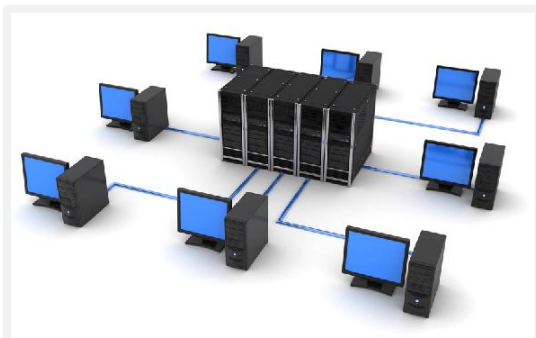


บทที่ 1 พื้นฐานระบบเครือข่ายเบื้องต้น

ปัจจุบันเป็นยุคแห่งการสื่อสารข้อมูลแบบไร้พรมแดน เนื่องจากความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนให้เกิดการติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันและกันอย่างกว้างไกล อีกทั้งยังง่ายสะดวกและรวดเร็วกว่าในอดีตมาก ดังจะเห็นได้จากการพัฒนาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสาร รวมทั้งเครื่องมือสื่อสารที่มีรูปแบบหลากหลาย มีฟังก์ชันสำหรับการทำงานมากมายที่ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้ตามความต้องการ

1. ความหมายของระบบเครือข่าย

เครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network) หมายถึง **การนำเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งแต่สองเครื่องขึ้นไปมาเชื่อมต่อกัน** โดยใช้สื่อกลางการสื่อสารข้อมูล **เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ และการใช้ทรัพยากรของระบบร่วมกัน** เช่น เครื่องพิมพ์ สแกนเนอร์ ฮาร์ดดิสก์ ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่าย และทำให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารได้กับคนทั่วโลกเมื่อมีการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตซึ่งเป็นเครือข่ายที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กันทั่วโลก ทำให้การทำงานเฉพาะมีขอบเขตกว้างขวางยิ่งขึ้น มีการใช้เครื่องบริการแฟ้มข้อมูลเป็นที่เก็บรวบรวมแฟ้มข้อมูลต่างๆ มีการทำฐานข้อมูลกลาง มีหน่วยจัดการระบบสื่อสาร หน่วยบริการใช้เครื่องพิมพ์ หน่วยบริการการใช้ซีดี หน่วยบริการปลายทาง และอุปกรณ์ประกอบสำหรับต่อเข้าในระบบเครือข่าย เพื่อจะทำงานเฉพาะเจาะจงอย่างใดอย่างหนึ่ง



2. ประโยชน์ของเครือข่ายคอมพิวเตอร์

การนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทำให้เกิดประโยชน์หลายด้าน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1) ผู้ใช้สามารถติดต่อสื่อสารระหว่างกันได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น และประหยัดค่าใช้จ่าย เช่น อีเมล การสนทนาออนไลน์ การโทรศัพท์แบบออนไลน์ เป็นต้น ซึ่งสามารถนำไปสู่การแลกเปลี่ยนข้อมูล



2) ช่วยให้เกิดการแบ่งปันทรัพยากรซึ่งกันและกัน ดังนี้

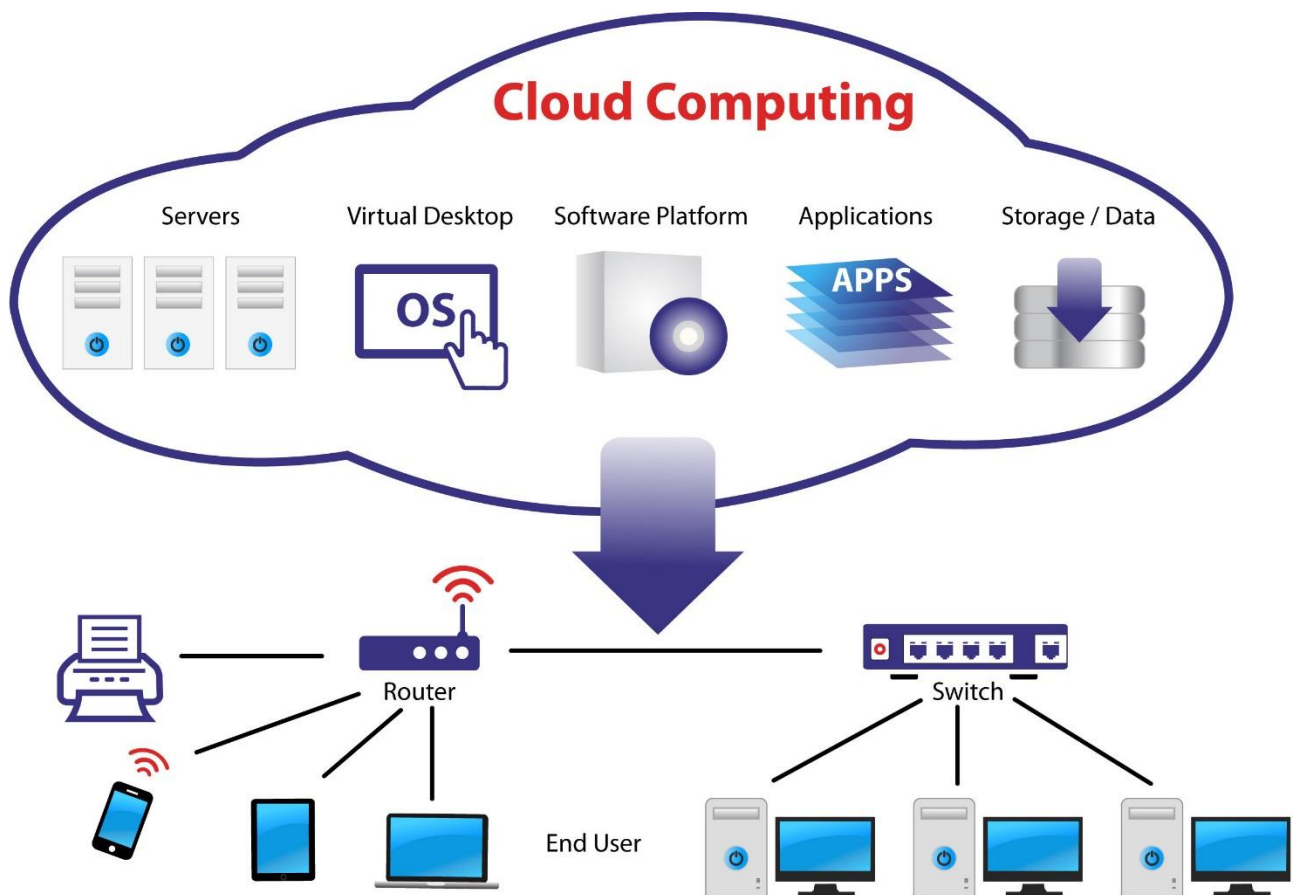
- การแบ่งปันข้อมูล โดยผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ และแบ่งปันข้อมูลกันได้สะดวก
- การแบ่งปันฮาร์ดแวร์ โดยที่คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่ต่ออยู่บนเครือข่าย คอมพิวเตอร์จะช่วยให้องค์กรประหยัดงบประมาณในการซื้อฮาร์ดแวร์หรืออุปกรณ์ต่อพ่วงสามารถเรียกใช้ฮาร์ดแวร์หรืออุปกรณ์ต่อพ่วงเช่น เครื่องพิมพ์ เครื่องสแกนเนอร์ ร่วมกันได้ ช่วยให้ประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อและงบประมาณในการดูแลรักษา
- การแบ่งปันซอฟต์แวร์ ซึ่งการพัฒนาซอฟต์แวร์ในปัจจุบันมักจะพัฒนาให้สามารถทำงานเครือข่ายได้ โดยติดตั้งซอฟต์แวร์ไว้ที่เครื่องแม่ข่าย แล้วให้เครื่องลูกข่ายเรียกใช้ซอฟต์แวร์ โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งลงในเครื่องของตนเอง ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อ ค่าลิขสิทธิ์ เนื้อที่ในการติดตั้งซอฟต์แวร์ รวมทั้งลดเวลาในการดูแลบำรุงรักษาซอฟต์แวร์ได้ด้วย



3) ช่วยเพิ่มความสามารถและความสมดุลในการทำงานให้แก่ระบบงานประยุกต์บางระบบได้ โดยงานประยุกต์บางระบบสามารถกระจายงานไปประมวลผลยังเครื่องลูกข่ายที่ว่างอยู่ได้ ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่เร็วขึ้น และยังสร้างความสมดุลในการทำงานของระบบเครือข่าย

4) ช่วยลดต้นทุนและค่าใช้จ่าย ซึ่งหากเปรียบเทียบกับ การติดต่อสื่อสารหรือการรับส่งข้อมูลผ่านช่องทางอื่น การติดต่อสื่อสารโดยใช้ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์จะมีต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่ถูกลงกว่า

5) ความน่าเชื่อถือและความปลอดภัยของระบบเครือข่าย ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีทั้งซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ขึ้นมา เพื่อรักษาความปลอดภัยของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์อย่างต่อเนื่อง สามารถติดตามการใช้งานระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของพนักงานภายในองค์กรได้ ทำให้ผู้ใช้และองค์กรเกิดความเชื่อถือในการทำงานของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มากขึ้น



3. หลักการทำงานของระบบเครือข่าย

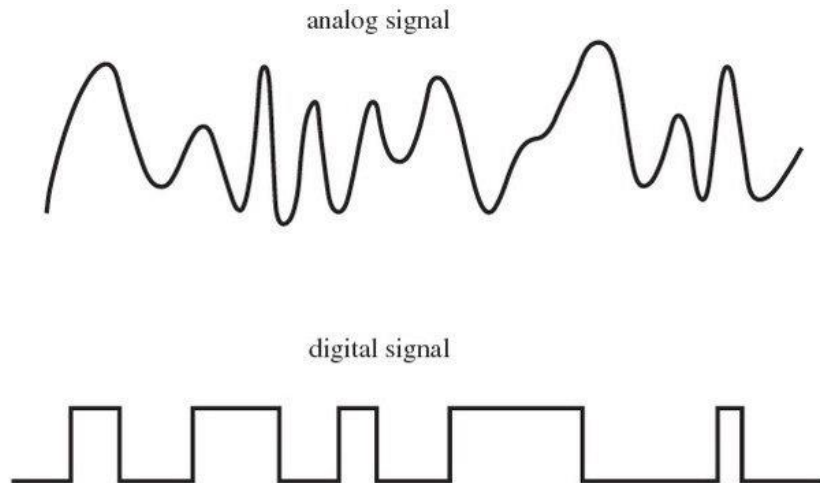
การเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์มีจุดประสงค์เพื่อใช้สื่อสารข้อมูลระหว่างกัน ดังนั้นหลักการทำงานของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์จึงมีพื้นฐานเดียวกับการสื่อสารข้อมูล ซึ่งหมายถึงการแลกเปลี่ยนข้อมูลและสารสนเทศระหว่างอุปกรณ์หรือจากคอมพิวเตอร์ที่เป็นผู้ส่งข้อมูลกับผู้รับข้อมูลผ่านสื่อกลาง โดยจะต้องมีข้อตกลงหรือกฎเกณฑ์วิธีการสื่อสารระหว่างกัน และการสื่อสารข้อมูลมีองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญ 5 องค์ประกอบ ได้แก่



- 1) **ผู้ส่ง** หรือแหล่งกำเนิดข่าวสาร หมายถึงอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับส่งข่าวสาร ซึ่งอาจเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์เวิร์กสเตชัน โทรศัพท์ กล้องวิดีโอ เป็นต้น
- 2) **ผู้รับ** หรือปลายทาง หมายถึงอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับรับข่าวสาร ซึ่งอาจเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์เวิร์กสเตชัน โทรศัพท์ โทรทัศน์ เป็นต้น
- 3) **สื่อกลาง** หมายถึงเส้นทางเชิงกายภาพที่ใช้สำหรับการลำเลียงข่าวสารจากผู้ส่งไปยังผู้รับ กรณีที่เป็นการสื่อสารแบบใช้สาย ตัวกลางที่ใช้อาจเป็นสายทองแดง สายโคแอกเชียล สายใยแก้วนำแสง หรือในกรณีที่เป็นการสื่อสารแบบไร้สาย ตัวกลางที่ใช้จะเป็นอากาศ
- 4) **ข่าวสาร** หมายถึงข้อมูลหรือสารสนเทศที่เป็นข้อความ ตัวเลข รูปภาพ เสียง และวิดีโอ โดยข่าวสารที่ส่งไปจะต้องได้รับการเข้ารหัส เพื่อส่งผ่านสื่อและเมื่อปลายทางก็จะต้องทำการถอดรหัส ให้กลับมาเป็นข้อมูลดั้งเดิม
- 5) **โปรโตคอล** หมายถึงกฎเกณฑ์ ข้อปฏิบัติที่กำหนดขึ้นมา เพื่อนำมาใช้เป็นข้อตกลงร่วมกันระหว่างผู้ส่งและผู้รับ เพื่อให้การสื่อสารบรรลุผล

ข้อมูลสารสนเทศที่ส่งไปในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือข้อมูลและสัญญาณ ซึ่งถ้าต้องการส่งข้อมูลไปที่ต่าง ๆ ซึ่งสามารถส่งโดยใช้สายสัญญาณและใช้คลื่นวิทยุ โดยจะต้องแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณในลักษณะกระแสไฟฟ้าหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยข้อมูลและสัญญาณสามารถแบ่งได้ 2 แบบ ดังนี้

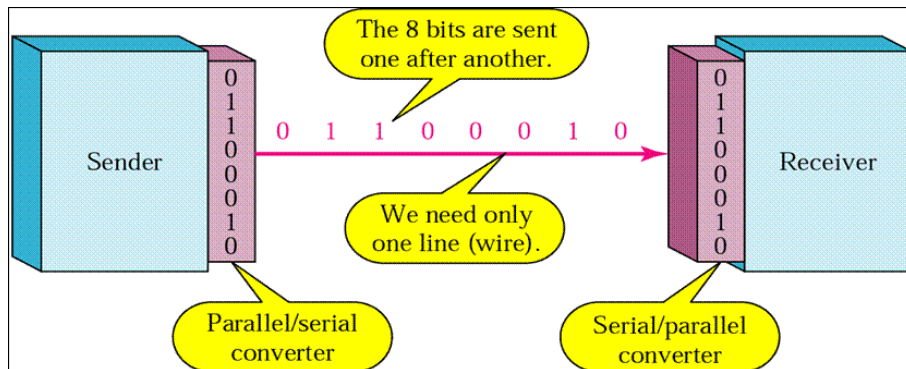
1) สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) หมายถึง สัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือการเคลื่อนที่ของข้อมูลแบบต่อเนื่อง โดยสัญญาณจะมีขนาดไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณแบบค่อยเป็นค่อยไป และจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งต่อเนื่องกันไป



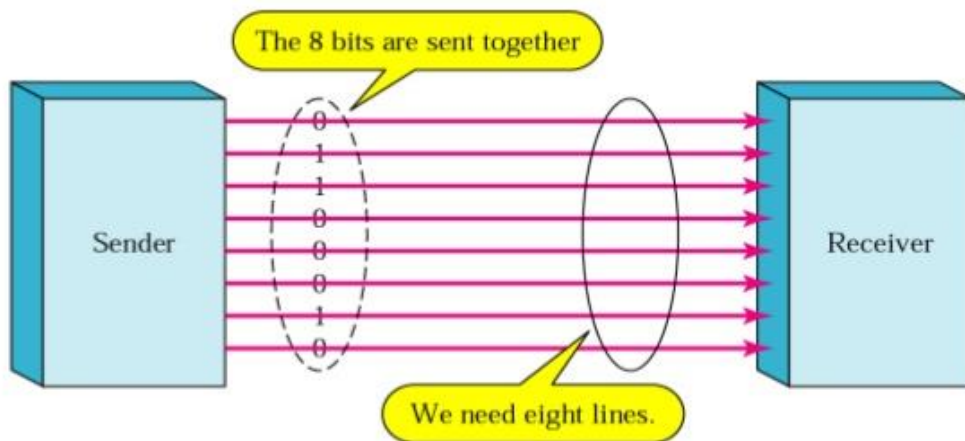
2) สัญญาณแบบดิจิทัล (Digital Signal) หมายถึง สัญญาณที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่องที่มีขนาดแน่นอน ประกอบขึ้นจากระดับสัญญาณเพียง 2 ค่า คือสัญญาณ ระดับสูงสุดและสัญญาณระดับต่ำสุด ซึ่งเป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการทำงานและติดต่อสื่อสารกัน

นอกจากรูปแบบของสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีวิธีการส่งข้อมูลที่เป็นวิธีการขนส่งข้อมูลแบบดิจิทัลในระดับบิต สามารถแบ่งตามลักษณะการส่งข้อมูลได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

1) การส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission) เป็นการส่งข้อมูลในลักษณะที่เป็นลำดับโดยใช้ช่องทางการส่งข้อมูลเพียงหนึ่งช่องทาง และส่งไปที่ละหนึ่งบิตต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็นเฟรมและจะถูกประกอบกลับเมื่อไปถึงยังปลายทาง



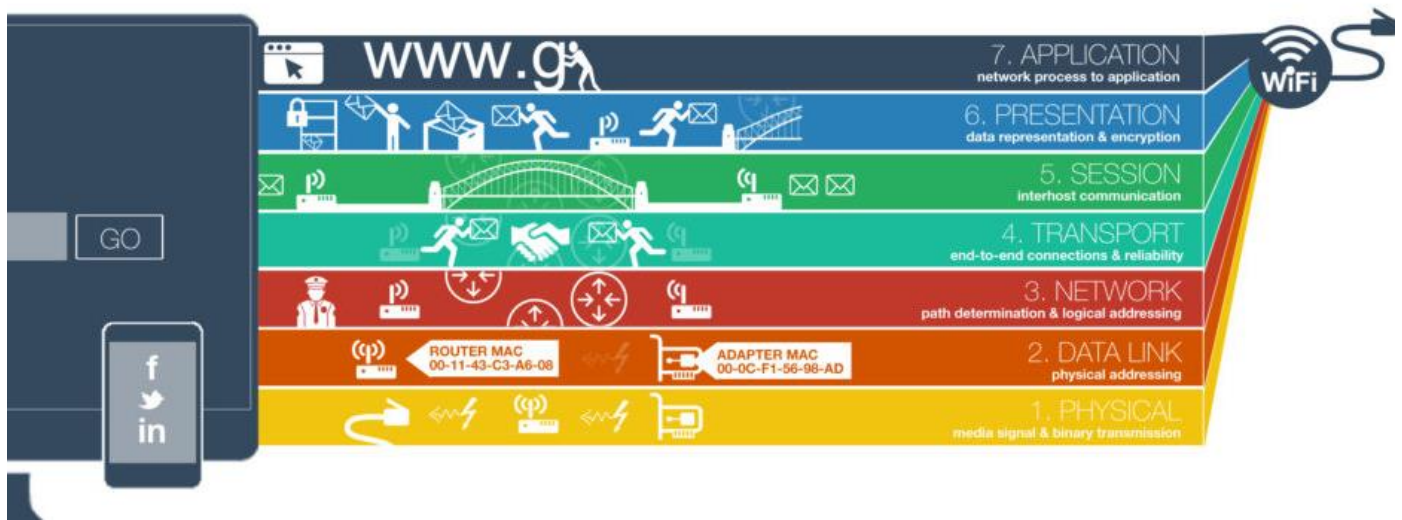
2) การส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel Transmission) เป็นการส่งข้อมูลที่ใช้ช่องทางมากกว่าหนึ่งช่องทางและส่งแบบขนานกัน โดยส่งข้อมูลหนึ่งบิตต่อหนึ่งช่องทางในหนึ่งหน่วยเวลาเดียวกัน การส่งข้อมูลในลักษณะนี้จะสามารถส่งข้อมูลได้รวดเร็วกว่าแบบอนุกรม แต่นิยมใช้กับการส่งข้อมูลในระยะใกล้ โดยจะใช้จำนวนช่องทางการขนส่งตามจำนวนบิตข้อมูล ทำให้สิ้นเปลืองสายส่งกว่าแบบอนุกรม



4. แบบจำลอง OSI

แบบจำลอง OSI (Open Systems Interconnection) เป็นรูปแบบความคิดที่กล่าวถึงคุณสมบัติและมาตรฐานการทำงานภายในระบบการสื่อสารที่พัฒนาขึ้นโดยองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (ISO) มีการแบ่งกรอบการทำงานออกเป็นชั้น ๆ เพื่อช่วยให้การออกแบบระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์สามารถติดต่อสื่อสารระหว่างกันได้ แม้ว่าระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แต่ละระบบจะแตกต่างกัน หรือใช้คอมพิวเตอร์ที่ต่างแพลตฟอร์มกันก็ตาม

แบบจำลอง OSI มีการออกแบบโดยใช้สถาปัตยกรรมระดับชั้น เพื่อให้การทำงานเป็นไปตามขั้นตอนหรือตามระดับที่กำหนดไว้ในโปรโตคอล โดยแบ่งออกเป็น 7 ระดับชั้น ดังนี้



1. **Physical layer** หรือชั้นสื่อสารทางกายภาพ เป็นชั้นล่างสุด และเป็นชั้นที่มีการเชื่อมต่อทางกายภาพระหว่างคอมพิวเตอร์ โดยจะมีการกำหนดคุณสมบัติทางกายภาพของฮาร์ดแวร์ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ เช่น สายที่ใช้รับส่งข้อมูล ข้อต่อที่ใช้ ความเร็วในการรับส่งข้อมูล และสัญญาณที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล

2. **Data Link layer** หรือชั้นสื่อสารเชื่อมต่อข้อมูล เป็นชั้นที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อรับส่งข้อมูลในระดับฮาร์ดแวร์ โดยเมื่อมีการส่งให้รับข้อมูลจากใน Layer 3 ลงมา Layer 2 จะทำหน้าที่แปลคำสั่งนั้นให้เป็นคำสั่งควบคุมฮาร์ดแวร์ที่ใช้รับส่งข้อมูล มีการตรวจสอบข้อผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลของระดับฮาร์ดแวร์ และทำการแก้ไขข้อผิดพลาด

3. **Network layer** หรือชั้นสื่อสารควบคุมเครือข่าย ทำหน้าที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ด้านรับและด้านส่งเข้าหากันผ่านระบบเครือข่าย พร้อมทั้งเลือกหรือกำหนดเส้นทางที่จะใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างกัน

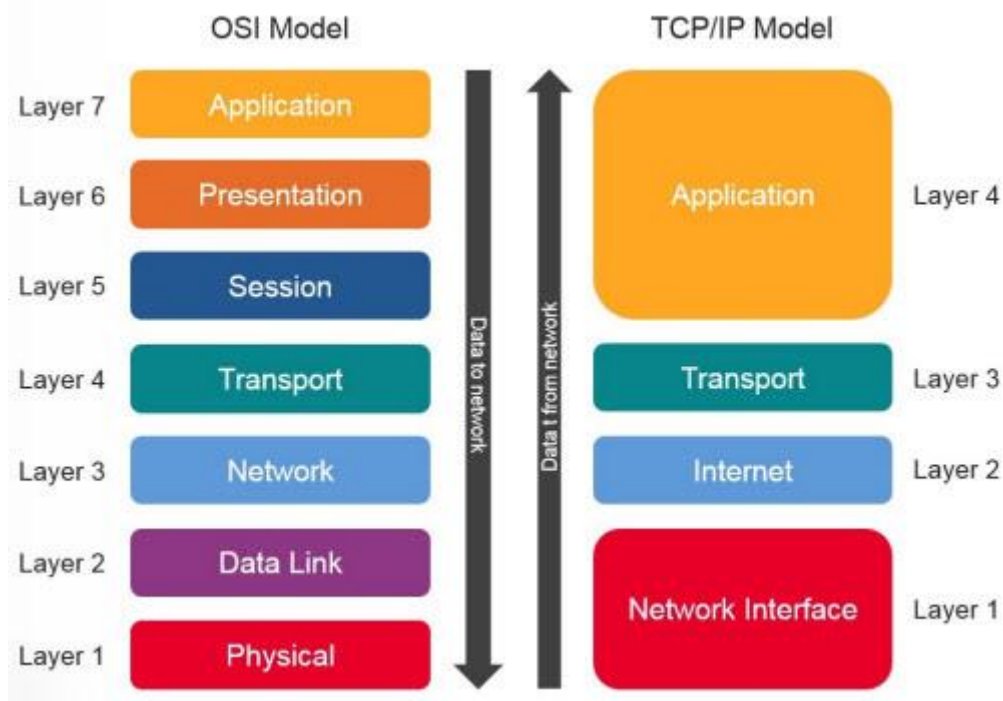
4. **Transport layer** หรือชั้นสื่อสารเพื่อนำส่งข้อมูล ทำหน้าที่เชื่อมต่อการรับส่งข้อมูลระดับสูงจาก Layer 5 มาเป็นข้อมูลที่รับส่งในระดับฮาร์ดแวร์ เช่น แปลงค่าหรือชื่อของเครื่องคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายให้เป็น Network Address พร้อมทั้งเป็นชั้นที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลจากปลายด้านส่งถึงปลายด้านรับข้อมูล ให้ข้อมูลมีการไหลเวียนตลอดเส้นทางตามจังหวะที่ควบคุมจาก Layer 5 โดยใน Layer 4 นี้ จะเป็นรอยต่อระหว่างการรับส่งข้อมูลซอฟต์แวร์กับฮาร์ดแวร์

5. **Session layer** หรือชั้นสื่อสารควบคุมหน้าต่างสื่อสาร ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะในการรับส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์ ทั้งสองด้านที่รับส่งแลกเปลี่ยนข้อมูลกันให้มีความสอดคล้องกัน และกำหนดวิธีที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล

6. **Presentation layer** หรือชั้นสื่อสารการนำเสนอข้อมูล เป็นชั้นที่ทำหน้าที่ตกลงกับคอมพิวเตอร์อีกด้านหนึ่งในระดับชั้นเดียวกันว่า การรับส่งข้อมูลในระดับโปรแกรมประยุกต์จะมีขั้นตอนและข้อบังคับอย่างไร ข้อมูลที่รับส่งกันในชั้นนี้จะอยู่ในรูปแบบของข้อมูลชั้นสูงที่มีกฎบังคับแน่นอน

7. **Application Layer** หรือชั้นสื่อสารการประยุกต์ เป็นชั้นที่อยู่บนสุดของขบวนการรับส่งข้อมูล ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้ โดยจะรับคำสั่งจากผู้ใช้งานให้คอมพิวเตอร์แปลความหมาย และทำงานตามคำสั่งที่ได้รับในระดับโปรแกรมประยุกต์

การรับส่งข้อมูลในระบบเครือข่ายต้องอาศัยโปรโตคอลที่เป็นมาตรฐานในการสื่อสาร เช่นโปรโตคอล TCP/IP ที่จะแบ่งข้อมูลที่จะส่งไปยังเครื่องอื่นเป็นส่วนย่อย ๆ เรียกว่าแพ็กเก็ต (packet) แล้วส่งไปตามเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยกระจายแพ็กเก็ตเหล่านั้นไปหลายทาง แล้วไปรวมกันที่จุดปลายทาง และถูกนำมารวมกันเป็นข้อมูลที่สมบูรณ์อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะสามารถช่วยป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในการติดต่อสื่อสารได้ เพราะถ้าข้อมูลเกิดสูญหายก็จะเกิดเป็นเพียงบางส่วนเท่านั้นไม่ใช่หายไปทั้งหมด ซึ่งคอมพิวเตอร์ปลายทางสามารถตรวจหาข้อมูลที่สูญหายไปได้ และติดต่อให้คอมพิวเตอร์ต้นทางส่งเพียงเฉพาะข้อมูลที่หายไปมาใหม่อีกครั้งได้



5. องค์ประกอบของระบบเครือข่าย

ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มีองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญที่ใช้ในการเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ดังต่อไปนี้

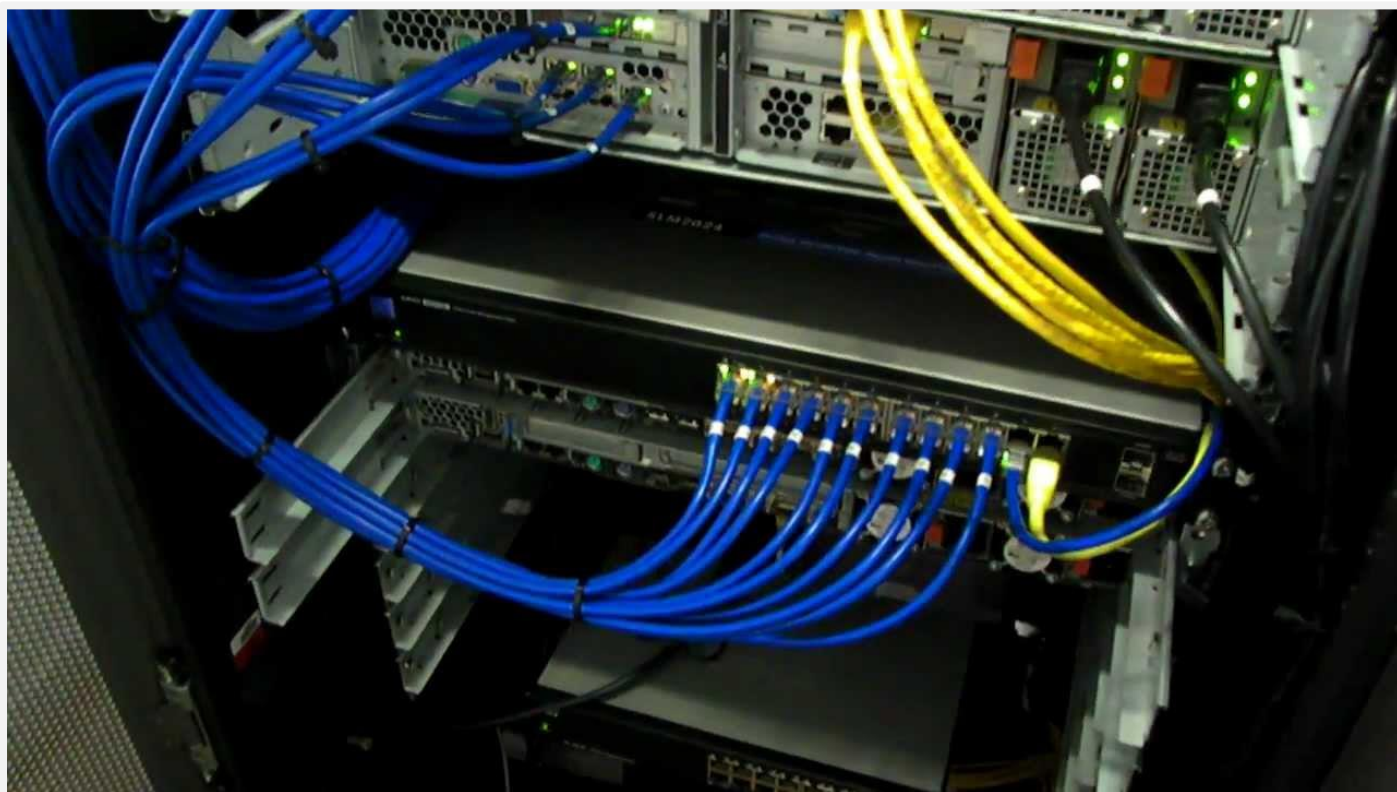
1) เครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นทั้งเครื่องแม่ข่ายและเครื่องลูกข่ายที่เชื่อมต่ออยู่ในเครือข่าย ขึ้นอยู่กับรูปแบบของเครือข่าย โดยการกำหนดคุณลักษณะของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่นำมาเชื่อมต่อในระบบเครือข่ายขึ้นอยู่กับหน้าที่ที่จะกำหนดให้แก่เครื่องนั้น ๆ ถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่นำมาต่อต้องทำหน้าที่เป็นเครื่องแม่ข่ายที่คอยให้บริการแก่เครื่องอื่น ๆ ก็ต้องใช้เครื่องที่มีคุณลักษณะเฉพาะเป็นเครื่องที่มีสมรรถนะในการทำงานสูงกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องลูกข่าย แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นแพลตฟอร์มเดียวกัน



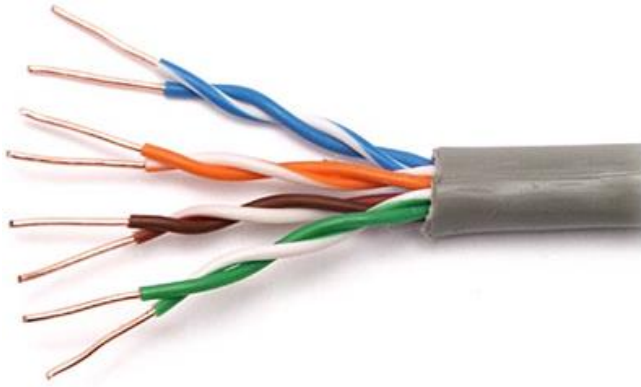
2) อุปกรณ์เครือข่าย หมายถึงอุปกรณ์ต่อพ่วงที่จำเป็นต้องใช้ในการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูล ทำให้สามารถติดต่อสื่อสารระหว่างกันและกันได้ง่าย สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น มีดังต่อไปนี้



- การ์ดเครือข่าย (Network Interface Card) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับเครือข่าย
- บริดจ์ (Bridge) เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างเครือข่าย
- เราท์เตอร์ (Router) เป็นอุปกรณ์ค้นหาเส้นทางในการรับส่งข้อมูลระหว่างผู้รับและผู้ส่ง
- ฮับ (Hub) เป็นอุปกรณ์ศูนย์กลางการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่าย
- สวิตช์ (Switch) เป็นอุปกรณ์ศูนย์กลางการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่ายที่มีความสามารถมากกว่า Hub โดยสวิตช์จะส่งข้อมูลออกไปเฉพาะพอร์ตที่ใช้ในการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางเท่านั้น
- เกตเวย์ (Gateway) เป็นจุดต่อเชื่อมของเครือข่ายทำหน้าที่เป็นทางเข้าสู่ระบบเครือข่ายต่าง ๆ บนอินเทอร์เน็ต



3) สายสัญญาณ ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลภายในระบบเครือข่ายแบบใช้สาย เช่นสาย UTP, สาย STP หรือสายใยแก้วนำแสง เป็นต้น



4) ซอฟต์แวร์ (Software) หรือโปรแกรมระบบปฏิบัติการเครือข่าย NOS (Network Operating System) ที่หมายถึงชุดของโปรแกรมที่ใช้ในการประสานและควบคุมการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งแต่สองเครื่องขึ้นไปที่เชื่อมต่ออยู่บนระบบเครือข่าย ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถแลกเปลี่ยนและใช้ข้อมูลร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่



-Netware เป็นระบบปฏิบัติการที่มีผู้นิยมใช้งานในระบบเครือข่ายมาก สำหรับเครื่อง ไมโครคอมพิวเตอร์ในยุคแรกๆ พัฒนาโดยบริษัท Novell จัดเป็นระบบปฏิบัติการเครือข่ายที่ทำงานภายใต้ MS-DOS

-Window NT, Windows 2000 Server เป็นระบบปฏิบัติการที่พัฒนาโดยบริษัท ไมโครซอฟท์ จำกัด สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ

-Unix เป็นระบบปฏิบัติการที่กำเนิดมาบนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่หรือเมนเฟรม ที่รองรับผู้ใช้จำนวนมากสำหรับระบบเครือข่ายในหน่วยงานใหญ่ๆ

-Linux เป็นระบบปฏิบัติการสำหรับระบบเครือข่ายที่อยู่ในกลุ่มของ Free Ware ที่มีคุณภาพ และประสิทธิภาพสูง

5) โพรโตคอล (Protocol) หมายถึงกฎหรือวิธีการที่กำหนดขึ้นมาเป็นมาตรฐานเพื่อใช้ในการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ที่จะช่วยให้การเชื่อมต่อระบบเครือข่ายมีการใช้มาตรฐานเดียวกัน เช่น TCP/IP ที่เป็นโปรโตคอลที่ใช้ในการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นต้น