

บทที่ 4

แบบจำลองเครือข่าย

การสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ด้วยกัน หรือกับอุปกรณ์สื่อสารในเครือข่ายนั้นต้องมีมาตรฐานมากำหนดรูปแบบให้เป็นสากล ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์สื่อสารต่างๆที่มีความแตกต่างกัน จากผู้ผลิตแต่ละราย ที่มีความถนัดสำหรับการผลิตอุปกรณ์คนละแบบ ให้สามารถเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลกันได้ ทำให้อุปกรณ์เครือข่ายเหล่านั้นสามารถทำงานสื่อสารข้อมูลร่วมกันเป็นเครือข่ายขนาดใหญ่ ผ่านทางระบบโทรคมนาคมต่างๆครอบคลุมไปทั่วโลก แต่หากอุปกรณ์เครือข่ายเหล่านั้นไม่มีมาตรฐานสากลแบบเดียวกัน จะทำให้เกิดปัญหาการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เครือข่ายจากผู้ผลิตคนละรายไม่สามารถสื่อสารและทำงานร่วมกันได้ ก่อให้เกิดปัญหาการผูกขาดและระบบเครือข่ายไม่สามารถขยายตัวได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นเพื่อให้อุปกรณ์เครือข่ายจากผู้ผลิตหลายๆรายสามารถสื่อสารและทำงานร่วมกันได้ จึงต้องมีหน่วยงาน International Standards Organization หรือ ISO ทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานสากลขึ้นคือ กำหนดโครงสร้างและรูปแบบการสื่อสารข้อมูลและกำหนดให้เป็นระบบเปิด ซึ่งมีความชัดเจนและง่ายต่อการทำความเข้าใจในการแบ่งลำดับชั้นการสื่อสาร เพื่อให้ผู้ผลิตสามารถนำหลักการสื่อสารแบบสากลนี้ไปผลิตอุปกรณ์ตามความถนัดของตนเอง และสามารถนำมาสื่อสารและทำงานร่วมกันได้ ทำให้ระบบเครือข่ายและการสื่อสารมีการขยายการใช้งานอย่างรวดเร็วและกว้างขวางไปทั่วโลกดังเห็นได้ในปัจจุบัน ทั้งนี้หลักการสื่อสารข้อมูล จะสร้างเป็นแบบจำลองเครือข่ายที่แบ่งการทำหน้าที่แต่ละหน้าที่ หรือแต่ละฟังก์ชันของอุปกรณ์เครือข่ายออกเป็น ชั้นการสื่อสารต่างๆเพื่อใช้สำหรับการทำความเข้าใจและเรียนรู้ดังต่อไปนี้

4.1 แบบจำลองโอเอสไอ

แบบจำลองโอเอสไอ (Open System Interconnection) หรือ OSI คือรูปแบบการติดต่อสื่อสารของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ที่ได้มีการออกแบบแบ่งกรอบการทำงานออกเป็นชั้นๆ เพื่อช่วยให้การติดต่อสื่อสารระหว่างตัวส่งและตัวรับเป็นมาตรฐานสากล สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์เครือข่ายต่างๆแม้ว่าจะมีโครงสร้างฮาร์ดแวร์ที่แตกต่างกัน ก็สามารถใช้กระบวนการสื่อสารของแต่ละชั้นสื่อสารที่เหมือนกันให้สามารถสื่อสารและทำงานร่วมกันได้ โดยแบ่งกระบวนการทำงานของอุปกรณ์เครือข่ายออกเป็นชั้นๆ หรือเรียกว่า เลเยอร์ (Layer) แต่ละชั้นเรียกเป็นชั้นสื่อสาร มี

จำนวน 7 ชั้นสื่อสาร แต่ละชั้นสื่อสารจะมีชื่อและหน้าที่แตกต่างกันไป โดยมีลำดับและชื่อชั้นสื่อสารดังนี้

- 1) ชั้นสื่อสารฟิสิคัล (Physical Layer)
- 2) ชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์ (Data Link Layer)
- 3) ชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์ก (Network Layer)
- 4) ชั้นสื่อสารทรานสปอร์ต (Transport Layer)
- 5) ชั้นสื่อสารเซสชัน (Session Layer)
- 6) ชั้นสื่อสารพรีเซนเตชัน (Presentation Layer)
- 7) ชั้นสื่อสารแอปพลิเคชัน (Application Layer)

ลำดับการสื่อสารจากผู้ส่งข้อมูลจะเริ่มจากลำดับชั้นที่ 7 เป็นชั้นสื่อสารที่ใกล้ชิดกับผู้ใช้งานมากที่สุดคือชั้นการสื่อสารแอปพลิเคชัน ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ประยุกต์ต่างๆ เช่นซอฟต์แวร์สำหรับส่งอีเมล ซอฟต์แวร์ด้านโซเซียลเน็ตเวิร์ก เช่นเฟซบุ๊ก (Face book) หรือ ไลน์ (LINE) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมเป็นต้น โดยข้อมูลที่จะถูกส่งไปยังปลายทาง จะถูกแบ่งแยกย่อยออกเป็นเฟรมข้อมูล (Frame) แล้วถูกส่งลงมายังชั้นสื่อสารถัดลงมา นำข้อมูลมาเข้ากระบวนการของแต่ละชั้นสื่อสารแล้วส่งต่อไปยังชั้นสื่อสารถัดลงมาเรื่อยๆตามลำดับชั้น จนถึงชั้นที่ 1 คือชั้นการสื่อสารฟิสิคัล ที่ชั้นสื่อสารนี้ข้อมูลดิจิทัลจะถูกเปลี่ยนแปลงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าหรือสัญญาณวิทยุเพื่อส่งผ่านตัวกลางได้แก่สายนำสัญญาณ หรืออากาศ ไปยังอุปกรณ์เครือข่ายตัวรับต่อไป โดยแนวคิดสำหรับการแบ่งการสื่อสารออกเป็นชั้นๆ มีประโยชน์ต่อการสื่อสารข้อมูลดังนี้

- 1) ลดความซับซ้อนในการเรียนรู้ ทำความเข้าใจได้ง่าย
- 2) การสื่อสารแต่ละชั้นมีหน้าที่และบทบาทที่ชัดเจน
- 3) เป็นมาตรฐานสากลสำหรับการสื่อสารของอุปกรณ์ที่มาจากต่างรายผู้ผลิต
- 4) สามารถตรวจเช็คความผิดพลาดจากการสื่อสารของแต่ละชั้นได้ง่ายขึ้นก่อนส่งต่อ

ข้อมูลไปยังชั้นสื่อสารถัดไป



รูปที่ 4.1 การเรียงลำดับชั้นการสื่อสารของแบบจำลองโอเอสไอ

4.2 กระบวนการชั้นสื่อสาร

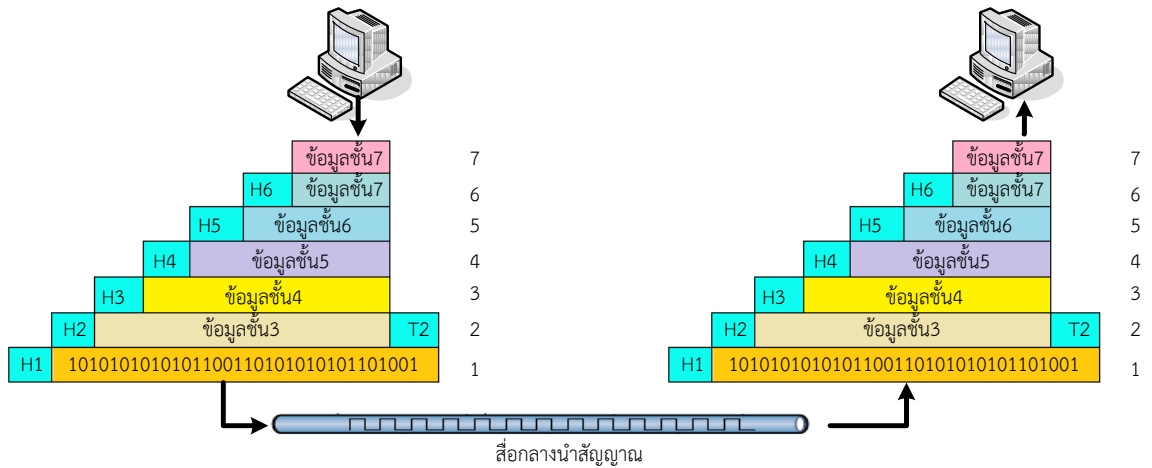
กระบวนการสื่อสารข้อมูล คือกระบวนการส่งผ่านข้อมูลจากผู้ส่งต้นทาง ไปยังผู้รับปลายทาง โดยผ่านลำดับชั้นของการสื่อสารที่ออกแบบไว้ ซึ่งชั้นสารลำดับสูงกว่าของตัวส่งจะนำข้อมูลส่งต่อให้ชั้นการสื่อสารลำดับถัดไป จะส่งข้ามลำดับชั้นสื่อสารไม่ได้ จนกระทั่งข้อมูลถูกเปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อส่งผ่านตัวกลางนำสัญญาณมาถึงฝั่งตัวรับ ฝั่งตัวรับจะชั้นสื่อสารฟิสิคัลซึ่งเป็นชั้นสื่อสารที่ 1 ทำหน้าแปลงสัญญาณให้เป็นข้อมูล แล้วจะนำส่งข้อมูลให้กับลำดับชั้นสื่อสารถัดขึ้นไปเพื่อดำเนินการตามบทบาทหน้าที่ของแต่ละชั้นสื่อสารต่อไป การงานของอุปกรณ์เครือข่ายไม่ทุกชนิดที่ต้องทำงานครบทั้ง 7 ชั้นสื่อสาร โดยบางชนิดมีลำดับการทำงานเพียง 2 หรือ 3 ชั้นสื่อสาร เนื่องจากบางอุปกรณ์ทำหน้าที่แค่รับส่งสัญญาณไม่ได้เกี่ยวข้องกับผู้ใช้งานโดยตรง แต่หากเป็นการใช้งานของคอมพิวเตอร์ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับผู้ใช้โดยตรง จะมีลำดับชั้นการสื่อสารถึง 7 ชั้นสื่อสาร โดยสมมติหากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งจะการส่งข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์อีกตัวหนึ่ง จะมีกระบวนการที่ตัวส่งต้องนำข้อมูลลำดับชั้นสื่อสารลำดับบนสุดคือชั้นสื่อสารแอปพลิเคชัน ส่งให้กับชั้นสื่อสารลำดับล่างถัดไปจนถึงชั้นสื่อสารฟิสิคัล ก็จะแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ ส่งผ่านตัวกลางไปยังตัวรับ ซึ่งมีชั้นสื่อสารฟิสิคัลทำหน้าที่แปลงสัญญาณให้เป็นข้อมูลส่งต่อขึ้นไปยังชั้นดาต้าลิงก์ และส่งต่อให้ชั้นสื่อสาร

ลำดับบนถัดไปจนถึงชั้นแอปพลิเคชัน ดังลักษณะกระบวนการสื่อสารระหว่างลำดับชั้นสื่อสารในรูปที่ 4.2 ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์โดยตรงแบบจุดต่อจุด



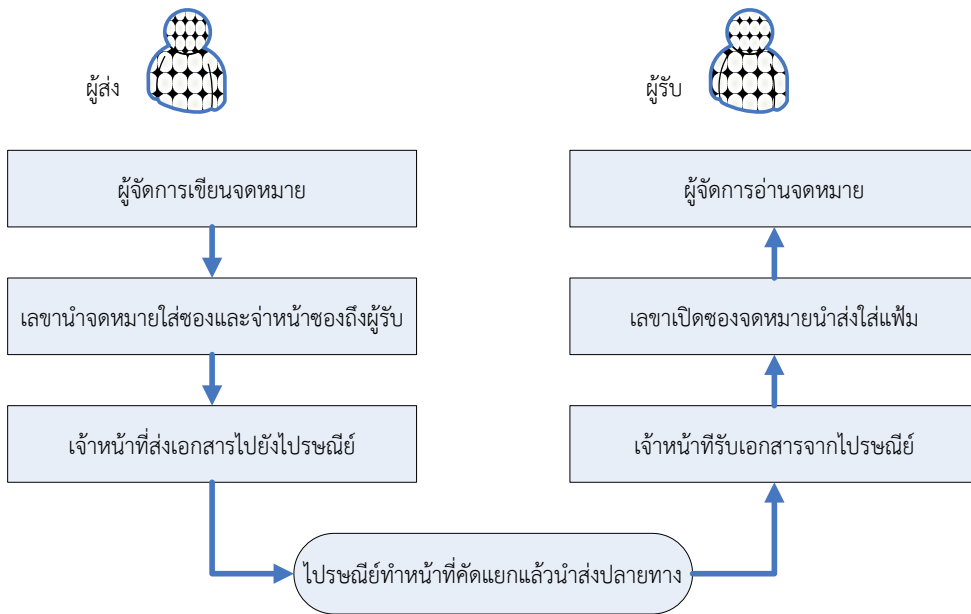
รูปที่ 4.2 กระบวนการสื่อสารของลำดับชั้นสื่อสาร

กระบวนการสื่อสารจะเริ่มจากชั้นแอปพลิเคชัน หรือชั้นสื่อสารที่ 7 ข้อมูลจะถูกหั่นหรือแบ่งเป็นส่วนๆ เล็กๆ จากนั้นจะเคลื่อนย้ายข้อมูลลงมายังชั้นสื่อสารที่ 6 ก่อนการเคลื่อนย้ายจะมีการเพิ่มในส่วนที่เรียกว่าเฮดเดอร์ (Header) เข้าไปในส่วนหน้าของข้อมูล ซึ่งเป็นหมายเลขพอร์ต (Port) ต้นทางและหมายเลขพอร์ตปลายทาง เมื่อลงไปยังชั้นถัดลงไปก็จะมีการเพิ่มเฮดเดอร์ของแต่ละชั้น เช่นเมื่อลงไปถึงชั้นสื่อสารที่ 3 ก็จะมีเพิ่มเฮดเดอร์ ซึ่งเป็นหมายเลขไอพีของโฮสเครื่องต้นทางและโฮสเครื่องปลายทางเข้าไป จากนั้นก็ส่งข้อมูลลงไปยังชั้นสื่อสารที่ 2 คือชั้นดาต้าลิงก์ จะมีทั้งการเพิ่มทั้งส่วนเฮดเดอร์ และส่วนหาง หรือเรียกว่า ทรอลเลอร์ (Trailer) เข้าไปด้วย กระบวนการเพิ่มเฮดเดอร์และทรอลเลอร์ของแต่ละชั้นเข้าไปในนั้นถูกเรียกว่ากระบวนการ **เอนแคปซูเลชัน** (Encapsulation) เมื่อข้อมูลลงไปถึงชั้นสื่อสารฟิสิคัล ข้อมูลถูกใส่เฮดเดอร์ของชั้นสื่อสารฟิสิคัลเข้าไปแล้วก็จะถูกเปลี่ยนแปลงให้เป็นสัญญาณทางกายภาพอาจจะเป็นสัญญาณไฟฟ้าหรือสัญญาณแสง เพื่อส่งผ่านตัวกลาง เช่นสายคู่บิดเกลียว หรือใยแก้วนำแสง เป็นต้นไปยังอุปกรณ์ตัวรับ ดังแสดงในรูปที่ 4.3



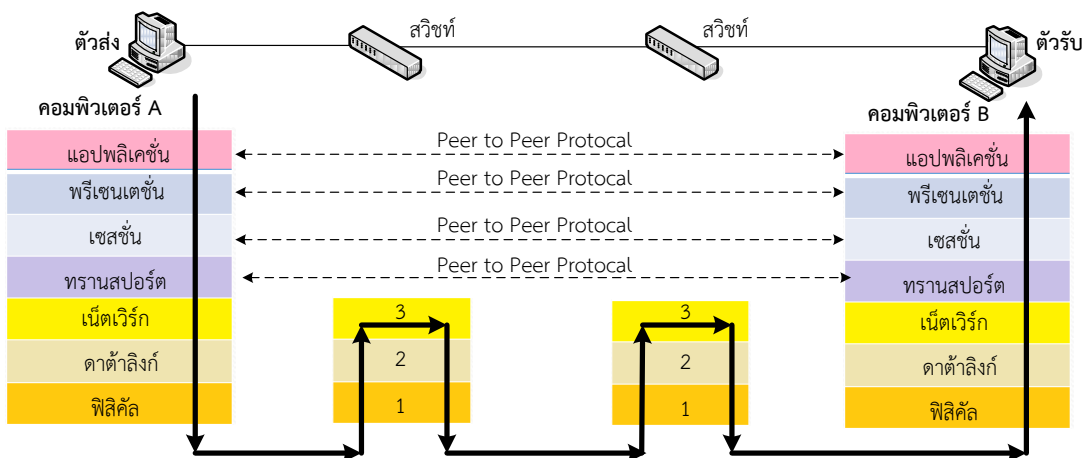
รูปที่ 4.3 กระบวนการเอนแคปซูเลชันและดีแคปซูเลชัน

จากรูปที่ 4.3 เมื่อสัญญาณไปถึงคอมพิวเตอร์ตัวรับ ชั้นสื่อสารฟิสิคัลจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นข้อมูลดิจิทัล และถอดเฮดเดอร์ของชั้นฟิสิคัลออก แล้วส่งขึ้นไปยังชั้นถัดไปคือ ชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลตามกระบวนการของชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์ แล้วทำการถอดเฮดเดอร์ และเทรลเลอร์ออกจากข้อมูล จากนั้นนำส่งข้อมูลขึ้นไปยังชั้นถัดไป แต่ละชั้นก็ดำเนินการเช่นนี้เช่นเดียวกันจนถึงชั้นแอปพลิเคชัน กระบวนการถอดเฮดเดอร์และเทรลเลอร์นี้เรียกว่า ดีแคปซูเลชัน (Decapsulation) แต่ละชั้นสื่อสารจะทำหน้าที่เฉพาะของตนเองนั่นคือรับข้อมูลเข้ามาสู่กระบวนการโปรโตคอลของแต่ละชั้นสื่อสาร แล้วนำส่งเอาท์พุทให้กับชั้นสื่อสารถัดขึ้นไป จะเห็นได้ว่ามีความคล้ายคลึงกับระบบส่งข่าวสารในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ด้วยการส่งข่าวสารโดยจดหมายผ่านไปรษณีย์ขององค์กรหนึ่งๆ หากสมมติมีผู้ส่งคือผู้จัดการต้องการส่งจดหมายให้ผู้จัดการอีกบริษัทหนึ่ง ผู้จัดการเริ่มต้นเขียนจดหมายซึ่งเปรียบเหมือนข้อมูลที่ต้องการส่ง แล้วนำจดหมายให้กับเลขานุการห้องทำหน้าที่ใส่ซองและเจ้าหน้าที่ส่งถึงผู้รับ จากนั้นจะนำส่งให้คนส่งเอกสารไปส่งที่ตู้ไปรษณีย์ ในที่นี้ไปรษณีย์เปรียบเหมือนสวิทช์ หรือเราเตอร์ จะทำหน้าที่คัดแยกว่าปลายทางของจดหมายอยู่ที่จังหวัด อำเภอ ตำบล หมู่ที่เท่าใด แล้วทำการส่งไปยังไปรษณีย์ปลายทาง แล้วไปรษณีย์ปลายทางจะนำจดหมายไปส่งที่ตามสถานที่ที่เจ้าหน้าที่กำหนด เมื่อจดหมายมาถึงบริษัทปลายทาง จะมีเจ้าหน้าที่มาตรวจสอบว่าผู้รับอยู่ตามสถานที่ที่กำหนดหรือไม่ หากถูกต้องก็จะนำส่งส่งขึ้นไปยังตำแหน่งสูงขึ้นไป เมื่อจดหมายขึ้นมาถึงเลขานุการ ซึ่งได้รับการตรวจสอบแล้วว่าเป็นของผู้จัดการของตนเอง ก็ดำเนินการเปิดซอง เพื่อนำตัวจดหมายใส่แฟ้มเอกสารให้ผู้จัดการอ่านข้อมูลในจดหมายต่อไป ดังมีกระบวนการดังในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบกระบวนการจดหมายกับการสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ จะมีการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ผ่านอุปกรณ์เครือข่ายหรือโหนดหลายๆตัว ไม่ใช่เป็นการเชื่อมต่อโดยตรงระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งอุปกรณ์เครือข่ายเหล่านี้ก็จะมีการทำงานโดยใช้มาตรฐานโอเอสไอเช่นเดียวกัน โดยจะทำหน้าที่รับและส่งต่อสัญญาณไปยังตัวรับถัดไป ซึ่งอุปกรณ์เครือข่ายแต่ละชนิดจะมีลำดับชั้นสื่อสารเป็นจำนวนแตกต่างกันไป เช่น ฮับมีการทำงาน 2 ชั้นสื่อสาร ส่วนเราเตอร์จะการทำงาน 3 ชั้นสื่อสาร เป็นต้น ตัวอย่างเช่น คอมพิวเตอร์ A ติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ B โดยมีอุปกรณ์สื่อสารส่งผ่านข้อมูลประเภทฮับหรือสวิตช์ เป็นโหนดระหว่างทาง (Intermedia Node) ลักษณะดังรูปที่ 4.5

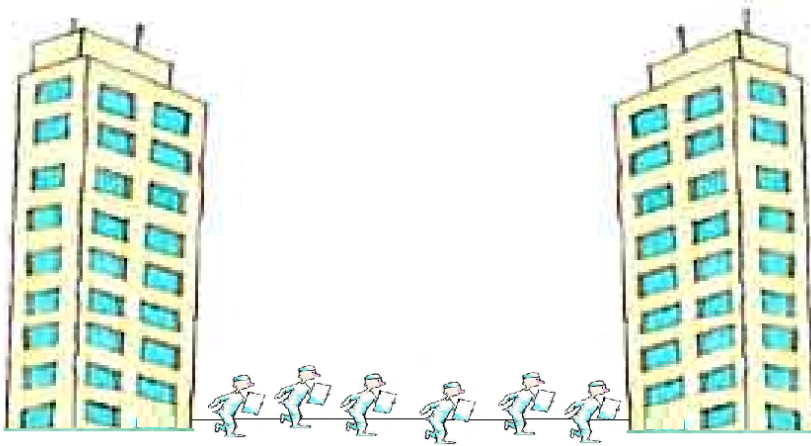


รูปที่ 4.5 กระบวนการสื่อสารข้อมูลมาตรฐานโอเอสไอผ่านอุปกรณ์เครือข่าย

ปกติอุปกรณ์ประเภทโหนดระหว่างทางจะทำงานภายใต้ชั้นการสื่อสารเพียง 3 ชั้นสื่อสารแรกเท่านั้น คือชั้นสื่อสารฟิสิคัล ดาต้าลิงก์ และเน็ตเวิร์ก โดยกระบวนการเริ่มจากชั้นการสื่อสารที่ 7 ของเครื่องคอมพิวเตอร์ A ต้นทาง ส่งให้ชั้นสื่อสารที่ 6 - 5 - 4 - 3 - 2 - 1 ตามลำดับชั้น ไม่สามารถสื่อสารข้ามชั้นกันได้ จนกระทั่งถึงชั้นสื่อสารฟิสิคัล ก็จะถูกแปลงข้อมูลดิจิทัลให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ส่งผ่านตัวกลางไปยังตัวรับถัดไปคือเราเตอร์ตัวที่ 1 ซึ่งรับสัญญาณด้วยชั้นสื่อสารฟิสิคัลแล้วแปลงสัญญาณไฟฟ้ากลับเป็นข้อมูล แล้วส่งขึ้นไปยังชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนส่งขึ้นไปยังชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์ก เพื่อตรวจสอบโหนดปลายทาง หากตรวจสอบแล้วข้อมูลดังกล่าวไม่ใช่เลขหมายเครือข่ายของตนเอง เราเตอร์ตัวที่ 1 ก็จะส่งข้อมูลกลับมายังชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์และชั้นฟิสิคัล เพื่อส่งต่อไปยังเราเตอร์ตัวถัดไป ซึ่งจะมีกระบวนการรับ ตรวจสอบและส่งต่อข้อมูลลักษณะเช่นเดียวกันนี้ จนกระทั่งข้อมูลไปถึงเลขหมายเครือข่ายของเราเตอร์ที่ดูแลอยู่ ข้อมูลก็สามารถส่งต่อถึงปลายทาง ซึ่งชั้นฟิสิคัลของคอมพิวเตอร์ B ก็แปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นข้อมูล และข้อมูลก็จะถูกตรวจสอบและส่งต่อขึ้นไปยังชั้นถัดไปจนถึงชั้นแอปพลิเคชันให้แก่ผู้ใช้งานต่อไป การทำงานของแต่ละชั้นสื่อสารจะมีหน้าที่รับผิดชอบที่แตกต่างกันไปอย่างชัดเจน ซึ่งจะกล่าวถึงอีกครั้งภายหลัง ทำให้นักออกแบบสามารถทำความเข้าใจและประยุกต์ใช้งานได้ง่ายขึ้น ถึงแม้ว่าอุปกรณ์ในระบบสื่อสารจะมีความแตกต่างกันทางสถาปัตยกรรม ฮาร์ดแวร์ หรือซอฟต์แวร์ต่างรุ่นต่างยี่ห้อกัน หากใช้กระบวนการสื่อสารตามมาตรฐานแบบจำลองโอเอสไอเหมือนกัน ก็สามารถนำส่งข้อมูลหรือสื่อสารไปยังอุปกรณ์ปลายทางได้ หรือทำงานร่วมกันได้ เพียงแต่ผู้ออกแบบหรือนักพัฒนาต้องยึดมาตรฐานการสื่อสารตามแบบจำลองโอเอสไอเดียวกัน

กระบวนการรับส่งข้อมูลตั้งแต่ชั้นสื่อสารทรานสปอร์ตขึ้นไป จะมีโปรโตคอลประจำชั้นสื่อสารทำหน้าที่ให้บริการ ควบคุมกระบวนการรับส่งข้อมูลให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ ซึ่งแต่ละชั้นสื่อสารของตัวรับและส่งนี้มีลักษณะการติดต่อ และตรวจสอบจำนวนแพ็กเก็ตข้อมูลและร้องขอกันโดยตรง เมื่อพบข้อผิดพลาดของแพ็กเก็ตข้อมูล ทำให้ดูเหมือนกับการสื่อสารข้อมูลถึงกันโดยตรง (Peer to Peer) ของแต่ละชั้นสื่อสาร มีลักษณะเป็นการเชื่อมต่อกันในเชิงตรรกะ มิใช่เป็นการเชื่อมโดยตรงทางกายภาพ เช่น ชั้นสื่อสารทรานสปอร์ตของตัวต้นทาง จะคอยบริการและควบคุมกระบวนการจัดจำนวนและลำดับคิวการส่งแพ็กเก็ตข้อมูล ส่วนชั้นสื่อสารทรานสปอร์ตของตัวรับก็จะรวบรวมและเรียงลำดับแพ็กเก็ตข้อมูลให้ถูกต้องตามลำดับคิว หากขาดตกข้อมูลแพ็กเก็ตใดก็จะร้องขอไปยังชั้นสื่อสารต้นทางให้ส่งแพ็กเก็ตข้อมูลที่ผิดพลาดมาให้ใหม่อีกครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการครบถ้วนและมีความสมบูรณ์ ทั้งนี้ชั้นสื่อสารอื่นๆในลำดับสูงขึ้นไปก็มีลักษณะเช่นเดียวกันที่ต้องมีการสื่อสารซึ่งกันและกันตามบทบาทหน้าที่ของชั้นสื่อสารนั้นๆ หากเปรียบเทียบเทียบกับกระบวนการย้ายจำนวนคนจากอาคาร A ไปยังอาคาร B โดยแต่ละอาคารมีจำนวน 7 ชั้น เราจะเคลื่อนย้ายคนชั้นที่ 5 ของอาคาร A ไปยังชั้น 5 ของอาคาร B ก็ต้อง เดินผ่านลงไปตามลำดับชั้นของอาคาร A จนถึงชั้นที่ 1

แล้วเดินไปตามเส้นทางไปขึ้นอาคาร B ไปเข้าชั้นที่ 1 และชั้นถัดๆไปตามลำดับจนถึงชั้นที่ 5 ไม่สามารถข้ามจากชั้นที่ 5 ไปยังชั้น 5 อีกอาคารได้โดยตรง และหากระบบตรวจสอบพบว่า จำนวนคนของชั้นที่ 5 ของอาคาร B ยังไม่ครบจำนวน ก็จะแจ้งตรงผ่านมายังผู้ดูแลของชั้นที่ 5 ของอาคาร A ให้ส่งคนที่หายไปนั้นมาใหม่ จนได้ครบจำนวนที่ถูกต้องนั่นเอง



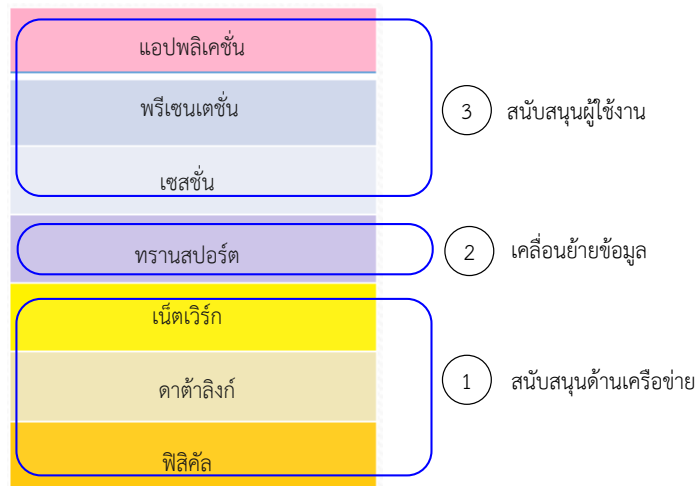
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบการขนย้ายคนของแต่ละชั้น ไปยังอีกอาคาร

เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจแบบจำลองของโอเอสไอ ซึ่งมีจำนวน 7 ชั้นสื่อสาร จะแบ่งกลุ่มการทำงานออกเป็นกลุ่มๆ ได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

1) ชั้นสื่อสารสนับสนุนด้านเครือข่าย (Network Support Layers) เป็นกลุ่มที่รวมชั้นสื่อสารฟิสิคัล ดาต้าลิงก์ และเน็ตเวิร์ก หรือชั้นสื่อสารที่ 1, 2 และ 3 เป็นกลุ่มเดียวกัน โดยมีหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ไปยังโหนดปลายทาง ทำงานเกี่ยวกับการเชื่อมต่อทางกายภาพทางด้านสัญญาณทางไฟฟ้า และการหาเส้นทางของการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยมีการทำงานไม่เกินชั้นสื่อสารที่ 3 มักจะเป็นการสื่อสารของอุปกรณ์เครือข่าย เช่น ฮับ สวิตช์ บริดจ์ หรือเราเตอร์ เป็นต้น

2) ชั้นสื่อสารเคลื่อนย้ายข้อมูล (Transport Layers) คือชั้นสื่อสารทรานสปอร์ต หรือชั้นที่ 4 ทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3

3) ชั้นสื่อสารสนับสนุนผู้ใช้งาน (User Support Layers) เป็นกลุ่มที่รวมชั้นสื่อสารเซสชัน พรีเซนต์ชันและแอปพลิเคชัน หรือชั้นสื่อสารที่ 5, 6 และ 7 เป็นกลุ่มเดียวกัน ทำหน้าที่การเตรียมข้อมูลเพื่อส่งไปยังกลุ่มสนับสนุนด้านเครือข่ายเพื่อส่งข้อมูลไปยังปลายทาง หรือ รวบรวมข้อมูลเพื่อสื่อสารกับผู้ใช้งาน โดยลักษณะการแบ่งกลุ่มการทำงานดังแสดงในรูปที่ 4.7



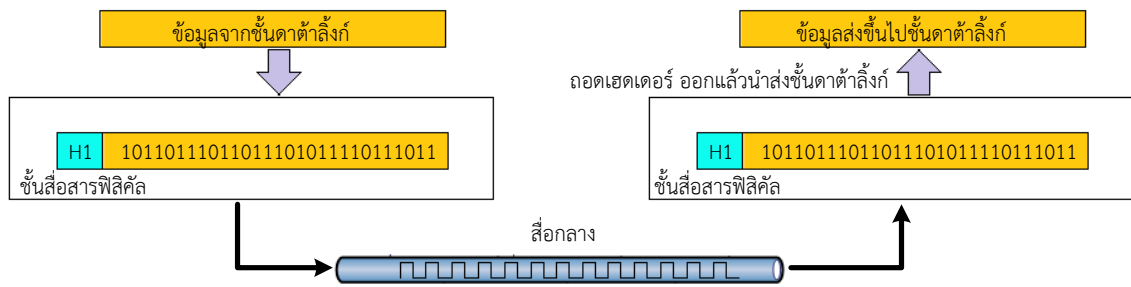
รูปที่ 4.7 การแบ่งกลุ่มชั้นการสื่อสาร

4.3 ชั้นการสื่อสารของแบบจำลองโอเอสไอ

การสื่อสารข้อมูลตามแบบจำลองโอเอสไอได้แบ่งลำดับการสื่อสารได้เป็น 7 ชั้น แต่ละชั้นจะมีโปรโตคอลเฉพาะชั้นนั้นๆ เพื่อทำหน้าที่รับข้อมูล ประมวลผล และส่งออกข้อมูลไปยังชั้นสื่อสารถัดไป โดยแต่ละชั้นมีลักษณะและหน้าที่การทำงานดังนี้

4.3.1 ชั้นการสื่อสารฟิสิคัล

ชั้นการสื่อสารฟิสิคัล คือ ชั้นการสื่อสารล่างสุดของแบบจำลองโอเอสไอ หากเป็นด้านตัวส่ง จะทำหน้าที่นำข้อมูลดิจิทัลจากชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์มาแปลงเป็นสัญญาณโดยผ่านกระบวนการเข้ารหัสให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า หรือแปลงเป็นสัญญาณแสงเพื่อใช้สำหรับส่งข้อมูลผ่านสื่อกลาง เช่นสายคู่บิดเกลียว หรือใยแก้วนำแสง เป็นต้น ไปยังอุปกรณ์หรือโหนดถัดไป หากเป็นด้านตัวรับ จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าหรือสัญญาณแสงกลับเป็นข้อมูลดิจิทัลโดยกระบวนการถอดรหัสแล้วนำส่งขึ้นไปยังชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์ดังลักษณะการทำงานในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ชั้นการสื่อสารฟิสิคัลทั้งด้านตัวส่งและตัวรับ

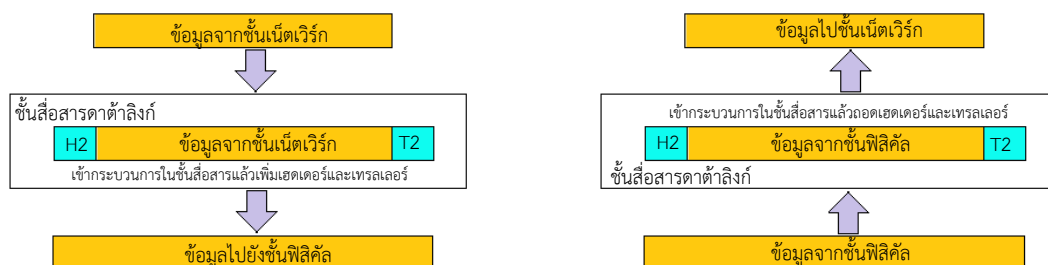
โดยในระหว่างการทำงานสื่อสารอยู่นั้น ทั้งตัวส่งและตัวรับของชั้นสื่อสารฟิสิคัล จะต้องมีการควบคุม กระบวนการรับส่งสัญญาณกันและกันให้มีความสมบูรณ์นั้น จะต้องควบคุมรายละเอียดดังนี้

1. อัตราการรับส่งข้อมูล (Transmission Rate) เป็นอัตราความสามารถในการรับส่ง ข้อมูลระหว่างกัน ซึ่งทั้งตัวส่งและตัวรับต้องกำหนดให้เท่ากัน หากตัวส่งมีอัตราส่งมากกว่าตัวรับ จะรับ สัญญาณได้จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดระหว่างการส่งสัญญาณ ซึ่งส่วนใหญ่จะกำหนดอัตราในการรับส่ง เป็นจำนวน บิตต่อวินาที (bps)
2. การซิงโครไนซ์ของบิต (Synchronization of Bits) เป็นการกำหนดจังหวะการทำงาน ของนาฬิกาควบคุมจังหวะการทำงานของตัวรับและตัวส่งให้มีความเร็วที่สอดคล้องกัน เพื่อให้การรับ และส่งข้อมูลไม่มีความผิดพลาดจากความเร็วในการรับส่งที่แตกต่างกัน
3. ทิศทางการส่งผ่านข้อมูล (Transmission Mode) เป็นการกำหนดทิศทางในการส่ง ข้อมูล ซึ่งอาจจะใช้แบบทิศทางเดียว สองทางกึ่งอัตรา หรือ สองทางเต็มอัตรา เป็นต้น

4.3.2 ชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์

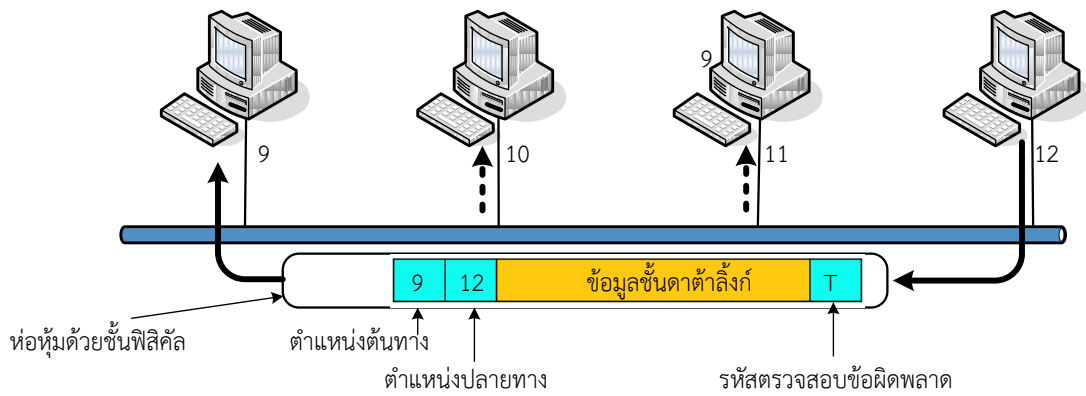
ชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์ เป็นชั้นสื่อสารชั้นที่ 2 ของแบบจำลองโอเอสไอ มีการทำงานที่ ซับซ้อนต้องทำงานประสานกับฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ นำส่งข้อมูลระหว่างชั้นสื่อสารฟิสิคัล และชั้น สื่อสารเน็ตเวิร์ก โดยจะติดต่อสื่อสารระหว่างโหนดที่อยู่ถัดไป ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นอุปกรณ์หรือ คอมพิวเตอร์ที่อยู่ในระบบแลนวงเดียวกัน หรือภายในสวิตช์หรือฮับตัวเดียวกัน ซึ่งหากเป็นตัวส่งจะทำการ จัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของเฟรม (Frame) และทำการเพิ่มในส่วนของแฮดเดอร์และเทรลเลอร์ ซึ่งจะเป็นตำแหน่ง MAC หรือแม็กแอดเดรส (MAC Address) ของตัวส่งและตัวรับ และส่วน ของเทรลเลอร์จะเป็นรหัสตรวจสอบข้อผิดพลาด ส่วนชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์ของตัวรับเมื่อรับข้อมูลจาก ชั้นสื่อสารฟิสิคัลเป็นเฟรมข้อมูลแล้ว จะนำมาเฟรมข้อมูลดังกล่าวมาตรวจสอบข้อผิดพลาดจากการส่ง โดยใช้รหัสส่วนเทรลเลอร์ มาเปรียบเทียบกับและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล แล้วตรวจสอบ แม็กแอดเดรส ปลายทางว่าเป็นแม็กแอดเดรสของเครื่องที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันหรือเป็นของตัวเอง

หรือไม่ หากใช้ก็จะถอดเฮดเดอร์และเทรลเลอร์ แล้วนำส่งขึ้นไปยังชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์กโดยทันที แต่หากเป็นไม่ใช่ก็จะส่งเฟรมข้อมูลดังกล่าวออกไปยังตัวรับอื่นๆ ถัดไปเพื่อให้เป็นหน้าที่ของเราเตอร์ทำหน้าที่ค้นหาเลขหมายเครือข่ายของปลายทางต่อไป



รูปที่ 4.9 ชั้นการสื่อสารดาต้าลิงก์

ตัวอย่างการสื่อสารของชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์ในรูปแบบบัส คอมพิวเตอร์แต่ละตัวจะมีการ์ดเครือข่ายที่ระบุตำแหน่งแม็กแอดเดรส เมื่อตัวส่งจะส่งข้อมูลนั้น ชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์ก็จะเพิ่มเฮดเดอร์หรือส่วนหัวของข้อมูล นั่นก็คือตำแหน่งแม็กแอดเดรสทั้งของตัวรับและตัวส่งและเพิ่มเทรลเลอร์หรือส่วนหางข้อมูล นั่นก็คือรหัสตรวจสอบข้อผิดพลาดสำหรับการสื่อสารข้อมูล จากนั้นจึงส่งลงไปให้ชั้นสื่อสารฟิสิคัลแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อส่งสัญญาณผ่านตัวกลางคือสายโคแอกเชียล ซึ่งทุกๆ เครื่องคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายนั้นจะมีการเชื่อมอยู่กับสายโคแอกเชียล ทำให้คอมพิวเตอร์ที่อยู่ในระบบเครือข่ายเดียวกันทุกๆตัวจะได้รับสัญญาณแล้วก็แปลงสัญญาณไฟฟ้ากลับเป็นข้อมูลและนำส่งขึ้นไปให้ชั้นดาต้าลิงก์เพื่อตรวจสอบตำแหน่งแม็กแอดเดรสของตัวรับปลายทาง และตรวจสอบข้อผิดพลาดของข้อมูล หากปรากฏว่าไม่ใช่ตำแหน่งแม็กแอดเดรสปลายทางของตัวเองก็จะทิ้งเฟรมข้อมูลนั้นไป แต่หากเป็นตำแหน่งแม็กแอดเดรสปลายทางตรงกับของตนเองก็จะถอดเฮดเดอร์ส่วนหัวและเทรลเลอร์ส่วนหางของชั้นดาต้าลิงก์เพื่อนำส่งข้อมูลให้กับชั้นเน็ตเวิร์กพิจารณาต่อไป ดังแสดงลักษณะการทำงานของเครือข่ายดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การสื่อสารข้อมูลของชั้นดาต้าลิงก์

เมื่อกล่าวถึงแม็กแอดเดรส เป็นคำย่อมาจาก Media Access Control Address คือ หมายเลขของการ์ดหรืออุปกรณ์เครือข่าย (Network Card) ต่างๆ เช่นการ์ดแลนของคอมพิวเตอร์ หรือโน้ตบุ๊ก ทั้งใช้สายและไร้สาย เป็นหมายเลขเฉพาะที่ใช้อ้างถึงอุปกรณ์ที่ต่อกับระบบเครือข่าย หมายเลขนี้จะมาที่บ็อบบอร์ดการ์ด โดยแต่ละตัวจะมีหมายเลขที่ไม่ซ้ำกันขนาด 48 บิต หรืออยู่ในรูปแบบของเลขฐานสิบหกจำนวน 6 ชุด เช่น 01:23:45:67:89:ab บรรจุในรอม (ROM) ของอุปกรณ์เครือข่ายทุกๆชิ้น ทำให้สามารถสร้างอุปกรณ์เครือข่ายที่มีความแตกต่างกันถึง 281 ล้านล้านชิ้น (2^{48}) ตัวเลขเหล่านี้จะมีประโยชน์ไว้ใช้สำหรับการส่งผ่านข้อมูลระหว่างจากเครื่องต้นทางและปลายทางได้อย่างถูกต้อง ค่าหมายเลขนี้จะถูกกำหนดค่ามาจากโรงงานที่ผลิตอุปกรณ์เครือข่าย โดยที่แต่ละอุปกรณ์เครือข่ายนั้นหมายเลขแม็กแอดเดรสจะไม่ซ้ำกัน ซึ่งวิธีการดูหมายเลขแม็กแอดเดรสของอุปกรณ์เครือข่ายของคอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊กที่ใช้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์นั้น สามารถใช้คำสั่ง ipconfig /all บน Command Prompt จะปรากฏข้อความที่แสดงข้อมูลของอุปกรณ์เครือข่ายดังแสดงในรูปที่ 4.11

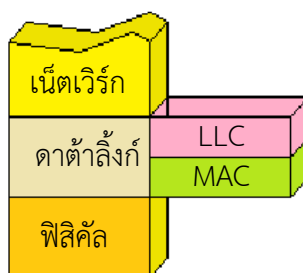
```
C:\Documents and Settings\Administrator>ipconfig /all
Ethernet adapter Local Area Connection:

    Connection-specific DNS Suffix  : 
    Description . . . . . : Realtek RTL8139/810x Family Fast Eth
ernet NIC
    Physical Address. . . . . : 00-21-85-C2-41-EA
    Dhcp Enabled. . . . . : Yes
    Autoconfiguration Enabled . . . : Yes
    IP Address. . . . . : 192.168.1.5
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 192.168.1.1
    DHCP Server . . . . . : 192.168.1.1
    DNS Servers . . . . . : 192.168.1.1
    Lease Obtained. . . . . : Tuesday, September 23, 2014 5:11:10 AM
    Lease Expires . . . . . : Friday, September 26, 2014 5:11:10 AM
```

รูปที่ 4.11 การใช้คำสั่ง ipconfig /all บน Command Prompt ของระบบปฏิบัติการวินโดวส์

ภายในกระบวนการทำงานของชั้นการสื่อสารดาต้าลิงก์ยังจัดแบ่งลักษณะการทำงานออกเป็นชั้นย่อย ดังรูปที่ 4.12 โดยแบ่งเป็น 2 ชั้นย่อย (Sub Layer) คือ

- 1) LLC (Logical Link Control) มีหน้าที่ควบคุมการไหลของข้อมูลและควบคุมข้อผิดพลาดจากการส่งสัญญาณของชั้นฟิสิคัล
- 2) MAC (Media Access Control) มีหน้าที่ควบคุมการเข้าถึงสื่อกลางสำหรับการสื่อสารบนเครือข่าย

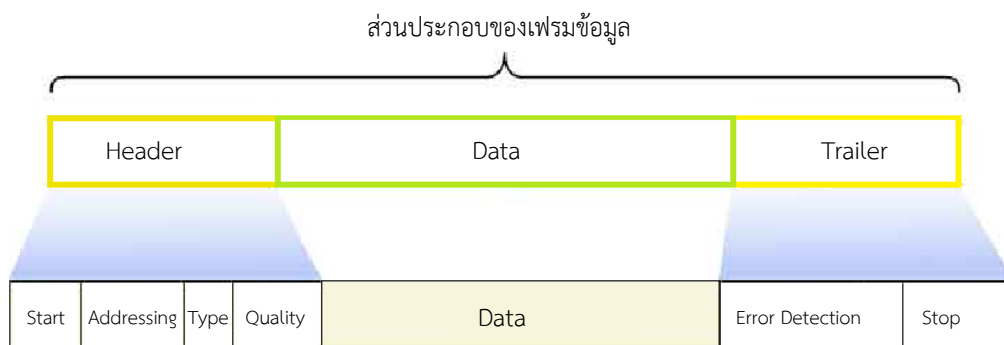


รูปที่ 4.12 ชั้นย่อยภายในชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์

http://www.tutorialspoint.com/data_communication_computer_network/data_link_layer_introduction.htm

ทั้งสองชั้นย่อยมีการทำงานร่วมกันเพื่อให้ชั้นดาต้าลิงก์สามารถตรวจสอบการรับและส่งข้อมูลไปยังชั้นสื่อสารอื่นๆ ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์มีรูปแบบการทำงานที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 1) การจัดข้อมูลรูปแบบเฟรม (Framming) ชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์รับข้อมูลจากรูปแบบแพ็กเก็ต (Packets) จากชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์ก แล้วมาทำการเอ็นแคปซูลูชั่น คือเพิ่มส่วนหัวและส่วนหางเข้าไปในเฟรมแล้วส่งข้อมูลให้กับชั้นสื่อสารฟิสิคัลเพื่อเปลี่ยนข้อมูลลักษณะบิตต่อบิตเป็นรูปแบบสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งลักษณะส่วนประกอบของเฟรมข้อมูลมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ส่วนประกอบของเฟรมข้อมูลในชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์ก่อนส่งให้กับชั้นสื่อสารฟิสิคัล

2) การระบุตำแหน่ง (Addressing) เป็นการระบุหมายเลขตำแหน่งของตัวรับและตัวส่ง เข้าไปยังส่วนหัวข้อมูล ซึ่งหมายเลขตำแหน่งนี้จะเป็นหมายเลขแม็กแอดเดรส เพื่อใช้สำหรับการระบุตำแหน่งปลายทาง

3) การควบคุมข้อผิดพลาด (Error Control) เป็นการตรวจสอบข้อมูลของโหนดตัวรับ ข้อมูลว่าในระหว่างทางมีข้อมูลใดตกหล่นหรือผิดพลาดไปบ้าง เนื่องจากการระหว่างการส่งข้อมูลของ ชั้นสื่อสารฟิสิคัลในรูปสัญญาณไฟฟ้า หรือ แสงนั้น อาจจะมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น ทำให้ข้อมูลบาง บิตเกิดความผิดพลาดไป การควบคุมข้อผิดพลาดของเฟรมข้อมูลจะใช้รหัสส่วนหางของเฟรมนั้นๆ มา ทำการตรวจสอบกับข้อมูลที่ได้รับ หากตรวจพบข้อผิดพลาดก็จะส่งสัญญาณให้ตัวส่ง ส่งเฉพาะเฟรม ที่มีข้อผิดพลาดใหม่ หรือกรณีเฟรมที่ได้รับเกิดความซ้ำซ้อนเนื่องจากตัวส่งได้ทำการส่งซ้ำอีก ก็ จะ ดำเนินการลบเฟรมที่ซ้ำออกไปเสีย ทำให้การส่งข้อมูลมีความน่าเชื่อถือได้

4) การควบคุมการไหล (Flow Control) การสื่อสารระหว่างโหนดหรืออุปกรณ์ เครือข่าย อาจจะมี ความแตกต่างกันในเรื่องของความเร็วของการรับส่งข้อมูล เนื่องจากต่างรุ่นต่าง ยี่ห้อ ทำให้ความเร็วสำหรับการรับส่งไม่สัมพันธ์กัน ดังนั้นในส่วนของการควบคุมการไหลจะต้อง ควบคุมให้ความเร็วสำหรับการรับและส่งมีความเร็วที่สอดคล้องกัน เพื่อป้องกันมิให้เกิดความ ผิดพลาดในกระบวนการรับส่งข้อมูล

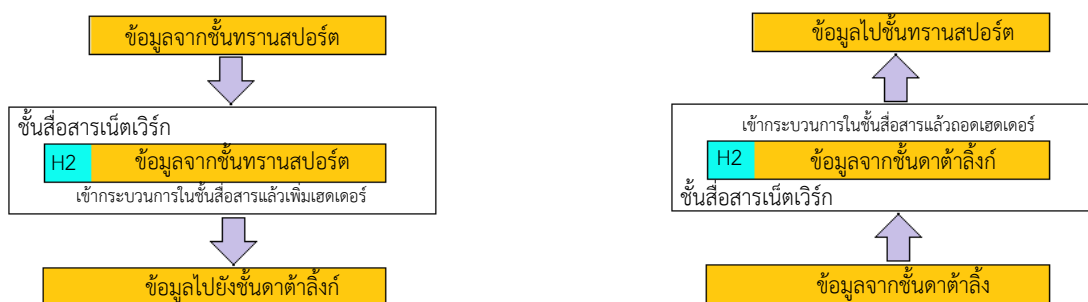
6) การควบคุมการเข้าถึง (Multi Access Control) การเชื่อมต่อของระบบเครือข่าย โดยทั่วไปจะมีอุปกรณ์สื่อสารและโหนดทำการสื่อสารกันมากกว่าสองตัวขึ้นไป จึงอาจทำให้เกิดการชน กันของข้อมูลกันได้ ซึ่งในชั้นสื่อสารนี้จะมีส่วนที่ต้องควบคุมหรือแบ่งช่วงเวลาให้กับ การสื่อสาร ระหว่างของอุปกรณ์แต่ละคู่ โดยอาจใช้กระบวนการ CDMA/CD ควบคุมการสื่อสารของอุปกรณ์แต่ละ คู่ ไม่ให้เกิดการชนกันของข้อมูลบนระบบเครือข่าย

http://www.tutorialspoint.com/data_communication_computer_network/data_link_layer_introduction.htm

4.3.3 ชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์ก

ชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์ก เป็นชั้นสื่อสารที่ 3 ของแบบจำลองโอเอสไอ มีหน้าที่กำหนด เส้นทาง การส่งแพ็กเก็ตข้อมูลจากตัวส่งไปยังตัวรับปลายทาง ที่มีความแตกต่างกันของเครือข่าย หรือ เลขหมายเครือข่ายมีความแตกต่างกัน หรือกล่าวคือเลขหมายปลายทางเครือข่ายอยู่กันคนละวงแลน ซึ่งอาจมีความต่างกันของซับเน็ต (Subnet) และอาจมีความแตกต่างกันของโปรโตคอล โดยชั้น สื่อสารเน็ตเวิร์กจะรับข้อมูลมาจากชั้นทรานสปอร์ต มาทำการเอนแคปซูเลชันด้วยการเพิ่มตำแหน่ง ของลอจิคอลแอสเดรส หรือตำแหน่งเลขหมายไอพีปลายทางและต้นทาง เข้าเป็นส่วนหัวของข้อมูล ซึ่งเป็นการกำหนดเส้นทางที่สูงกว่าชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์ แล้วนำส่งแพ็กเก็ตให้กับชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์เพื่อ ดำเนินการตามกระบวนการส่งข้อมูลไปยังปลายทางต่อไป กรณีเป็นตัวรับข้อมูลจะรับข้อมูลจากชั้น

สื่อสารดาต้าลิงมาตรวจสอบ หากเป็นเลขหมายเครือข่ายปลายทางถูกต้องแล้วก็จะถอดส่วนหัวของแพ็กเก็ตข้อมูลแล้วนำส่งขึ้นไปยังชั้นสื่อสารทรานสปอร์ต แต่หากไม่ใช่ก็จะหาเส้นทางเพื่อส่งข้อมูลไปยังเลขหมายเครือข่ายปลายทางที่ถูกต้องต่อไป

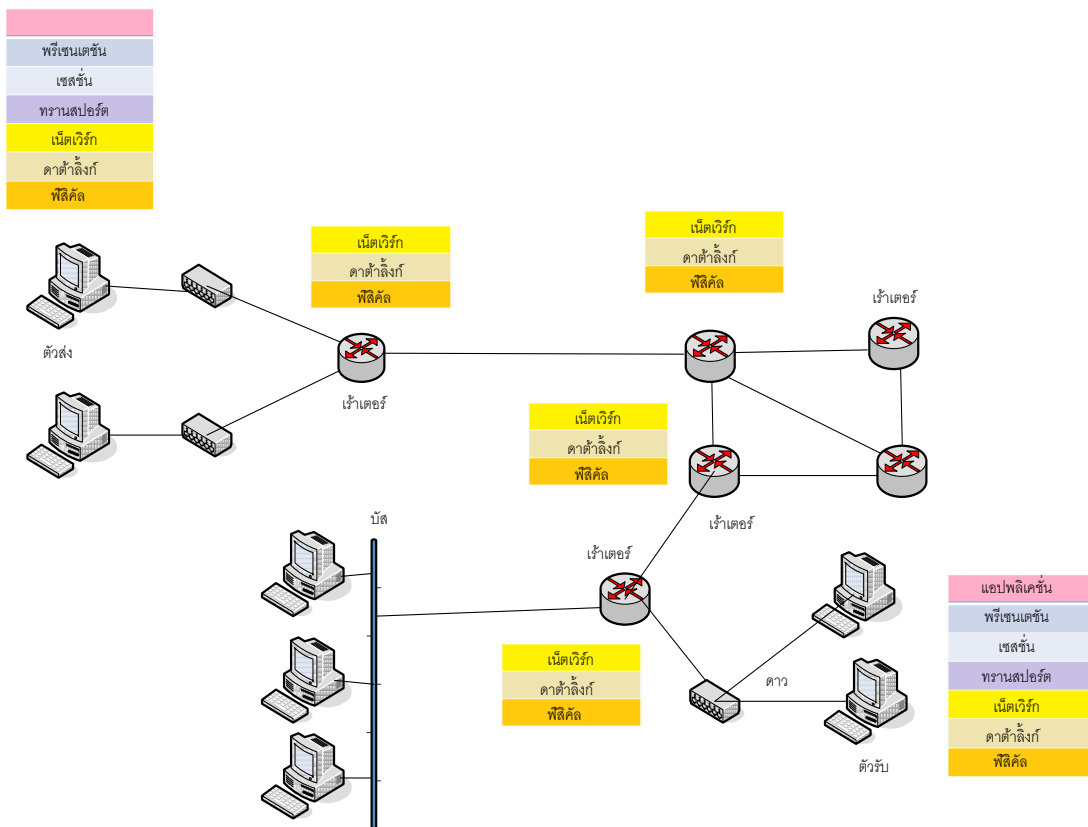


รูปที่ 4.14 ชั้นการสื่อสารเน็ตเวิร์ก

การทำงานของชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์ก ซึ่งเป็นตัวกำหนดที่อยู่ของตัวรับปลายทางซึ่งเป็นหมายเลขของเครือข่าย เพื่อให้การนำส่งข้อมูลผ่านอุปกรณ์เครือข่ายต่างๆ ไปถึงปลายทางได้อย่างถูกต้องนั้น ชั้นการสื่อสารเน็ตเวิร์กจึงมีหน้าที่ดังนี้

1) การกำหนดลิจิคัลแอดเดรส (Logical Address) เป็นการกำหนดหมายเลขตำแหน่งของตัวรับปลายทางและตัวส่งเพิ่มในส่วนหัวข้อมูล เช่นเดียวกับการกำหนดหมายเลขฟิสิคัลในชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์ แตกต่างกันที่หมายเลขตำแหน่งนี้เป็นเลขไอพีแอดเดรส (IP Address) ของอุปกรณ์เครือข่าย ซึ่งเป็นหมายเลขตำแหน่งที่กำหนดได้โดยผู้ใช้งาน หรือถูกกำหนดด้วยเซิร์ฟเวอร์ DHCP ซึ่งเป็นเซิร์ฟเวอร์ดูแลระบบเครือข่าย ทำหน้าที่กำหนดหมายเลขไอพีให้แก่เครื่องลูกข่ายโดยอัตโนมัติ

2) การเลือกเส้นทาง (Routing) การทำงานของชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์กจะดำเนินการหาเส้นทางหรือตำแหน่งของโฮส (Host) ปลายทางและควบคุมดูแลตรวจสอบคุณภาพของเส้นทาง การสื่อสารก่อนจะส่งข้อมูลไปยังโฮสต์ถัดไป โดยการใช้ตารางในหน่วยความจำทำการสร้างแผนที่หรือเส้นทางสำหรับการส่งข้อมูลให้กับโฮสต์ต่างๆในเครือข่าย ส่วนใหญ่อุปกรณ์เครือข่ายที่จะทำหน้าที่หาเส้นทางในการสื่อสารข้อมูลจะเป็น เราเตอร์ (Router) ทำงานบนแนวคิดคือตัวรับปลายทางนั้นอยู่ที่ไหน และจะสื่อสารถึงตัวรับปลายทางอย่างไร เมื่อข้อมูลถูกส่งออกไปยังเราเตอร์ตัวถัดไป ก็จะค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุดและส่งต่อให้เราเตอร์ตัวถัดไป จนกระทั่งถึงโฮสต์หรือเราเตอร์ตัวที่ทำหน้าที่ดูแลเครื่องลูกข่ายปลายทาง โดยลักษณะการสื่อสารระหว่างชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์กของอุปกรณ์เครือข่ายแต่ละตัวดังลักษณะแสดงในรูปที่ 4.15



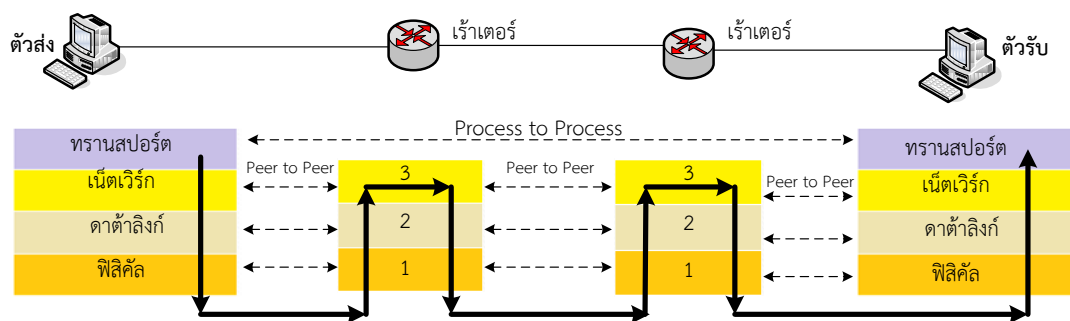
รูปที่ 4.15 การสื่อสารของลำดับชั้นสื่อสารผ่านแต่ละโหนดของเราเตอร์

http://www.tutorialspoint.com/data_communication_computer_network/transport_layer_introduction.htm

4.3.4 ชั้นสื่อสารทรานสปอร์ต

ชั้นสื่อสารทรานสปอร์ต เป็นชั้นสื่อสารที่ 4 ของแบบจำลองโอเอสไอ มีหน้าที่กำกับการขนส่งข้อมูลจากตัวส่งไปยังตัวรับปลายทางให้เกิดผลสำเร็จ และเชื่อถือได้ การกำกับหรือควบคุมการส่งข้อมูลนี้จะมีการติดต่อกันโดยตรงทางลอจิคัล (Process to Process) ระหว่างชั้นทรานสปอร์ตด้วยกันของแต่ละโปรแกรมที่ทำงานอยู่ระหว่างตัวส่งและตัวรับปลายทาง (End to End) หรือระหว่างโฮสต์ (Host to Host) ดังลักษณะในรูปที่ 4.16 เพื่อตรวจสอบจำนวนและการจัดลำดับของเซกเมนต์ให้มีความถูกต้อง โดยชั้นทรานสปอร์ตจะรับข้อมูลมาจากชั้นเซสชันและนำมาแบ่งเป็นเซกเมนต์ย่อย (Segment) และกำหนดลำดับเซกเมนต์เพื่อใช้สำหรับนำมาใช้ในการตรวจสอบของตัวรับและจัดเรียงใหม่ให้ถูกต้อง นอกจากนี้ยังต้องกำหนดตำแหน่งพอร์ต (Port) ให้กับแต่ละเซกเมนต์ด้วยเพื่อใช้สำหรับนำส่งให้แก่โปรแกรมที่รัน (Run) อยู่บนตัวรับปลายทาง ซึ่งการกำหนดลำดับเซกเมนต์และหมายเลขพอร์ตนี้จะกำหนดไว้ในส่วนหัวของข้อมูลแต่ละเซกเมนต์แล้วนำส่งลงไปยังชั้นเน็ตเวิร์กต่อไป ส่วนฝั่งตัวรับปลายทางก็จะรับข้อมูลจากชั้นเน็ตเวิร์กแล้วนำมารวบรวมและจัดเรียงเซกเมนต์ให้ครบ

จัดเรียงลำดับให้ถูกต้องก่อนจะส่งขึ้นไปยังชั้นสื่อสารชั้นเซสชันตามพอร์ตที่กำหนด หากเซกเมนต์ใดขาดหายไป ก็จะส่งสัญญาณแจ้งให้ชั้นสื่อสารทรานสปอร์ตฝั่งส่งทำการส่งข้อมูลรอบใหม่ ซึ่งเปรียบเสมือนชั้นทรานสปอร์ตฝั่งตัวรับ และฝั่งตัวส่งมีการสื่อสารกันโดยตรงของการควบคุมและกำกับกระบวนการส่งข้อมูล

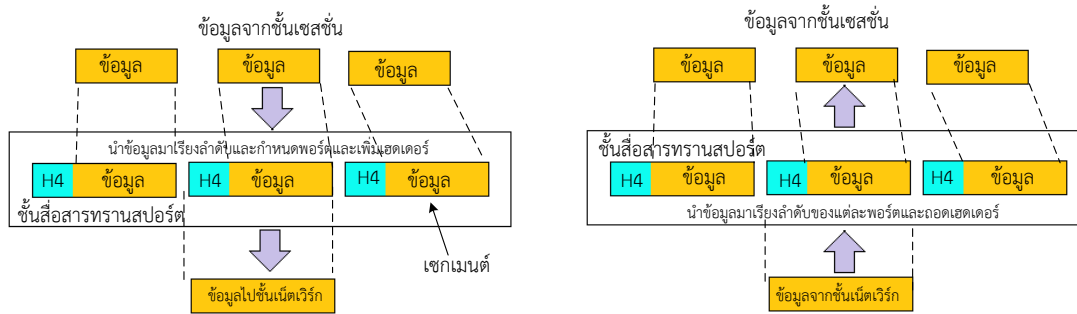


รูปที่ 4.16 การติดต่อสื่อสารระหว่างชั้นทรานสปอร์ต

จากกระบวนการขนส่งข้อมูลระหว่างตัวส่งและตัวรับรับข้อมูลของชั้นสื่อสารทรานสปอร์ตที่ต้องควบคุมและกำกับการขนส่งข้อมูลให้เกิดผลสำเร็จนั้นสรุปเป็นหน้าที่ของชั้นสื่อสารทรานสปอร์ตได้ดังนี้

1) การจัดแบ่งเซกเมนต์ (Segmentation) เป็นหน้าที่ของตัวส่งข้อมูล โดยเมื่อรับข้อมูลจากชั้นสื่อสารเซสชันแล้ว ก็จะดำเนินการแบ่งเป็นเซกเมนต์ย่อยๆและกำหนดหมายเลขลำดับไว้ในส่วนหัวของแต่ละเซกเมนต์ เพื่อให้สะดวกต่อการส่งข้อมูลและการรวบรวมเซกเมนต์ของตัวรับ เนื่องจากการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลของชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์กอาจจะใช้เส้นทางที่ต่างกัน และไปถึงตัวรับไม่ได้เรียงลำดับกัน

2) การรวบรวมจัดเรียงเซกเมนต์ (Assembly) เป็นหน้าที่ของชั้นทรานสปอร์ตฝั่งตัวรับ ด้วยการรับแพ็กเก็ตข้อมูลจากชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์กและนำมารวบรวมแล้วจัดเรียงลำดับให้ถูกต้องเหมือนลำดับเซกเมนต์ที่ส่งมาจากชั้นสื่อสารทรานสปอร์ตของตัวส่ง แล้วจะนำส่งขึ้นไปยังชั้นสื่อสารเซสชันต่อไป ทั้งนี้หากเซกเมนต์ข้อมูลใดขาดหายไป ก็จะมีการส่งสัญญาณให้ตัวส่งผ่านเครือข่าย ให้ทำการส่งข้อมูลที่ขาดหายไปใหม่ จนครบตามจำนวนเซกเมนต์



รูปที่ 4.17 การจัดเรียงเชกเมนต์ของชั้นทรานสปอร์ต

3) การกำหนดหมายเลขพอร์ต (Port Address) เป็นการกำหนดหมายเลขพอร์ตให้กับส่วนหัวของแต่ละเชกเมนต์ เพื่อใช้สำหรับการนำส่งข้อมูลในช่องทางของพอร์ตแก่โปรแกรมที่รันบนเครื่องฝั่งรับได้ถูกต้อง เช่นเมื่อระบบ DHCP ของเครื่องลูกข่ายต้องการติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์ DHCP ก็มักจะใช้พอร์ตหมายเลข 67 เป็นช่องทางในการติดต่อสื่อสาร หรือหากเครื่องลูกข่ายต้องการข้อมูลจากเว็บไซต์ของเซิร์ฟเวอร์ ก็จะใช้พอร์ตหมายเลข 80 เป็นช่องในการส่งขึ้นมาให้กับเว็บเบราว์เซอร์ของเครื่องลูกข่าย เป็นต้น

4) ควบคุมการเชื่อมต่อ (Connection Control) เป็นการควบคุมรูปแบบโปรโตคอล มาตราฐานสำหรับการเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างต้นทางกับตัวรับปลายทาง ซึ่งมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ โปรโตคอล UDP และโปรโตคอล TCP

5) การควบคุมการไหลของข้อมูล (Flow Control) เป็นการควบคุมความเร็วในการรับและส่งข้อมูล คล้ายกับชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์ แต่เป็นการควบคุมของชั้นสื่อสารทรานสปอร์ต ที่เป็นการควบคุมกันระหว่างตัวส่งต้นทางกับตัวรับปลายทาง (Process to Process) อาจเนื่องจากหน่วยความจำในการรับข้อมูล (Buffer) ของฝั่งรับมีจำนวนไม่เพียงพอสำหรับรับข้อมูลขณะนั้น

6) การควบคุมข้อผิดพลาด (Error Control) เป็นการควบคุมข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการรับส่งข้อมูลระหว่างกัน ด้วยการตรวจสอบด้วยรหัสผลรวม (Check Sum) หากเกิดข้อผิดพลาดเช่น เชกเมนต์ไม่ครบจำนวน โดยอาจเกิดจากความหนาแน่นของข้อมูลบนเครือข่าย ความเสียหายของระบบเครือข่าย ฝั่งรับจะส่งรหัส NACK เพื่อให้ตัวส่งรับรู้และส่งเชกเมนต์ที่ขาดหายใหม่ หากการส่งเชกเมนต์ครบจำนวนและถูกต้องก็จะส่งรหัส ACK เป็นต้น

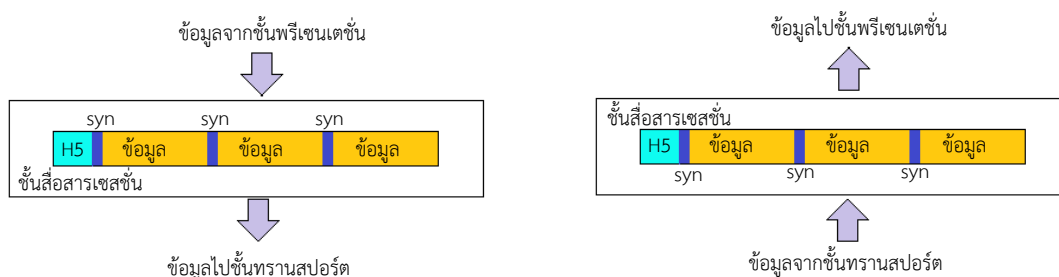
http://en.wikipedia.org/wiki/Transport_layer

4.3.5 ชั้นสื่อสารเซสชัน

ชั้นสื่อสารเซสชันเป็นชั้นสื่อสารที่ 5 ของแบบจำลองโอเอสไอ มีหน้าที่ควบคุมการเปิดหรือปิดการเชื่อมต่อติดต่อสื่อสารระหว่างต้นทางและปลายทาง โดยในกระบวนการสื่อสารนั้นจะมี

ขั้นตอนการร้องขอจากตัวรับปลายทาง เช่นช่วงเวลาเริ่มต้นการเข้าถึงเว็บไซต์ต่างๆในช่วงเริ่มต้นจะมีกระบวนการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องลูกข่ายและเครื่องเซิร์ฟเวอร์เพื่อร้องขอข้อมูล และเซิร์ฟเวอร์ก็จะตอบสนองการบริการข้อมูลกลับมาให้เครื่องลูกข่าย หรือกระบวนการล็อกอิน (Login) เข้าใช้บริการอีเมลล์ของเซิร์ฟเวอร์ต่างๆ จะมีกระบวนการเชื่อมต่อการสื่อสารข้อมูลซึ่งเป็นการทำงานของชั้นสื่อสารเซสชันเพื่อเปิดสถานะและรักษาการเชื่อมต่อระหว่างตัวรับและตัวส่ง ทั้งนี้กระบวนการเปิดและปิดการเชื่อมต่อการสื่อสารขึ้นอยู่กับโปรแกรมประยุกต์แต่ละตัวที่มีความแตกต่างกันไป ระหว่างที่กำลังใช้อีเมลล์อยู่นั้น ก็ยังคงอยู่ในขบวนการของชั้นสื่อสารเซสชันเพื่อยังคงรักษาการเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างกันอยู่ของเครื่องเซิร์ฟเวอร์และเครื่องลูกข่าย แต่เมื่อการสื่อสารขาดหายไประบบก็จะทำการเชื่อมต่อการสื่อสารใหม่ หรือกรณีการเชื่อมต่อได้หยุดไปเป็นเวลานาน ระบบก็จะปิดการเชื่อมต่อและเชื่อมต่อใหม่เมื่อกลับมาใช้อีกครั้ง หรือเมื่อล็อกเอาท์ (Logout) ออกจากระบบก็จะเป็นการปิดหรือยกเลิกการติดต่อสื่อสารของชั้นเซสชันเช่นเดียวกัน โดยลักษณะของการสื่อสารเป็นไปได้ทั้งการสื่อสารแบบสองทางเต็มอัตรา หรือแบบสองทางกึ่งอัตรา ทั้งนี้การสื่อสารระหว่างเครื่องต้นทางและปลายทางของชั้นสื่อสารเซสชันจะมีลักษณะสื่อสารกันโดยตรงซึ่งมีการตรวจสอบความล้มเหลวของการส่งข้อมูลที่พอร์ต 1590 ซึ่งภายในชั้นสื่อสารเซสชันกรณีฝั่งส่งข้อมูลชั้นสื่อสารจะรับข้อมูลจากชั้นสื่อสารพีรีเซนเตชัน และนำมาเพิ่มส่วนหัวข้อมูลและส่งต่อให้ชั้นสื่อสารทรานสปอร์ตดำเนินการต่อไป หากเป็นกรณีฝั่งรับก็จะรับเชกเมนต์จากชั้นทรานสปอร์ตเมื่อเข้าสู่กระบวนการแล้วจะนำส่งข้อมูลขึ้นไปยังชั้นพีรีเซนเตชันดังแสดงในรูปที่ 4.18

http://en.wikipedia.org/wiki/Session_layer



รูปที่ 4.18 กระบวนการของชั้นสื่อสารเซสชันของตัวส่งและตัวรับ

กระบวนการติดต่อสื่อสารระหว่างตัวส่งต้นทางและตัวรับปลายทางของชั้นสื่อสารเซสชันทั้งตัวส่งและตัวรับมีหน้าที่ดังนี้

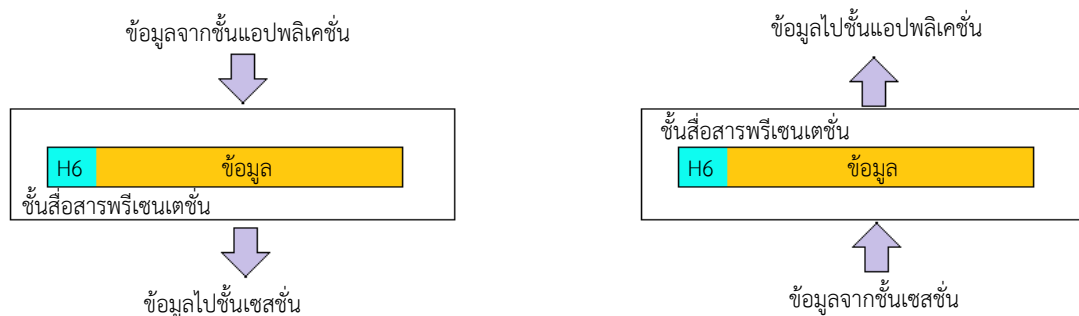
- 1) การควบคุมไดอะล็อก (Dialog Control) เป็นการควบคุมการติดต่อสื่อสารระหว่างเครือข่ายของตัวรับตัวส่ง เช่น เซิร์ฟเวอร์กับเครื่องลูกข่าย จะมีการเริ่มต้นเปิดเซสชันเพื่อเปิดการสื่อสารตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการ ควบคุมและรักษาการเชื่อมต่อ จนกระทั่งการยุติการสื่อสารของ

เซสชันนั้นๆ เช่นการเข้าเว็บไซต์ของธนาคารที่จะมีการล็อกอินเพื่อเข้าไปทำรายการทางการเงิน ก็จะมีกระบวนการขั้นตอนการเปิดเซสชันล็อกอินเพื่อเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ลูกข่ายกับเซิร์ฟเวอร์ และเซสชันที่เปิดอยู่นี้จะดูแลการเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลจนกระทั่งมีการล็อกเอาท์ก็จะเป็นการปิดเซสชัน การเปิดเซสชันก็สามารถเปิดได้หลายเซสชันของการใช้งานขึ้นอยู่กับแต่ละโปรแกรมประยุกต์ เช่นการเปิดเว็บไซต์ใดๆ ที่มีทั้งข้อความ ภาพกราฟฟิก มัลติมีเดีย หรือบางเว็บไซต์อาจจะมี จาวาแอปเพลท (Java applet) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้อาจจะแยกกันละไฟล์บนเซิร์ฟเวอร์ การดาวน์โหลดแต่ละไฟล์เหล่านี้ โปรแกรมบราวเซอร์จะต้องทำการเปิดเซสชันแยกกันคนละเซสชันเพื่อทำการเปิดการสื่อสารกับเซิร์ฟเวอร์เพื่อดาวน์โหลดแต่ละไฟล์ แล้วแสดงผลในบราวเซอร์ที่กำลังเรียกใช้งานและเมื่อดาวน์โหลดไฟล์ใดเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะปิดเซสชันนั้นๆ

2) ซิงโครไนเซชัน (Synchronization) เป็นการเพิ่มจุดตรวจสอบ โดยแทรกลงไป ข้อมูล เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบข้อมูลที่อาจจะขาดหายไปในช่วงการส่งข้อมูลไปแล้วจำนวนหนึ่ง เช่นสมมติมีการส่งข้อมูลกัน 1000 ตัวอักษร โดยจะมีการกำหนดจุดตรวจสอบหลังการส่งข้อมูลทุกๆ 100 ตัวอักษร เพื่อรับประกันว่าอีกฝั่งรับยังคงรับข้อมูลนั้นได้ถูกต้อง หากเกิดปัญหาการส่งข้อมูล อักษรตัวที่ 650 ก็จะมีการส่งข้อมูลให้ใหม่อีกครั้งเฉพาะอักษรตัวที่ 601 – 700 เท่านั้น โดยไม่จำเป็นต้องส่งข้อมูลอักษรตัวที่ 1 – 600 อีกครั้ง ทำให้ระบบการส่งข้อมูลมีความฉลาดมากยิ่งขึ้น ลดจำนวนการส่งข้อมูลที่ไม่เกิดความเสียหายซ้ำๆ ทำให้สามารถรับข้อมูลได้ต่อเนื่องโดยไม่ต้องเริ่มใหม่ ตั้งแต่ต้น <http://www.skcc.ac.th/elearning/network/?p=18>

4.3.6 ชั้นสื่อพีซีเอ็นเอตซ์

ชั้นสื่อสารพีซีเอ็นเอตซ์เป็นชั้นสื่อสารที่ 6 ของแบบจำลองโอเอสไอ มีหน้าที่เตรียมข้อมูล ด้วยการบีบอัดข้อมูล การเข้ารหัสหรือถอดรหัสข้อมูล และการแปลงข้อมูลของฝั่งส่งและฝั่งรับให้มีรูปแบบและความหมายเดียวกัน ทำให้การนำเสนอข้อมูลระหว่างฝั่งส่งและฝั่งรับเป็นไปอย่างถูกต้องตรงกัน โดยหากเป็นฝั่งส่งจะนำข้อมูลจากชั้นสื่อสารแอปพลิเคชันมาเข้ากระบวนการเข้ารหัส แล้วทำการบีบอัดข้อมูลให้มีจำนวนบิตข้อมูลให้น้อยลงแล้วเพิ่มส่วนหัวข้อมูล และส่งไปยังชั้นสื่อสารเซสชัน ส่วนฝั่งรับจะรับข้อมูลจากชั้นสื่อสารเซสชันมาทำการขยายจำนวนข้อมูลก่อนการบีบอัด และทำการถอดรหัส แล้วถอดส่วนหัวออกและนำส่งไปยังชั้นแอปพลิเคชันต่อไป ดังลักษณะในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 ลักษณะการทำงานของชั้นสื่อสารพีซีเอ็นของตัวส่งและตัวรับ

ลักษณะการทำงานของชั้นสื่อสารพีซีเอ็นของทั้งฝั่งส่งและฝั่งรับข้อมูล สามารถสรุปหน้าที่การทำงานได้ดังนี้

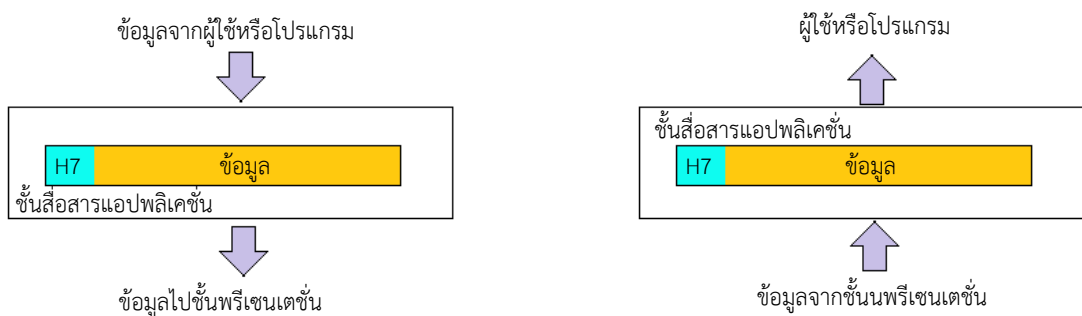
1) การแปลข้อมูล (Translation) เนื่องจากฝั่งส่งและฝั่งรับอาจจะมีลักษณะของระบบที่แตกต่างกัน ซึ่งชั้นสื่อสารพีซีเอ็นของฝั่งส่งจะต้องทำการแปลข้อมูลให้เป็นรหัสข้อมูลกลางที่ใช้ร่วมกัน (Format Common) เพื่อเป็นรหัสข้อมูลมาตรฐาน ส่วนฝั่งรับก็ทำหน้าที่แปลรหัสข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูลในรูปแบบของฝั่งตัวรับก่อนนำส่งขึ้นชั้นแอปพลิเคชันต่อไป

2) การเข้ารหัส (Encryption) การส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายนั้นจะต้องผ่านอุปกรณ์หลายชนิด และหลายๆโหนดการเชื่อมต่อ ซึ่งทำให้ข้อมูลเหล่านั้นง่ายต่อการถูกทำสำเนาและนำไปใช้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเจ้าของข้อมูลแท้จริง ดังนั้นข้อมูลก่อนที่จะถูกส่งออกไปยังเครือข่ายนั้นจะต้องได้รับการเข้ารหัสเสียก่อนเพื่อให้ข้อมูลนั้นๆ ไม่สามารถตีความได้จากผู้ไม่ประสงค์ดี ซึ่งเมื่อข้อมูลไปถึงปลายทางก็จะได้รับการถอดรหัส (Decryption) เป็นข้อมูลที่ฝั่งรับสามารถเข้าใจและนำข้อมูลไปใช้ได้ถูกต้องต่อไป

3) การบีบอัดข้อมูล (Compression) ข้อมูลที่ส่งผ่านเครือข่ายนั้นมีปริมาณมากมายมหาศาล ดังนั้นเพื่อการส่งข้อมูลให้มีความรวดเร็วยิ่งขึ้น นั่นคือทำให้ให้จำนวนบิตข้อมูลมีจำนวนน้อยลง ซึ่งมีวิธีการคือการบีบอัดให้ข้อมูลมีขนาดน้อยลง เป็นเทคนิคที่ทำให้ไฟล์ข้อมูลมีขนาดเล็กลง ทำให้ฝั่งส่งใช้เวลาสำหรับการส่งข้อมูลน้อยลง ส่วนฝั่งรับเมื่อได้รับข้อมูลที่ได้รับการบีบอัดมา ก็จะทำให้การแตกขยายกลับให้มีขนาดข้อมูลที่มีความสมบูรณ์เหมือนดังเดิม ซึ่งมีประโยชน์มากสำหรับการส่งข้อมูลที่มีปริมาณมาก และเวลาสำหรับการส่งน้อยๆ เช่น ข้อมูลชนิดมัลติมีเดียประเภทต่างๆ

4.3.7 ชั้นสื่อสารแอปพลิเคชัน

ชั้นสื่อสารแอปพลิเคชัน เป็นชั้นสื่อสารที่ 7 ของแบบจำลองโอเอสไอ มีหน้าที่ติดต่อและใกล้ชิดกับผู้ใช้งานโดยตรง ซึ่งมีการแสดงผลและการรับข้อมูลจากผู้ใช้งาน หรืออาจจะเป็นการติดต่อระหว่างโปรแกรมต่างๆด้วยกัน เช่นการเปิดบราวเซอร์เพื่อท่องเว็บไซต์ต่างๆ ด้วยโปรโตคอล HTTP หรือการเปิดอ่านอีเมลจากเซิร์ฟเวอร์ เป็นต้น ทั้งนี้การนำส่งข้อมูลจากตัวส่งไปยังตัวรับนั้น ชั้นสื่อสารแอปพลิเคชันจะมีกระบวนการขั้นตอนการส่งและรับข้อมูลจากชั้นสื่อสารถัดไปดังแสดงในรูปที่ 4.20



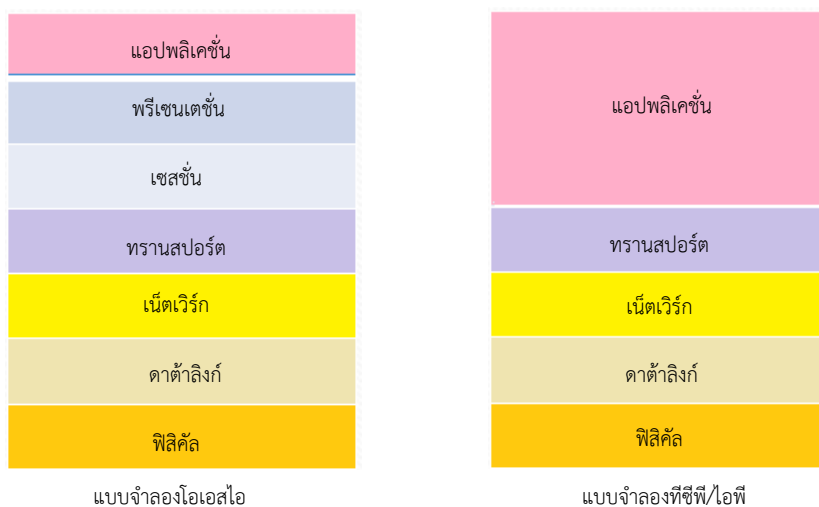
รูปที่ 4.20 การส่งและรับข้อมูลของชั้นสื่อสารแอปพลิเคชันของตัวส่งและตัวรับ

4.4 แบบจำลองทีซีพี/ไอพี

แบบจำลองทีซีพี/ไอพี (TCP/IP) มาจากคำว่า Transmission Control Protocol / Internet Protocol หรือเรียกอีกอย่างว่าแบบจำลองอินเทอร์เน็ต (Internet Model) เป็นแบบจำลองกระบวนการสื่อสารข้อมูลที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาก่อนแบบจำลองโอเอสไอ เพื่อใช้สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีความคล้ายกับแบบจำลองโอเอสไอ เพียงแต่แบบจำลองทีซีพี/ไอพี ไม่เข้มงวดการแบ่งชั้นการสื่อสารมากนัก ซึ่งแบ่งได้สองระดับ คือระดับบน และระดับล่าง โดยระดับบนจะมีโปรโตคอลควบคุมการส่ง (Transmission control Protocol) ทำหน้าที่แบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยๆ ที่เรียกว่าแพ็กเก็ต (Packet) แล้วส่งไปยังระดับล่าง ผ่านระบบเครือข่ายต่างๆ และในฝั่งรับจะทำหน้าที่รวบรวมแต่ละแพ็กเก็ตมาประกอบรวมกลับเป็นไฟล์ที่มีความเหมือนกับต้นฉบับ ส่วนชั้นระดับล่างจะมีโปรโตคอลไอพี (Internet protocol) มีหน้าที่จัดการเกี่ยวกับการจัดการเส้นทางที่จะเชื่อมต่อไปถึงตัวรับปลายทาง ซึ่งข้อมูลแต่ละแพ็กเก็ตที่จะส่งผ่านระบบเครือข่าย จะมีการตรวจสอบเส้นทางและตรวจสอบตำแหน่งที่อยู่เสียก่อนที่จะดำเนินการส่งข้อมูลแต่ละแพ็กเก็ตออกไป ทั้งนี้ทั้งสองระดับการสื่อสารที่กล่าวมานี้ ประกอบด้วยชั้นการสื่อสารจำนวน 5 ชั้นการสื่อสาร คือ

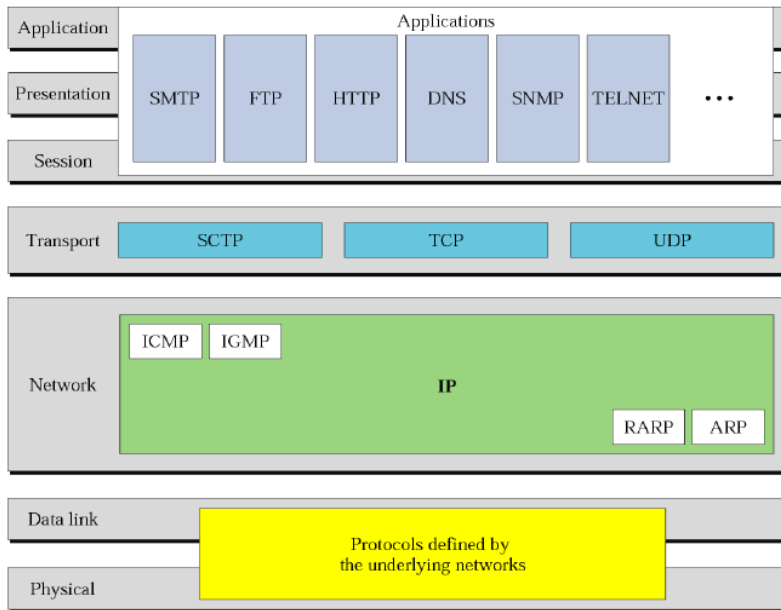
- 1) ชั้นการสื่อสารฟิสิกส์ (Physical Layer)
- 2) ชั้นการสื่อสารดาต้าลิงก์ (Data Link Layer)
- 3) ชั้นการสื่อสารเน็ตเวิร์ก (Network Layer)
- 4) ชั้นการสื่อสารทรานสปอร์ต (Transport Layer)
- 5) ชั้นการสื่อสารแอปพลิเคชัน (Application Layer)

จะเห็นว่าการแบ่งชั้นสื่อสารระหว่างแบบจำลองทีซีพี/ไอพี มีความคล้ายกับแบบจำลองโอเอสไอ เพียงแต่ในชั้นสื่อสารแอปพลิเคชันของแบบจำลองทีซีพี/ไอพี จะเป็นการรวมทั้งชั้นสื่อสารเซสชัน ชั้นสื่อสารพรีเซนต์ชั้นและชั้นสื่อสารแอปพลิเคชันเป็นชั้นสื่อสารเดียวกัน ส่วนชั้นสื่อสารอื่นๆ ยังคงมีความคล้ายคลึงกันกับแบบจำลองโอเอสไอ ดังลักษณะในรูปที่ 4.21



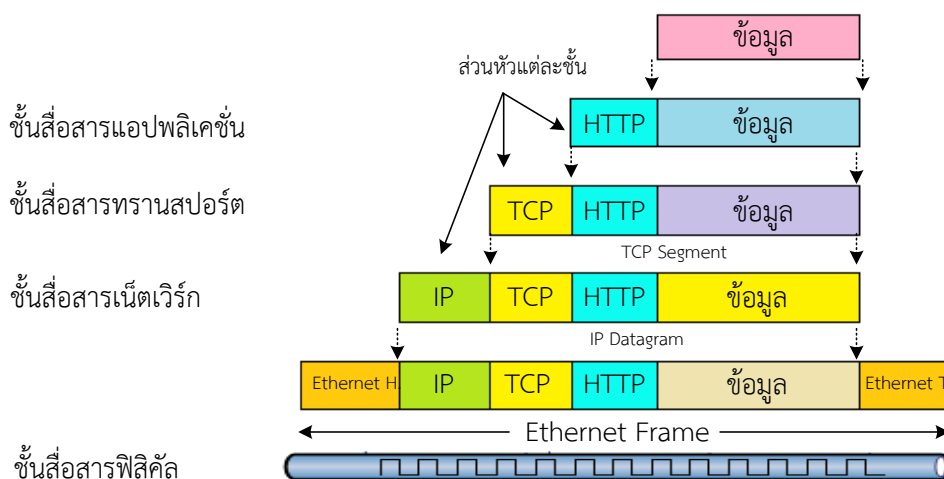
รูปที่ 4.21 การเปรียบเทียบชั้นการสื่อสารของแบบจำลองโอเอสไอและแบบทีซีพี/ไอพี

ชั้นสื่อสารของแบบจำลองโอเอสไอ จะมีการระบุหน้าที่หรือฟังก์ชันการทำงานที่ชัดเจนของแต่ละชั้นสื่อสาร โดยแต่ละชั้นจะมีโปรโตคอลที่ทำหน้าที่ตามภาระหน้าที่ของชั้นนั้นๆ แยกกันโดยอิสระ แต่การทำงานของโปรโตคอลในแบบจำลองทีซีพี/ไอพี จะมีการทำงานที่อาจจะคาบเกี่ยวกันบางชั้นสื่อสาร เช่นโปรโตคอล HTTP หรือ FTP มีการทำงานคาบเกี่ยวกัน 3 ชั้นสื่อสารคือ ทั้งชั้นสื่อสารแอปพลิเคชัน ชั้นสื่อสารพรีเซนต์ชั้นและชั้นสื่อสารเซสชัน โดยหากนำโปรโตคอลต่างๆ บนแบบจำลองทีซีพี/ไอพี มาเปรียบเทียบกับการทำงานของแบบจำลองโอเอสไอ มีลักษณะดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบโปรโตคอลของทีซีพี/ไอพีกับชั้นสื่อสารแบบจำลองโอเอสไอ

เมื่อกล่าวถึงแบบจำลองทีซีพี/ไอพี ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้งานจริงๆ ของระบบเครือข่ายแล้วมักจะต้องกล่าวถึงการทำงานของโปรโตคอล โดยแต่ละชั้นสื่อสารของฝั่งส่งจะใช้โปรโตคอลต่างๆ ดำเนินการกับข้อมูลที่จะส่ง หากสมมติว่ามีการส่งข้อมูลของเว็บไซต์ผ่านเบราว์เซอร์ กระบวนการจะเริ่มจากชั้นสื่อสารแอปพลิเคชันจะใช้โปรโตคอล HTTP จากนั้นข้อมูลแต่ละแพ็กเก็ตจะถูกส่งไปยังชั้นสื่อสารทรานสปอร์ต โดยการดำเนินการของชั้นสื่อสารทรานสปอร์ตจะใช้โปรโตคอล TCP ห่อหุ้มและแยกข้อมูลเป็นแต่ละเซกเมนต์แล้วส่งลงไปยังชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์กต่อไป จากนั้นชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์กจะทำหน้าที่ค้นหาเส้นทางโดยใช้โปรโตคอล IP แล้วจะห่อหุ้มข้อมูลในลักษณะดาต้าแกรม แล้วจึงส่งลงไปยังชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์เพื่อเข้ารหัสตรวจสอบข้อผิดพลาดและห่อหุ้มทั้งหัวและท้ายข้อมูลให้เป็นลักษณะเป็นเฟรมข้อมูล จากนั้นจึงส่งลงไปยังชั้นสื่อสารฟิสิคัลเพื่อทำหน้าที่ส่งสัญญาณผ่านให้กับสื่อกลางให้กับระบบเครือข่ายต่อไป โดยแต่ละชั้นสื่อสารจะมีลักษณะการใช้โปรโตคอลต่างๆ กับข้อมูลที่รับมา ดังในรูปที่ 4.23 ส่วนด้านฝั่งรับก็จะดำเนินการในทางกลับกันด้วยโปรโตคอลที่เกี่ยวข้องของแต่ละชั้นสื่อสารและถอดส่วนที่ห่อหุ้มข้อมูลซึ่งเป็นส่วนหัว แล้วส่งขึ้นไปเป็นข้อมูลให้กับชั้นสื่อสารลำดับสูงกว่าถัดๆ ไป ตามลักษณะการทำงานของอุปกรณ์เครือข่ายแต่ละประเภท



รูปที่ 4.23 ลักษณะการส่งข้อมูลและโปรโตคอลของแบบจำลองที่ซีพี/ไอพี

4.4.1 ชั้นสื่อสารแอปพลิเคชัน

ชั้นสื่อสารแอปพลิเคชัน ของแบบจำลองที่ซีพี/ไอพี เป็นชั้นสื่อสารที่ใกล้ชิดกับผู้ใช้ ซึ่งอาจเป็นโปรแกรมประยุกต์ต่างๆที่จะใช้โปรโตคอลที่เกี่ยวข้องกับการท่องเว็บไซต์ การส่งไฟล์ การส่งข้อความ หรือส่งอีเมล ซึ่งมีโปรโตคอลมาตรฐานรองรับโดยที่ไม่ต้องเขียนฟังก์ชันหรือโปรแกรมเฉพาะขึ้นมา โดยมีตัวอย่างโปรโตคอลสนับสนุนการใช้งานดังนี้

- 1) โปรโตคอลเอสเอ็มทีพี (SMTP : Simple Mail Transfer Protocol) เป็นโปรโตคอลที่ใช้กำหนดให้เครื่องลูกข่ายและเซิร์ฟเวอร์รับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
- 2) โปรโตคอลเอสทีทีพี (HTTP : Hypertext Transfer Protocol) เป็นโปรโตคอลที่ใช้สำหรับการเข้าถึงหรือการส่งข้อมูลเกี่ยวกับเว็บไซต์ของโปรแกรมเบราเซอร์
- 3) โปรโตคอลเอฟทีพี (FTP : File Transfer Protocol) เป็นโปรโตคอลที่ใช้รับส่งไฟล์ข้อมูลกับเซิร์ฟเวอร์
- 4) โปรโตคอลเทลเน็ต (TELNET : Telecommunication Network) เป็นโปรโตคอลสำหรับการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายระยะไกล เพื่อการเข้าใช้ทรัพยากร หรือการบริหารจัดการในเครือข่าย ซึ่งการเข้าเครือข่ายต้องมีการป้อน ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านเพื่อทำการล็อกอิน (Login)
- 5) โปรโตคอลดีเอ็นเอส (DNS : Domain Name System) เป็นโปรโตคอลที่ใช้สำหรับการแปลงชื่อโดเมนของเว็บไซต์ต่างๆให้เป็นหมายเลขไอพี เนื่องจากตำแหน่งของโฮสต์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจะอยู่ในลักษณะของหมายเลขไอพี แต่การใช้งานจะยุ่งยากในการจดจำตัวเลข จึงได้มีการใช้เป็นชื่อโดเมนของโฮสต์นั้น แล้วจึงใช้โปรโตคอลดีเอ็นเอส ทำหน้าที่แปลงชื่อโดเมนของเว็บไซต์ให้เป็นหมายเลขไอพี

4.4.2 ชั้นสื่อสารทรานสปอร์ต

ชั้นสื่อสารทรานสปอร์ตของแบบจำลองทีซีพี/ไอพี มีหน้าที่นำข้อมูลจากชั้นสื่อสารแอปพลิเคชันมาแยกเป็นแพ็กเก็ตย่อยๆ และกำหนดลำดับหมายเลขแต่ละแพ็กเก็ต เพื่อใช้สำหรับการเรียงลำดับการส่ง และการเรียงลำดับของฝั่งรับ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่กำหนดแลชหมายเลขตำแหน่งของพอร์ต (Port Address) เพื่อใช้เป็นช่องทางในการส่งข้อมูลให้กับชั้นแอปพลิเคชันของฝั่งรับได้ถูกต้อง เนื่องจากโปรแกรมประยุกต์แต่ละตัวมีการกำหนดเลขหมายพอร์ตที่แตกต่างกัน หากฝั่งรับมีการใช้โปรแกรมประยุกต์หลายๆตัวในเวลาเดียวกันจะทำให้สามารถนำข้อมูลนั้นส่งให้กับชั้นสื่อสารแอปพลิเคชันของโปรแกรมประยุกต์ได้ถูกต้อง เช่นหากมีการใช้โปรแกรมเบราว์เซอร์เข้าถึงเว็บไซต์ของเซิร์ฟเวอร์ต่างๆ ก็จะมีการส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตหมายเลข 80 แต่หากใช้โปรแกรมสนทนาเช่น Line ข้อมูลของตัวส่งจะส่งผ่านทางพอร์ตหมายเลข 446 และด้านตัวรับจะผ่านทางพอร์ตหมายเลข 49317 เป็นต้น โดยตัวอย่างหมายเลขพอร์ตมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไปดังตาราง 1

ตารางที่ 1 หมายเลขพอร์ตมาตรฐานของโปรโตคอลต่างๆ

หมายเลขพอร์ต	โปรโตคอล	การใช้งาน
21	FTP	การโอนย้ายไฟล์
23	TELNET	การล็อกอินควบคุมระยะไกล
25	SMTP	อีเมล
69	TFTP	
79	Finger	
80	HTTP	การใช้อินเทอร์เน็ต
110	POP-3	การดาวน์โหลดอีเมล

ชั้นสื่อสารทรานสปอร์ตมีโปรโตคอลหลักๆ สำหรับดำเนินการกับข้อมูลจำนวน 2 โปรโตคอล คือ โปรโตคอล TCP และ UDP โดยแต่ละโปรโตคอลมีลักษณะการทำงานดังนี้

1) โปรโตคอล TCP (Transmission Control Protocol) เป็นโปรโตคอลที่มีกระบวนการสร้างเส้นทางจากฝั่งส่งและฝั่งรับ โดยเชื่อมโยงเส้นทางผ่านอุปกรณ์เครือข่ายแต่ละประเภทให้เรียบร้อยก่อนการส่งข้อมูล ซึ่งเรียกว่าคอนเน็กชันโอเรียนเต็ด (Connection Oriented) ซึ่งมีการรับประกันว่าข้อมูลไปถึงปลายทางแน่นอน เนื่องจากได้จองและสร้างเส้นทางและกำหนดความเร็วของแบนด์วิธ สำหรับการส่งข้อมูลไว้เรียบร้อยแล้ว จากนั้นจึงจะลำเลียงข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางผ่านอุปกรณ์เครือข่ายต่างๆ หากการสร้างเส้นทางระหว่างตัวส่งและตัวรับยังไม่เรียบร้อย

จะไม่มี การส่งข้อมูล นอกจากนี้ยังมีกระบวนการตรวจสอบว่าข้อมูลไปถึงผู้รับหรือไม่ จะมีการส่งใหม่เมื่อข้อมูลเกิดการสูญหาย และการตรวจสอบการมาซ้ำซ้อนของข้อมูลที่ฝั่งตัวรับ และเมื่อรับส่งข้อมูลกันเสร็จสิ้นก็จะยกเลิกหรือปิดการสร้างเส้นทาง เพื่อให้ผู้ใช้รายอื่นๆ ได้ใช้อุปกรณ์ของเครือข่ายต่อไป มีลักษณะการสื่อสารระหว่างฝั่งส่งและฝั่งรับดังลักษณะในรูปที่ 4.24 โดยโปรโตคอลบนชั้นสื่อสารแอปพลิเคชันที่ใช้โปรโตคอล TCP เพื่อสร้างเส้นทางกันโอนถ่ายข้อมูล เช่น โปรโตคอล FTP ซึ่งจำมีลักษณะการสร้างเส้นทางเชื่อมโยงผ่านเครือข่ายให้เรียบร้อยก่อนการถ่ายโอนไฟล์ข้อมูล ทำให้การถ่ายโอนข้อมูลมีความรวดเร็ว และมีการรับประกันว่าข้อมูลไม่มีการสูญหาย เป็นต้น

2) โปรโตคอล UDP (User Datagram Protocol) เป็นโปรโตคอลที่ตรงข้ามกับโปรโตคอล TCP คือไม่มีการสร้างเส้นทางสำหรับการส่งข้อมูลระหว่างตัวส่งและตัวรับ แต่จะให้มีการส่งข้อมูลโดยทันที โดยให้อุปกรณ์เครือข่ายตัวถัดไปหรือเราเตอร์ทำหน้าที่เลือกส่งต่อไปยังเลขหมายเครือข่ายใด เป็นการส่งต่อๆ กันไปผ่านอุปกรณ์เครือข่ายต่างๆ จนข้อมูลที่ส่งออกไปถึงตัวรับปลายทาง ซึ่งจะรับประกันว่าข้อมูลไปถึงตัวรับปลายทางหรือไม่ หากแพ็กเก็ตข้อมูลใดหายไปก็สามารร้องขอให้ส่งใหม่ แต่มีข้อดีคือการส่งข้อมูลอย่างรวดเร็วทันที ไม่ต้องรอขั้นตอนการเชื่อมต่อของเครือข่าย เหมาะสมสำหรับไฟล์ข้อมูลแบบที่บางส่วนขาดหายไปบ้างก็ไม่ใช่ปัญหา เช่นการท่องเว็บ การส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดียต่างๆ ที่เป็นการเปิดใช้แบบออนไลน์ เป็นต้น

4.4.3 ชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์ก

ชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์กของแบบจำลองทีซีพี/ไอพี มีหน้าที่ค้นหาและเลือกเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการส่งข้อมูลซึ่งอยู่ในรูปแบบแพ็กเก็ตติดตาแกรม ไปยังอุปกรณ์เครือข่ายต่างๆ เช่นเราเตอร์ เพื่อนำส่งไปยังผู้รับปลายทาง ลักษณะการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลนั้นไม่ได้สร้างการเชื่อมต่อเส้นทางก่อนส่งแต่อย่างใด ไม่รับประกันการส่งข้อมูลไปถึงผู้รับปลายทางหรือไม่ โดยการรับประกันหรือการตรวจสอบจำนวนของแพ็กเก็ตข้อมูลจะเป็นหน้าที่ของชั้นสื่อสารทรานสปอร์ต โดยโปรโตคอลต่างๆ ที่ใช้ในชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์ก เช่น โปรโตคอล IP, ARP, RARP, ICMP และ IGMP ซึ่งโปรโตคอล IP จะเป็นโปรโตคอลหลักสำหรับการสื่อสารข้อมูลไปยังตัวรับปลายทาง

4.4.4 ชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์

ชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์ของแบบจำลองทีซีพี/ไอพี มีหน้าที่นำข้อมูลจากชั้นเน็ตเวิร์กมาเพิ่มข้อมูลในส่วนหัวและเพิ่มรหัสตรวจสอบความผิดพลาดจากการส่งข้อมูลที่ส่วนหางของข้อมูลคล้ายกับการทำงานของแบบจำลองโอเอสไอ โดยจะมีโปรโตคอลมาตรฐานต่างๆ ที่สนับสนุนหน้าที่ของชั้นสื่อสารดาต้าลิงก์ เช่นโปรโตคอลอีเทอร์เน็ต (Ethernet Protocol) โทเค็นริง (Token Ring) เป็นต้น

4.4.5 ชั้นสื่อสารฟิสิกัล

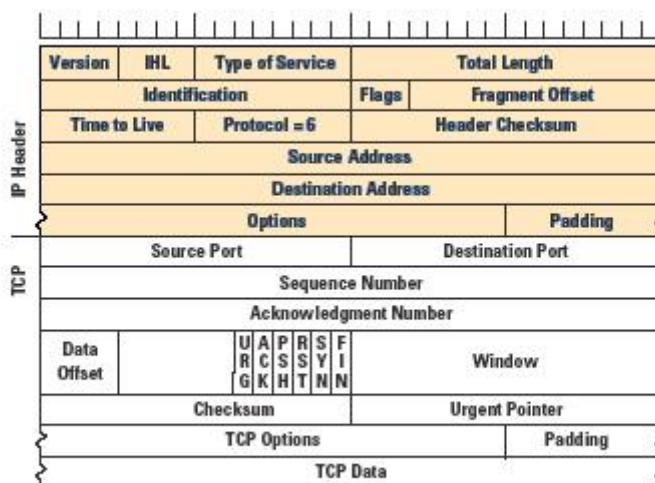
ชั้นสื่อสารฟิสิกัลของแบบจำลองทีซีพี/ไอพี มีหน้าที่แปลงข้อมูลเป็นสัญญาณ ในรูปแบบ แรงแดันไฟฟ้า แสง หรือคลื่นวิทยุ ผ่านตัวกลางนำสัญญาณไปยังอุปกรณ์ตัวรับถัดไป ซึ่งมีลักษณะการทำงานเหมือนกับชั้นสื่อสารฟิสิกัลของแบบจำลองโอเอสไอเช่นเดียวกัน

4.5 โพรโตคอล

โพรโตคอล คือข้อตกลง หรือกฎเกณฑ์ของกระบวนการสื่อสาร ที่ถูกกำหนดขึ้นมาใช้ร่วมกันระหว่างตัวส่งและตัวรับ ทำให้ทั้งตัวส่งและตัวรับสามารถรับส่งและตรวจสอบข้อมูลได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ แต่ละชั้นสื่อสารจะมีโพรโตคอลที่มีลักษณะแตกต่างกันไปของแต่ละชั้น โดยมีโพรโตคอลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายดังนี้

4.5.1 โพรโตคอล TCP

โพรโตคอล TCP (Transmission Control Protocol) เป็นโพรโตคอลที่ทำงานอยู่บนชั้นสื่อสารทรานสปอร์ต มีหน้าที่จัดแบ่งข้อมูลให้มีขนาดพอเหมาะที่จะส่งผ่านระบบเครือข่ายโดยเรียกชุดข้อมูลเป็นเซกเมนต์ แต่ละเซกเมนต์จะมีการกำหนดเลขหมายให้แต่ละเซกเมนต์เพื่อจัดลำดับการส่ง และก่อนการส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายจะมีการสร้างเส้นทางให้แล้วเสร็จ จึงจะดำเนินการส่งข้อมูลภายในแต่ละเซกเมนต์มีขนาด 65,495 ไบต์และมีส่วนหัวของแต่ละเซกเมนต์มีขนาด 20 ไบต์ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆดังรูปที่ 4.26 และมีรายละเอียดดังนี้

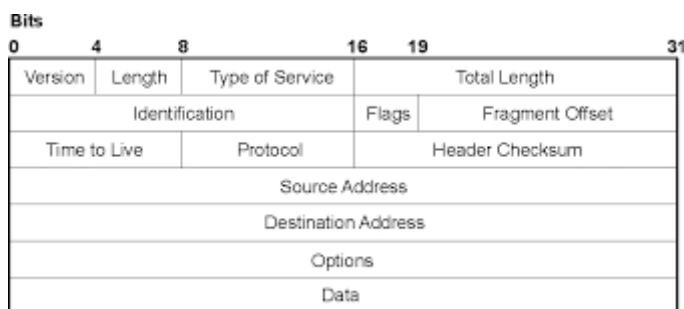


รูปที่ 4.26 รูปแบบแพ็กเก็ตข้อมูลของโพรโตคอล TCP

- Source Port มีขนาด 2 ไบต์ เป็นส่วนที่ระบุตำแหน่งเลขหมายพอร์ตของโปรแกรมประยุกต์แต่ละประเภทจากตัวส่ง
 - Destination Port มีขนาด 2 ไบต์ เป็นส่วนระบุตำแหน่งเลขหมายพอร์ตของโปรแกรมประยุกต์แต่ละประเภทของตัวรับ
- Sequence Number มีขนาด 4 ไบต์ สำหรับการระบุลำดับของไบต์แรกของการเริ่มต้นส่งข้อมูลเมื่อมีการเชื่อมต่อ
- Acknowledgment Number มีขนาด 4 ไบต์ สำหรับการระบุลำดับตำแหน่งของไบต์ถัดไปที่ร้องขอ หรือตอบกลับให้ส่งข้อมูล
- Data Offset มีขนาด 4 บิต สำหรับบอกจุดเริ่มต้นของแต่ละเซกเมนต์
- Reserved มีขนาด 4 บิต สงวนไว้สำหรับในอนาคต โดยค่าปกติจะเป็นลอจิก 0 เสมอ
- Window มีขนาด 2 ไบต์ สำหรับการบอกจำนวนไบต์ที่ส่งมา ซึ่งทุกๆเซกเมนต์นั้นตัวรับจะมีการแจ้งจำนวนข้อมูลที่สามารถรับได้ให้ตัวส่งทราบ ทำให้ตัวส่งจะไม่ส่งจำนวนข้อมูลที่มากกว่าความสามารถรับข้อมูลของตัวรับ
- Checksum มีขนาด 2 ไบต์ สำหรับการตรวจสอบข้อผิดพลาดของการรับส่งแต่ละเซกเมนต์

4.5.2 โพรโทคอล IP

โพรโตคอล IP (IP Protocol) มาจากคำว่า Internet Protocol เป็นโพรโตคอลสำคัญที่ใช้ทำงานอยู่ในชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์ก ซึ่งมีหน้าที่กำหนดเลขหมายไอพีของตัวรับข้อมูล มีกระบวนการทำงานแบบคอนเน็กชันเลสที่ส่งแพ็กเก็ตข้อมูลทันทีโดยไม่ต้องสร้างเส้นทาง โดยจะทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูล หรือเรียกว่า ดาต้าแกรม (Datagram) ไปยังปลายทางด้วยเลขหมายไอพี ซึ่งแต่ละแพ็กเก็ตมีความจุได้สูงสุด 65,536 ไบต์ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนหัว และส่วนข้อมูล ทั้งนี้ส่วนหัวของแพ็กเก็ตจะอยู่ที่ตำแหน่ง 20 ถึง 60 ซึ่งเป็นองค์ประกอบและคุณสมบัติต่างๆของแพ็กเก็ตข้อมูล และตั้งแต่ตำแหน่งที่ 61 เป็นต้นไปเป็นส่วนของข้อมูลในแต่ละแพ็กเก็ต ดังแสดงในรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 แบบแพ็กเก็ตข้อมูลของโพรโทคอล IP

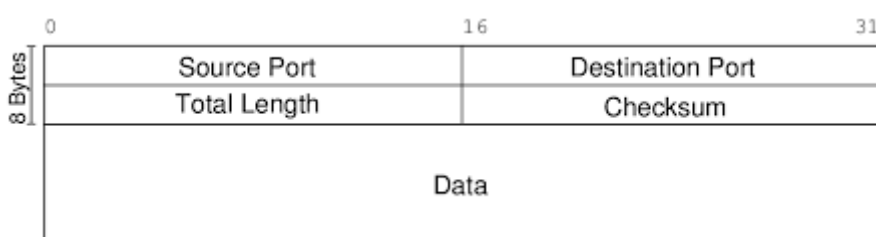
องค์ประกอบส่วนหัวของแพ็กเก็ตข้อมูลของโปรโตคอลไอพี มีรายละเอียดดังนี้

- VERSION หมายถึงเวอร์ชันของ IP โพรโตคอล มีจำนวน 4 บิต ใช้สำหรับตรวจสอบเวอร์ชันระหว่างตัวส่งและตัวรับ เพื่อป้องกันความผิดพลาดของการนำส่งแพ็กเก็ต โดยกระบวนการจะมีการตรวจสอบเวอร์ชันของแพ็กเก็ตที่ได้รับมาก่อนเป็นอันดับแรก หากเวอร์ชันมีความแตกต่างไปจากที่กำหนดของซอฟต์แวร์ ก็จะทำให้การปฏิเสธแพ็กเก็ตข้อมูลนั้น
- Length (HKEN) มีขนาด 4 บิตสำหรับบอกความยาวของส่วนหัวโดยตัวเลขจะเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0101 – 1111 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงแต่ละค่าจะหมายถึงความยาวเพิ่มหรือลดเป็นจำนวน 4 ไบต์ จึงตรงกับ ความยาวของส่วนหัวที่มีขนาดตั้งแต่ 20 ไบต์ ถึง 60 ไบต์
- Type of Service มีขนาด 1 ไบต์ สำหรับบอกประเภทการส่งข้อมูล ความน่าเชื่อถือ ค่า หน่วงเวลาของตัวส่ง
- Total Length มีขนาด 2 ไบต์สำหรับระบุความยาวของแพ็กเก็ต ซึ่งแต่ละแพ็กเก็ตจะมีความยาวได้สูงสุด 65,535 ไบต์
- Identification มีขนาด 2 ไบต์สำหรับการกระจายหรือแตกข้อมูลออกเป็นแพ็กเก็ตเล็กๆ (Fragmentation) เนื่องจากมีการส่งผ่านไปยังเครือข่ายต่างชนิดกัน แต่ละแพ็กเก็ตที่แตกข้อมูลไปจะถูกกำหนดลำดับเลขหมายในส่วนนี้
- Flags มีขนาด 3 บิตสำหรับกำหนดว่าแพ็กเก็ตที่ส่งไปนี้สามารถแตกข้อมูลย่อยได้หรือไม่
- Time To Live (TTL) มีขนาด 1 ไบต์สำหรับกำหนดระยะเวลาสูงสุดที่แพ็กเก็ตนั้นสามารถอยู่ในเครือข่ายได้นานสุดเท่าใด หากเลยกำหนดเวลาดังกล่าวแพ็กเก็ตนั้นๆ จะถูกลบออกจากการส่งข้อมูลของเครือข่าย ซึ่งจะเป็นเสมือนการกำหนดอายุของแต่ละแพ็กเก็ต ซึ่งหากแพ็กเก็ตใดหมดอายุหรือหมดเวลาเสียก่อนจะถึงตัวรับปลายทาง ก็จะมีการแจ้งให้ตัวส่งทราบ
- Protocol มีขนาด 1 ไบต์ สำหรับระบุชนิดของโปรโตคอล เช่นโปรโตคอล TCP, UDP, ICMP เป็นต้น
- Header Checksum มีขนาด 2 ไบต์สำหรับการตรวจสอบข้อผิดพลาดเฉพาะข้อมูลของส่วนหัว (ไม่รวมส่วนของข้อมูลของแพ็กเก็ต)
- Source Address มีขนาด 4 ไบต์สำหรับหมายเลขไอพีของตัวส่ง
- Destination Address มีขนาด 4 ไบต์สำหรับหมายเลขไอพีของตัวรับ

4.5.3 โปรโตคอล UDP

โปรโตคอล UDP (User Datagram Protocol) เป็นโปรโตคอลที่ทำงานอยู่บนชั้นสื่อสาร

ทรานสปอร์ต จะทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลโดยทันทีโดยมิต้องมีการสร้างเส้นทางของเครือข่ายก่อน ดังนั้นเมื่อมีข้อมูลที่จะต้องส่งก็จะดำเนินการแตกเป็นแพ็กเก็ตแล้วส่งโดยทันที โดยไม่ได้รับประกันว่าแพ็กเก็ตจะไปถึงตัวรับปลายทางหรือไม่ จึงเป็นโปรโตคอลที่มีความน่าเชื่อถือต่ำ โดยแต่ละแพ็กเก็ตมีส่วนประกอบดังลักษณะในรูปที่ 4.28 แต่ละส่วนมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังนี้



รูปที่ 4.28 แบบแพ็กเก็ตข้อมูลของโปรโตคอล UDP

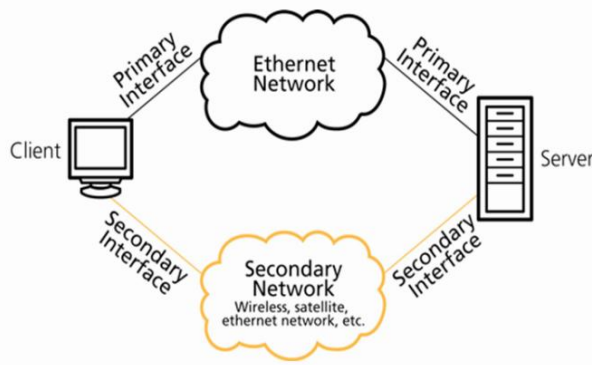
- Source Port Address มีขนาด 2 ไบต์สำหรับหมายเลขพอร์ตของโปรแกรมประยุกต์ของตัวส่ง
- Destination Port Address มีขนาด 2 ไบต์สำหรับหมายเลขพอร์ตของโปรแกรมประยุกต์ของตัวรับ
- Total Length มีขนาด 2 ไบต์สำหรับการระบุความยาวหรือจำนวนไบต์ของแพ็กเก็ต
- Checksum มีขนาด 2 ไบต์สำหรับใช้ตรวจสอบข้อผิดพลาดของการส่งข้อมูล

4.5.4 โปรโตคอล SCTP

โปรโตคอล SCTP (Stream Control Transmission Protocol) เป็นโปรโตคอลใหม่ ที่ทำงานบนชั้นสื่อสารทราสพอร์ต ซึ่งพัฒนาจากพื้นฐานของโปรโตคอล TCP และ UDP โดยนำข้อดีต่างๆมารวมอยู่โปรโตคอล SCTP ทำให้การส่งข้อมูลมีความน่าเชื่อถือค่อนข้างสูง การส่งข้อมูลจะมีกระบวนการคอนเน็กชันโอเรียนเต็ดเพื่อเชื่อมต่อหรือสร้างเส้นทางก่อนส่งข้อมูลคล้ายๆกับโปรโตคอล TCP และสามารถนำส่งข้อมูลไปยังปลายทางได้หลายเส้นทาง (Multiple Paths) และหลายๆสตรีม (Multiple Streams) ได้พร้อมๆกัน โดยเส้นทางที่ถูกสร้างขึ้นมานั้นจะถูกดูแลและรักษาการเชื่อมต่อจนกระทั่งการส่งข้อมูลแล้วเสร็จจึงจะยุติการเชื่อมต่อ โดยโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้โปรโตคอล SCTP เช่น VoIP (Voice over IP) หรือมัลติมีเดีย วีดีโอประเภทต่างๆ เพื่อการนำส่งข้อมูลที่ต้องการ

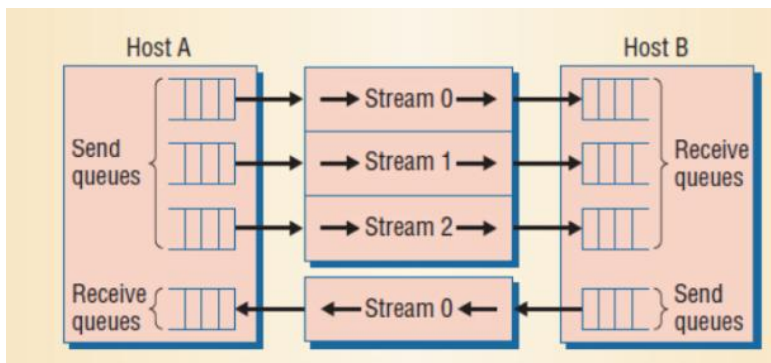
ความเร็วและต่อเนื่องในการนำส่งข้อมูล โพรโทคอล SCTP มีลักษณะการทำงานคล้ายกับโปรโตคอล TCP แต่มีคุณสมบัติที่แตกต่างเพื่อแก้ปัญหาจากโปรโตคอล TCP ได้แก่

1) การสำรองเส้นทาง (Multiple Homing) เป็นกระบวนการสร้างทั้งเส้นทางหลัก (Primary path) และเส้นทางสำรอง (Redundant link) ขึ้นมาพร้อมๆกัน กรณีเส้นทางหลักเกิดความเสียหายไม่สามารถส่งข้อมูลหรือมีการหน่วงเวลามากขึ้น ก็จะเปลี่ยนไปใช้เส้นทางสำรองได้โดยทันที ดังลักษณะในรูปที่ 4.29



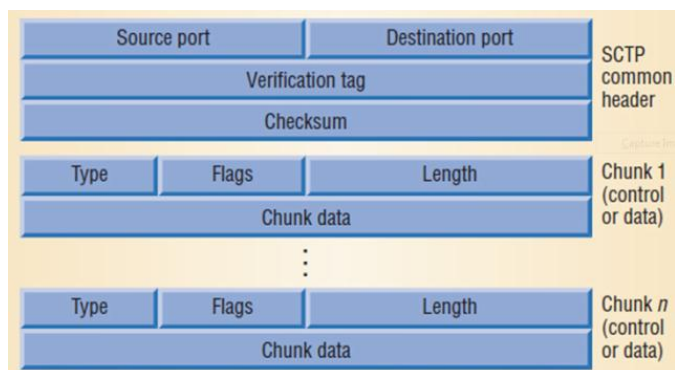
รูปที่ 4.29 การสร้างเส้นทางสำรองของโปรโตคอล SCTP

2) การส่งข้อมูลหลากหลายสตรีม (multiple Stream) ปกติการเชื่อมต่อของโปรโตคอล TCP ระหว่างตัวรับและตัวส่งจะเปิดการเชื่อมต่อระหว่างกันเพียงสตรีมเดียวเท่านั้น แต่โปรโตคอล SCTP จะมีการเปิดไว้หลายๆการเชื่อมต่อทำให้การส่งข้อมูลระหว่างกันมีหลายสตรีมคู่ขนานกันไป มีผลทำให้การส่งข้อมูลได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ดังมีลักษณะดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 การเชื่อมต่อหลายสตรีมของโปรโตคอล SCTP

แต่ละแพ็กเก็ตข้อมูลของโปรโตคอล SCTP บนชั้นสื่อสารทรานสปอร์ตจะถูกส่งลงมาให้ชั้นสื่อสารเน็ตเวิร์กดำเนินการต่อไปนั้น จะมีรูปแบบและส่วนประกอบ ดังในรูปที่ 4.31 แต่ละส่วนจะมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.31 รูปแบบแพ็กเก็ตข้อมูลของโปรโตคอล SCTP

- Source Port Address มีขนาด 2 ไบต์ สำหรับการระบุหมายเลขพอร์ตของโปรแกรมประยุกต์ของตัวส่ง
- Destination Port Address มีขนาด 2 ไบต์ สำหรับการระบุหมายเลขพอร์ตของโปรแกรมประยุกต์ของตัวรับ
- Verification tag เพื่อการตรวจสอบ
- Checksum สำหรับตรวจสอบข้อผิดพลาดของแพ็กเก็ต

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. แบบจำลองไอเอสไอ มีชั้นสื่อสารกี่ชั้น อะไรบ้าง
2. การสร้างแบบจำลองไอเอสไอมีข้อดีอย่างไร
3. การสื่อสารข้อมูลระหว่างตัวส่งและตัวรับด้วยแบบจำลองไอเอสไอเป็นอย่างไร
4. จงอธิบายหลักการของการเอนแคปซูลและดีแคปซูลของแบบจำลองไอเอสไอเป็นอย่างไร
5. การเพิ่มส่วนหางของข้อมูล เกิดขึ้นที่ชั้นสื่อสารใด
6. เฮดเดอร์และเทรลเลอร์ คืออะไร ถูกเพิ่มเข้าไปทำไม อย่างไร
7. ชั้นสื่อสารเซสชันของแบบจำลองไอเอสไอ มีวิธีการตรวจสอบความผิดพลาดการรับส่งข้อมูลอย่างไร อธิบาย
8. การทำงานแบบ UDP และ TCP แตกต่างกันอย่างใด
9. การสื่อสารแบบคอนเน็กชันและคอนเน็กชันเลส หมายถึงอะไร อธิบาย
10. ชั้นสื่อสารแบบจำลองทีซีพี แตกต่างจากแบบจำลองไอเอสไออย่างไร

