

บทที่ 2

การสื่อสารข้อมูล

(Data Communication)

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูลเบื้องต้น

การสื่อสารข้อมูลหรือ **Data communications** เป็นกระบวนการในการส่งและการรับข้อมูล และการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งและรับข้อมูล การสื่อสารข้อมูลอาจแยกได้เป็นสองระดับคือ ระดับแรกเป็นการสื่อสารข้อมูลภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น การรับส่งข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผลกลางและอุปกรณ์รอบข้าง เช่น แป้นพิมพ์ จอภาพ เครื่องพิมพ์ และเครื่องอ่านจานแม่เหล็ก เป็นต้น การสื่อสารข้อมูลในระดับที่สอง เป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งที่อยู่ในองค์กรเดียวกัน อยู่ในจังหวัดเดียวกัน อยู่ในประเทศเดียวกัน และอยู่ภายในโลกเดียวกัน การติดต่อสื่อสารในลักษณะนี้ใช้เทคโนโลยีที่มีความแตกต่างกันออกไปตามระยะทาง ดังนั้นจึงต้องมีระบบที่ดีในการประสานประสานเทคโนโลยีเหล่านี้เข้าด้วยกัน เพื่อให้ผู้ใช้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยไม่จำเป็นต้องศึกษาและทำความเข้าใจเทคโนโลยีในระดับรายละเอียด

การสื่อสารข้อมูลโดยใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์เริ่มขึ้นในศตวรรษที่ 19 เมื่อมีการคิดค้นโทรเลข โทรศัพท์ และวิทยุ การค้นพบเหล่านี้เป็นรากฐานที่สำคัญสำคัญที่ก่อให้เกิดการพัฒนาการสื่อสารในศตวรรษที่ 20 โดยในช่วงเวลาแรกเป็นการพัฒนาสื่อด้านโทรศัพท์และเครื่องมือในการสื่อสารชนิดต่างๆ การพัฒนาเหล่านี้เป็นการพัฒนาซึ่งนำไปสู่การผลิตอุปกรณ์การสื่อสารต่างๆ ที่ค่อนข้างเสรี การทำงานของอุปกรณ์และกรรมวิธีในการสื่อสารข้อมูลส่วนใหญ่จะกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิต ไม่มีการกำหนดมาตรฐานระหว่างบริษัท ทำให้อุปกรณ์ที่ผลิตจากผู้ผลิตต่างกันไม่อาจใช้งานร่วมกันได้

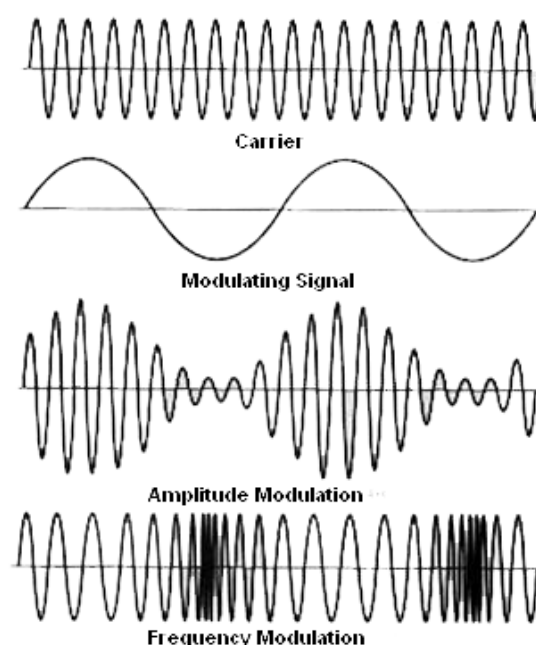
ในปี ค.ศ.1951 มีการติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้งานในเชิงพาณิชย์เครื่องแรกคือเครื่อง **UNIVAC 1** ซึ่งเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องแรกที่ใช้ทั่วไปสามารถใช้งานได้ และเป็นการเริ่มต้นความต้องการที่จะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ติดต่อสื่อสารกันได้ การติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ก็เช่นเดียวกับการสื่อสารในด้านอื่นคือต้องใช้อุปกรณ์พิเศษซึ่งเป็นลิขสิทธิ์เฉพาะของบริษัทผู้ผลิต ทำให้ผลิตภัณฑ์ของบริษัทหนึ่งไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ของบริษัทอื่นได้ทำให้ขาดความคล่องตัวและเป็นการผูกขาด ผลิตภัณฑ์ที่บริษัทใดบริษัทหนึ่งผลิตขึ้นมีราคาแพงเนื่องจากต้องใช้งบประมาณจำนวนมากในการวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ของตน ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง ด้วยเหตุนี้จึงมีหน่วยงานอิสระหลายหน่วยงานริเริ่มการกำหนดมาตรฐานอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลและกรรมวิธีในการเชื่อมต่อเพื่อให้อุปกรณ์ที่อยู่ในมาตรฐานเดียวกันสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ไม่ว่าจะมีการผลิตมาจากบริษัทใด หน่วยงานเหล่านี้มีทั้งหน่วยงานของภาครัฐและเอกชนในสหรัฐอเมริกา ดังที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1 เป็นผู้กำหนดมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดด้านอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม อุปกรณ์สลับวงจรสำหรับการสื่อสาร และมาตรฐานข้อต่อแบบอนุกรมชนิด RS-232 เป็นต้น

2.2 การส่งข้อมูลแบบอนาล็อกและดิจิตอล (Analog and Digital Transmission)

การพัฒนาการสื่อสารข้อมูลในระยะแรกเป็นการพัฒนาการสื่อสารข้อมูลเสียง ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดที่สุดคือระบบโทรศัพท์ ดังนั้นความเข้าใจในเรื่องของการสื่อสารข้อมูลเสียงเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาการสื่อสารข้อมูลด้านอื่นๆ ต่อไป

2.2.1 ข้อมูลแบบอนาล็อก (Analog)

เสียงมีคุณสมบัติที่เรียกว่า sinusoidal ซึ่งมีความหมายว่ามีคุณสมบัติคล้ายกับคลื่นรูป sine การขึ้นลงของคลื่น 1 ช่วง จะเรียกว่า “ความถี่ของคลื่น (Frequency)” ส่วนความสูงของคลื่นจะเรียกว่า “แอมพลิจูด (Amplitude)” กล่าวคือเมื่อผู้พูดพูดให้ดังขึ้น แอมพลิจูดของคลื่นรูป sine จะสูงขึ้น ในทางกลับกันหากผู้พูดพูดให้เบาลง แอมพลิจูดของคลื่นรูป sine จะลดลงด้วย ในกรณีที่ผู้พูดพูดโดยใช้ระดับเสียง (pitch) สูง ความถี่ของคลื่นรูป sine จะสูงขึ้น และเมื่อลดระดับเสียงลงเสียง ความถี่จะลดลง ดังนั้นหากกำหนดให้ฟังก์ชัน $y = \sin(t)$ เป็นฟังก์ชันของเสียงพูดตามปกติ เมื่อผู้พูดพูดให้ดังขึ้นเป็น 3 เท่า จะได้ฟังก์ชัน $y = 3 \sin(t)$ หากผู้พูดพูดด้วยระดับเสียงสูงขึ้นกว่าเดิมเป็นสองเท่าจะได้ฟังก์ชัน $y = \sin(2t)$ ดังนั้นหากผู้พูดโดยมีความดังสูงเป็นสามเท่าของเสียงปกติ และพูดด้วยระดับเสียงสูงกว่าเดิมสองเท่า ฟังก์ชันที่ได้จะเป็น $y = 3\sin(2t)$ การสื่อสารข้อมูลที่มีสัญญาณที่มีความเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องกันไปตลอดเวลา หรือการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเป็นฟังก์ชันต่อเวลาเช่นในกรณีที่กล่าวมาแล้ว เรียกว่าการส่งข้อมูลแบบอนาล็อก ตัวอย่างเช่นคลื่นวิทยุ FM (Frequency Modulation) และคลื่นวิทยุ AM (Amplitude Modulation) ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 1

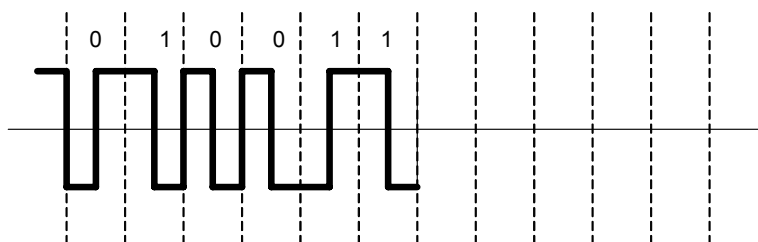


รูปที่ 2 – 1 การส่งข้อมูลแบบอนาล็อก

2.2.2 ข้อมูลแบบดิจิตอล (Digital)

สัญญาณแบบดิจิตอลเป็นสัญญาณที่สามารถตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลได้ง่ายเนื่องจากมีระดับสัญญาณเพียงสองระดับที่มีความแตกต่างกันชัดเจน ส่วนสัญญาณอนาล็อกมีระดับสัญญาณหลายระดับต่อเนื่องกัน

จึงทำการตรวจสอบความผิดพลาดในการส่งข้อมูลได้ยากกว่ามาก นอกจากนี้แล้วเมื่อสัญญาณอนาล็อกเดินทางผ่านตัวกลางเป็นระยะทางไกล สัญญาณจะอ่อนกำลังลง ดังนั้นหากต้องมีการส่งสัญญาณเป็นระยะทางไกลจึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณเป็นระยะๆ ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น อย่างไรก็ตามสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณที่มีความชัดเจนสูงกว่า โดยเฉพาะเมื่อใช้ในการส่งข้อมูลที่มีต้นกำเนิดสัญญาณแบบต่อเนื่อง เช่น เสียงพูด และเสียงดนตรี



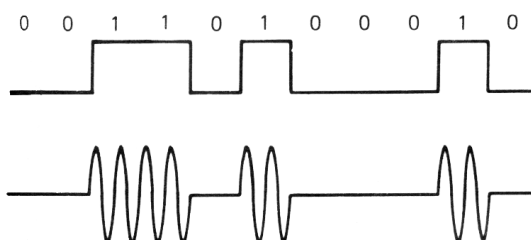
รูปที่ 2 – 2 สัญญาณข้อมูลแบบดิจิทัล

2.3.3 การแปลงข้อมูลดิจิทัล – อนาล็อก และอนาล็อก – ดิจิตอล

ในการแปลงสัญญาณข้อมูลนั้น สัญญาณข้อมูลที่เป็นสัญญาณอนาล็อกจะถูกผสมเข้ากับคลื่นพาหะ (carrier wave) ซึ่งเป็นคลื่นรูป sine สัญญาณข้อมูลจะทำให้คลื่นพาหะมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณข้อมูล กระบวนการนี้เรียกว่าการผสมสัญญาณ (modulation) การผสมสัญญาณสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การผสมสัญญาณด้านความสูง ความถี่ และเฟส (phase) การผสมสัญญาณด้านความสูง (amplitude modulation) จะให้ผลให้แอมพลิจูดของคลื่นพาหะเปลี่ยนแปลงไปตามความสูงของสัญญาณข้อมูล ส่วนความถี่ของคลื่นพาหะมีค่าคงที่ การผสมสัญญาณด้านความถี่ (frequency modulation) จะให้ผลทำให้ความถี่ของคลื่นพาหะเปลี่ยนแปลงไปตามความถี่ของสัญญาณข้อมูล ส่วนความสูงของคลื่นพาหะมีค่าคงที่ และการผสมสัญญาณด้วยการเปลี่ยนเฟสของสัญญาณพาหะ (phase-shift modulation) มีผลให้เฟสของคลื่นพาหะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของสัญญาณข้อมูล โดยมีความสูงและความถี่ของคลื่นพาหะคงที่

2.3.3.1 Amplitude Modulation

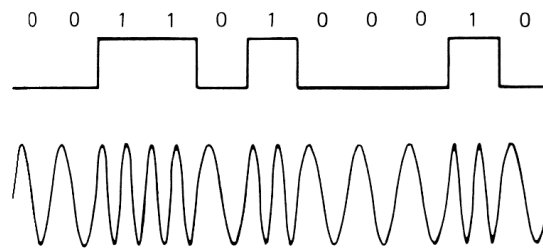
วิธีการนี้ข้อมูลดิจิทัล 1 หรือ 0 จะถูกใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิด สัญญาณพาหะความถี่ 387 Hz เพื่อส่งออกไปทางสายโทรศัพท์ ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 3



รูปที่ 2 – 3 Amplitude Modulation

2.3.3.2 Frequency-Shift Keying (FSK) Modulation

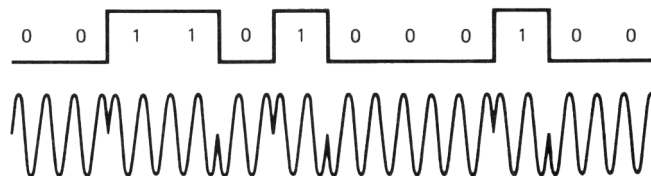
วิธีการนี้ ข้อมูลดิจิทัล 1 หรือ 0 จะถูกใช้ควบคุมการเปลี่ยนค่าความถี่ของสัญญาณพาหะ ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 4 ในการที่จะสื่อสารข้อมูลแบบ Full-Duplex ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ผู้ส่งและเครื่องคอมพิวเตอร์ผู้รับสามารถโต้ตอบกันได้ในเวลาเดียวกัน จะต้องใช้สัญญาณพาหะซึ่งมีความถี่แตกต่างกัน 4 ความถี่ ตัวอย่างเช่นในมาตรฐาน 103 ของ Bell Telecommunication ได้กำหนดให้ใช้ความถี่ 2025 Hz สำหรับข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 และความถี่ 2225 Hz สำหรับข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ในการส่งข้อมูลในทิศทางหนึ่ง และใช้ความถี่ 1070 Hz สำหรับข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 และความถี่ 1270 Hz สำหรับข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ในการส่งข้อมูลในอีกทิศทางหนึ่ง



รูปที่ 2 – 4 Frequency Modulation

2.3.3.3 Phase-Shift Keying (PSK) Modulation

วิธีการนี้ข้อมูลดิจิทัล 1 หรือ 0 จะถูกใช้สำหรับเปลี่ยนเฟสของสัญญาณพาหะ ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 5 (a) สัญญาณพาหะความถี่คงที่ 1700 Hz จะถูกนำมาใช้ การเปลี่ยนข้อมูลจาก 1 เป็น 0 หรือจาก 0 เป็น 1 จะทำให้เฟสของสัญญาณพาหะถูก Shift ไป 180° และถ้าข้อมูลไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเฟสของสัญญาณพาหะก็จะคงที่ อยู่ในระหว่างการส่งข้อมูลแต่ละบิต



(a)

GRAY CODE DIBIT VALUE	DEGREES OF PHASE SHIFT
00	0
01	90
11	180
10	270

(b)

GRAY CODE TRIBIT VALUE	DEGREES OF PHASE SHIFT
001	22.5
000	67.5
010	112.5
011	157.5
111	202.5
110	247.5
100	292.5
101	337.5

(c)

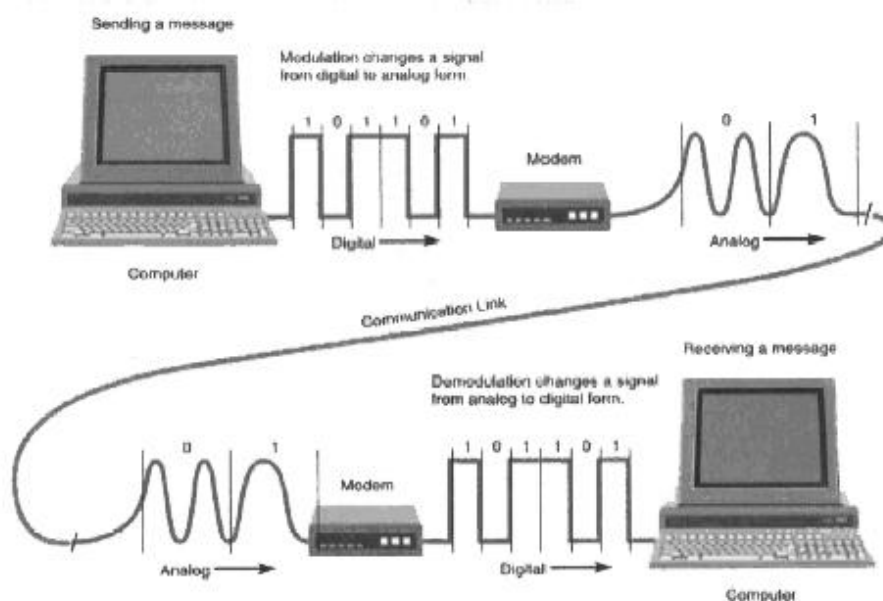
รูปที่ 2 – 5 Phase-shift Modulation

วิธีการ Shift เฟสไป 180° ตามที่กล่าวข้างต้นจะไม่มีข้อได้เปรียบเหนือวิธีการ Modulation วิธีอื่น อย่างไรก็ตามหากใช้ข้อมูล 2 บิต จะทำให้สามารถควบคุมการ Shift เฟสของสัญญาณพาหะได้ 4 ค่า ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 5 (b) ซึ่งจะทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ครั้งละ 2 บิตในการ Shift เฟสของสัญญาณพาหะเพียงครั้งเดียว และถ้าใช้ข้อมูล 3 บิต จะทำให้สามารถควบคุมการ Shift เฟสของสัญญาณพาหะได้ 8 ค่า ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 5 (c) ซึ่งจะทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ครั้งละ 3 บิตในการ Shift เฟสของสัญญาณพาหะเพียงครั้งเดียว ซึ่งทำให้วิธีการนี้มีข้อได้เปรียบเหนือวิธีการอื่น ดังนั้นมาตรฐานของโมเด็มในปัจจุบันซึ่งถูกกำหนดโดย CCITT เช่น V.22 จึงกำหนดให้ใช้วิธีการ Phase-shift Modulation สร้างสัญญาณข้อมูลสำหรับการส่งผ่านสายโทรศัพท์

2.2.4 โมเด็ม (Modem – modulator-demodulator)

โมเด็มเป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ในการแปลงข้อมูลสัญญาณดิจิทัลให้เป็นสัญญาณอนาล็อกเพื่อทำการส่งออกทางสายโทรศัพท์ มีหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบการกำหนดมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์อยู่ 2 องค์การ คือบริษัท Bell Telephone Company ซึ่งกำหนดมาตรฐาน 103, 308 และ 212A ที่เลิกใช้แล้วในปัจจุบัน และ CCITT (Comite' Consultatif Interbationale Te'le'phonique et Te'le'graphique) ซึ่งเป็นมาตรฐานของโมเด็ม V Series ที่ใช้ในปัจจุบัน โดยเริ่มต้นจาก V.22 ซึ่งเป็นมาตรฐานของโมเด็มที่ส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็ว 2400 bit/s และ V.29 ซึ่งส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็ว 9600 bit/s

ในปัจจุบันเทคโนโลยีที่ใช้ในการผสมคลื่นก้าวหน้าไปมาก สามารถใช้การผสมสัญญาณทั้งสามแบบเข้าด้วยกัน อันมีผลทำให้ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลสูงขึ้นมาก ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลของโมเด็มนิยมวัดกันโดยใช้หน่วย baud ซึ่งเป็นจำนวนครั้งของสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงที่สุดใน 1 วินาที การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้สัมพันธ์กับความเร็วในการส่งข้อมูลเป็นบิตต่อวินาที (bps) ความเร็วของโมเด็มที่ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน เช่น 2400, 4800, 9600, 14400, 28800 เป็นต้น



รูปที่ 2 – 6 โมเด็มแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก

โมเด็มที่ใช้กันอย่างแพร่หลายอยู่ในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ โมเด็มที่เป็นอุปกรณ์ต่อพ่วงภายนอกเครื่องคอมพิวเตอร์ (External Modem) และโมเด็มที่เป็นแผงวงจรต่อพ่วงเข้ากับแผงวงจรหลักในเครื่องคอมพิวเตอร์ (Internal Modem) แต่ในปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ๆ มักจะมีโมเด็มประกอบรวมกับแผงวงจรหลักภายในเครื่องอยู่แล้ว ผู้ใช้เพียงแต่เสียบสายโทรศัพท์เข้ากับช่องเสียบด้านหลังของเครื่องคอมพิวเตอร์ ก็สามารถทำการติดต่อเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ตได้ และการที่เครือข่าย ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) เข้ามามีบทบาทเพิ่มมากขึ้น จึงได้มีการผลิต ADSL Modem เพื่อติดต่อระบบอินเทอร์เน็ตด้วยความเร็วสูง



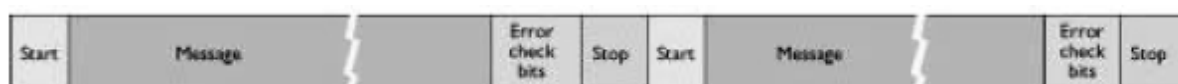
รูปที่ 2 – 7 โมเด็ม ADSL แบบต่อภายนอก (External ADSL MODEM)

2.3 โมเด็มในการสื่อสารข้อมูล

เมื่อมีการส่งข้อมูลเป็นทวิภาคี เช่นข้อมูลที่ประกอบขึ้นด้วยสายของข้อมูลที่เป็น 0 และ 1 การส่งข้อมูลแบบนี้เรียกว่าการส่งข้อมูลแบบดิจิทัล การส่งข้อมูลแบบนี้ยังสามารถแยกออกได้เป็น 2 แบบคือการส่งข้อมูลแบบประสานจังหวะ (Synchronous) และการส่งข้อมูลแบบไม่ประสานจังหวะ (Asynchronous)

2.3.1 การส่งข้อมูลแบบประสานจังหวะ (Synchronous)

ผู้ส่งทำการส่งข้อมูลโดยมีอัตราเร็วคงที่ตลอดเวลา ผู้รับและผู้ส่งต้องทำงานประสานกันโดยใช้สัญญาณนาฬิกาเดียวกัน โดยผู้ส่งจะเริ่มส่งข้อมูลแต่ละบิตที่ต้นจังหวะสัญญาณนาฬิกา ผู้รับก็จะทำการตรวจสอบทุกต้นจังหวะสัญญาณนาฬิกาว่ามีข้อมูลเข้าหรือไม่ และเพื่อให้ผู้รับสามารถกำหนดจุดเริ่มต้นของข้อมูลแต่ละกลุ่มได้ ผู้ส่งจะใช้อักขระพิเศษตามที่ตกลงกันไว้ระหว่างผู้รับและผู้ส่ง นำหน้าข้อมูลจริงที่จะจัดส่งในแต่ละกลุ่ม การสื่อสารข้อมูลในลักษณะนี้ผู้ส่งและผู้รับต้องพร้อมที่จะทำการรับส่งข้อมูลตลอดเวลา ทำให้สามารถรับส่งข้อมูลโดยใช้ความเร็วสูงได้ เหมาะสำหรับระบบที่มีข้อมูลที่ต้องส่งจำนวนมาก และมีการส่งข้อมูลต่อเนื่องเกือบตลอดเวลา อย่างไรก็ตามการส่งข้อมูลแบบนี้ต้องอาศัยอุปกรณ์ส่งและรับข้อมูลที่มีความแม่นยำสูง จึงเป็นระบบที่มีค่าใช้จ่ายสูง

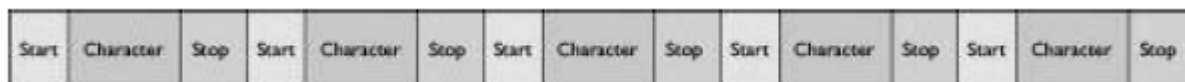


รูปที่ 2 – 8 Synchronous Transmission

2.3.2 การส่งข้อมูลแบบไม่ประสานจังหวะ (Asynchronous)

เป็นการส่งข้อมูลจากผู้ส่งและผู้รับไม่จำเป็นต้องทำงานประสานกันตามจังหวะของสัญญาณนาฬิกาเช่นในกรณีแรก ดังนั้นเมื่อผู้ส่งต้องการส่งข้อมูลไม่ว่าจะเป็นการส่งข้อมูลครั้งละตัวอักขระ หรือส่งครั้งละกลุ่ม ผู้ส่งจะต้องให้สัญญาณแก่ผู้รับด้วยการใช้บิตเริ่มต้น (start bit) นำหน้าข้อมูล และปิดท้ายข้อมูลด้วยบิตหยุด (stop bit) จำนวนบิตของบิตเริ่มต้นและบิตหยุดระหว่างผู้รับและผู้ส่งต้องมีค่าเท่ากัน การสื่อสารแบบนี้มีข้อเสียที่ความเร็วต่ำ

กว่าแบบแรก เหมาะสำหรับระบบที่มีการส่งข้อมูลไม่มาก หรือระบบที่มีการส่งข้อมูลเป็นครั้งคราว เนื่องจากความเร็วของการรับส่งต่ำกว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลมีความซับซ้อนน้อยกว่า และมีราคาถูกกว่า การสื่อสารเช่นนี้เป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปในรูปแบบของการใช้โมเด็มต่อกับสายโทรศัพท์ธรรมดาในการติดต่อกับศูนย์บริการที่ให้บริการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หรือ **ISP (Internet Service Provider)**



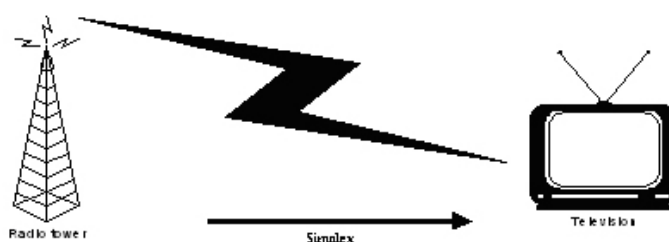
รูปที่ 2 – 9 Asynchronous Transmission

2.4 ทิศทางในการสื่อสาร

วิธีการในการสื่อสารข้อมูลที่ใช้กันทั่วไป เมื่อพิจารณาจากทิศทางการรับ-ส่ง จะสามารถแบ่งได้ 3 แบบคือ Simplex, Half-duplex, และ Full-duplex

2.4.1 การสื่อสารแบบ Simplex

เป็นการส่งข้อมูลจากผู้ส่งไปยังผู้รับโดยใช้ช่องสัญญาณเพียงช่องเดียว และปลายด้านหนึ่งเป็นผู้รับ การส่งข้อมูลจากผู้ส่งไปยังผู้รับจึงเป็นลักษณะที่ข้อมูลถูกส่งไปในทิศทางเดียว (One-way communication) จึงไม่สามารถโต้ตอบกันได้ระหว่างผู้ส่งกับผู้รับ เช่นการส่งกระจายเสียงของสถานีวิทยุและโทรทัศน์ ระบบเพจเจอร์ เป็นต้น



รูปที่ 2 – 10 การสื่อสารแบบ Simplex

2.4.2 การสื่อสารแบบ half-duplex

เป็นการส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณเดียว แต่จะส่งไปทางใดก็ได้จึงสามารถส่งข้อมูลโต้ตอบระหว่างผู้ส่งกับผู้รับได้ทั้งสองทิศทาง แต่จะส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันไม่ได้ ต้องสลับกันเป็นผู้ส่ง หรือผู้รับ เช่นการติดต่อโดยใช้วิทยุสื่อสารที่ผู้ใช้ต้องผลัดกันพูด ซึ่งเมื่อเวลาพูดจบมักจะพูดคำว่า “เปลี่ยน” เพื่อให้อีกฝ่ายหนึ่งรับทราบว่ามีข้อมูลที่ส่งมานั้นจบแล้ว สามารถส่งข้อมูลกลับไปได้ นั่นคือเมื่อผู้รับได้รับข้อมูลนั้นแล้วจะใช้ช่วงระยะเวลาหนึ่งในการตีความ และส่งข้อมูลโต้ตอบกลับไป ช่วงเวลานี้เรียกว่า “Reaction Time” นอกจากนั้นในการจะส่งข้อมูลกลับไปยังยังต้องใช้เวลาอีกช่วงหนึ่งในการสลับทิศทางการส่งข้อมูลซึ่งเรียกว่า “Line Turnaround Time”



รูปที่ 2 – 11 การสื่อสารแบบ half-duplex

2.4.3 การสื่อสารแบบ full-duplex

เป็นการส่งข้อมูลโดยใช้ช่องสัญญาณ 2 ช่อง ช่องหนึ่งสำหรับการรับข้อมูล และอีกช่องหนึ่งสำหรับการส่งข้อมูล จึงสามารถส่งข้อมูลได้ทั้งสองทิศทางในเวลาเดียวกัน เช่นการติดต่อโต้ตอบโดยใช้โทรศัพท์ เป็นต้น ในการสื่อสารแบบสองทิศทาง (Two-way communication) แบบนี้จะทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการสลับการใช้ช่องสัญญาณที่เรียกว่า “Line Turnaround Time” ดังนั้นจึงใช้เวลาในการโต้ตอบน้อยกว่าการสื่อสารแบบ half-duplex



รูปที่ 2 – 12 การสื่อสารแบบ full-duplex

2.5 ตัวกลางในการสื่อสารข้อมูล (Communication Media)

2.5.1 กล่าวนำ

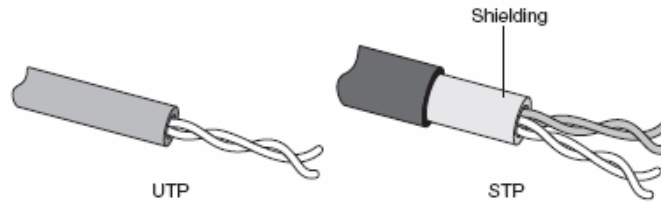
วิธีการที่ง่ายที่สุดในการสื่อสารข้อมูลคือการใช้สายสัญญาณเป็นตัวกลางในการรับ-ส่งสัญญาณข้อมูล สายสัญญาณที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปเป็นลวดทองแดงหุ้มฉนวน และมีการบิดไขว้กันเป็นระยะๆ ตลอดความยาวของสาย เรียกว่าสายคู่ตีเกลียว (Twisted Pair) สายชนิดนี้มีความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลต่ำ ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการเปลี่ยนแทนโดยใช้เส้นใยแก้วนำแสง (Fiber Optic) ซึ่งมีขีดความสามารถมากกว่า สายอีกประเภทหนึ่งที่นิยมใช้ในการสื่อสารข้อมูลเรียกว่า สายมีแกนกลาง (Coaxial Cable) หรือเรียกอีกอย่างว่า “สายโคแอกเชียล” เป็นสายที่มีแกนกลางเป็นลวดทองแดงหุ้มด้วยฉนวนหุ้มด้วยฉนวน และมีการใช้สายโลหะถักหุ้มอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน

การสื่อสารข้อมูลโดยใช้สายโคแอกเชียลแบบดิจิตอลเป็นการสื่อสารที่ใช้แถบความถี่หรือแบนด์วิดท์เพียงแถบเดียว เรียกว่า “baseband” ซึ่งสามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงในระยะใกล้ แต่ไม่เหมาะสมสำหรับการส่งข้อมูลระยะทางไกล ทั้งนี้ความเร็วในการส่งข้อมูลเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทาง เมื่อระยะทางไกลขึ้นความเร็วที่ใช้ในการสื่อสารจะลดลง การสื่อสารข้อมูลโดยใช้สายโคแอกเชียลแบบอนาล็อก เป็นการสื่อสารที่ใช้แถบความถี่หลักหลายแถบ เรียกว่า “broadband” เช่นการส่งสัญญาณโทรทัศน์ตามสายเคเบิลมีความถี่ของสัญญาณพาหะสูงถึง 300 MHz และมีแถบความถี่กว้างถึง 6 MHz และสามารถส่งสัญญาณตามสายได้ไกลถึง 100 กิโลเมตร

สำหรับการสื่อสารที่มีระยะทางเกินกว่า 50 ไมล์ (80 กิโลเมตร) มีการใช้ตัวกลางหลายแบบ ได้แก่ การสื่อสารโดยใช้เคเบิลใยแก้วนำแสงและการสื่อสารไร้สาย การสื่อสารแบบไร้สายมีการทำงานคล้าย broadband แต่ใช้อากาศเป็นตัวกลางในการรับและส่งข้อมูล ตัวอย่างของการสื่อสารไร้สายที่นิยมใช้ได้แก่การสื่อสารโดยใช้คลื่นในย่านความถี่วิทยุ การสื่อสารโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ และการสื่อสารผ่านระบบโทรศัพท์แบบ cellular นอกจากนี้แล้วยังมีการสื่อสารเฉพาะแบบเช่นการสื่อสารโดยใช้แสงเลเซอร์ (Laser) และการสื่อสารที่ใช้รังสีอินฟราเรด (infrared) ซึ่งเป็นสารสื่อสารไร้สายและใช้อากาศเป็นตัวกลางเช่นเดียวกันเพียงแต่ว่าที่ใช้จำกัดกว่าเท่านั้น แต่เนื่องจากการสื่อสารโดยใช้คลื่นไมโครเวฟมีระยะทางจำกัดอยู่ที่ระยะประมาณ 25 – 30 ไมล์ หากระยะทางไกลกว่านั้นต้องมีการติดตั้งสถานีทวนสัญญาณ และสายอากาศสำหรับถ่ายทอดสัญญาณไปยังจุดต่อไป ดังนั้นการสื่อสารที่มีระยะไกลมาก เช่นการสื่อสารระหว่างทวีป จึงนิยมใช้การสื่อสารผ่านดาวเทียมเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่ถูกลง

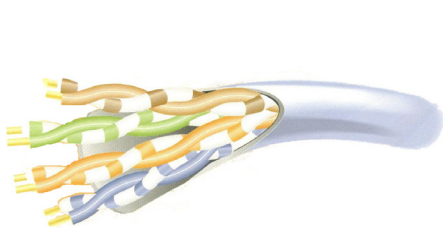
2.5.2 สายคู่ตีเกลียว (Twist Pair)

สายคู่ตีเกลียวที่นิยมใช้มีอยู่ 2 ชนิด คือสายคู่ตีเกลียวแบบหุ้มฉนวน หรือสาย STP (Shielded Twisted Pair) และสายคู่ตีเกลียวแบบไม่หุ้มฉนวน หรือสาย UTP (Unshielded Twisted Pair) ซึ่งจากชื่อสามารถทำให้เราทราบได้ว่าลักษณะของสายนั้นต้องมีการพันเป็นเกลียว



รูปที่ 2 – 13 สาย UTP และสาย STP

หากศึกษากันจริงๆ จะเห็นว่าในสาย UTP ประกอบด้วยสายจำนวน 8 เส้น โดยแบ่งเป็น 4 คู่ ในคู่หนึ่งจะมีหนึ่งสายเป็นสายสัญญาณและอีกสายหนึ่งจะเป็นสาย Ground ทั้ง 4 คู่จะเหมือนกัน แต่จะมีความหมายการใช้งานในแต่ละคู่ต่างกัน โดยสายทั้ง 8 เส้นจะมีสีกำกับดังนี้



สายคู่ที่ 1 ใช้สีขาว - ฟา ตัวย่อ (W-BL) สีฟ้า ตัวย่อ (BL)

สายคู่ที่ 2 ใช้สีขาว - ส้ม ตัวย่อ (W-O) สีส้ม ตัวย่อ (O)

สายคู่ที่ 3 ใช้สีขาว - เขียว ตัวย่อ (W-G) สีเขียว ตัวย่อ (G)

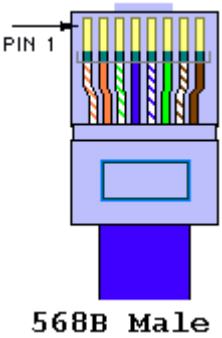
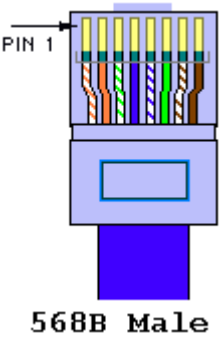
สายคู่ที่ 4 ใช้สีขาว - น้ำตาล ตัวย่อ (W-BR) สีน้ำตาล ตัวย่อ (BR)

รูปที่ 2 – 14 สีต่างๆ ของสายไฟภายในสาย UTP และสาย STP

EIA/TIA (Electronic Industries Association and the Telecommunications Industries Association) ได้กำหนดปลายสายที่ออกสู่ปลั๊กทั้ง 8 เส้นเป็น 2 แบบ คือ T568A และ T568B การจัดสายแต่ละแบบ สาย UTP 8 ตัว ประยุกต์เข้ากับวิธีการเดินสายโทแกนริงข้อกำหนดการติดตั้งไปยังส่วนพื้นที่ทำงานนี้เป็นเรื่องที่มีรายละเอียด เพื่อรองรับการทำงานตามความถี่ที่กำหนดได้ การให้สีของสาย UTP ก็เพื่อจะบอกตำแหน่งของชั้นได้ ชัดเจนว่าเป็นสายคู่ที่เท่าไร และจะต่อเข้ากับปลายหัวต่อในตำแหน่งใด ผู้ผลิตแจ็กเล็กๆ ที่ติดตั้งในฝาผนังจะต้องรองรับมาตรฐานดังกล่าวด้วย การเข้าสายของหัวต่อระหว่างสายกับหัวต่อแจ็กจะต้องเข้าคู่กันให้ถูกต้อง นอกจากนั้น EIA/TIA ยังได้มีการกำหนดประเภทของสาย UTP ที่ใช้ในอาคารลักษณะต่างๆ และลักษณะการเดินสายเพื่อให้ผู้เลือกใช่มั่นใจว่าได้เลือกใช้สาย UTP ได้ถูกต้อง เหมาะสมกับการใช้งาน ออกเป็น 5 ประเภท คือ

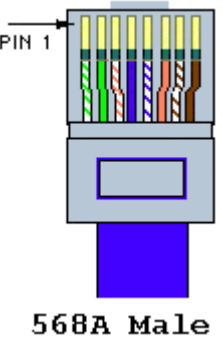
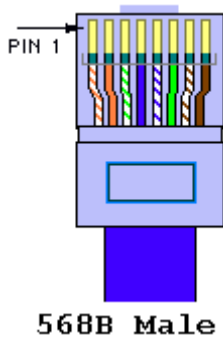
- Category 1 เป็นสายโทรศัพท์ที่สามารถรองรับการส่งสัญญาณเสียงได้โดยไม่สามารถขนส่งสัญญาณข้อมูลได้ มีสายคู่ตีเกลียว 2 คู่
- Category 2 เป็นสายคู่ตีเกลียว 4 คู่ ที่สามารถขนส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 4 Mbps
- Category 3 เป็นสายคู่ตีเกลียว 4 คู่ ที่สามารถขนส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 16 Mbps
- Category 4 เป็นสายคู่ตีเกลียว 4 คู่ ที่สามารถขนส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 20 Mbps
- Category 5 เป็นสายคู่ตีเกลียว 4 คู่ ที่สามารถขนส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 100 Mbps

แต่ขอแนะนำทั่วไป สำหรับการเดินสาย **100 Mbps** แนะนำไว้ว่า หากต้องการเดินสายแบบปลั๊กคู่ ก็ควรใช้สายแบบชนิดพิเศษที่ทำมาสำหรับสายคู่โดยเฉพาะ เพราะการใช้สายร่วมกัน 2 วงจรอาจมีปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวนได้ เพื่อให้ระบบการเดินสายเป็นไปตามมาตรฐาน จึงได้กำหนดรูปแบบการจัดสาย **UTP** เพื่อเชื่อมต่อออกปลั๊กของสายแต่ละเส้นในลักษณะที่เชื่อมต่อกันได้อย่างถูกต้อง การเชื่อมต่อระหว่างฮับกับเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือการเชื่อมต่อระหว่างสวิตช์กับเครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องเข้าหัวแบบสายตรง ดังรูปที่ 2 – 15

ปลายสายด้านที่ 1	ลำดับสาย	การเรียงสี	ปลายสายด้านที่ 2
 568B Male	1	ขาว-ส้ม	 568B Male
	2	ส้ม	
	3	ขาว-เขียว	
	4	น้ำเงิน	
	5	ขาว-น้ำเงิน	
	6	เขียว	
	7	ขาว-น้ำตาล	
	8	น้ำตาล	

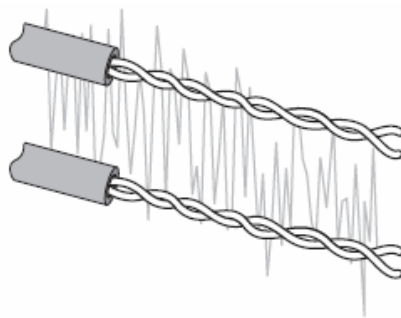
รูปที่ 2 – 15 การเข้าหัวแบบสายตรง (Straight-through cable EIA/TIA 568B)

อย่างไรก็ตามหากมีความต้องการใช้สาย **UTP** ในการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือในกรณีที่อุปกรณ์ระบบเครือข่ายไม่มีพอร์ต **Up-link** และต้องการที่จะเชื่อมต่อระหว่างฮับกับฮับ หรือระหว่างสวิตช์กับฮับ หรือระหว่างสวิตช์กับสวิตช์ จะต้องทำการเข้าหัวแบบสายไขว้ หรือที่เรียกว่า สาย **Crossover** ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 16

ปลายสายด้านที่ 1	ลำดับสาย	การเรียงสี		ลำดับสาย	การเรียงสี	ปลายสายด้านที่ 2
 568A Male	1	ขาว-เขียว		1	ขาว-ส้ม	 568B Male
	2	เขียว		2	ส้ม	
	3	ขาว-ส้ม		3	ขาว-เขียว	
	4	น้ำเงิน		4	น้ำเงิน	
	5	ขาว-น้ำเงิน		5	ขาว-น้ำเงิน	
	6	ส้ม		6	เขียว	
	7	ขาว-น้ำตาล		7	ขาว-น้ำตาล	
	8	น้ำตาล		8	น้ำตาล	

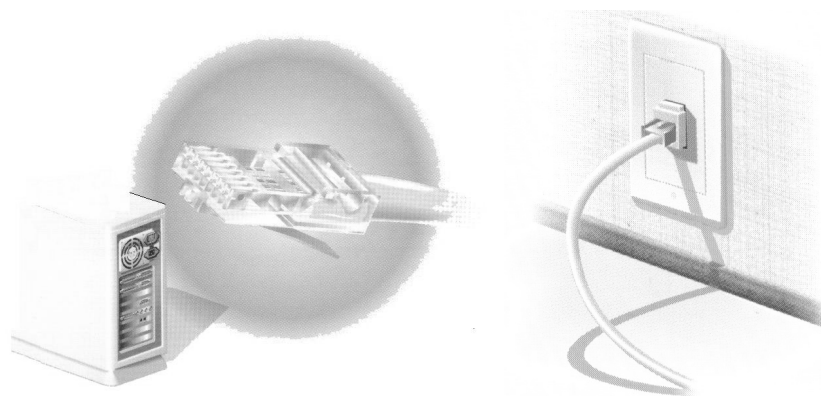
รูปที่ 2 – 16 การเข้าหัวแบบสายไขว้ (Crossover cable EIA/TIA 568A & 568B)

อาจจะมีคำถามอีกว่าทำไมต้องนำสายสัญญาณมาพันเป็นเกลียว ซึ่งจะต้องอ้างถึงหลักของการส่งสัญญาณที่ทำการส่งเป็นลักษณะของคลื่น ซึ่งอาจจะถูกรบกวนโดยสภาพแวดล้อมหรือความต้านทานของสาย จึงเป็นสาเหตุให้สัญญาณที่ส่งไปนั้นอ่อนลง ทำให้อาจจะเกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูลได้ การที่นำสายมาพันเป็นเกลียวนั้น เป็นการช่วยลดการเกิด **Crosstalk** หรือสัญญาณรบกวน (**Noise**) ที่ทำให้การเดินทางของข้อมูลนั้นเป็นไปได้ในระยะทางที่ไม่ไกล หรือว่าคุณภาพของข้อมูลอาจจะไม่ดี จากการศึกษาพบว่าสาย **UTP** ที่มีช่วงความถี่ของเกลียวมาก จะมีคุณภาพของข้อมูลที่ทำการส่งที่ดีกว่า รวมถึงสามารถส่งข้อมูลได้มากกว่า สาย **UTP** โดยทั่วไปจะมีความสามารถในการส่งสัญญาณข้อมูลได้เร็วถึง **10 – 100 Mbps**



รูปที่ 2 – 17 การเกิด Crosstalk

การใช้สาย **UTP** นั้น ปลายสายทั้งสองข้างจะถูกต่อเข้ากับหัวที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อเรียกว่า **RJ-45** โดยหัวสำหรับเชื่อมต่อชนิดนี้จะมีทั้งหมด 8 pins เพื่อรองรับสายสัญญาณทั้ง 8 เส้นของ **UTP** โดยหัวชนิดนี้เรียกว่า **Male** และใช้ร่วมกับอุปกรณ์สำหรับช่วยในการเชื่อมต่อที่เรียกว่า **Female** โดย **Female** จะถูกนำไปติดตั้ง ณ ที่ปลายทาง เพื่อสะดวกในการเชื่อมต่อ สำหรับการเชื่อมต่อสาย **UTP** เข้ากับ **RJ-45** นั้น ปลายสายจำเป็นจะต้องถูกเรียงให้ถูกต้องโดยจะต้องเรียงให้เหมือนกันทั้งต้นทาง และปลายทางที่ต่อเข้ากับ **HUB** ด้วย

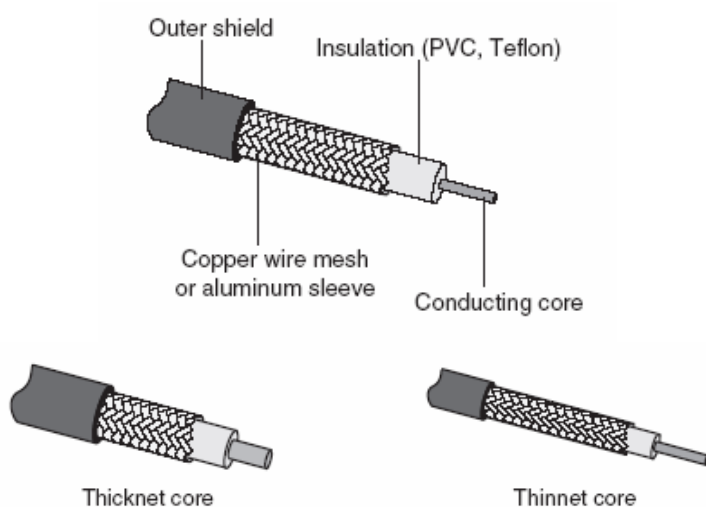


รูปที่ 2 – 18 RJ-45 Connector

2.5.3 สายมีแกนกลางหรือสายโคแอกเชียล (Coaxial Cable)

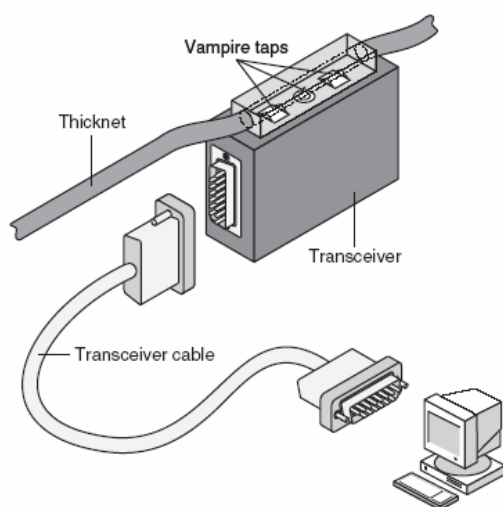
สายโคแอกเชียล เป็นสายสัญญาณที่มีลักษณะคล้ายกับสายเคเบิลทีวีที่ใช้อยู่ตามบ้านทั่วๆ ไปแต่ได้ถูกนำมาใช้ในการส่งสัญญาณคอมพิวเตอร์เพื่อเพิ่มความสามารถของเครื่องให้สามารถทำงานได้ในระบบเครือข่าย สาย

แบบนี้จะมีแกนกลางเป็นลวดทองแดงหรือเงินซึ่งทำหน้าที่นำสัญญาณ และมีฉนวนหุ้มสายสัญญาณแยกออกจากกราวด์ ที่มีลักษณะเป็นโลหะถักเหมือนตาข่าย และชั้นนอกสุดจะมีเปลือกหุ้มอยู่อีก 1 ชั้น ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 19



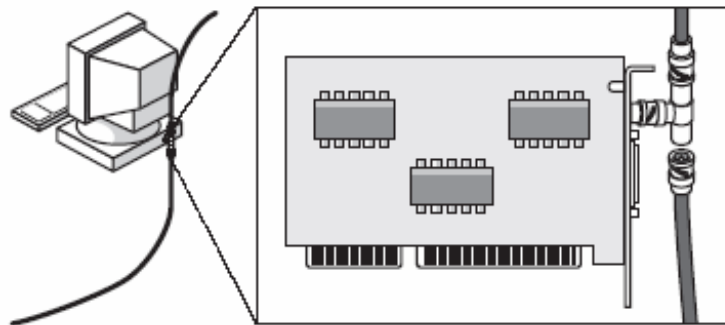
รูปที่ 2 – 19 ส่วนประกอบของสายโคแอกเชียล

สายโคแอกเชียลที่นิยมใช้มี 2 ชนิดคือสาย **Thicknet Core** ซึ่งแกนกลางมีเส้นผ่าศูนย์กลาง **0.5 นิ้ว** (ประมาณ **1.27 เซนติเมตร**) สายชนิดนี้จะสามารถนำพาสัญญาณไปได้เป็นระยะทาง **500 เมตร** และสาย **Thinnet Core** ซึ่งแกนกลางมีเส้นผ่าศูนย์กลาง **0.25 นิ้ว** (ประมาณ **0.64 เซนติเมตร**) สายชนิดนี้จะสามารถนำพาสัญญาณไปได้เป็นระยะทาง **185 เมตร** สำหรับการเดินสายเพื่อการใช้งานนั้น ค่อนข้างต้องใช้ความระมัดระวังมากกว่าการเดินสาย **UTP** แต่ไม่ยากเท่ากับการเดินสายเคเบิลใยแก้วนำแสง เนื่องจากรัศมีการโค้งงอของสายมีมากกว่าเคเบิลใยแก้วนำแสง แต่ไม่มากเท่าสาย **UTP** ส่วนการเชื่อมต่อเพื่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลจากเครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่งนั้น สำหรับสาย **Thicknet Core** จะต้องใช้ **Transceiver** ที่มี **Vampire Tap** และใช้สาย **Transceiver** เพื่อเชื่อมต่อสัญญาณจาก **Transceiver** มายังการ์ดเชื่อมต่อระบบเครือข่าย ที่มี **DB-15 Connector** ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 20



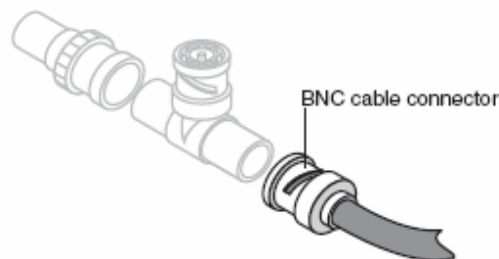
รูปที่ 2 – 20 Thicknet Cable Transceiver

สำหรับการต่อสาย **Thinnet Core** ทำโดยใช้ **BNC Connector** เชื่อมต่อสายโคแอกเชียลเข้ากับหัวต่อ **BNC** บนการ์ดเชื่อมต่อระบบเครือข่ายที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 21



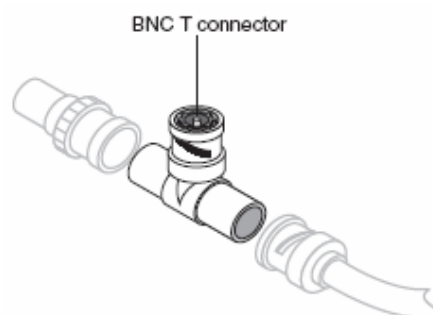
รูปที่ 2 – 21 Thinnet Connection

- **BNC Cable Connector** ใช้ในการเข้าหัวสายโคแอกเชียล ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 22



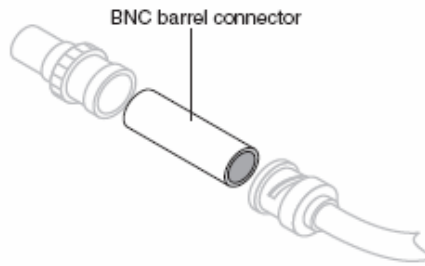
รูปที่ 2 – 22 BNC Cable Connector

- **BNC T-Connector** ใช้ในการต่อสายโคแอกเชียลเข้าด้วยกัน โดยมีทางแยกสัญญาณต่อเข้าไปยังการ์ดเชื่อมต่อระบบเครือข่ายที่มี **BNC Connector** ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 23



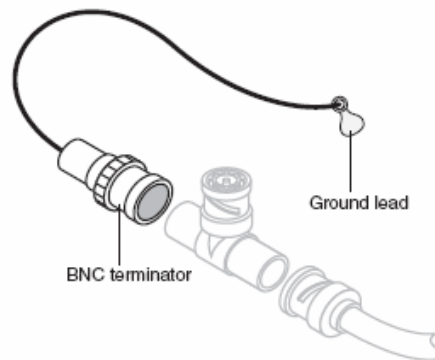
รูปที่ 2 – 23 BNC T Connector

- สำหรับการต่อสายโคแอกเชียล โดยไม่มีการแยกสัญญาณเข้าไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ จะใช้ **BNC Barrel Connector** ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 24



รูปที่ 2 – 24 BNC Barrel Connector

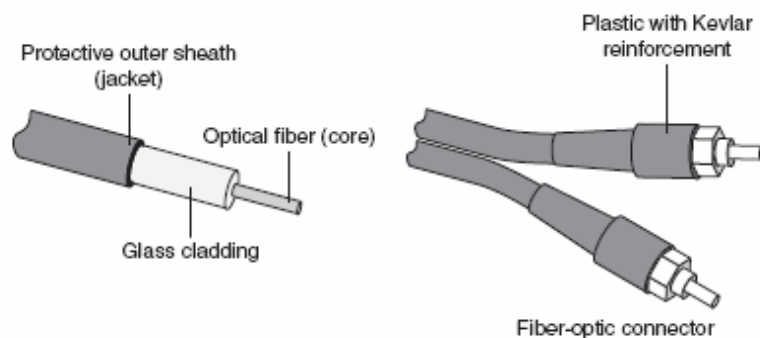
- ที่ด้านปลายสุดของสายสัญญาณจะต้องติดตั้ง **BNC Terminator** เพื่อแสดงให้เห็นทราบวาลิ้นสู่ระยะทางของสาย หรือเป็นจุดปลายทางของสายโคแอกเชียล ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 25



รูปที่ 2 – 25 BNC Terminator

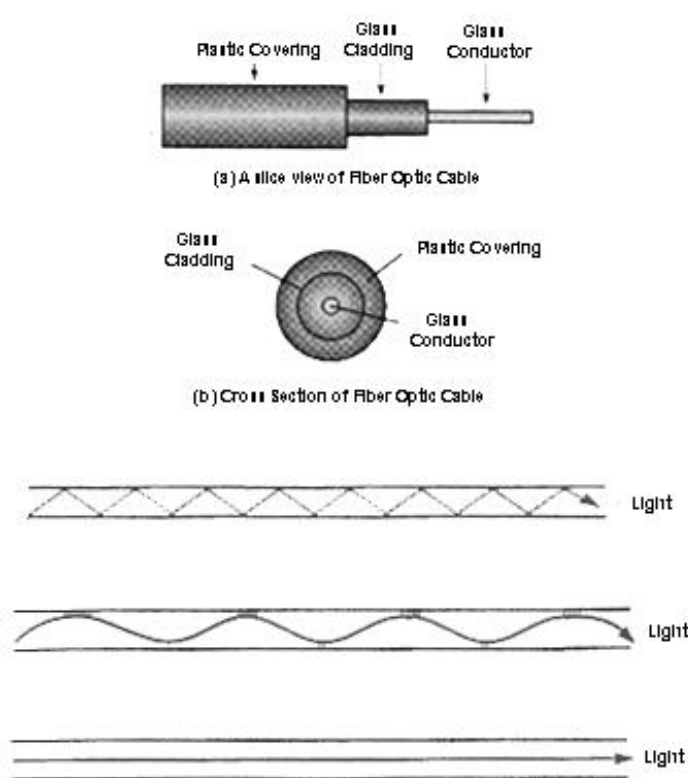
2.5.4 เคเบิลใยแก้วนำแสง (Fiber Optic)

องค์ประกอบของสายเคเบิลใยแก้วนำแสงนั้นจะประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่เป็นแกน ซึ่งทำมาจากแก้วชนิดพิเศษ แกนนี้ถูกหุ้มโดยฉนวนที่เป็นแก้วอีกหนึ่งชั้นก่อนที่จะถูกห่อหุ้มด้วยฉนวนที่เป็นพลาสติกอีกหนึ่งชั้นเพื่อป้องกันการถูกทำลายจากการวางสาย หรือว่าสภาพแวดล้อม โดยปกติแล้วเคเบิลใยแก้วนำแสงจะมีอยู่ 2 ชนิดคือ ชนิดที่ใช้สำหรับเดินภายในตัวอาคารซึ่งเรียกว่าสาย **Indoor** และสายอีกชนิดหนึ่งคือสายที่ใช้เดินภายนอกตัวอาคารหรือที่เรียกว่าสาย **Outdoor** โดยความแตกต่างของสายทั้ง 2 ชนิดนี้นั้นอยู่ที่ฉนวนที่ใช้ในการห่อหุ้มตัวสายนั่นเอง โดยสายที่เป็นสายประเภท **Outdoor** จะมีฉนวนที่ทนทานต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าสายที่เป็นสาย **Indoor**



รูปที่ 2 – 26 Fiber Optic Cable

สายเคเบิลใยแก้วนำแสงนั้น เป็นสื่อสำหรับการส่งผ่านข้อมูลที่มีความเร็วสูง และยังมีความกว้างของช่องสัญญาณข้อมูลหรือแบนด์วิดท์ที่ใหญ่มากทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ครั้งละมากๆ และด้วยเหตุนี้ทำให้เรานิยมนำสายเคเบิลใยแก้วนำแสงมาทำเป็นสายสัญญาณหลัก หรือแบ็คโบน (Backbone) ในการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายเข้าด้วยกัน ทำให้ข้อมูลสามารถที่จะทำการส่งผ่านระหว่างเครือข่ายต่างๆ ได้ด้วยความเร็วสูง ลักษณะของสัญญาณที่ส่งผ่านทางเคเบิลใยแก้วนำแสงจะอยู่ในลักษณะของสัญญาณแสง แสงสามารถเดินทางได้ด้วยความเร็ว 3×10^8 m/s ซึ่งนับว่าเร็วมาก และยังไม่ถูกรบกวนโดยสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะคลื่นแม่เหล็กด้วย ทำให้ข้อมูลที่ถูกรับส่งผ่านทางเคเบิลใยแก้วนำแสงเป็นข้อมูลที่มีคุณภาพดี



รูปที่ 2 – 27 การเดินทางของแสงในเคเบิลใยแก้วนำแสง

ในการใช้สายเคเบิลใยแก้วนำแสงนั้น มีข้อจำกัดอยู่หลายประการ แต่ประการที่สำคัญที่สุดคือการโค้งงอของสาย เนื่องจากเคเบิลใยแก้วนำแสงเป็นสายที่มีแกนเป็นใยแก้วทำให้การโค้งงอนั้นอยู่ในลักษณะที่จำกัด ดังนั้นการเดินทางสายสัญญาณจะต้องทำโดยช่างผู้ชำนาญเท่านั้น และนอกจากนั้นการเชื่อมต่อสายไม่ว่าจะเป็นการเชื่อมต่อเพื่อเพิ่มความยาว หรือการเชื่อมต่อเข้ากับหัวที่ใช้สำหรับการต่อกับอุปกรณ์นั้น ทำได้ยากมากและต้องอาศัยเครื่องมือชนิดพิเศษมาช่วยในการเชื่อมต่อ ซึ่งมีราคาแพง ดังนั้นการพิจารณาใช้เคเบิลใยแก้วนำแสงในการติดต่อระหว่างเครือข่าย จะไม่นิยมทำการต่อสาย เนื่องจากการต่อสายอาจทำให้เกิดการเปื้อนบนของแสงซึ่งมีผลทำให้การส่งข้อมูลเกิดการผิดพลาดได้ การออกแบบวางระบบแบ็คโบนจึงจำเป็นต้องมีความสำคัญมากและจำเป็นต้องทำโดยช่างผู้ชำนาญการเท่านั้น

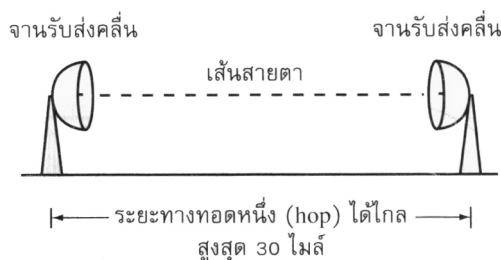
2.6 การสื่อสารไร้สาย (Wireless Communication)

เริ่มกันตั้งแต่การใช้คลื่นผ่านอากาศ นับตั้งแต่ มาร์โคนีย์ ได้ประดิษฐ์เครื่องส่งวิทยุโทรเลขได้ วิทยุโทรเลข และวิทยุโทรศัพท์ที่ได้เข้ามามีบทบาทอย่างสูงในการโทรคมนาคม (Telecommunications) โดยเฉพาะในเส้นทางที่มีความยากลำบากต่อการเดินสายหรือไม่คุ้มค่าในการเดินสายสัญญาณ ระบบไร้สายนั้นใช้หลักการแพร่คลื่นของสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) ที่สามารถส่งผ่านอากาศได้ รูปแบบของคลื่นจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ เราเรียกว่า สเปกตรัม (Spectrum) ซึ่งจะแบ่งคลื่นความถี่ของแม่เหล็กไฟฟ้าออกเป็นส่วนๆ เช่น แสงใต้แดงหรืออินฟราเรด (Infrared) แสงเหนือม่วงหรืออัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) สัญญาณไมโครเวฟ คลื่นสั้น คลื่นยาว ซึ่งมีหน่วยเป็นเมกะเฮิรตซ์ (MHz) ในแต่ละช่วงของความถี่จะมีคุณลักษณะเฉพาะของตนเองที่มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป เช่นคลื่นที่มีความถี่สูงจะสามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าแต่จะไปได้ในระยะทางสั้นกว่า และในบางคลื่นความถี่ เช่น สัญญาณไมโครเวฟ สามารถทะลุทะลวงชั้นบรรยากาศและก้อนเมฆได้ดีกว่าคลื่นอินฟราเรดและแสงธรรมชาติ สำหรับคลื่นความถี่ที่ต่ำากว่าก็ต้องใช้เสาอากาศขนาดใหญ่กว่าจึงจะรับได้ชัดเป็นต้น เช่น เสาอากาศโทรทัศน์ช่อง 3 จะมีขนาดใหญ่และยาวกว่าเสาอากาศช่อง 7 เป็นต้น ระบบสื่อสารโทรคมนาคมในปัจจุบันมีการสื่อสารที่ไม่ต้องใช้สาย หรือที่เรียกว่า “Wireless” ซึ่งใช้การส่งสัญญาณผ่านอากาศที่เป็นตัวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอีกด้วย

ความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาการในปัจจุบันทำให้เกิดอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็นต้องใช้สายสัญญาณในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยอุปกรณ์เหล่านั้นเรียกว่า Wireless LAN หรือระบบเครือข่ายไร้สาย หลักการทำงานจะใช้ความถี่ของคลื่นวิทยุในการส่งผ่านข้อมูลไปตามอากาศถึงเครื่องที่ต้องการหรือเครื่องปลายทาง ในการสื่อสารแบบไร้สายนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องถูกติดตั้งด้วยอุปกรณ์พิเศษที่ทำการแปลงสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลให้เป็นสัญญาณในรูปแบบของคลื่นวิทยุเพื่อส่งไปถึงอุปกรณ์พิเศษอีกชนิดที่เรียกว่า Access Point โดยอุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวคอยรับข้อมูลที่ส่งมาจากต้นทางและทำการส่งไปยังปลายทางที่ต้องการ

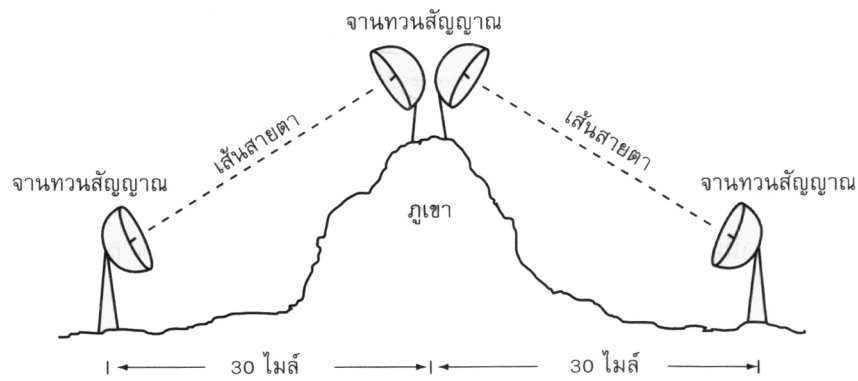
2.6.1 สัญญาณไมโครเวฟ (Microwave)

เป็นคลื่นวิทยุความถี่สูงมาก ที่สามารถทะลุทะลวงชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ และไอโอโนสเฟียร์ได้ จึงเป็นที่นิยมในการใช้ส่งสัญญาณจำนวนมากเป็นระยะไกลๆ ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 28



รูปที่ 2 – 28 การส่งข้อมูลด้วยระบบไมโครเวฟ

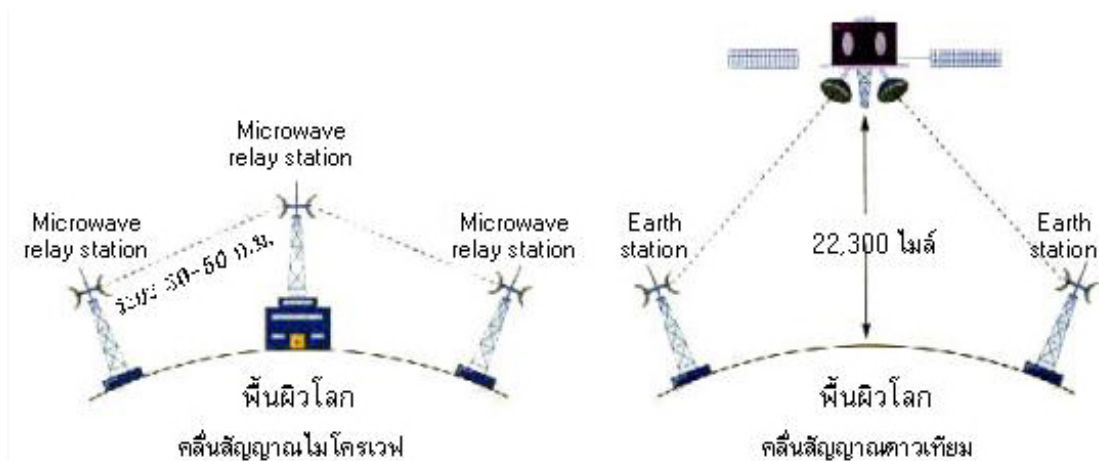
คลื่นไมโครเวฟมีการเดินทางเป็นเส้นตรง แต่โลกมีส่วนโค้งและอาจมีสิ่งกีดขวางสัญญาณไมโครเวฟ เช่น ภูเขา ตึกสูง จึงจำเป็นที่จะต้องมีสถานีที่จะทำการเชื่อมโยงข้อมูลด้วยการจัดตั้งสถานีทวนสัญญาณทุก 25–30 ไมล์ (ประมาณ 40–48 ก.ม.) เพื่อขยายระยะของการสื่อสาร ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 29



รูปที่ 2 – 29 การส่งต่อสัญญาณข้อมูลไปเป็นระยะไกล

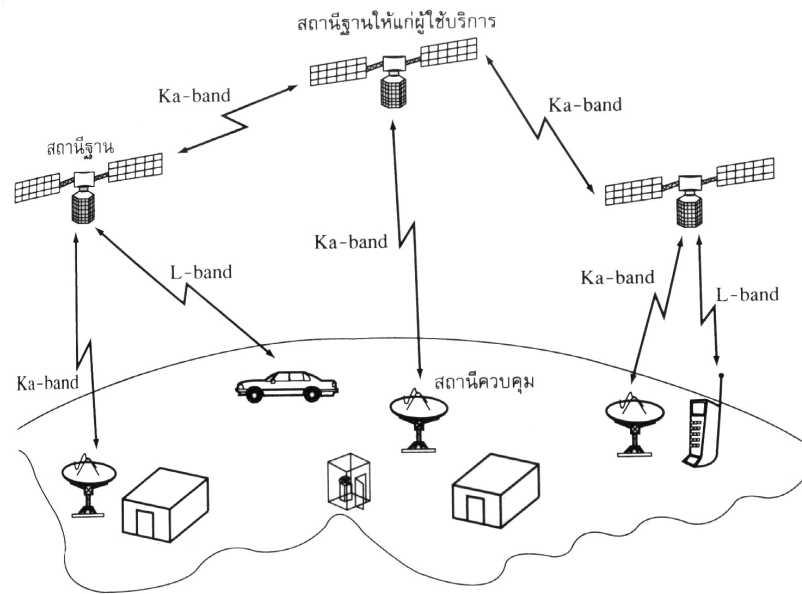
2.6.2 ดาวเทียม (Satellites)

ปัญหาของการตั้งสถานีทวนสัญญาณไมโครเวฟเพียงจะเริ่มหมดไป เมื่อเริ่มมีดาวเทียมสื่อสารเป็น สถานีทวนซ้ำสัญญาณแทน การใช้ดาวเทียมจึงทำให้สัญญาณที่ส่งจะครอบคลุมพื้นที่จำนวนมากได้ในทันที โดยปกติวงโคจรของดาวเทียมแบบนี้จะอยู่ที่ความสูง 22,300 ไมล์ และอยู่คงที่ในท้องฟ้า หรือที่เรียกว่า **Stationary orbits** ซึ่งจะต้องมีขนาดดาวเทียมใหญ่และค่าใช้จ่ายในการดูแลสูง อย่างเช่น ดาวเทียมไทยคม และ ปาราลา เป็นต้น



รูปที่ 2 – 30 การถ่ายทอดสัญญาณไมโครเวฟด้วย (a) สถานีส่งต่อสัญญาณ (b) ดาวเทียม

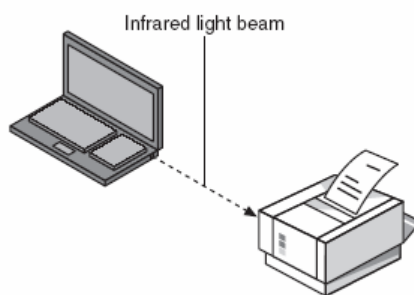
ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีใหม่ ด้วยการใช้ดาวเทียมโคจรระยะต่ำ (**Low Orbital Satellite**) ที่มีวงโคจรหมุนรอบโลก เช่นดาวเทียมสำรวจทางภูมิศาสตร์ด้วยระบบนัยนานากาศ (**Remote Sensing**) ที่วงโคจรดาวเทียมอยู่ใกล้และโคจรแนวเหนือใต้ โดยที่โลกจะเป็นฝ่ายหมุนเอง แบบนี้จะเป็นการประหยัดพลังงานอย่างมากของดาวเทียม และยังเป็นการประหยัดพลังงานของเครื่องส่งอีกด้วย ดังนั้นบริษัทไมโครซอฟต์ และ **McCaw Cellular Communication** ได้ตกลงใจในการพัฒนาระบบดาวเทียมแบบใหม่ภายใต้ชื่อบริษัท **Teledesic Corp.** ซึ่งส่งดาวเทียมวงโคจรต่ำประมาณ 840 ดวง เพื่อให้บริการการสื่อสารไร้สาย ในกิจการโทรศัพท์ การประชุมทางไกล การส่งภาพตำบลที่ใดๆ บนโลก เมื่อระบบนี้สำเร็จ จะสามารถติดต่อได้ทุกหนทุกแห่งบนโลกนี้โดยไม่ต้องใช้สายเคเบิลใดๆ



รูปที่ 2 – 31 Low Orbit Satellite

2.6.3 อินฟราเรด (Infrared)

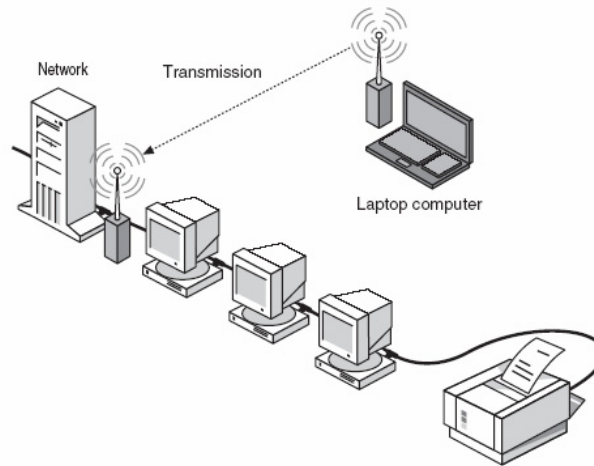
แสงอินฟราเรดเป็นคลื่นความถี่สั้นที่ถูกนำมาใช้ในการสื่อสารระยะใกล้ เช่นในรีโมทคอนโทรลของเครื่องรับโทรทัศน์ เนื่องจากเป็นลำแสงสร้างได้โดยง่ายและราคาถูก แต่จะไม่สามารถผ่านวัตถุทึบแสงได้ ระบบการส่งข้อมูลด้วยแสงอินฟราเรดอาจถูกใช้ในการสร้างระบบ LAN ไร้สายภายในห้องหรือในที่ทำงานได้โดยการใช้อุปกรณ์ที่มีเครื่องมือรับ-ส่งอินฟราเรด หรือติดตั้งอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณอินฟราเรดที่สามารถกระจายไปรอบทิศทางไว้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์และภายในห้องทำงานจะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เหล่านั้นสามารถติดต่อกันได้โดยไม่ต้องมีสายเชื่อมโยงกัน หรือเชื่อมต่อในลักษณะ Point-to-Point เช่นการส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กไปพิมพ์ยังเครื่องพิมพ์ที่มีพอร์ตอินฟราเรด



รูปที่ 2 – 32 การส่งข้อมูลด้วยแสงอินฟราเรดแบบ Point-to-Point

2.6.4 ระบบสื่อสารวิทยุ

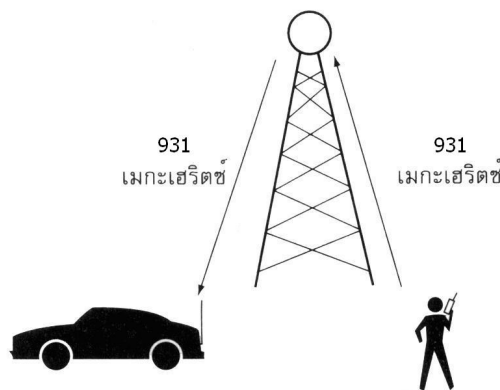
การใช้คลื่นวิทยุเป็นพาหนะในการนำพาสัญญาณข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่ายทำได้โดยการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Access Point ต่อเชื่อมเข้ากับระบบ สัญญาณวิทยุที่ใช้จะเป็นสัญญาณวิทยุความถี่เดียว (Narrow Band Frequency) ในลักษณะเดียวกับการออกอากาศของวิทยุกระจายเสียง จึงทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ไกลประมาณ 3000 เมตร อย่างไรก็ตามหากมีระยะทางไกลมาก จะเกิดการดูดกลืนสัญญาณโดยสภาพแวดล้อมมาตรฐานความเร็วในการส่งข้อมูลจึงมีเพียง 4.8 Mbps ซึ่งนับว่าช้ามาก



รูปที่ 2 – 33 การใช้ Access Point

2.6.5 ระบบวิทยุติดตามตัวหรือเพจเจอร์ (Pagers)

ระบบวิทยุติดตามตัว หรือระบบเพจเจอร์เป็นระบบที่ใช้หลักการสื่อสารแบบวิทยุกับเสาสัญญาณแม่ ซึ่งเป็นเสาสูงที่ต่อเชื่อมกันเป็นลักษณะเซลล์แบบรังผึ้งติดต่อกันโดยต่อเนื่อง ใช้สำหรับรับสัญญาณจากศูนย์ควบคุม ผู้ใช้จะมีเครื่องรับที่มีเสียงเตือนในกรณีที่มีข้อมูลเข้ามาเครื่องรับมีขนาดเล็กสามารถพกใส่กระเป๋าได้ ระบบนี้ได้มีการพัฒนาให้สามารถส่งข้อความแบบดิจิทัลในระบบ CDPD (Cellular Digital Package Data) ภายใต้ความร่วมมือของ AT&T, Bell Atlantic, Nynex, Sprint และ McCaw Cellular จึงทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกได้ว่าจะใช้บริการประเภทใด เครื่องรับที่รับสัญญาณซึ่งแสดงเพียงตัวเลขเป็นรหัสแทนความหมายต่างๆ จะคิดค่าบริการที่ถูก ส่วนเครื่องรับที่สามารถแสดงเป็นตัวหนังสือและข้อความได้ จะคิดค่าบริการที่แพงกว่าผู้ใช้บริการแต่ละคนจะมีรหัสประจำเครื่อง ผู้ที่จะฝากข้อความให้กับผู้ใช้คนใดจะต้องทราบรหัสของผู้นั้น วิธีฝากข้อความ ผู้ที่จะฝากข้อความจะโทรศัพท์ไปยังบริษัทที่ให้บริการเพจเจอร์ แล้วแจ้งรหัสของผู้รับข้อความพร้อมกับข้อความที่ต้องการฝาก หลังจากนั้นบริษัทเพจเจอร์จะส่งข้อความนั้นออกอากาศโดยใช้คลื่น วิทยุ เมื่อเครื่องรับได้รับสัญญาณที่มีรหัสเป็นของตนเองก็จะกดรหัสออกมา และให้เสียงเตือนแก่เจ้าของเครื่อง เมื่อเจ้าของเครื่องทราบก็จะเปิดดูข้อความที่ได้รับ การส่งสัญญาณในระบบเพจเจอร์จะเป็นการส่ง แบบดิจิทัลโดยใช้ความเร็วต่างๆ กัน ตั้งแต่ 512 บิตต่อวินาทีขึ้นไป ปัจจุบันกรมไปรษณีย์โทรเลขกำหนดให้ระบบที่จะขออนุญาตใหม่ใช้ความเร็วอย่างต่ำ 2400 บิตต่อวินาที เพื่อให้ใช้แถบความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตามในปัจจุบันระบบนี้เริ่มที่จะหมดความสำคัญลงไปแล้วเนื่องจากการสื่อสารแบบทิศทางเดียว



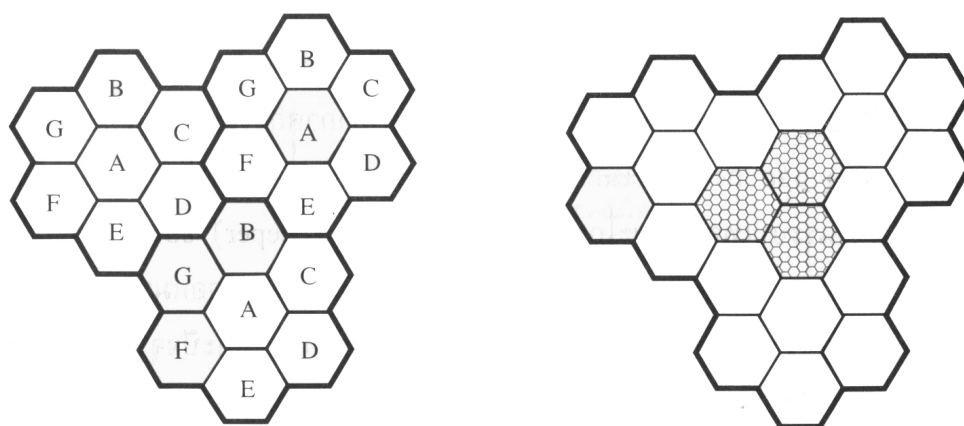
รูปที่ 2 – 34 ระบบวิทยุติดตามตัว (Pagers)

2.6.6 PDA (Personal Digital Assistance)

เป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เหมือนคอมพิวเตอร์ แต่มีขนาดเล็กกระทัดรัด ประมาณเท่าฝ่ามือ ใช้การเขียนลงบนจอภาพ และมีขีดความสามารถในการสื่อสารแบบดิจิทัล โดยเชื่อมกับระบบสื่อสารไร้สาย ระบบดังกล่าวยังสามารถเชื่อมโยงกับระบบงานสำนักงานอัตโนมัติ และโปรแกรม Office ได้อีกด้วย บริษัทแรกๆ ที่ทุ่มทุนในการพัฒนา PDA คือ บริษัทแอปเปิลคอมพิวเตอร์ ได้ผลิตเครื่องที่ชื่อว่า Newton Message Pad หนักประมาณ 400-500 กรัม ระบบนี้สามารถต่อเชื่อมกับเพจเจอร์ โดยใช้การ์ดแบบ PCMCIA ก็จะสามารถส่งและรับจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ หรือ แฟกซ์ และข้อความอื่นๆ พร้อมทั้งกำหนดตารางการนัดหมายได้ทันที นอกจาก Apple Corp. แล้วบริษัทอื่นๆ เช่น US.Robotic และ Casio ก็ได้พัฒนาเครื่องแบบนี้เช่นกัน

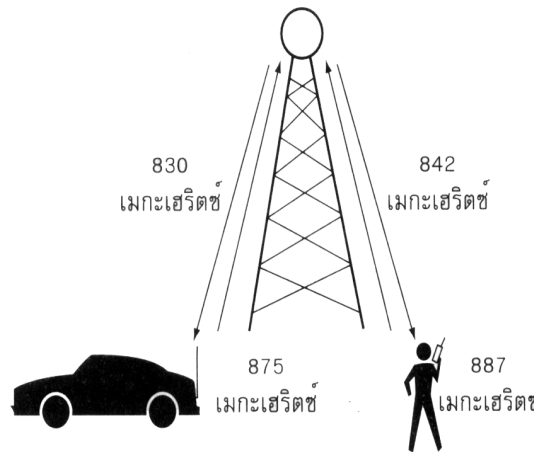
2.6.7 ระบบโทรศัพท์เซลลูลาร์ (Cellular Telephone)

ระบบนี้ถือได้ว่าเป็นระบบที่กำลังเป็นที่นิยมอย่างสูงสุดในปัจจุบัน โดยเฉพาะในประเทศไทยบางครั้งก็เรียกว่าระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือ Mobile Telephone ซึ่งเป็นระบบที่ใช้หลักการสื่อสารแบบวิทยุกับเสาสัญญาณ แม้ซึ่งเป็นเสาสูงที่ต่อเชื่อมกันเป็นลักษณะเซลล์แบบรังผึ้งติดต่อกันโดยต่อเนื่อง ข้อความจากโทรศัพท์แบบนี้จะถูกส่งไปยังเซลล์ที่โทรศัพท์เครื่องนั้นอยู่และส่งต่อไปยังเซลล์อื่นๆ ที่ต่อเนื่องกันจนถึงเซลล์ของโทรศัพท์ปลายทาง โดยปกติแล้วเซลล์จะเป็นรูปหกเหลี่ยมมีเส้นผ่าศูนย์กลางกลุ่มพื้นที่ประมาณ 8 ไมล์ (12.8 กม.) โดยเซลล์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน จะไม่ใช่ชุดของความถี่เดียวกัน และการแบ่งเซลล์ให้เล็กลงจะทำให้สามารถเพิ่มปริมาณผู้ใช้บริการได้ดังแสดงตามรูปที่ 2 – 35



รูปที่ 2 – 35 เซลล์แบบรังผึ้ง

เริ่มแรกระบบนี้ใช้เพื่อส่งสัญญาณเสียงเพียงอย่างเดียวแต่ต่อมาได้มีการพัฒนาให้สามารถส่งข้อความแบบดิจิทัลในระบบ CDPD (Cellular Digital Package Data) ภายใต้ความร่วมมือของ AT&T, Bell Atlantic, Nynex, Sprint และ McCaw Cellular ภายใต้ระบบเครือข่ายไร้สายนี้ เราสามารถพัฒนาระบบงานที่ต้องการการเชื่อมโยงแต่ไม่อยู่กับที่ หรือระบบที่เคลื่อนที่ได้ และระบบที่มีความยากในการเดินสายเชื่อมโยง เช่น ระบบตรวจสอบบัตรเครดิตในร้านขายของที่ตลาดนัดงานวัด งานกาชาด ที่นานๆ จัดที หรือผู้ขายจะต้องเลื่อนหรือขายแบบเคลื่อนที่ไป สำหรับความถี่ที่ใช้จะเป็นความถี่ในระบบเซลลูลาร์



รูปที่ 2 – 36 การใช้เสาสูงเป็นเสาสัญญาณแม่ในระบบเซลลูลาร์

ในปัจจุบันมีผู้ให้บริการหลายรายทั้งที่เป็นระบบเซลลูลาร์แบบ **AMPS** (Advanced Mobile Phone System) และแบบ **PCS** (Personal Communication Network) และได้มีการเพิ่มในการเชื่อมกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านทาง **GPRS** โดยที่ใช้เครือข่ายให้บริการเป็น **ISP** (Internet Service Provider) และมีอุปกรณ์คือโทรศัพท์มือถือรุ่นที่สามารถใช้บริการ **GPRS**, **WAP** และรับส่งแฟกซ์ได้โดยตรงอีกด้วย

2.7 โพรโตคอล (Protocols)

การติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น ข้อมูลที่จะส่งออกไปจำเป็นต้องอยู่ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งซึ่งสามารถเข้าใจได้โดยเครื่องปลายทางที่ต้องการที่จะสื่อสาร ในยุคแรกเริ่มของการสื่อสารข้อมูล บริษัทผู้ผลิตคอมพิวเตอร์ เช่น **IBM** และ **Digital** ได้พัฒนาระบบเครือข่ายของตนเองและจัดเป็นสิทธิบัตร ทำให้การสื่อสารข้อมูลเป็นเรื่องที่ผูกขาดกับเครื่องคอมพิวเตอร์บริษัทต่างๆ เท่านั้น เครื่องต่างชนิดกันไม่สามารถสื่อสารกันได้เนื่องจากมาตรฐานของสถาปัตยกรรมที่ต่างกัน เช่น **SNA** (System Network Architecture) เป็นมาตรฐานของ **IBM** ซึ่งบริษัทอื่นไม่สามารถใช้ได้ เป็นต้น ดังนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่ออยู่ในเครือข่ายทำการติดต่อประสานงานในการรับส่งข้อมูลโดยอาศัยกฎเกณฑ์ที่แน่นอนชุดหนึ่ง ซึ่งกฎเกณฑ์ดังกล่าวนี้เรียกว่า “**โพรโตคอล (protocols)**” และเป็นที่ยอมรับเป็นสากล ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีสถาปัตยกรรมที่ต่างกัน สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ทั่วโลก

มาตรฐานในการสื่อสารข้อมูลแบบหนึ่งซึ่งได้รับการกำหนดขึ้นโดย **ISO** เรียกว่า **OSI Model** (Open Systems Interconnection) รูปแบบของมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลแบบ **OSI** ประกอบขึ้นด้วยการทำงานขององค์ประกอบย่อย 7 เลเยอร์ การทำงานของชั้นแต่ละชั้นมีชุดของโพรโตคอลเป็นของตนเอง จุดมุ่งหมายของ **OSI model** คือเพื่อให้ระบบคอมพิวเตอร์ที่ผลิตจากผู้ผลิตต่างๆ สามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลกันได้ผ่านเครือข่ายที่เป็นระบบเปิด สำหรับเรื่องของโพรโตคอลจะมีรายละเอียดมากซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทต่อไป

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงอธิบายวิธีการที่ใช้ในการแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นข้อมูลอนาล็อกทั้ง 3 วิธีมาพอสังเขป
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณข้อมูลดิจิทัลเป็นอนาล็อก และอนาล็อกเป็นดิจิทัล คืออะไร มีหลักการทำงานอย่างไร จงอธิบาย
3. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างการส่งข้อมูลแบบประสานจังหวะ (Synchronous) กับการส่งข้อมูลแบบไม่ประสานจังหวะ (Asynchronous) มาพอเข้าใจ
4. เมื่อพิจารณาจากทิศทางในการสื่อสารข้อมูล จะแบ่งการสื่อสารข้อมูลเป็นกี่แบบ อะไรบ้าง จงอธิบายมาพอสังเขป
5. EIA/TIA ได้กำหนดประเภทของสาย UTP ที่ใช้ภายในอาคารตามลักษณะการใช้งานไว้กี่ประเภท อะไรบ้าง
6. หากต้องการใช้สาย UTP ในการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรง จะต้องเข้าหัวสายแบบใด มีการเรียงสายไฟสีต่างๆ อย่างไร
7. Crosstalk คืออะไร เกิดได้อย่างไร และมีข้อดีข้อเสียต่อการสื่อสารข้อมูลอย่างไร
8. จงอธิบายความแตกต่างระหว่าง RJ-45 กับ RJ-11
9. จงอธิบายส่วนประกอบ และหลักการทำงานของเคเบิลใยแก้วนำแสง
10. ตัวกลางในการนำพาสัญญาณข้อมูลในระบบสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย มีอะไรบ้าง จงอธิบาย

จงเติมคำลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

11. สายโคแอกเชียลจะมีแกนกลางซึ่งทำจากลวดทองแดงตัน หรือ _____
12. ถ้าแกนกลางของสายโคแอกเชียลไปสัมผัสกับโลหะกักด้านนอก สายเคเบิลนั้นจะ _____
13. ในบางครั้งเราสามารถใช้สายโคแอกเชียลแบบ Thicknet เป็น _____ ในการเชื่อมต่อเซ็กเมนต์ที่ใช้สายโคแอกเชียลแบบ Thinnet ได้
14. สายโคแอกเชียลแบบ Thinnet สามารถนำพาสัญญาณข้อมูลไปได้เป็นระยะทาง 185 เมตร ก่อนที่สัญญาณข้อมูลจะเริ่มได้รับความเสียหายจาก _____
15. ในสายโคแอกเชียล สัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นตัวแทนของข้อมูลจะถูกนำไปโดย _____
16. การต่อสัญญาณจากสายโคแอกเชียลแบบ Thinnet เข้าไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องใช้ _____
17. การต่อสัญญาณจากสายโคแอกเชียลแบบ Thicknet เข้าไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องใช้ _____
18. สายคู่ตีเกลียวซึ่งนิยมใช้ในระบบเครือข่าย 10BaseT คือ _____
19. สาย UTP ที่สามารถรองรับการขนส่งข้อมูลได้ถึง 10 Mbps คือ _____
20. สาย UTP ที่สามารถรองรับการขนส่งข้อมูลได้ถึง 100 Mbps คือ _____
21. สาย STP ใช้กระดาษตะกั่วห่อหุ้ม เพื่อ _____
22. การใช้เคเบิลใยแก้วนำแสง จะทำให้อุปกรณ์ข้อมูลไม่ได้รับผลกระทบจาก _____
23. เคเบิลใยแก้วนำแสงสามารถนำพาสัญญาณข้อมูลไปด้วยความเร็วที่สูงกว่า _____ และ _____
24. การส่งสัญญาณข้อมูลแบบ Baseband ข้อมูลจะถูกส่งไปบน _____
25. อุปกรณ์แต่ละตัวบนระบบเครือข่ายแบบ _____ จะสามารถส่งและรับข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน