บทที่ 5
ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

Computer Network

ดร.กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.ธัญบุรี

การสื่อสาร

Communication

ความหมายของการสื่อสาร

Definition of Communication

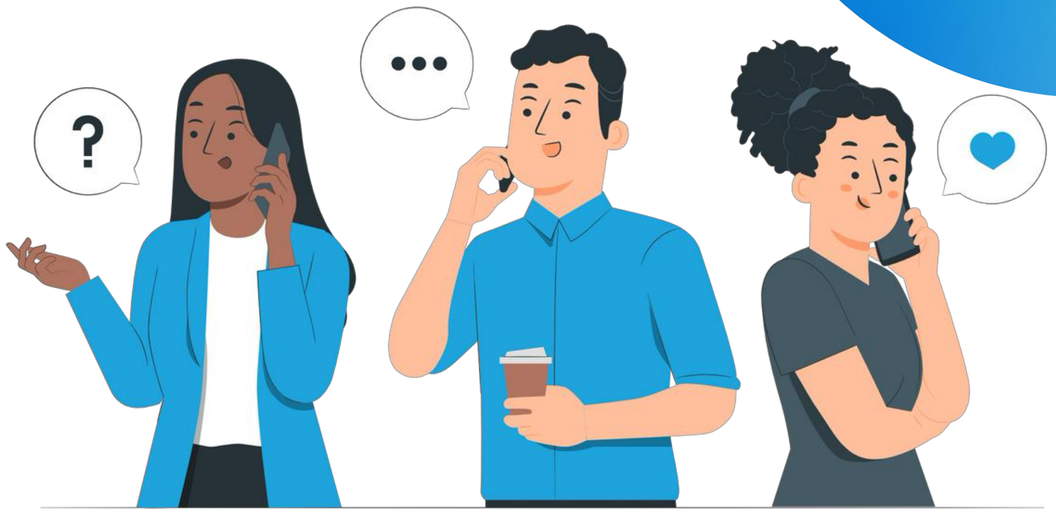
องค์ประกอบของการสื่อสาร

Elements of Communication

ความหมายของการสื่อสาร

Definition of Communication

การสื่อสาร (Communication) เป็นกระบวนการถ่ายทอดข่าวสาร ข้อมูล ความรู้ ประสบการณ์ ความรู้สึก ความคิดเห็น ที่เป็นความต้องการจากผู้ส่งสารผ่านช่องทางต่างๆ เช่น การพูด การเขียน การให้สัญลักษณ์ การจัดกิจกรรมต่างๆ ไปยังผู้รับสาร ได้ตามความเหมาะสม โดยมีวัตถุประสงค์ให้เกิดการรับรู้ร่วมกัน



องค์ประกอบของการสื่อสาร

Elements of Communication

ผู้ส่งสาร

Sender

เป็นบุคคล กลุ่มบุคคล หรือหน่วยงานที่ทำหน้าที่ในการส่งสาร หรือเป็นแหล่งกำเนิดสาร

สาร

Message

เป็นเรื่องราวหรือสิ่งที่ผู้ส่งสารได้ส่งออกมา อาจอยู่ในรูปแบบของข้อมูล ความรู้ ความคิด ความต้องการ หรืออารมณ์ ถ่ายทอดไปยังผู้รับสารให้ได้รับรู้

ช่องทาง

Channel

เป็นสื่อกลางของการส่งสาร ทำหน้าที่นำสารจากผู้ส่งสารไปยังผู้รับสาร อาจใช้การพูด การเขียน โดยอาศัยภาษาหรือสัญลักษณ์ หรือการใช้สื่อต่างๆ

ผู้รับสาร

Receiver

เป็นบุคคล กลุ่มบุคคล หรือมวลชนที่รับเรื่องราวข่าวสารจากผู้ส่งสาร

ทิศทางการส่งข้อมูล

Transmission Mode

ทิศทางการสื่อสาร แบ่งการสื่อสารข้อมูลตามทิศทางการส่งข้อมูล (Transmission Mode) ได้ 3 รูปแบบ ดังนี้

การสื่อสารข้อมูลทิศทางเดียว

Simplex Transmission

การสื่อสารข้อมูลสองทิศทางสลับกัน

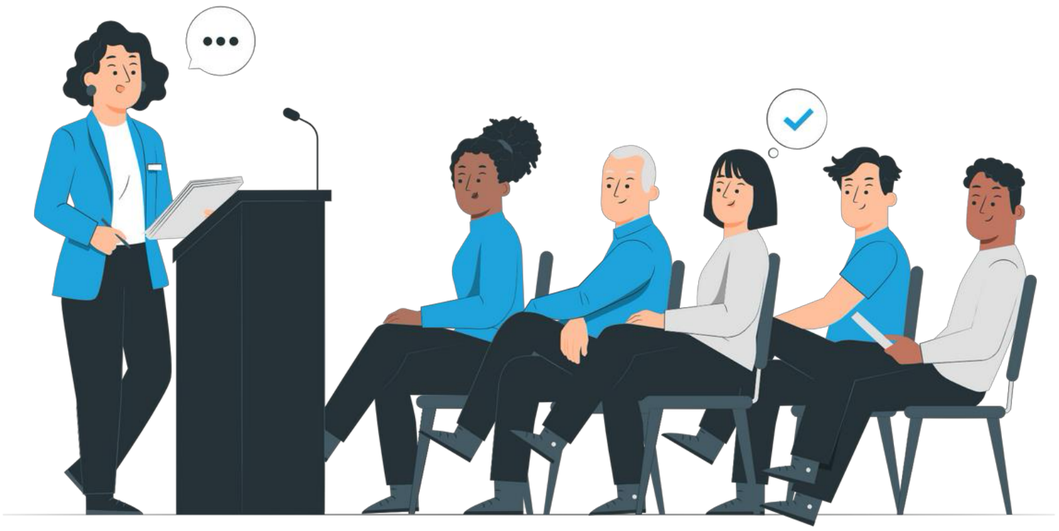
Half-Duplex Transmission

การสื่อสารข้อมูลสองทิศทางพร้อมกัน

Full-Duplex Transmission

การสื่อสารข้อมูลทิศทางเดียว

Simplex Transmission

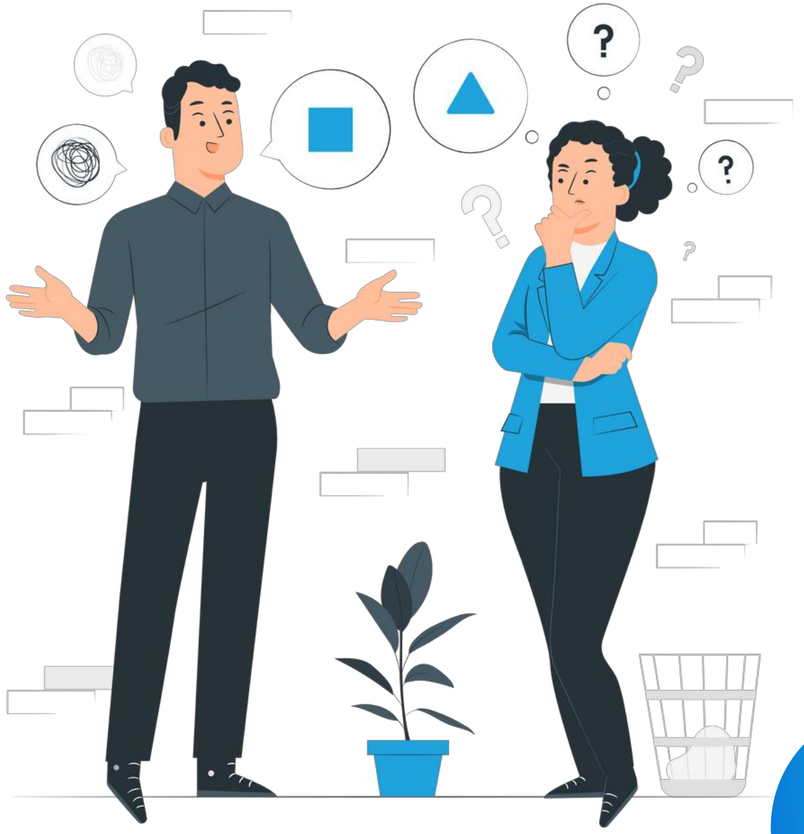


เป็นการสื่อสารข้อมูลที่มีผู้ส่งสารทำหน้าที่ส่งแต่เพียงผู้เดียว และผู้รับสารทำหน้าที่รับข้อมูลเพียงอย่างเดียว เช่น การส่งอีเมล การใช้บริการรับฝากข้อความ ผู้รับสารอาจไม่ได้รับข้อมูลที่ส่งไป และผู้ส่งข้อมูลจะไม่ทราบว่าผู้รับสารได้รับหรือไม่ เช่น การฟังวิทยุ การดูโทรทัศน์ และการฟังเสียงประกาศ

การสื่อสารข้อมูลสองทิศทางสลับกัน

Half-Duplex Transmission

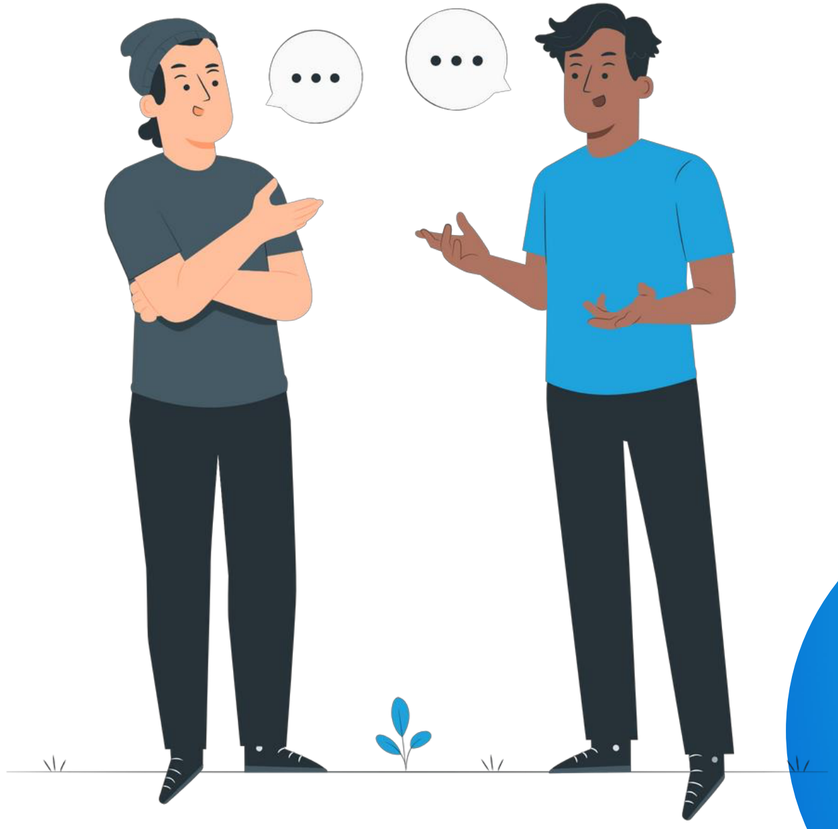
เป็นการสื่อสารข้อมูลที่ผู้สื่อสารจะผลัดกันเป็นผู้รับและผู้ส่งข้อมูล โดยในขณะที่มีการสื่อสารข้อมูล ผู้รับข้อมูลจะต้องรอให้ผู้ส่งส่งข้อมูลเสร็จสิ้นก่อนจึงจะสามารถส่งข้อมูลได้ การสื่อสารข้อมูลประเภทนี้ นิยมใช้ในเฉพาะกลุ่ม ได้แก่วิทยุสื่อสาร (Radio Communication)



การสื่อสารข้อมูลสองทิศทางพร้อมกัน

Full-Duplex Transmission

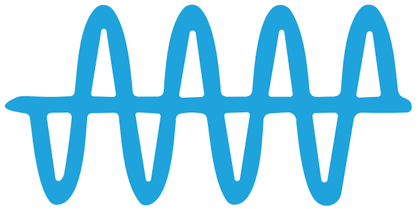
ผู้สื่อสารสามารถส่งข้อมูลโต้ตอบกันได้ทันทีโดยไม่ต้องรอให้ผู้ส่งข้อมูลเสร็จก่อน ตัวอย่างการสื่อสารข้อมูลสองทิศทางพร้อมกัน เช่น การคุยโทรศัพท์การแชท



ชนิดของสัญญาณ

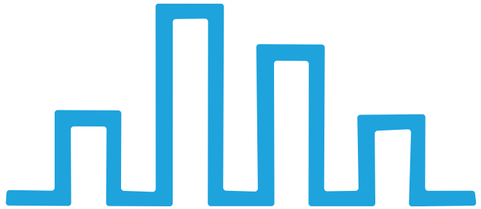
Signal

สัญญาณข้อมูล (Data Signal) แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้



สัญญาณอนาล็อก

Analog Signal



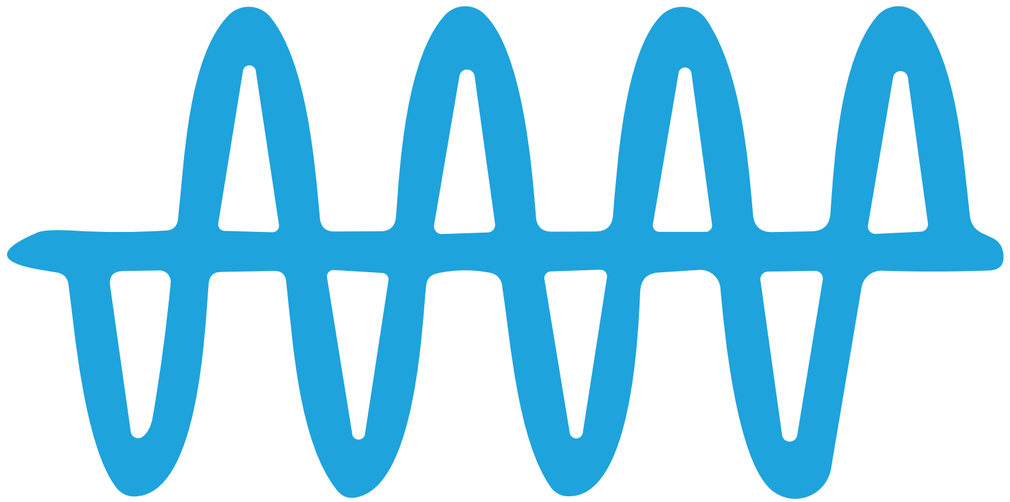
สัญญาณดิจิทัล

Digital Signal

สัญญาณอนาล็อก

Analog Signal

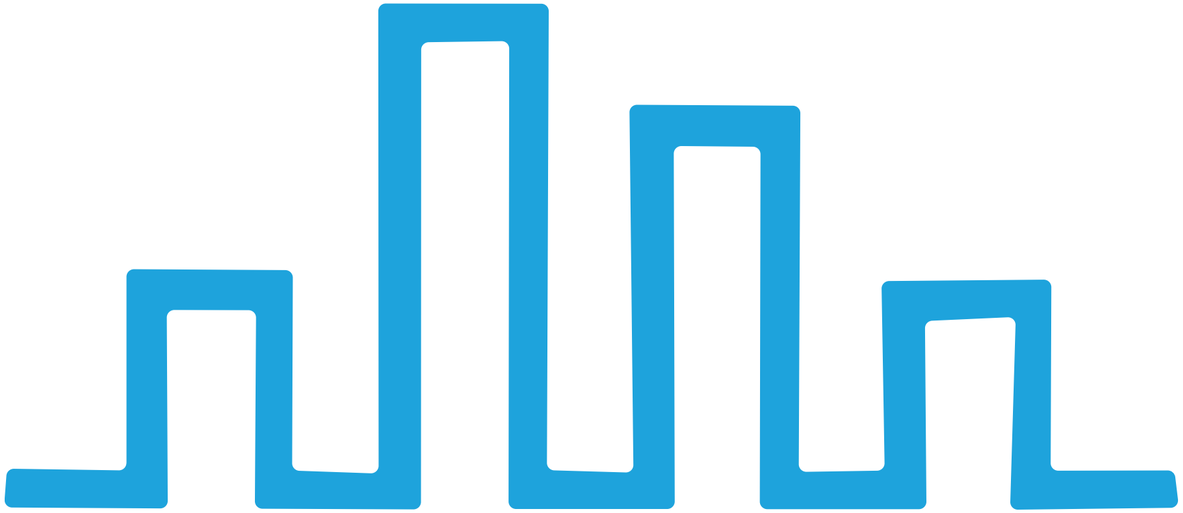
มีลักษณะเป็นสัญญาณต่อเนื่องในรูปแบบคลื่น สามารถแทนลักษณะของสัญญาณได้ด้วยรูปกราฟคลื่นไซน์ (Sine Wave) ตัวอย่างของสัญญาณอนาล็อก เช่น สัญญาณเสียงในสายโทรศัพท์และสัญญาณเสียงจากสถานีวิทยุ



สัญญาณดิจิทัล

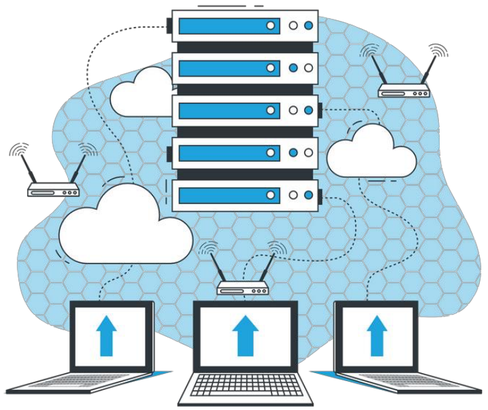
Digital Signal

มีลักษณะเป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่องในรูปแบบกราฟสี่เหลี่ยม (Square Graph) มีคุณภาพและแม่นยำกว่า สัญญาณอนาล็อก

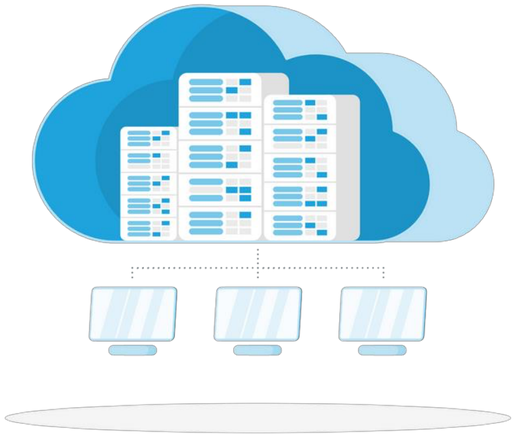


ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

Computer Network



ความหมายของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์



วัตถุประสงค์ของการใช้เครือข่าย

ความหมายของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ คือ การนำเอาคอมพิวเตอร์หลายๆ เครื่องมาเชื่อมต่อเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร รวมถึงใช้ทรัพยากรบางอย่างของระบบร่วมกันได้

วัตถุประสงค์ของการใช้เครือข่าย

การนำเอาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มาใช้งาน มีวัตถุประสงค์สำคัญดังนี้

ใช้ทรัพยากรร่วมกัน

Share Resources

ใช้ข้อมูลร่วมกัน

Share Information

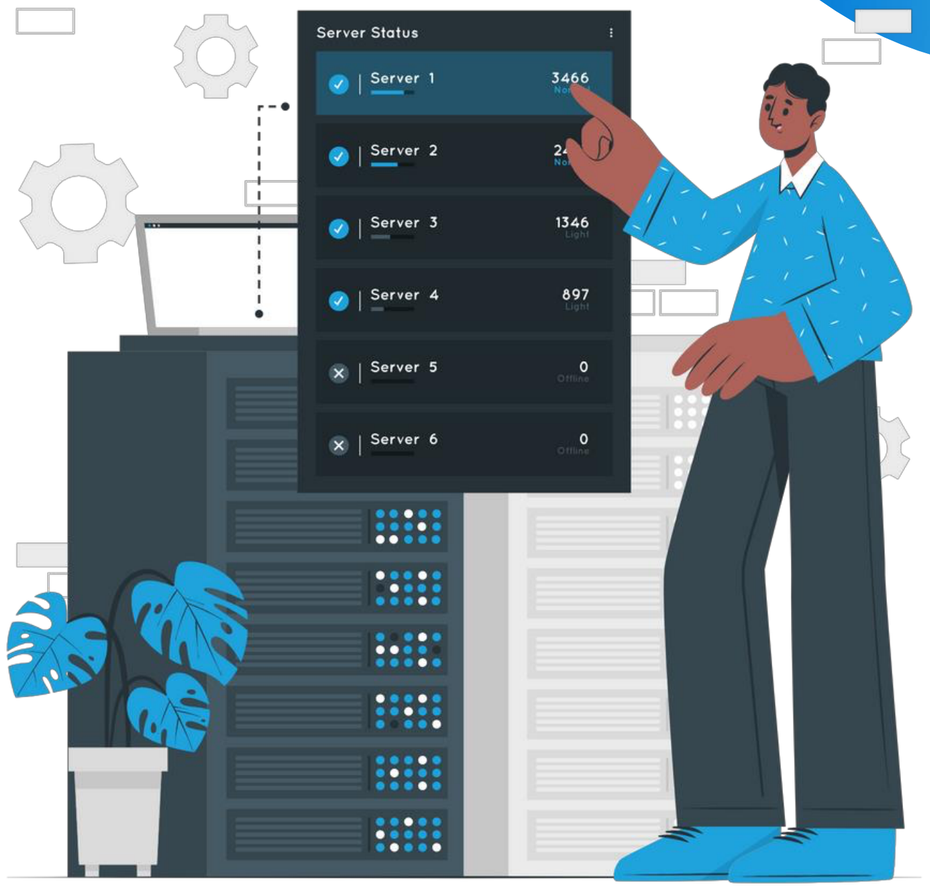
ความง่ายในการดูแลระบบ

Ease of Administration

ใช้ทรัพยากรร่วมกัน

Share Resources

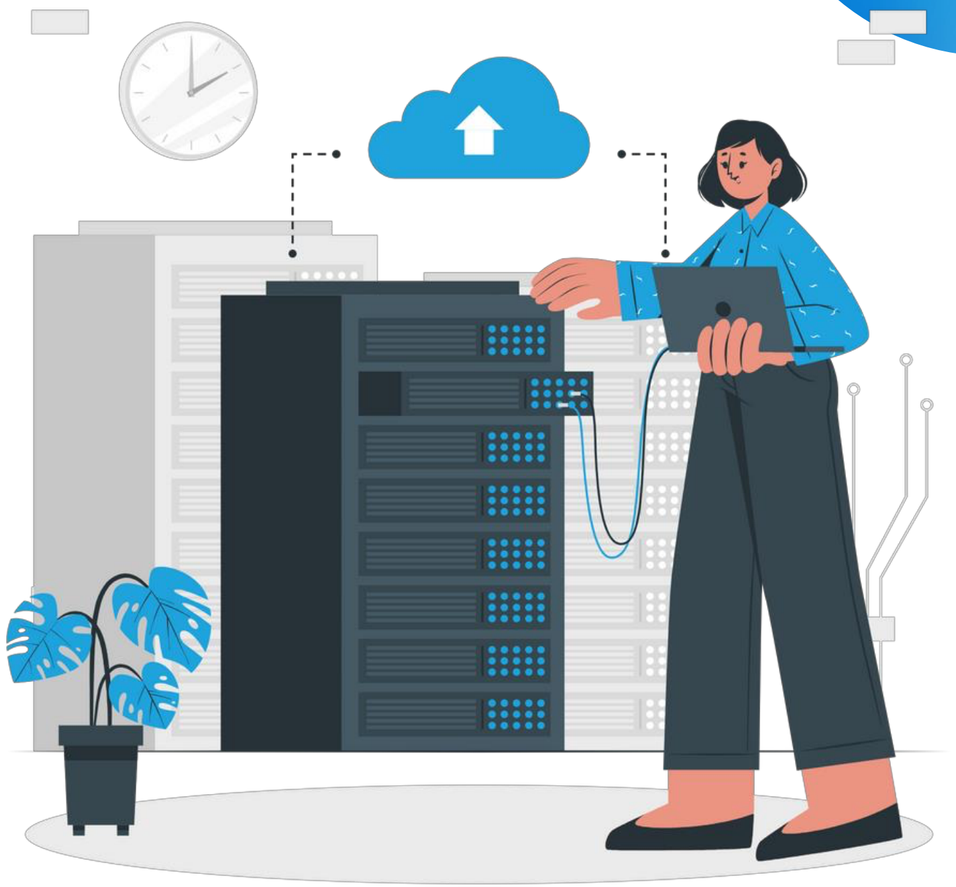
เพื่อใช้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องพิมพ์ พื้นที่ในดิสก์ ร่วมกัน ประหยัดกว่าการมีอุปกรณ์หลายๆ ชุดสำหรับแต่ละเครื่อง เช่น ลงทุนซื้อเครื่องพิมพ์ความเร็วสูงหรือคุณภาพสูงเครื่องเดียวมาใช้ร่วมกัน ดีกว่าติดตั้งเครื่องพรินเตอร์ขนาดเล็กๆ ที่พิมพ์ช้าให้กับคอมพิวเตอร์ทั้ง 40 เครื่องในแผนกหนึ่ง เป็นต้น



ใช้ข้อมูลร่วมกัน

Share Information

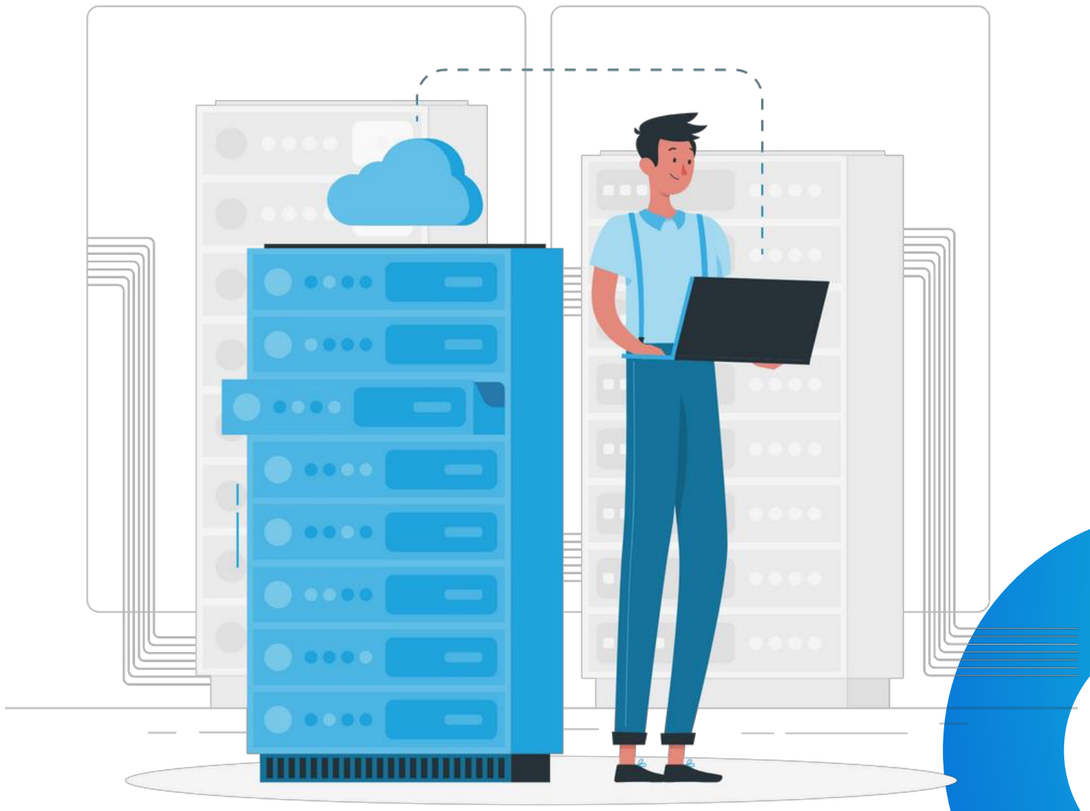
ใช้ในกรณีที่ต้องการให้เรียกใช้ข้อมูลชุดเดียวกันได้จากหลายๆ เครื่อง เช่น ข้อมูลกลาง ซึ่งมีเพียงชุดเดียวและเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ต้องอ่านหรือแก้ไขกับข้อมูลกาลางนี้อยู่ เช่น ยอดเงินในบัญชีธนาคาร (ซึ่งอาจมีการฝากหรือถอนเมื่อไรก็ได้) เลขที่ตั๋วหนัง หรือที่นั่งในเครื่องบิน เป็นการรักษาความถูกต้องตรงกันของข้อมูล (Data Integrity)



ความง่ายในการดูแลระบบ

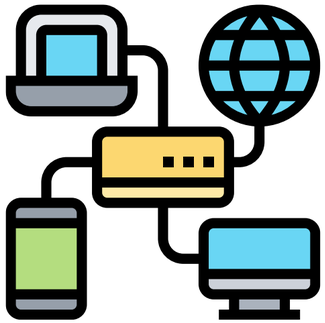
Ease of Administration

ความง่ายในการดูแลระบบ ทำให้สามารถดูแลและบริหารระบบได้จากที่เดียว เช่น ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบสถานการณ์ทำงาน ติดตั้งหรือถอดถอนโปรแกรม หรือทำสำเนาข้อมูล (Backup) และจัดการงานอื่นๆ ได้จากแหล่งเดียว เช่น จากเครื่องใดเครื่องหนึ่งบนเครือข่ายนั้น โดยไม่ต้องเดินไปทำงานแต่ละเครื่อง ซึ่งอาจจะอยู่คนละห้อง คนละชั้น หรือคนละอาคารกันก็เป็นได้



ประเภทของเครือข่ายคอมพิวเตอร์

ระบบเครือข่ายโดยทั่วไปอาจแบ่งได้เป็นประเภทหลักๆ ดังนี้

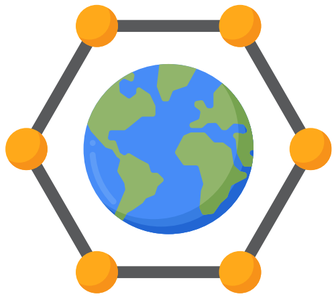


LAN

Local Area Network

MAN

Metropolitan Area Network



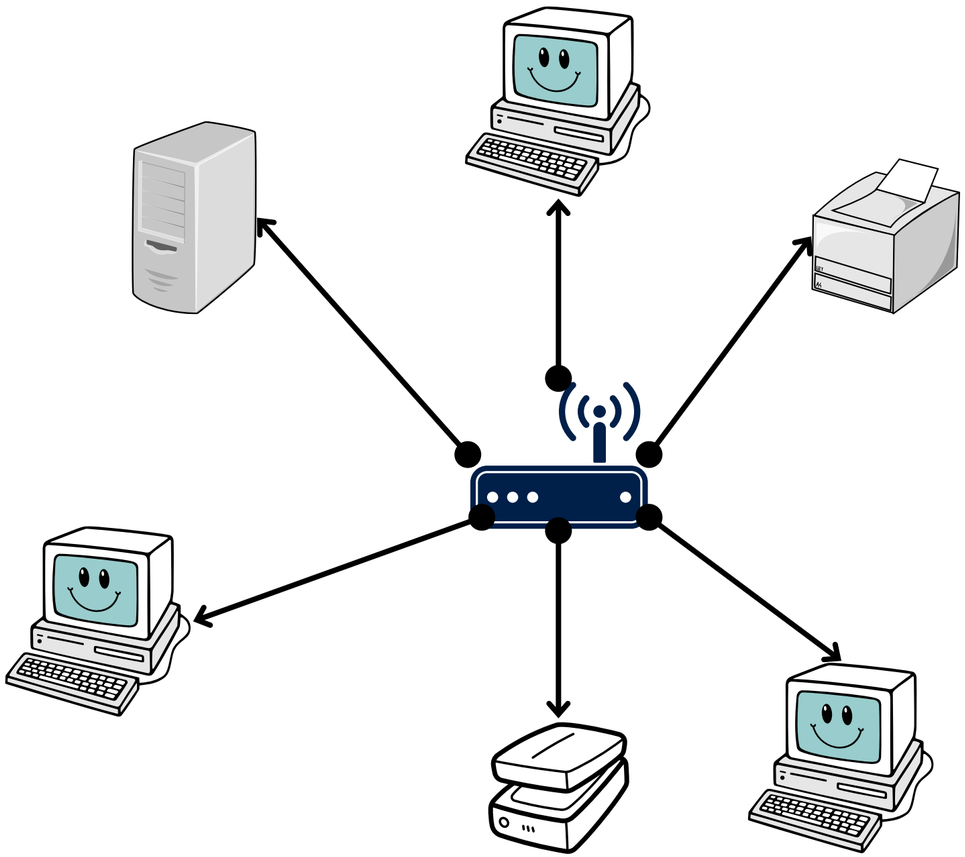
WAN

Wide Area Network

LOCAL AREA NETWORK

LAN

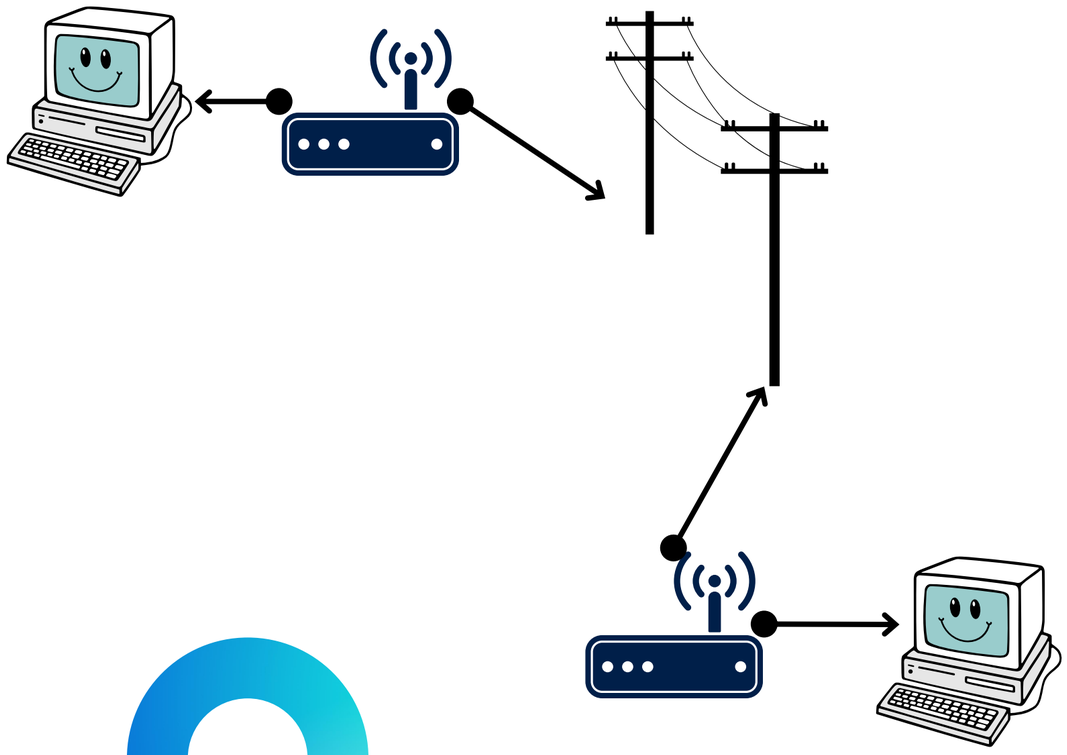
“แลน” เป็นเครือข่ายแบบท้องถิ่น เป็นการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกันในระยะจำกัด เช่น ในอาคารเดียวกัน หรือบริเวณอาคารใกล้เคียงที่สามารถลากสายเชื่อมโยงถึงกันได้โดยตรง



METROPOLITAN AREA NETWORK

MAN

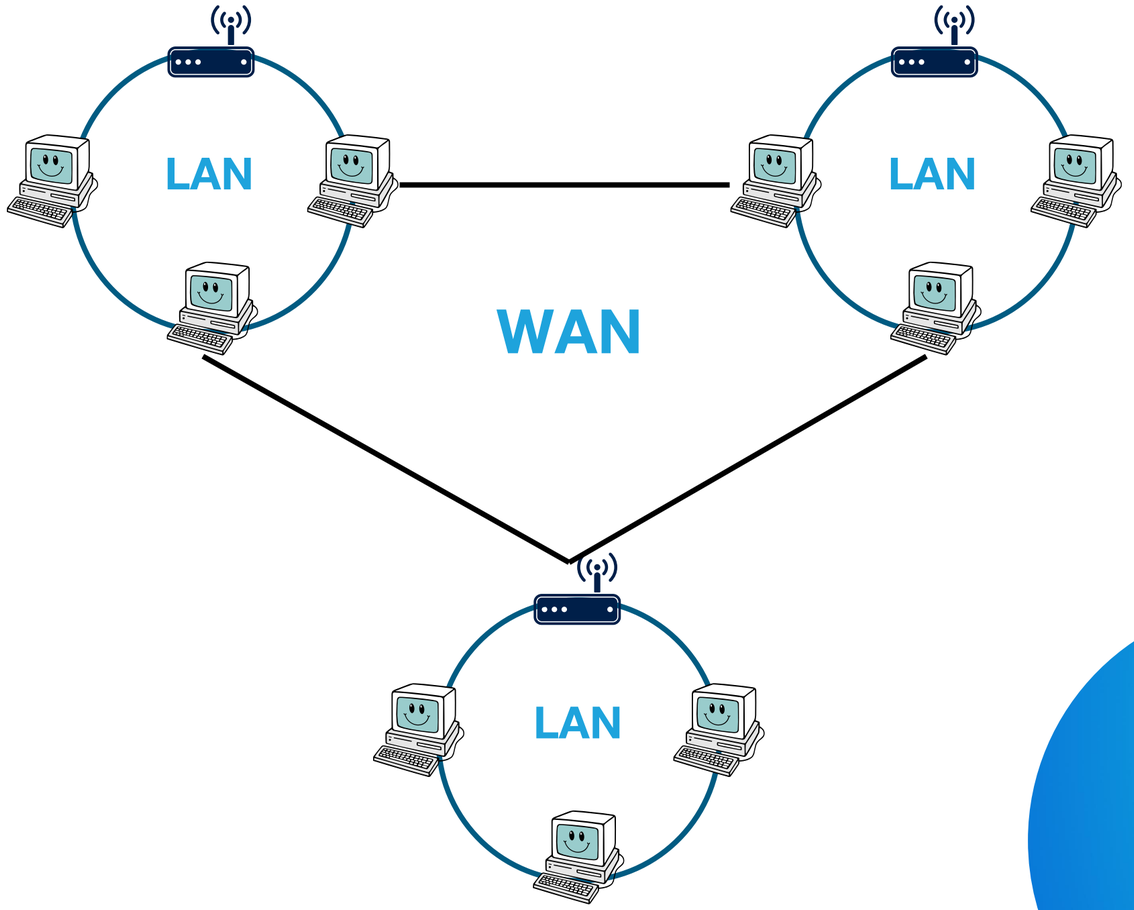
“แมน” เป็นเครือข่ายระดับเมือง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ภายในตำบล อำเภอ หรือจังหวัดเท่านั้น เครือข่านคอมพิวเตอร์ประเภทนี้เกิดจากการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ LAN หลายๆ เครือข่ายเข้าด้วยกัน



WIDE AREA NETWORK

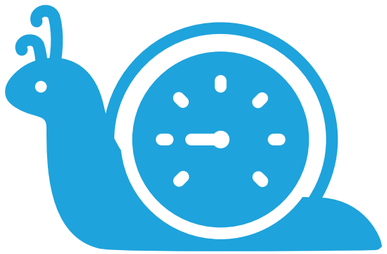
WAN

“แวน” เป็นเครือข่ายระดับประเทศ ภายในเครือข่ายประกอบด้วย LAN และ MAN สามารถครอบคลุมได้ทั้งประเทศ และกลายเป็นเครือข่ายขนาดใหญ่ข้ามประเทศ



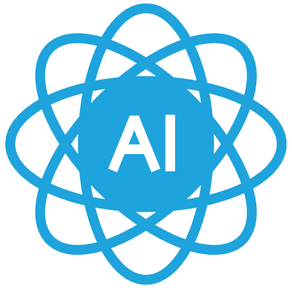
ข้อจำกัดของระบบเครือข่าย

ในการนำระบบเครือข่ายมาใช้งาน ผู้วางระบบจะต้องคิดให้รอบคอบว่าการต่อเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับเครือข่ายนั้นจะทำงานได้ตามต้องการหรือไม่ มีข้อจำกัดอย่างไร ข้อจำกัดของระบบเครือข่ายมีหลายอย่าง เช่น



การเรียกใช้ข้อมูลทำได้ช้า

ข้อมูลไม่สามารถใช้ได้ทันที



ใช้เทคโนโลยีสูง
ในการควบคุมและดูแล

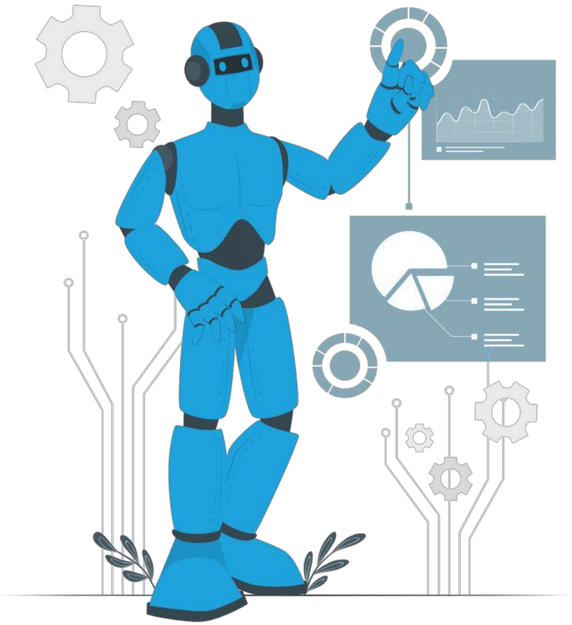
การเรียกใช้ข้อมูลทำได้ช้า

การเรียกใช้ไฟล์ข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย ไม่ว่าจะเป็นการอ่านหรือเขียนก็ตาม มักจะช้ากว่าการอ่านหรือเขียนกับฮาร์ดดิสก์โดยตรงในเครื่องของตนเอง แต่หากระบบเครือข่ายที่ใช้เป็นแบบความเร็วสูง ก็อาจจะไม่ทันรู้สึกถึงความแตกต่างเรื่องความเร็วในการรับส่งข้อมูลมากนัก

ข้อมูลไม่สามารถใช้ได้ทันที

ข้อมูลหรือทรัพยากรที่แบ่งกันใช้นี้อาจไม่สามารถเรียกใช้ได้ทันทีทันใด เพราะหากมีคนอื่นใช้งานอยู่เราก็อาจต้องรอก่อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะงานด้วย เช่น หากมีใครใช้พรินเตอร์พิมพ์งานอยู่ งานของเราก็จะต้องไปเข้าคิวรอ ยังไม่ถูกพิมพ์ออกมาทันที หรือในกรณีของไฟล์ข้อมูลที่มีผู้อื่นกำลังอ่านไฟล์นั้นอยู่ ระบบอาจยอมให้เราเข้าไปแทรกอ่านด้วยได้ แต่หากมีคนอื่นกำลังแก้ไขข้อมูลตรงนั้นอยู่พร้อมๆ กัน เราก็คงต้องรอ ไม่เช่นนั้นข้อมูลที่อ่านมาได้ก็จะไม่ใช่ข้อมูลที่ถูกต้องล่าสุด เป็นต้น

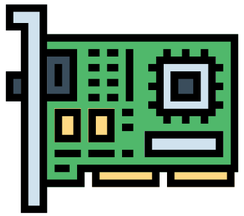
ใช้เทคโนโลยีสูงในการควบคุมและดูแล



ระบบที่ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์หลายๆ เครื่องซึ่งทำงานเป็นอิสระจากกันอยู่คนละที่แต่จัดให้ทำงานร่วมกันนั้น ย่อมมีความสลับซับซ้อนและยากในการดูแลมากกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวที่อยู่ตรงหน้าซึ่งเราสามารถสั่งงานได้ตามต้องการ รวมทั้งมีโอกาสที่จะถูกผู้อื่นแอบเข้ามาใช้งานหรือล้วงเอาข้อมูลลับออกไป หรือแม้แต่โอกาสที่จะตกเป็นเหยื่อของไวรัสคอมพิวเตอร์ก็มีมากกว่าเครื่องที่ตั้งอยู่เฉยๆ โดยไม่เชื่อมต่อกับใคร

องค์ประกอบของเครือข่าย

ระบบเครือข่ายโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ ได้แก่



อุปกรณ์เครือข่าย

Network Hardware

ซอฟต์แวร์เครือข่าย

Network Software

ตัวกลางนำข้อมูล

Transmission Media

สำหรับเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้าเป็นเครือข่าย โดยคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์แต่ละตัวที่อยู่ในเครือข่าย
จะเรียกกันว่า โหนด (Node)

อุปกรณ์เครือข่าย

Network Hardware

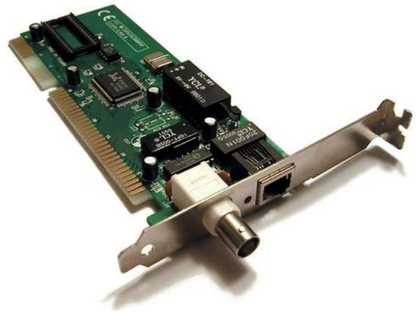
เป็นอุปกรณ์หลักที่จะทำให้คอมพิวเตอร์และทรัพยากรต่างๆ สามารถเชื่อมต่อถึงกันเป็นระบบเครือข่าย ได้แก่

โมเด็ม

Modem

เราเตอร์

Router



การ์ดเครือข่าย
หรือการ์ด LAN

Network Interface Card

เกตเวย์

Gateway

อุปกรณ์เครือข่าย

Network Hardware

เป็นอุปกรณ์หลักที่จะทำให้คอมพิวเตอร์และทรัพยากรต่างๆ สามารถเชื่อมต่อถึงกันเป็นระบบเครือข่าย ได้แก่

บริดจ์

Bridge

รีพีตเตอร์

Repeater

ฮับ

HUB

สวิตช์

Switch

อุปกรณ์เครือข่าย

Network Hardware

เป็นอุปกรณ์หลักที่จะทำให้คอมพิวเตอร์และทรัพยากรต่างๆ สามารถเชื่อมต่อถึงกันเป็นระบบเครือข่าย ได้แก่

เราท์เตอร์ 4G/5G

4G/5G Router

ไวไฟพกพา 4G/5G

4G/5G Pocket Wi-Fi

โมเด็ม

Modem

ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ Digital ให้เป็น Analog จากทางผู้ส่ง และแปลงจาก Analog ให้เป็น Digital เมื่อถึงผู้รับ การเชื่อมต่อ
อินเทอร์เน็ตลักษณะนี้ ต้องมีโทรศัพท์พื้นฐานใช้สาย RJ11
การแปลงสัญญาณ Digital ให้เป็น Analog เรียกว่า (Demodulation)
การแปลงสัญญาณ Analog ให้เป็น Digital เรียกว่า เรียกว่า มอดูเลชัน (Modulation)

เราเตอร์

Router

ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงให้เครือข่ายที่มีขนาดหรือมาตรฐานในการส่งข้อมูลต่างกัน สามารถติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้ โดยการปรับโปรโตคอล (Protocol) ที่ต่างกันให้สามารถสื่อสารกันได้ ไม่ต้องมีโทรศัพท์พื้นฐาน เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านสาย RJ45 ช่อง WAN ได้โดยตรง

การ์ดเครือข่าย หรือการ์ด LAN

Network Interface Card

เป็นการ์ดสำหรับต่อเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับสาย LAN ทำหน้าที่สื่อสารระหว่างเครื่องต่างกัน โดยไม่จำเป็นต้องเป็นรุ่นหรือยี่ห้อเดียวกัน การ์ด LAN ควรเป็นแบบ PCI เพราะสามารถส่งข้อมูลได้เร็วกว่าแบบ ISA เมนบอร์ดรุ่นใหม่ๆ มักจะไม่มี Slot ISA ปัจจุบันควรเลือกการ์ด LAN ที่มีความเร็ว 1 Gbps หรือมากกว่านั้น

เกตเวย์

Gateway

ทำหน้าที่ช่วยให้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ 2 เครือข่ายหรือมากกว่า ที่มีลักษณะไม่เหมือนกันสามารถติดต่อสื่อสารกันได้เหมือนเป็นเครือข่ายเดียวกัน เปรียบเสมือนเป็นประตูทางผ่านในการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ต่างชนิดกัน เช่น ระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไปกับเครื่องมินิคอมพิวเตอร์ หรือเมนเฟรมซึ่งเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ เป็นต้น อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Gateway นั้นอาจจะใช้คอมพิวเตอร์เครื่องใดเครื่องหนึ่งทำหน้าที่ก็ได้

บริดจ์

Bridge

มีลักษณะคล้ายเครื่องขยายสัญญาณ บริดจ์จะทำงานอยู่ในชั้น Data Link บริดจ์จะรับข้อมูลจากต้นทางและส่งให้กับปลายทาง โดยไม่มีการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงใดๆ แก่ข้อมูล ทำให้การเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายมีประสิทธิภาพ ลดการชนกันของข้อมูล บริดจ์จึงเป็นสะพานสำหรับข้อมูลสองเครือข่าย

รีพีตเตอร์

Repeater

เป็นอุปกรณ์ทวนสัญญาณเพื่อให้สามารถส่งข้อมูลถึงกันได้ระยะไกลขึ้น โดยปรับปรุงสัญญาณที่อ่อนตัวให้กลับมาเป็นรูปแบบเดิม เพื่อให้สัญญาณสามารถส่งต่อไปได้อีก เช่น การเชื่อมต่อเครือข่ายแลนหลายๆ ส่วน ซึ่งความยาวของแต่ละส่วนนั้นจะมีระยะทางที่จำกัด ดังนั้นอุปกรณ์อย่างรีพีตเตอร์ก็จะช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้

ฮับ

HUB

ทำหน้าที่ช่วยกระจ่ายสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์หลายเครื่องในระบบ แต่ละรุ่นมีจำนวนพอร์ตที่ไม่เท่ากัน เช่น 4, 5, 8, 10 และ 16 พอร์ต การเลือกซื้อฮับ ควรเลือกฮับที่มีความเร็วเท่ากับความเร็วของการ์ด LAN เช่น การ์ดมีความเร็ว 100 Mbps ก็ควรเลือกใช้ฮับที่มีความเร็วเป็น 100 Mbps ด้วย

สวิตช์

Switch

เป็นอุปกรณ์รวมสัญญาณที่มาจากอุปกรณ์รับส่งหลายสถานีเช่นเดียวกับฮับ แต่มีข้อแตกต่างจากฮับ คือ การรับส่งข้อมูลจากสถานีหรืออุปกรณ์ตัวหนึ่งจะไม่กระจายไปยังทุกสถานีเหมือนฮับ ทั้งนี้เพราะสวิตช์จะรับกลุ่มข้อมูลหรือแพคเก็ตมาตรวจสอบก่อน แล้วดูว่าแอดเดรสของสถานีหลายทางไปที่ใด สวิตช์จะลดปัญหาการชนกันของข้อมูลเพราะไม่ต้องกระจายข้อมูลไปทุกสถานี และยังมีข้อดีในเรื่องการป้องกันการดักจับข้อมูลที่กระจายไปในเครือข่าย

เราท์เตอร์ 4G/5G

4G/5G Router

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต 4G หรือ 5G โดยการเสียบซิมการ์ด (SIM Card) แล้วปล่อย Wi-Fi เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และกล้องวงจรปิดไร้สาย เชื่อมต่อได้ โดยความเร็วของอินเทอร์เน็ตขึ้นอยู่กับแพ็คเพจที่ผู้ใช้เลือกซื้อ

ไวไฟพกพา 4G/5G

4G/5G Pocket Wi-Fi

มีลักษณะการทำงานเหมือนกับ เราท์เตอร์ 4G/5G เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กพกพาง่าย สามารถใช้งานนอกสถานที่ได้โดยการชาร์จแบตเตอรี่ ระยะเวลาการใช้งานขึ้นอยู่กับปริมาณแบตเตอรี่ ไม่เหมาะกับการใช้งานโดยเสียบไฟบ้านต่อเนื่องทั้งวัน

ความเร็วในการรับส่งข้อมูลของเครือข่ายนั้นขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ด้วย เช่น การ์ดแลน ฮับ หรือสวิตช์ รวมถึงสายที่ใช้เชื่อมต่อ โดยทั้งหมดมีความเกี่ยวข้องกัน เช่น หากนำอุปกรณ์ที่มีการ์ดแลน 1000 Mbps ไปเชื่อมต่อกับสวิตช์ที่รองรับความเร็ว 100 Mbps ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็วสูงสุด 100 Mbps เท่านั้น แม้ว่าการ์ดแลนจะให้งานได้ถึง 1000 Mbps ก็ตาม

ซอฟต์แวร์เครือข่าย

Network Software

เครือข่ายคอมพิวเตอร์สามารถควบคุมได้ด้วยซอฟต์แวร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบเครือข่าย เช่น โปรแกรมที่เป็นไดรเวอร์ควบคุมการ์ด LAN โปรแกรมที่จัดการโปรโตคอลในการติดต่อสื่อสาร (เช่น IPX/SPX, TCP/IP) โปรแกรมควบคุมระบบที่มีความสามารถทำงานกับเครือข่าย (เช่น Windows Server, Linux หรือ Unix) รวมถึงโปรแกรมสำหรับจัดการระบบสื่อสารที่เกี่ยวข้องอื่นๆ

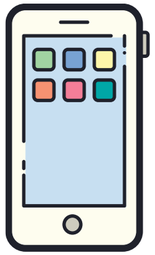
ตัวกลางนำข้อมูล

Transmission Media

ตัวกลางหรือสื่อกลางการสื่อสาร เป็นส่วนที่ทำให้เกิดการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกัน และอุปกรณ์นี้ยอมให้ข่าวสารข้อมูลเดินทางผ่านจากผู้ส่งไปสู่ผู้รับ สื่อกลางที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลมีแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

สื่อกลางที่กำหนดเส้นทางได้ หรือสื่อกลางที่ใช้สาย

Guided/Wired Transmission Media



สื่อกลางที่กำหนดเส้นทางไม่ได้ หรือสื่อกลางไร้สาย

Unguided/Wireless Transmission Media

สื่อกลางที่กำหนดเส้นทางได้ หรือสื่อกลางที่ใช้สาย

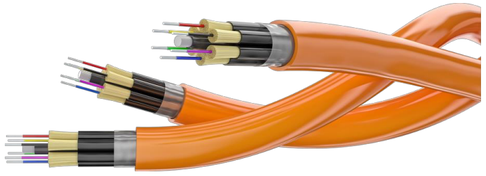
Guided/Wired Transmission Media

สายคู่บิดเกลียว

Twisted Pair Cable

สายโคแอคเชียล

Coaxial Cable



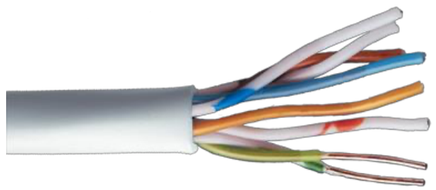
สายเคเบิลใยแก้วนำแสง

Fiber Optical Cable

สายคู่บิดเกลียว

Twisted Pair Cable

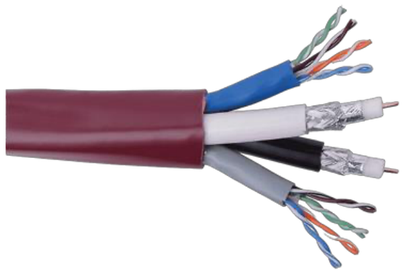
เป็นสายที่นำสาย 2 เส้นมาถักเป็นเกลียว เพื่อลดสัญญาณรบกวน ประกอบด้วยสายทองแดง (Copper) หุ้มด้วยฉนวนพลาสติก (Outer Insulator) ใช้ในเครือข่ายโทรศัพท์และการติดต่อสื่อสารในอาคารเดียวกัน มีราคาถูกที่สุดและนิยมใช้มากที่สุด มี 2 ประเภท ได้แก่



แบบไม่มีฉนวนหุ้ม

Unshielded Twisted Pair Cable – UTP

ถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนได้ง่าย ใช้ในสายโทรศัพท์
ราคาถูกที่สุด ง่ายต่อการติดตั้ง



แบบมีฉนวนหุ้ม

Shielded Twisted Pair Cable – STP

ช่วยลดสัญญาณรบกวน อัตราการส่งข้อมูลสูงกว่า
ราคาสูงกว่า หนาและหนักกว่า

สายคู่บิดเกลียว

Twisted Pair Cable

สายทั้งสองประเภทต้องต่อเข้ากับหัว RJ45 เพื่อนำไปใช้งาน โดยปกติเราจะเรียกสายแบบนี้ว่า สาย LAN สาย UTP ปัจจุบันแบ่งออกเป็น 12 กลุ่ม (Category) และในอนาคตจะมีเพิ่มมากขึ้น

กลุ่ม	ความเร็วสูงสุด	คำอธิบาย
CAT1	1 Mbps	ใช้เป็นสายโทรศัพท์ ไม่สามารถรับส่งข้อมูลดิจิทัลได้
CAT2	4 Mbps	สามารถรับส่งข้อมูลดิจิทัลได้
CAT3	16 Mbps	สายสัญญาณแต่ละคู่จะบิดเกลียวอย่างน้อย 3-4 รอบ/ฟุต ใช้เชื่อมต่อในเครือข่าย Ethernet แบบเก่า
CAT4	20 Mbps	มีการพัฒนาเรื่องการป้องกันสัญญาณรบกวนให้ดีขึ้น
CAT5	100 Mbps	เป็นสาย UTP แบบมาตรฐานขั้นต้น โดยสายสัญญาณแต่ละคู่มีการบิดเกลียว 3-4 รอบ/นิ้ว

สายคู่บิดเกลียว

Twisted Pair Cable

สายทั้งสองประเภทต้องต่อเข้ากับหัว RJ45 เพื่อนำไปใช้งาน โดยปกติเราจะเรียกสายแบบนี้ว่า สาย LAN สาย UTP ปัจจุบันแบ่งออกเป็น 12 กลุ่ม (Category) และในอนาคตจะมีเพิ่มมากขึ้น

กลุ่ม	ความเร็วสูงสุด	คำอธิบาย
CAT5e	1 Gbps	สายใช้วัสดุที่มีคุณภาพการนำสัญญาณสูง และมีการบิดเกลียวของสายเพิ่มขึ้น ป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดียิ่งขึ้น รองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์เครือข่ายอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง Gigabit Ethernet ได้
CAT6	1 Gbps	เพิ่มแผ่นฟอยล์กันคลื่นรบกวนให้กับสายสัญญาณเหมาะสำหรับใช้ในบริเวณที่มีคลื่นไฟฟ้าสูงหรือสัญญาณไม่ดี
CAT6a	10 Gbps	สายมีฉนวนประกอบที่ช่วยลดสัญญาณรบกวนระหว่างการส่งข้อมูลให้มีความเสถียรที่สุด
CAT6e	10 Gbps	เพิ่มรัศมีการใช้ในวงกว้างที่มากขึ้น คอยกรองข้อมูล และจัดระเบียบการส่งสัญญาณหลายๆ ช่องทางในเวลาเดียวกันได้อย่างสมบูรณ์แบบ

สายคู่บิดเกลียว

Twisted Pair Cable

สายทั้งสองประเภทต้องต่อเข้ากับหัว RJ45 เพื่อนำไปใช้งาน โดยปกติเราจะเรียกสายแบบนี้ว่า สาย LAN สาย UTP ปัจจุบันแบ่งออกเป็น 12 กลุ่ม (Category) และในอนาคตจะมีเพิ่มมากขึ้น

กลุ่ม	ความเร็วสูงสุด	คำอธิบาย
CAT7	10 Gbps	เป็นสาย Ethernet เชื่อมมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบเป็นเครือข่ายวงกว้าง ใช้ร่วมกับสาย CAT6 CAT5 และ CAT5e ได้
CAT7e	10 Gbps	
CAT8	40 Gbps	เหมาะกับองค์กรที่มีศูนย์รวม Data Center ขนาดใหญ่ ใช้หัวเสียบเชื่อมกับสายแลน CAT รุ่นอื่นๆ ได้ไม่มีปัญหา

สายโคแอคเชียล

Coaxial Cable

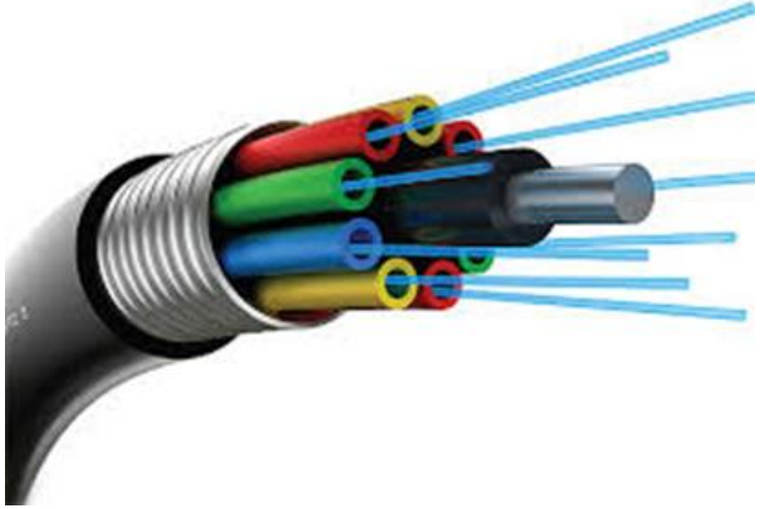
มีส่วนของสายส่งข้อมูลเป็นลวดทองแดงอยู่ตรงกลาง ใช้กันอย่างแพร่หลายในระบบโทรทัศน์บ้านและเคเบิลทีวี การส่งข้อมูลในระบบโทรศัพท์ไกลๆ และระบบ LAN

- เป็นสายสัญญาณไฟฟ้านำข้อมูลได้ทั้ง Analog และ Digital
- มีความเร็วสูงสุด 10 Mbps
- รองรับความถี่และอัตราการส่งข้อมูลสูง
- ช่วงความถี่ (Frequency) และแบนด์วิดธ์ (Bandwidth) สูงกว่าสายคู่บิดเกลียว
- ป้องกันสัญญาณรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดี

สายเคเบิลใยแก้วนำแสง

Fiber Optical Cable

เป็นสายรับส่งสัญญาณที่สร้างจากแก้วหรือพลาสติกซึ่งโปร่งแสงและยืดหยุ่น ใช้กันอย่างแพร่หลายในระบบโทรคมนาคม มีแบนด์วิดธ์กว้าง จึงมีอัตราการส่งข้อมูลสูงและเร็ว ไม่มีสัญญาณรบกวน ประสิทธิภาพการทำงานสูง และราคาแพง



สื่อกลางที่กำหนดเส้นทางไม่ได้ หรือสื่อกลางไร้สาย

Unguided/ Wireless Transmission Media

การสื่อสารแบบไร้สาย เป็นการรับส่งข้อมูลโดยไม่ผ่านสายสัญญาณ แต่ใช้อากาศเป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูล เช่น โทรทัศน์รับคลื่นสัญญาณจากดาวเทียม และประมวลผลกลายเป็นภาพและเสียง เป็นต้น แบ่งออกเป็น 5 ประเภท

คลื่นวิทยุ

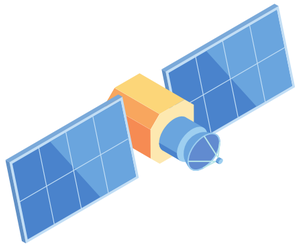
Radio Wave

สัญญาณไมโครเวฟ

Microwave

อินฟราเรด

Infrared



ดาวเทียม

Satellite

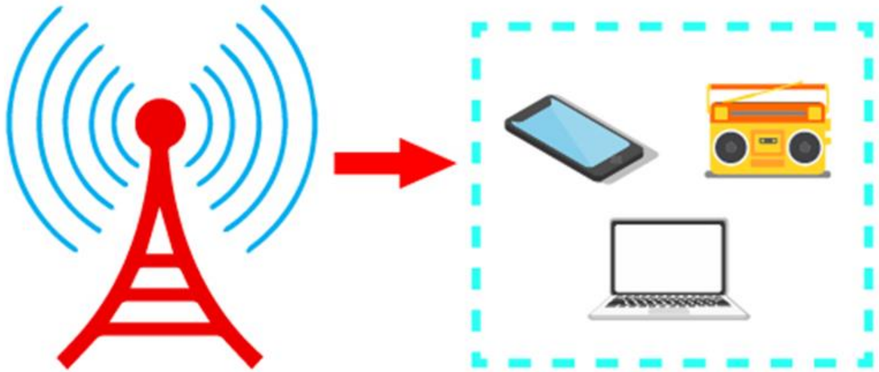
บลูทูธ

Bluetooth

คลื่นวิทยุ

Radio Wave

เป็นคลื่นที่มีการกระจายตัวรอบทิศทางผ่านเสาอากาศส่งคลื่นวิทยุ ทำให้มีประโยชน์สำหรับการสื่อสารแบบ Multicasting ซึ่งมีหนึ่งผู้ส่งแต่หลายผู้รับ เช่น สถานีวิทยุ ระบบมือถือ โทรทัศน์ แต่อย่างไรก็ตาม คลื่นวิทยุมีข้อเสียอยู่หนึ่งอย่างนั้นก็คือ คลื่นมีความอ่อนไหวต่อการรบกวนจากเสาอากาศตัวอื่นที่ส่งสัญญาณความถี่แบบเดียวกัน



สัญญาณไมโครเวฟ

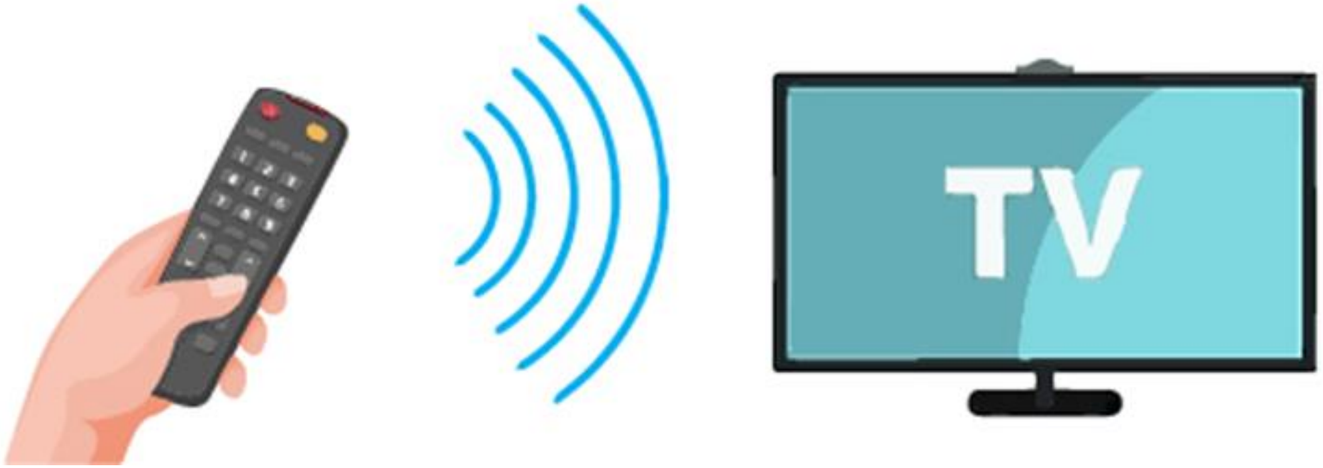
Microwave

เป็นคลื่นที่เดินทางในทิศทางเดียว มีความเร็วสูง ใช้สำหรับการเชื่อมต่อระยะไกลโดยการส่งสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปในอากาศพร้อมกับข้อมูลที่ต้องการส่ง และต้องมีสถานีที่ทำหน้าที่ส่งและรับข้อมูล สัญญาณเดินทางเป็นเส้นตรงไม่สามารถเลี้ยวตามความโค้งของผิวโลกได้ จึงต้องมีการตั้งสถานีรับส่งข้อมูลเป็นระยะ และส่งข้อมูลต่อกันระหว่างสถานีจนกว่าจะถึงสถานีปลายทาง และแต่ละสถานีจะตั้งอยู่ในที่สูง เช่น ดาดฟ้า ตึกสูง หรือยอดเขา เพื่อหลีกเลี่ยงการชนสิ่งกีดขวางในแนวการเดินทางของสัญญาณ

อินฟราเรด

Infrared

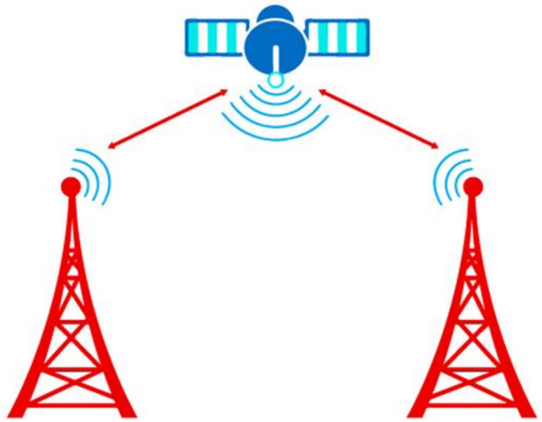
ใช้คลื่นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า การส่งข้อมูลต้องส่งในแนวเส้นตรง และไม่สามารถทะลุสิ่งกีดขวางที่มีความหนาได้ นิยมใช้ในการส่งถ่ายโอนข้อมูลสำหรับอุปกรณ์แบบพกพา ตัวอย่างเช่น รีโมทโทรทัศน์ที่เราใช้งานกันอยู่ทั่วไป



ดาวเทียม

Satellite

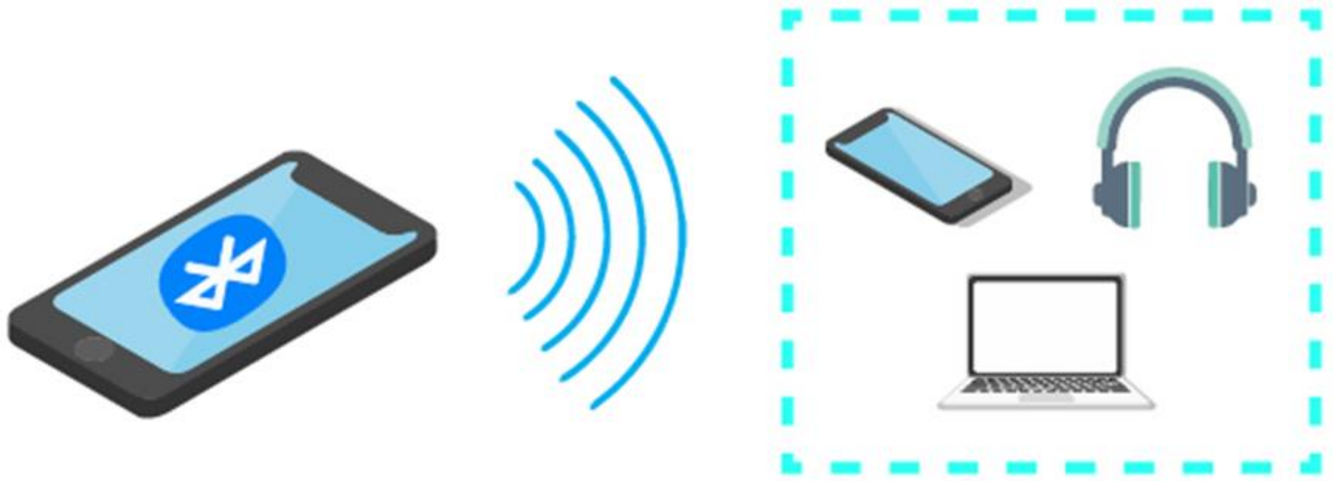
เป็นการสื่อสารโดยคลื่นสัญญาณแบบเดียวกันกับไมโครเวฟในการรับส่งข้อมูล แต่ว่าคลื่นไมโครเวฟมีข้อเสียที่คลื่นเดินทางในแนวตรง ทำให้พื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาหรือตึกสูงมีผลต่อการบดบังคลื่น จึงมีการพัฒนาดาวเทียมให้เป็นสถานีไมโครเวฟที่อยู่เหนือพื้นผิวโลก ทำหน้าที่เป็นสถานีส่งและรับข้อมูล ทำให้การสื่อสารมีลักษณะแบบการส่งข้อมูลจากภาคพื้นดินไปยังดาวเทียม และจากดาวเทียมมาสู่ภาคพื้นดิน



บลูทูธ

Bluetooth

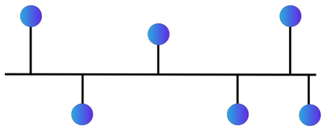
เป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบสองทาง ด้วยคลื่นวิทยุระยะสั้น ไม่จำเป็นต้องเป็นเส้นตรงเหมือนกับอินฟราเรด บลูทูธถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ขนาดเล็ก ใช้ส่งข้อมูลในจำนวนที่ไม่มาก เช่น ไฟล์ภาพและเสียง ต่างๆ ในระยะที่กำหนดไว้ของอุปกรณ์



โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์

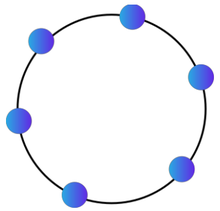
Topologies

การนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อกันเพื่อประโยชน์ของการสื่อสารนั้น สามารถทำได้หลายรูปแบบ แต่ละแบบมีจุดเด่นที่แตกต่างกันออกไป สามารถจำแนกตามลักษณะของการเชื่อมต่อได้ดังนี้



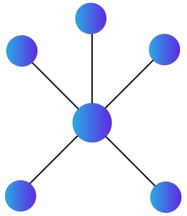
แบบบัส

Bus Topology



แบบวงแหวน

Ring Topology



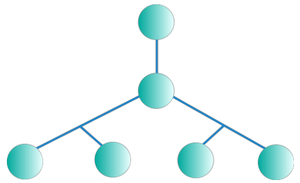
แบบดาว

Star Topology

โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์

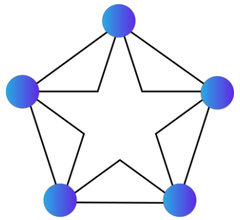
Topologies

การนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อกันเพื่อประโยชน์ของการสื่อสารนั้น สามารถทำได้หลายรูปแบบ แต่ละแบบมีจุดเด่นที่แตกต่างกันออกไป สามารถจำแนกตามลักษณะของการเชื่อมต่อได้ดังนี้



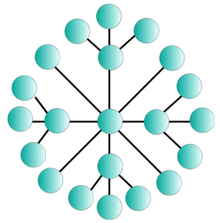
แบบต้นไม้

Tree Topology



แบบตาข่าย

Mesh Topology



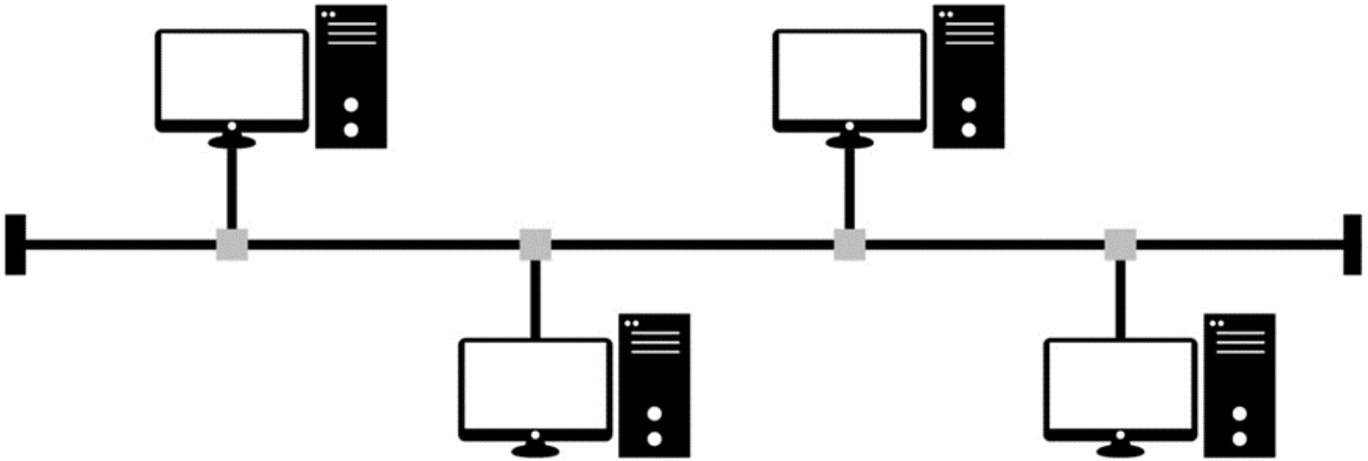
แบบผสม

Hybrid Topology

แบบบัส

Bus Topology

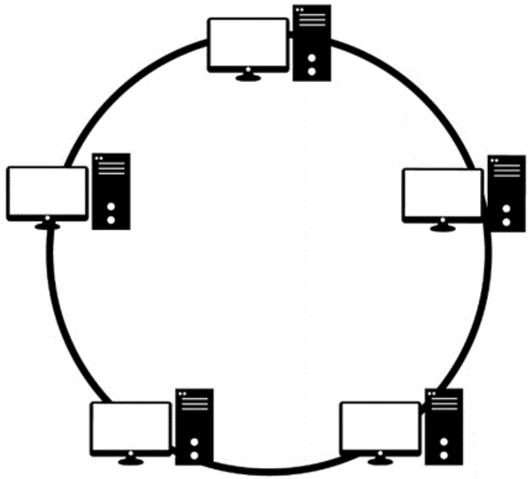
มีโครงสร้างไม่ยุ่งยาก การเชื่อมต่อมีลักษณะเป็นแบบหลายจุด สถานีทุกสถานีรวมทั้งอุปกรณ์ทุกชิ้นในเครือข่ายจะเชื่อมต่อเข้ากับสายสื่อสารหลักเพียงสายเดียว เรียกว่า แบ็กโบน (Back Bone) การจัดส่งข้อมูลแบบบัสจึงสามารถทำให้การส่งข้อมูลไปถึงทุกสถานีได้ผ่านสายแบ็กโบนนี้



แบบวงแหวน

Ring Topology

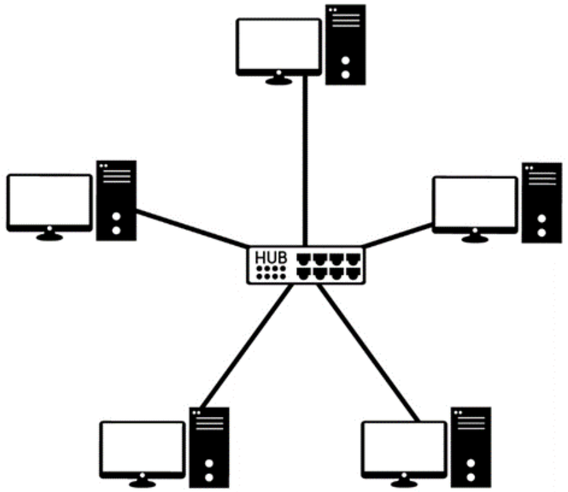
เป็นลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากันเป็นวงกลม โดยสถานีแต่ละสถานีจะต่อกับสถานีที่อยู่ติดทั้งสองข้างของตนเอง มีการเชื่อมโยงเครื่องขยายสัญญาณของแต่ละสถานีเข้าด้วยกันเป็นวงแหวน ข้อมูลจะถูกส่งอยู่ในวงแหวนแบบจุดต่อจุดไปในทิศทางเดียวกันจนถึงผู้รับภายในเวลาที่กำหนด หากข้อมูลที่ส่งเป็นของสถานีใดเครื่องขยายสัญญาณของสถานีนั้นก็รับและส่งให้กับสถานีนั้น จึงต้องมีการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับว่าเป็นของตนหรือไม่ ถ้าใช่ก็รับไว้ ถ้าไม่ใช่ก็ส่งต่อไป



แบบดาว

Star Topology

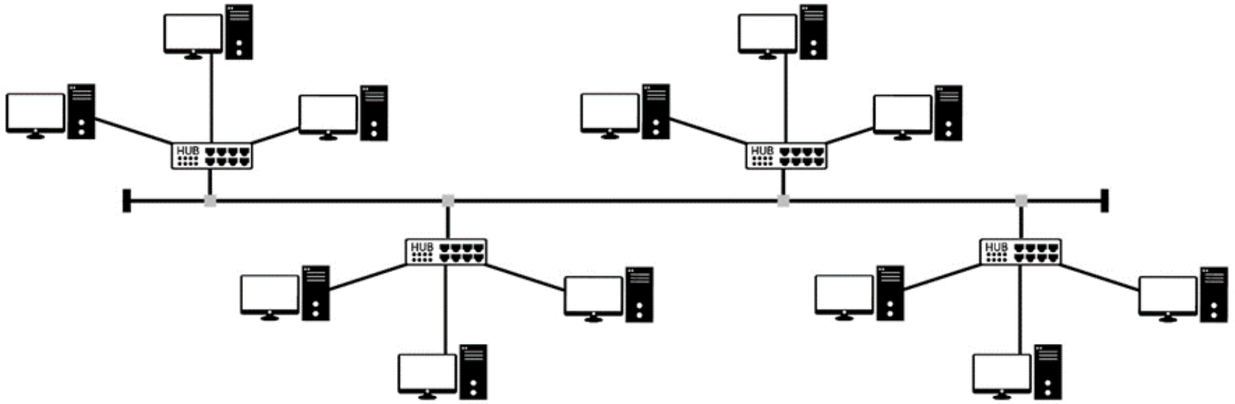
เป็นการเชื่อมโยงการติดต่อสื่อสารโดยมีสถานีกลาง หรือฮับ (Hub) สถานีกลางมีหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมเส้นทางการสื่อสารทั้งหมด และเป็นศูนย์กลางคอยจัดส่งข้อมูลให้กับโหนดปลายทางอีกด้วย การสื่อสารภายในเครือข่ายแบบดาว จะเป็นแบบ 2 ทิศทางโดยจะอนุญาตให้มีเพียงโหนดเดียวเท่านั้นที่สามารถส่งข้อมูลเข้าสู่เครือข่ายได้ จึงไม่มีโอกาสที่หลายๆ โหนดจะส่งข้อมูล เข้าสู่เครือข่ายในเวลาเดียวกัน เพื่อป้องกันการชนกันของสัญญาณข้อมูล เครือข่ายแบบดาวจึงเป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน



แบบต้นไม้

Tree Topology

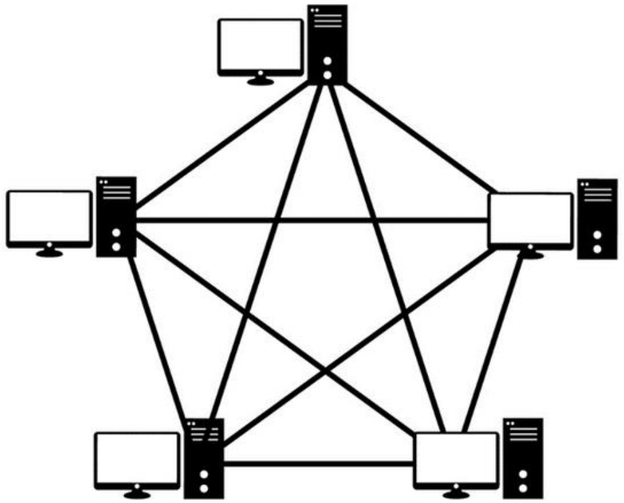
มีลักษณะเชื่อมโยงคล้ายกับโครงสร้างแบบดาวกับแบบบัสผสมกัน โดยมีสายนำสัญญาณแยกออกไปเป็นแบบกิ่งไม่เป็นวงรอบ เหมาะกับการประมวลผลแบบกลุ่ม ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ระดับต่างๆ อยู่หลายเครื่องแล้วต่อกันเป็นชั้นๆ แต่ละกลุ่มจะมีโหนดแม่ละโหนดลูกในกลุ่มนั้นที่มีการสัมพันธ์กัน การสื่อสารข้อมูลจะผ่านตัวกลางไปยังสถานีอื่นๆ ได้ทั้งหมด เพราะทุกสถานีจะอยู่บนทางเชื่อม และรับส่งข้อมูลเดียวกัน ดังนั้นในแต่ละกลุ่มจะส่งข้อมูลได้ทีละสถานีโดยไม่ส่งพร้อมกัน



แบบตาข่าย

Topology

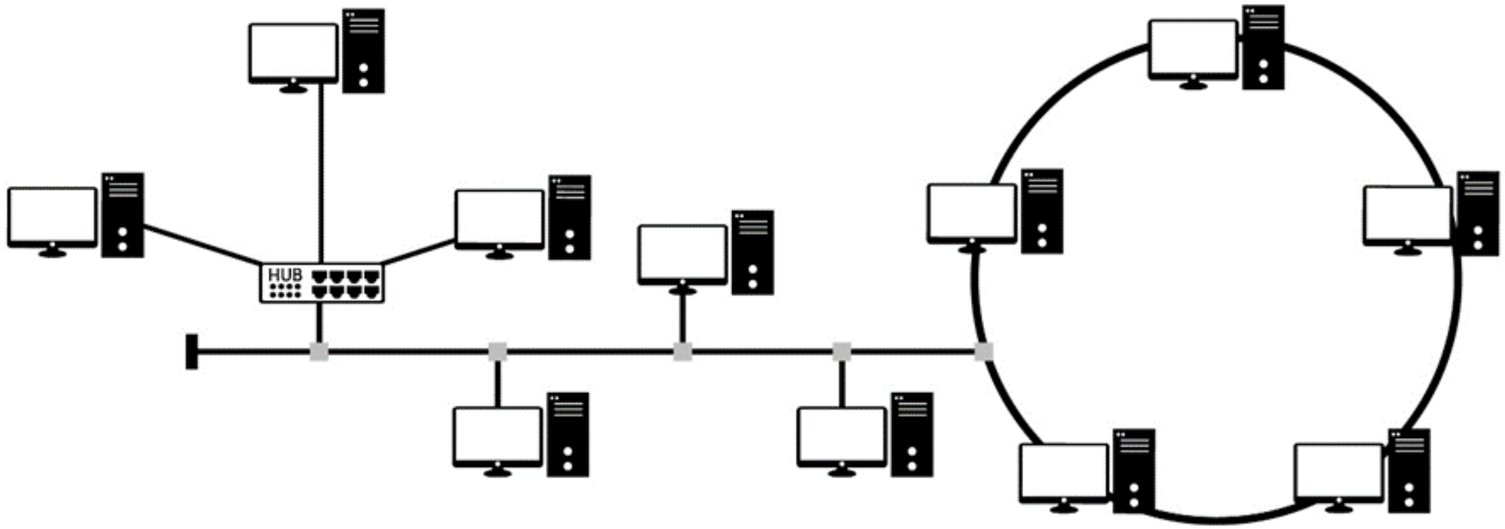
ใช้ในระบบเครือข่ายบริเวณกว้าง (Wide Area Network) ลักษณะการสื่อสารจะมีการต่อสายหรือการเดินของข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์หรือโหนดไปยังโหนดอื่นๆ ทุกตัว ทำให้มีทางเดินข้อมูลหลายเส้นและปลอดภัยจากเหตุการณ์ที่จะเกิดจากการล้มเหลวของระบบ แต่ระบบนี้จะมีค่าใช้จ่ายมากกว่าระบบอื่นๆ เพราะต้องใช้สายสื่อสารเป็นจำนวนมาก



แบบผสม

Hybrid Topology

เป็นการเชื่อมต่อที่ผสมผสานเครือข่ายย่อยๆ หลายส่วนมารวมเข้าด้วยกัน เช่น นำเอาเครือข่ายแบบ Bus, Ring และ Star มาเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน เหมาะสำหรับบางหน่วยงานที่มีเครือข่ายเก่าและใหม่ให้สามารถทำงานร่วมกันได้ แบบผสมนี้จะมีโครงสร้างแบบ Hierarchical หรือ Tree ที่มีลำดับชั้นในการทำงาน



มาตรฐานของระบบ LAN

ในระบบเครือข่าย LAN นั้นมีลักษณะทางฮาร์ดแวร์ที่ยึดมาตรฐานของสถาบันวิศวกรรมไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ของสหรัฐฯ หรือ IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) มีมาตรฐานหลายแบบ เพื่อรับรองเทคโนโลยีเครือข่ายในรูปแบบต่างๆ เช่น

IEEE

IEEE 802.3

สำหรับเครือข่ายอีเธอร์เน็ต

IEEE

IEEE 802.11

สำหรับเครือข่าย LAN ไร้สาย

IEEE 802.3 สำหรับเครือข่ายอีเธอร์เน็ต

Ethernet

Ethernet เป็นมาตรฐานเครือข่าย LAN ที่ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ภายในระยะใกล้ๆ ซึ่งมีรูปแบบการเชื่อมต่อและโปรโตคอลสื่อสารที่กำหนดขึ้นเพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความเร็วตั้งแต่ 10, 100, 1000 Mbps Ethernet ในยุคแรกใช้การเชื่อมต่อสายแบบ Bus ที่วิ่งผ่านทุกเครื่อง และต่อมาเมื่อมีการใช้สาย UTP ที่ต่อผ่านอุปกรณ์ Hub เกิดขึ้นจึงค่อยๆ เปลี่ยนไปสู่การเชื่อมต่อแบบ Star ที่รวมสายเข้าศูนย์กลาง

IEEE 802.3 สำหรับเครือข่ายอีเธอร์เน็ต

Ethernet

มาตรฐานของระบบ Ethernet เป็นไปตามมาตรฐานชื่อ IEEE 802.3 ซึ่งใช้ในการต่อสายแบบที่เชื่อมทุกเครื่องถึงกันโดยตรง
โดยมีกฎเกณฑ์หรือโปรโตคอลแบบ CSMA/CD

10 BASE-5

- 10 — ความเร็ว 10 Mbps
- BASE — วิธีการส่งสัญญาณ
- 5 — สาย Coaxial แบบหนา ที่ใช้ระยะไม่เกิน 500 เมตร

IEEE 802.3 สำหรับเครือข่ายอีเธอร์เน็ต

Ethernet

มาตรฐานของระบบ Ethernet เป็นไปตามมาตรฐานชื่อ IEEE 802.3 ซึ่งใช้ในการต่อสายแบบที่เชื่อมทุกเครื่องถึงกันโดยตรง
โดยมีกฎเกณฑ์หรือโปรโตคอลแบบ CSMA/CD

10 BASE-2

ความเร็ว 10 Mbps

วิธีการส่งสัญญาณ

สาย Coaxial แบบบาง
ที่ใช้ระยะไม่เกิน 185 เมตร

IEEE 802.3 สำหรับเครือข่ายอีเธอร์เน็ต

Ethernet

มาตรฐานของระบบ Ethernet เป็นไปตามมาตรฐานชื่อ IEEE 802.3 ซึ่งใช้ในการต่อสายแบบที่เชื่อมทุกเครื่องถึงกันโดยตรง
โดยมีกฎเกณฑ์หรือโปรโตคอลแบบ CSMA/CD

100 BASE-T

ความเร็ว 100 Mbps

วิธีการส่งสัญญาณ

สาย UTP
ที่ใช้ระยะไม่เกิน 100 เมตร

IEEE 802.3 สำหรับเครือข่ายอีเธอร์เน็ต

Ethernet

มาตรฐานของระบบ Ethernet เป็นไปตามมาตรฐานชื่อ IEEE 802.3 ซึ่งใช้ในการต่อสายแบบที่เชื่อมทุกเครื่องถึงกันโดยตรง
โดยมีกฎเกณฑ์หรือโปรโตคอลแบบ CSMA/CD

1000 BASE-F

ความเร็ว 1000 Mbps

วิธีการส่งสัญญาณ

สาย Fiber Optic
ที่ใช้ระยะไม่เกิน 2 กิโลเมตร

IEEE 802.3 สำหรับเครือข่ายอีเธอร์เน็ต

Ethernet

ความเร็วเป็นตัวบอกว่าระบบนั้นทำความเร็วได้เท่าไร โดยทั่วไปคือ 10, 100 หรือ 1000 Mbps เป็นต้น ตัวเลขนี้จะเป็นค่าสูงสุดที่ระบบ LAN นั้นทำได้ ในกรณีที่ไม่มีอุปสรรคมาถ่วงให้ช้าลง แต่ในทางปฏิบัติแล้วจะได้ความเร็วต่ำกว่านี้มาก และการนำไปใช้เทียบกับค่าอื่นๆ ก็อาจต้องแปลงค่านี้ให้เป็นไบต์ (Byte) ก่อนคือ 8 บิต เท่ากับ 1 ไบต์

10 Mbps

100 Mbps

1000 Mbps

IEEE 802.11 สำหรับเครือข่าย LAN ไร้สาย

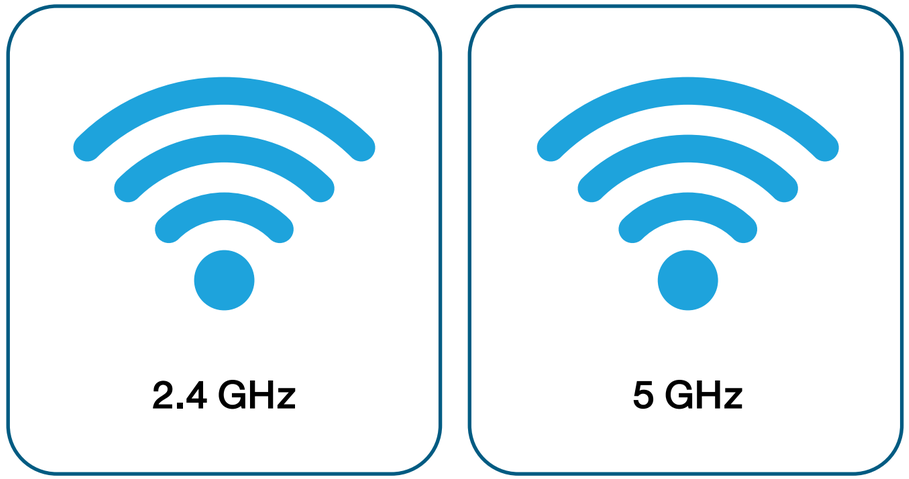
เครือข่ายแบบไร้สาย (Wireless LAN) เครือข่ายที่อาศัยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency) ในการรับส่งข้อมูล ระหว่างเครื่องหนึ่งกับเครื่องอื่นๆ หรือระหว่างเครื่องที่มีการ์ด LAN ไร้สาย หรือจุดเข้าใช้ (Access Point) ซึ่งจุดที่ติดตั้งสถานีฐานหรือ Access Point นั้นนิยมเรียกว่า ฮอตสปอท (Hotspot) เหมาะกับการใช้งานในบ้านหรือบริเวณที่ไม่สะดวกในการเดินสาย ในรัศมีสัญญาณ คลื่นวิทยุสามารถทะลุทะลวงสิ่งกีดขวางต่างๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็นผนังกำแพง เพดาน เป็นต้น

IEEE 802.11 สำหรับเครือข่าย LAN ไร้สาย

อุปกรณ์ Access Point เป็นตัวกระจายสัญญาณไร้สายไปในเครือข่าย และหลายๆ รุ่นยังทำหน้าที่เป็น Router เพื่อแชร์อินเทอร์เน็ตให้กับเครื่องที่อยู่ในเครือข่ายนั้น (ทั้งเครื่องที่มีสายและไร้สาย) โดยปกติระบบ LAN ไร้สายจะมีการจำกัดจำนวนเครื่องที่ต่อได้ในเครือข่ายเดียวกันเช่น 128 เครื่อง ทั้งนี้เพราะมีช่วงความถี่ที่จะแบ่งกันใช้ในจำนวนจำกัด

IEEE 802.11 สำหรับเครือข่าย LAN ไร้สาย

ปัจจุบันมาตรฐาน Wireless LAN นั้นเรียกรวมว่า IEEE 802.11 หรือเรียกอีกอย่างว่า Wi-Fi (Wireless Fidelity) มาตรฐาน IEEE 802.11 แพร่สัญญาณบนย่านความถี่ 2.4 GHz แต่บางมาตรฐานก็จะใช้ย่านความถี่ที่ 5 GHz



มาตรฐานของ LAN ไร้สาย

มาตรฐาน	คลื่นความถี่		ความเร็วสูงสุด
	2.4 GHz	5 GHz	
IEEE 802.11a		●	54 Mbps
IEEE 802.11b	●		11 Mbps
IEEE 802.11g	●		54 Mbps
IEEE 802.11n	●	●	300 Mbps
IEEE 802.11ac		●	1.3 Gbps
IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6)	●	●	10 Gbps

การเปรียบเทียบระหว่าง WI-FI 2.4 GHZ และ 5 GHZ

การเลือกใช้ระหว่าง Wi-Fi 2.4 GHz และ 5 GHz ขึ้นอยู่กับความต้องการและสภาพแวดล้อมการใช้งานของแต่ละบุคคลและองค์กร สามารถสรุปได้ดังนี้

รายการเปรียบเทียบ	Wi-Fi 2.4 GHz	Wi-Fi 5 GHz
ความเร็ว Wi-Fi	สูงสุด ~ 300 Mbps	สูงสุด ~1 Gbps
ระยะส่งสัญญาณ	สูงสุด ~110 ฟุต	สูงสุด ~ 90 ฟุต
การถูกรบกวน	ถูกรบกวนได้ง่าย	ถูกรบกวนได้ยากขึ้น
ผลกระทบจากสิ่งกีดขวาง	มีผลกระทบน้อย	มีผลกระทบมากขึ้น
จำนวนอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ	รองรับได้น้อย	รองรับได้มากขึ้น