง รูปภาพและมัลติมิเดียต่างๆ หากใช้คลื่นวิทยุความถี่ต่ำๆ จะทำให้ส่งปริมาณข้อมูลได้ช้าทำให้การสื่อสารติดขัด เป็นปัญหาและไม่สามารถตอบสนองความต้องการของการสื่อสารข้อมูลสำหรับยุคปัจจุบัน

รูปที่ 3.34 แอกเซสพอนย์ความถี่ 2.4 GHz

3.3 ไมโครเวฟ

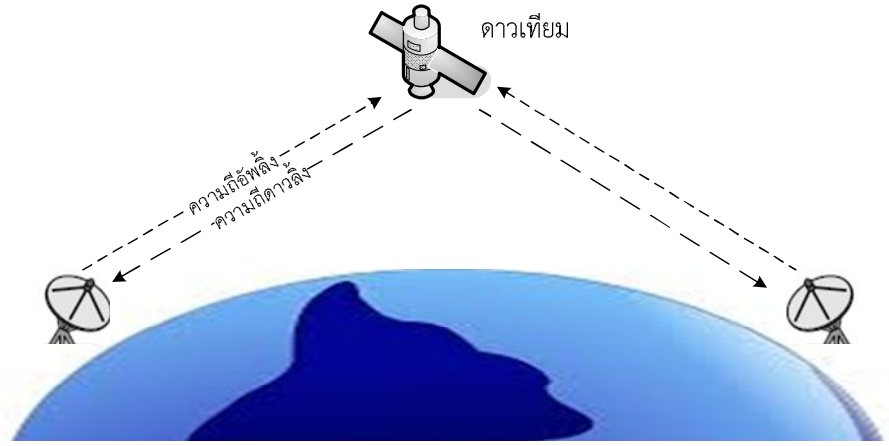
ไมโครเวฟ (Microwaves) คือคลื่นวิทยุความถี่สูง เป็นคลื่นไฟฟ้าที่มีความถี่ระหว่าง 3 GHz ถึง 30 GHz ปกติจะเรียกว่าไมโครเวฟ ลักษณะการแพร่กระจายคลื่นมีลักษณะกระจายคลื่นแนวตรงที่มีทิศทาง และไปในทิศทางเดียวทิศทางหนึ่ง ซึ่งในการส่งและรับสัญญาณซึ่งกันและกันนั้น สายอากาศจะต้องตรงกัน และในระดับแนวเดียวกัน (Line of Sight) ไม่ควรมีสิ่งกีดขวางระหว่างตัวรับตัวส่งสัญญาณ นิยมใช้สำหรับสื่อสารระหว่างสถานีภาคพื้นดินและการสื่อสารดาวเทียม หรือระหว่างสถานีฐานกับชุมสายของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แทนระบบใยแก้วนำแสงในพื้นที่ป่าเขาซึ่งยากลำบากในการเดินระบบสายนำสัญญาณ การสื่อสารด้วยไมโครเวฟสามารถรองรับปริมาณข้อมูลได้ปริมาณมากแต่อาจน้อยกว่าในแก้วนำแสง เหมาะสำหรับการสื่อสารระยะไกลที่ยากต่อการเดินสายใยแก้วนำแสง การใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อการสื่อสารข้อมูลนั้นสามารถนำมาใช้งานดังนี้

1. การสื่อสารไมโครเวฟภาคพื้นดิน เป็นคลื่นไมโครเวฟที่ใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างสถานีฐานบนพื้นโลก เช่นการสื่อสารระหว่างสถานีฐาน (Base Station) ของเสาโทรศัพท์เคลื่อนที่ต่างๆหรือการสื่อสารข้ามจังหวัดด้วยคลื่นไมโครเวฟของการสื่อสารแห่งประเทศไทย ซึ่งต้องให้สายอากาศซึ่งมีลักษณะเป็นจานติดตั้งอยู่ในระดับเดียวกัน ทั้งนี้ด้วยระยะทางที่ไกลนั้นจำเป็นจะต้องคำนึงความโค้งของโลกเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งต้องไม่ไกลเกินจนทำให้ผิวโลกมาเป็นตัวขวางกั้นการสื่อสาร ดังลักษณะในรูปที่ 3.35

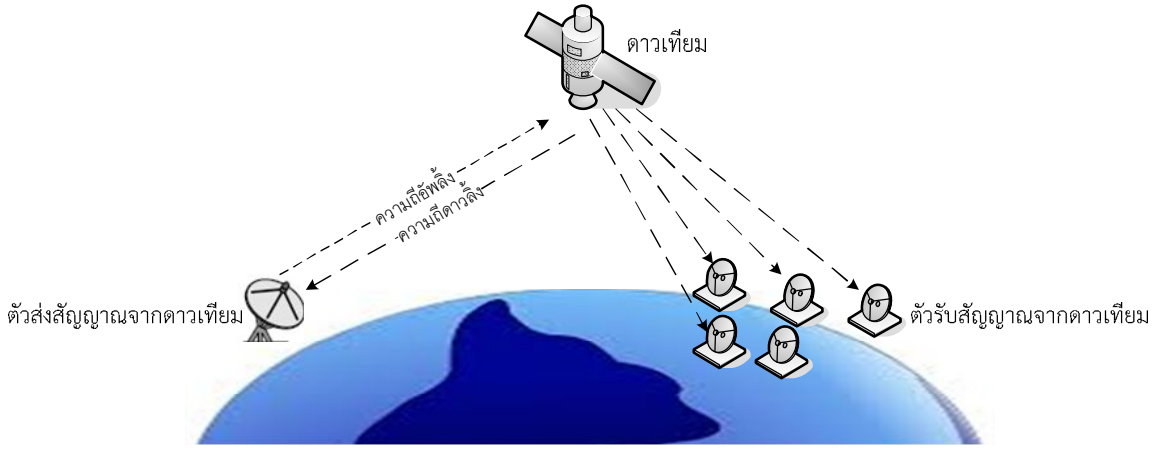


รูปที่ 3.35 การสื่อสารระดับแนวเดียวกันด้วยคลื่นไมโครเวฟ

2. การสื่อสารดาวเทียม เป็นการนำคลื่นไมโครเวฟไปใช้สำหรับการสื่อสารผ่านดาวเทียม ที่ทำหน้าที่ทวนสัญญาณอันเนื่องจากการแก้ปัญหาความโค้งของเปลือกโลกและระยะทางไกลๆ ซึ่งดาวเทียมจะมีการโคจรด้วยความเร็วเท่ากับการหมุนของโลก ทำให้ดาวเทียมจะลอยอยู่เหนือท้องฟ้า ณ ตำแหน่งเดิมตลอดเวลา ณ บริเวณเส้นศูนย์สูตรที่ความสูง 35,863 km โดยลักษณะการสื่อสารผ่านดาวเทียมจะมี 2 แบบ คือ แบบทวนสัญญาณระหว่างสถานีฐานในลักษณะจุดต่อจุด และ แบบแพร่กระจายคลื่น (Broardcast) ไปยังตัวรับหลายจุด ดังแสดงในรูปที่ 3.36 และ 3.37



รูปที่ 3.36 การสื่อสารดาวเทียมลักษณะจุดต่อจุด



รูปที่ 3.37 การสื่อสารดาวเทียมลักษณะแพร่กระจายคลื่น

การใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อการสื่อสารดาวเทียมนั้น ดาวเทียมแต่ละดวงในประเภทเดียวกันสามารถใช้ความถี่เดียวกันได้ เนื่องจากสามารถแยกแต่ละคู่การสื่อสารระหว่างสถานีฐานภาคพื้นดินกับดาวเทียมด้วยมุมองศาของตำแหน่งดาวเทียมแต่ละดวง สัญญาณสำหรับการรับและส่งสัญญาณจะแยกกันคนละความถี่เป็น 2 ช่องสัญญาณ โดยสัญญาณที่ใช้ส่งจากดาวเทียมผ่านชั้นบรรยากาศลงมาพื้นโลกจะใช้ช่องสัญญาณความถี่ขาลงหรือเรียกว่าดาวน์ลิ้ง (Down Link Frequency) และสัญญาณจากสถานีฐานภาคพื้นดินส่งขึ้นไปผ่านชั้นบรรยากาศไปยังดาวเทียมในอวกาศจะใช้ช่องสัญญาณความถี่ขาขึ้นหรือเรียกว่าความถี่อัพลิ้ง (Up Link Frequency) ช่องสัญญาณความถี่ขาขึ้นจะมีความถี่มากกว่าความถี่ขาลง เนื่องจากหากความถี่สูงจะถูกรบกวนและลดทอนสัญญาณได้ง่ายกว่า ดังนั้นจึงใช้ความถี่ต่ำกว่าเป็นช่องสัญญาณความถี่ขาลง เพื่อลดปัญหาการส่งสัญญาณจากดาวเทียมให้น้อยลงและใช้กำลังส่งที่ต่ำกว่า เนื่องจากการดูแลแก้ปัญหาได้ยากกว่าสถานีภาคพื้นดินเพราะดาวเทียมอยู่นอกโลก โดยทั่วไปการสื่อสารระหว่างพื้นโลกกับดาวเทียมจะใช้ความถี่ 4/6 GHz หมายถึงช่องสัญญาณความถี่ขาลงจะใช้คลื่นความถี่ 3.7 – 4.2 GHz และ

ช่องสัญญาณความถี่ขาขึ้นจะใช้คลื่นความถี่ 5.925 – 6.425 GHz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ซีแบนด์ (C Band) เนื่องจากมีการใช้การสื่อสารดาวเทียมกันมากขึ้น จึงมีการขยายช่องสัญญาณไปใช้ความถี่ 12/14 GHz และ 20/30 GHz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่เรียกว่าเคยูแบนด์ (KU Band) สำหรับการสื่อสารดาวเทียมนั้นมีการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลายเพิ่มขึ้น เช่นระบบโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม ระบบโทรศัพท์ทางไกลข้ามทวีป และระบบระบุตำแหน่งจีพีเอส (GPS) เป็นต้น การสื่อสารด้วยสัญญาณไมโครเวฟมีข้อดีคือสามารถสื่อสารด้วยปริมาณข้อมูลความเร็วสูงโดยไม่ต้องเดินสาย เหมาะกับถิ่นทุรกันดารป่าเขาที่ยากต่อการเดินสายนำสัญญาณ แต่ก็มีข้อเสียคือถูกสัญญาณรบกวนได้ง่ายจากสภาวะอากาศ เช่นเมื่อมีปริมาณฝนตกหนักอาจจะทำให้ระบบสื่อสารล่ม และการเดินทางของคลื่นมีลักษณะเป็นแนวตรง ไม่สามารถทะลวงสิ่งกีดขวางได้ ต้องยกสายอากาศให้สูงๆเพื่อหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวาง

3.4 อินฟราเรด

อินฟราเรด (Infrared) เรียกอีกชื่อว่ารังสีใต้แดงหรือรังสีความร้อน อาจใช้ชื่อย่อ IR เป็นคลื่นวิทยุที่มีความถี่สูงกว่าคลื่นไมโครเวฟ แต่ต่ำกว่าความยาวคลื่นสีแดง มีความถี่ระหว่าง 300 GHz – 400 THz เป็นคลื่นสั้นที่อยู่ในกลุ่มแสงที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ส่งและรับสัญญาณในแนวเส้นตรง นั่นคือตัวรับและตัวส่งต้องอยู่ในแนวเดียวกัน ต้องไม่มีสิ่งขวางกั้น ไม่สามารถทะลุผ่านวัตถุทึบแสงได้ ความเร็วในการส่งข้อมูลระหว่าง 4 – 16 Mbps ระยะทางรับส่ง 10 – 30 เมตรนิยมนำมาใช้สำหรับการสื่อสารของอุปกรณ์ในระยะสั้น เช่น รีโมทวิทยุ โทรทัศน์ ระบบหูฟังไร้สาย เครื่องพิมพ์ เครื่องแฟกซ์ เป็นต้น การใช้สัญญาณอินฟราเรดมีข้อดีคือ ราคาถูก ใช้พลังงานน้อย การสื่อสารมีความปลอดภัยสูงไม่จำเป็นต้องขออนุญาตการใช้งาน แต่ปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมใช้มากนักเนื่องจากเนื่องจากมีข้อเสียคือระยะทางการสื่อสารได้ไม่ไกล ไม่สามารถใช้ในพื้นที่ที่มีปริมาณแสงแดดได้ และการใช้งานต้องไม่มีสิ่งกีดขวางกั้นกลางระหว่างตัวรับตัวส่ง

รูปที่ 3.38 แถบความถี่คลื่นอินฟราเรด

3.5 บลูทูธ

บลูทูธ (Bluetooth) เป็นการสื่อสารด้วยสัญญาณวิทยุความถี่ 2.4 GHz ได้ถูกตั้งชื่อว่าบลูทูธ ซึ่งเป็นชื่อของอดีตกษัตริย์ฮารอล์ด บลูทูธ (King Harold Bluetooth) ของประเทศเดนมาร์กสมัย คศ. 940 - 981 ประมาณกว่าพันปีก่อนหน้าเพื่อเป็นการลำรึกแก่กษัตริย์ผู้ปกครองประเทศในกลุ่มสแกนดิเนเวีย ซึ่งเป็นกลุ่มประเทศที่มีการพัฒนาระบบบลูทูธขึ้นมา การสื่อสารของระบบบลูทูธนิยมนำมาใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่นโน๊ตบุ๊ค กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือ ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนด้วยกัน และกับอุปกรณ์มัลติมิเดียต่างๆ ทดแทนการเชื่อมต่อสัญญาณด้วยสาย ไม่จำเป็นต้องวางอุปกรณ์ในระดับแนวเดียวกัน เหมือนการสื่อสารของไมโครเวฟ ทำให้การใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น ระยะการสื่อสารระหว่าง 1 – 100 เมตรขึ้นกับกำลังส่ง แต่ที่นิยมใช้กันคือระยะทางไม่เกิน 10 เมตรใช้พลังงานประมาณ 2.5 mW สัญญาณบลูทูธจะใช้ความถี่ช่วง 2.400 ถึง 2.4835 GHz ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 79 ช่องสัญญาณ และจะใช้ช่องสัญญาณนี้ส่งข้อมูลด้วยการสลับช่องไปมา ประมาณ 1600 ครั้งต่อวินาทีโดยเลือกเปลี่ยนช่องสื่อสารกันเองโดยอัตโนมัติไม่จำเป็นต้องเรียงลำดับหมายเลขช่อง แทนการใช้ช่องความถี่เดียวเพื่อป้องกันลักลอบดักจับสัญญาณ และนอกจากนี้ยังมีการป้อนรหัสการจับคู่ก่อนการสื่อสารกันเพื่อเป็นการป้องกันสื่อสารจากอุปกรณ์ที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งอุปกรณ์ที่มีการใช้ระบบบลูทูธจะใช้สัญลักษณ์ดังรูปที่ 3.39 และตัวอย่างของอุปกรณ์ที่ใช้สัญญาณแบบบลูทูธ ดังรูปที่ 3.40

รูปที่ 3.39 สัญลักษณ์การใช้ระบบบลูทูธ

รูปที่ 3.40 เมาส์ไร้สายด้วยระบบบลูทูธ

<u>แบบฝึกหัดท้ายบท</u>

1. สื่อกลางชนิดมีสายและชนิดไร้สายแตกต่างกันอย่างไร อธิบาย
2. จงบอกสื่อกลางนำสัญญาณชนิดมีสายมีอะไรบ้าง
3. จงบอกเหตผลและข้อดีของการนำสายคู่ มาบิดกันเป็นเกลียว
4. สาย UTP และสาย STP แตกต่างกันอย่างไร
5. สายไฟเบอร์ออฟติกแบบมัลติโหมด แตกต่างจากซิงเกิลโหมดอย่างไร
6. ลักษณะการกระจายคลื่นวิทยุมีกี่แบบ อะไรบ้าง
7. สัญญาณบลูทูธ มีข้อดีกว่าอินฟราเรดอย่างไร
8. สัญญาณไมโครเวฟ นิยมนำไปใช้กับการสื่อสารประเภทใด
9. การสื่อสารข้อมูลตัวกลางใดสามารถรองรับการส่งสัญญาณได้ปริมาณสูงสุดและไกลสุด