บทที่

2

เครือข่าย (Network)

A Computer Network is composed of multiple connected computers that communicate over a medium to share data and resources.

Network คือกลุ่มของอุปกรณ์ (Devices) ที่สามารถ รับ และส่งข่าวสาร ผ่านทางอุปกรณ์นำข้อมูล (Carrier หรือ Link)

ในทางปฏิบัติ เพื่อให้การบริหารจัดการข้อมูล เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการที่เกิดขึ้นจึงประกอบด้วยการทำงาน เกี่ยวเนื่องกันเป็นลำดับชั้น (Layers)

หน้าที่แบบระดับชั้น

กระบวนการของการสื่อสารแบบระดับชั้น (Layered Tasks หรือ Stack) อ้างอิงตามองค์ประกอบ 5 ประการตามนิยามของการสื่อสารข้อมูล ตัวอย่างเช่น การส่งจดหมายทางไปรษณีย์ต่อไปนี้

- **Protocol** หมายถึง ชุดของกฎหรือข้อตกลง ในที่นี้คือระบบการส่งจดหมายทางไปรษณีย์
- **Message** คือ จดหมาย ประกอบด้วยข้อมูล ที่ต้องการสื่อสาร
- **Sender** ได้แก่ ผู้ส่งเขียนจดหมาย สอดไปในซอง (Packet) ติดแสตมป์ (Protocol) แล้วหย่อนลงตู้ไปรษณีย์
- **Medium** คือ เส้นทางการขนส่งจดหมายกำหนดโดยที่ทำการไปรษณีย์ ส่วนกลาง และท้องถิ่น
- **Receiver** ได้แก่ ผู้รับหยิบจดหมายจากตู้รับหน้าบ้าน เปิดซอง แล้วอ่านข่าวสารในตัวจดหมาย

จากตัวอย่างจะเห็นว่า Protocol การส่งจดหมายทางไปรษณีย์ มีการทำงานเป็นลำดับขั้นเรียกว่า **Hierarchy** หมายถึง ลำดับของขั้นตอนดำเนินการซึ่งต้องสอดคล้องกัน (จำนวนเท่ากัน และมีหน้าที่สมมูลกัน) ทั้งทางด้านส่งและด้านรับ

Services หมายถึงการใช้ผลลัพธ์ (เช่น ข้อมูล และการระบุตำแหน่ง เป็นต้น) จากขั้นตอนที่ต่ำกว่า โดยขั้นตอนที่สูงถัดขึ้นไป

แบบจำลองระดับชั้นของการส่งจดหมาย (Layered Post Model)
แบบจำลองของการส่งจดหมายแสดงดังรูปที่ 2.1 ประกอบด้วย 3 ระดับชั้นได้แก่ Higher Layer Middle Layer และ Lower Layer ซึ่งแต่ละชั้นจะมีการทำงานที่สอดคล้องกัน ระหว่างฝั่งด้านส่ง (Sender) และด้านรับ (Receiver) ดังต่อไปนี้

- *Higher Layer* เกี่ยวข้องกับผู้ส่ง และรับปลายทาง กล่าวคือ เขียนจดหมายใส่ซองหย่อนลงตู้ไปรษณีย์ และการหยิบซองจดหมายจากตู้ไปรษณีย์มาเปิดอ่าน
- *Middle Layer* เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนจดหมายระหว่าง ตู้ไปรษณีย์ กับที่ทำการไปรษณีย์
- *Lower Layer* เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนจดหมายระหว่าง ที่ทำการไปรษณีย์ ของทั้งสองฝั่ง

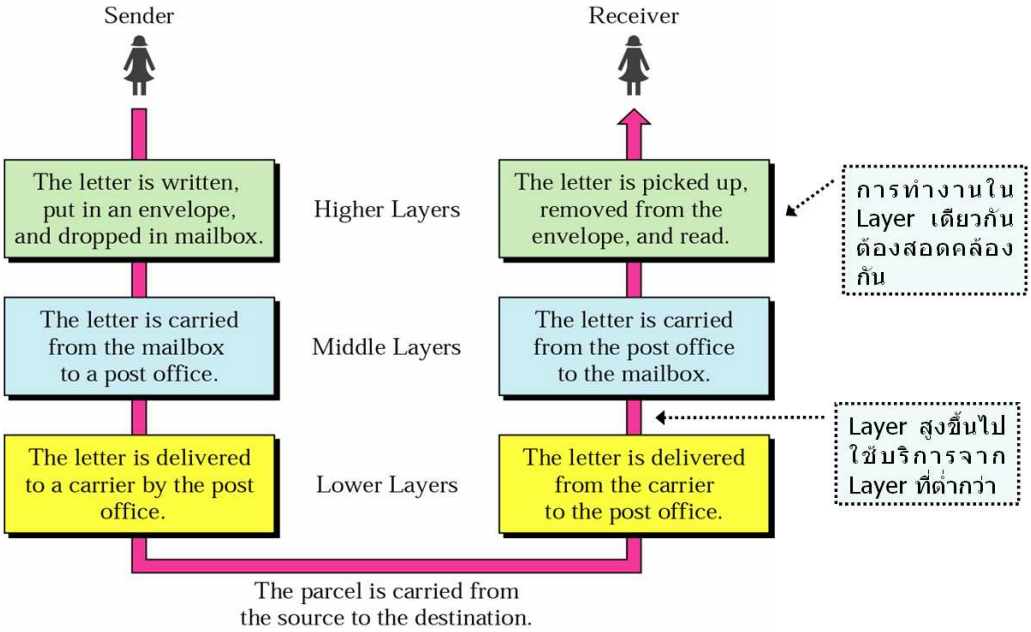

FIGURE 2.1 แบบจำลองระดับชั้นของการส่งจดหมาย ประกอบด้วย Higher Layer Middle Layer และ Lower Layer

แบบจำลองอินเตอร์เน็ต

การซ้อนกันของระดับชั้น (Stacks) ของการสื่อสารข้อมูลเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน ได้แก่ แบบจำลองอินเตอร์เน็ต (Internet Model) บางครั้งอาจเรียกว่า TCP/IP Suite ซึ่งประกอบด้วยลำดับชั้น 5 Layers ได้แก่ Physical Data-Link Network Transport และ Application Layer อย่างไรก็ดี ภายในเครือข่ายอาจจะมีอุปกรณ์บางตัว (Node) ซึ่งมีหน้าที่เพียงแค่ 3 Layers แรกเท่านั้นก็ได้ ได้แก่ Physical Data-Link และ Network Layer หัวข้อถัดไปจะกล่าวถึง Internet Model ใน 2 ประเด็นต่อไปนี้

- กระบวนการระหว่างอุปกรณ์ภายในชั้นเดียวกัน (Peer-to-Peer Process)
- หน้าที่ของแต่ละลำดับชั้น (Functions of Layers)

กระบวนระหว่างจุดเชื่อมต่อระดับเดียวกัน (Peer-to-Peer Processes)
การสื่อสารระหว่างจุดเชื่อมต่อระดับเดียวกัน (Peer-to-Peer Process) จะเป็นการโต้ตอบภายในชั้นเดียวกันภายใต้ Protocol ที่นิยามเฉพาะสำหรับชั้นนั้น ซึ่งมีจุดเด่นที่สำคัญในแง่ของความยืดหยุ่น (Flexibility) และความโปร่งใส (Transparent) ระหว่างชั้น ดังรูป

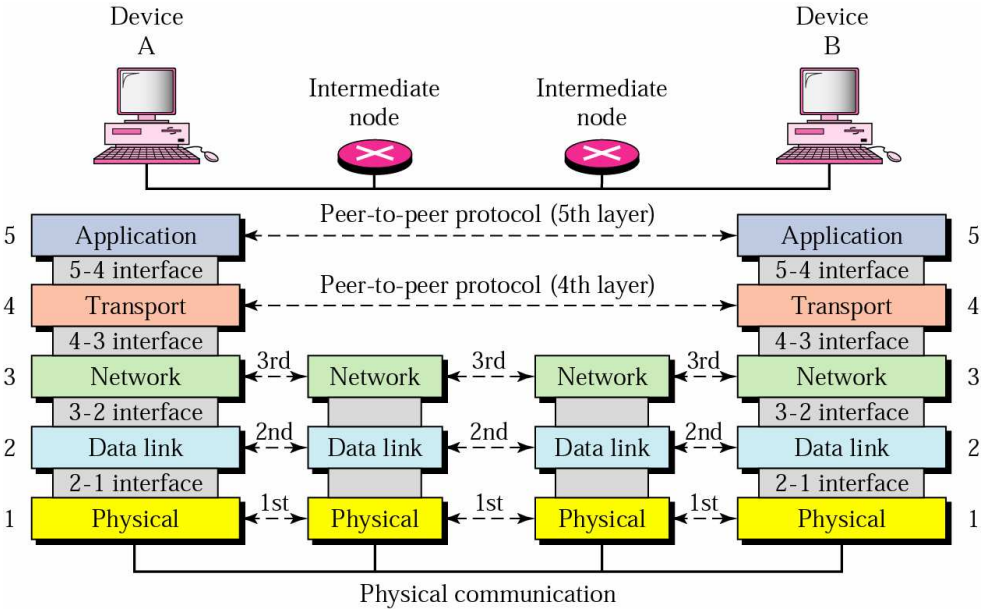

FIGURE 2.2 แผนผังแสดง Peer to Peer Process ระหว่าง Node A และ B ในกรอบการทำงานของ Internet Model

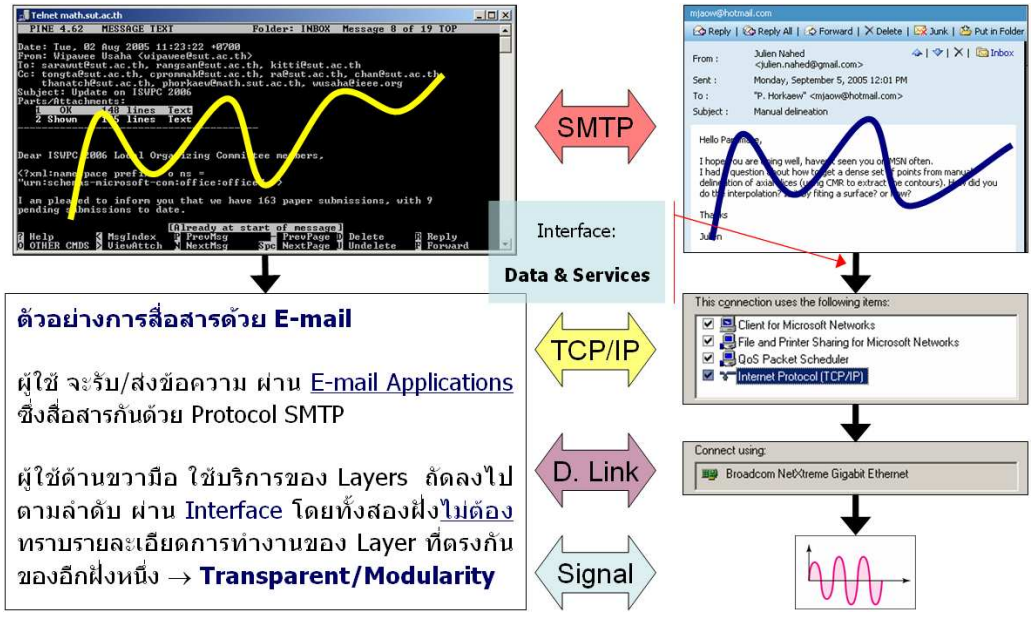

FIGURE 2.3 การสื่อสาร E-mail อ้างอิงกับ Internet Model โดย Network และ Transport Layers ผนวกกันด้วย TCP/IP Protocol

การแลกเปลี่ยนข้อมูลในแบบจำลองอินเตอร์เน็ต (An Exchange in the Internet Model)
ในจำนวนลำดับชั้นทั้ง 5 ชั้นของแบบจำลองอินเตอร์เน็ต สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้

1. Network Support Layer (L1, 2, 3) ทำหน้าที่จัดการถ่ายโอนข้อมูลระหว่าง Node
2. User Support Layer (L5) ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้ ผ่านทางซอฟท์แวร์ต่างๆ
3. Transport Layer (L4) ทำหน้าที่ประสานข้อมูลที่กลุ่ม 1 จัดส่งให้อยู่ในรูปแบบที่กลุ่มที่ 2 ใช้ได้

รูปที่ 2.4 แสดงลำดับขั้นการทำงานที่สัมพันธ์กันระหว่างชั้น (การแลกเปลี่ยนข้อมูล) สังเกตข้อมูลของชั้นสูงกว่า รวมทั้งส่วนหัว (Header: H) จะถูกมองรวมกันเป็นข้อมูลของลำดับชั้นที่ต่ำกว่า

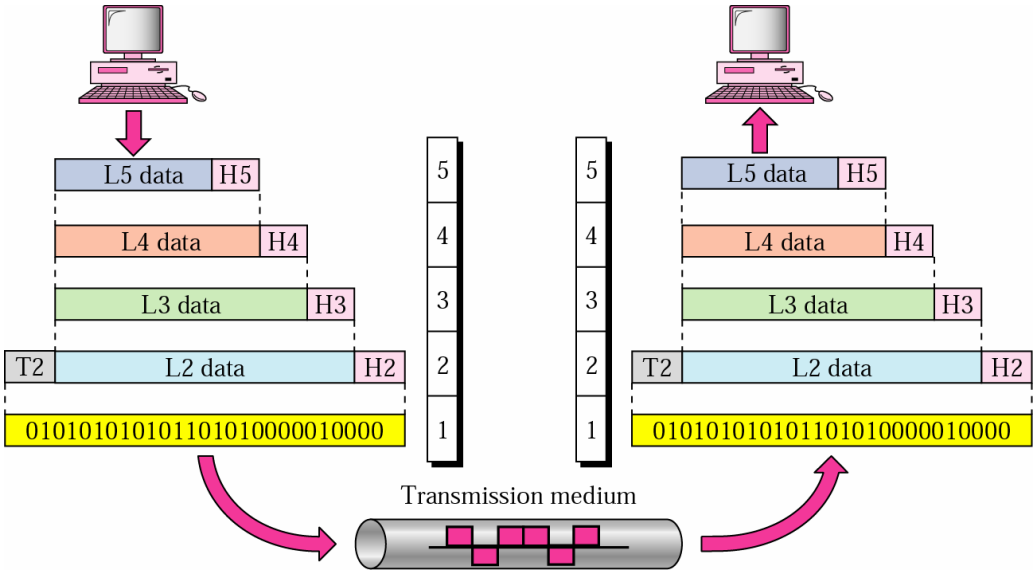

FIGURE 2.4 ลำดับขั้นการทำงานที่สัมพันธ์กันระหว่างชั้นในแบบจำลองอินเตอร์เน็ต

ระดับชั้นในแบบจำลองอินเตอร์เน็ต

ชั้นที่ 1 Physical Layer
รับผิดชอบในการส่ง "**กลุ่มของบิต** (Bit Stream)" จาก Node หนึ่ง ไปยังอีก Node หนึ่ง ดังรูปที่ 2.5 และนอกจากนี้ ยังทำหน้าที่นิยาม

- ข้อกำหนดเชิงกล/ไฟฟ้า ของ Interface และ Transmission Media
- ขั้นตอน และการทำงาน ของ Device และ Interface ในการจัดส่งข้อมูล

ชั้นที่ 2 Data Link Layer
รับผิดชอบการควบคุมการถ่ายโอนข้อมูลระหว่าง Node เพื่อประสิทธิภาพสูงสุด ดังรูปที่ 2.6 โดยทำหน้าที่

- บริหารจัดการ การใช้ตัวกลาง (Access Control) ณ เวลาใดๆ ในกรณีมีการใช้งานร่วมกัน

- ระบุ **Node ถัดไป** (H2) ในการส่ง Bit Stream/Frame (ปณ. ปลายทาง ถ้าอยู่นอกเครือข่าย)
- ควบคุมอัตราการไหลของข้อมูล (Flow Control) และแก้ไขข้อผิดพลาด (Error Control) (T2)

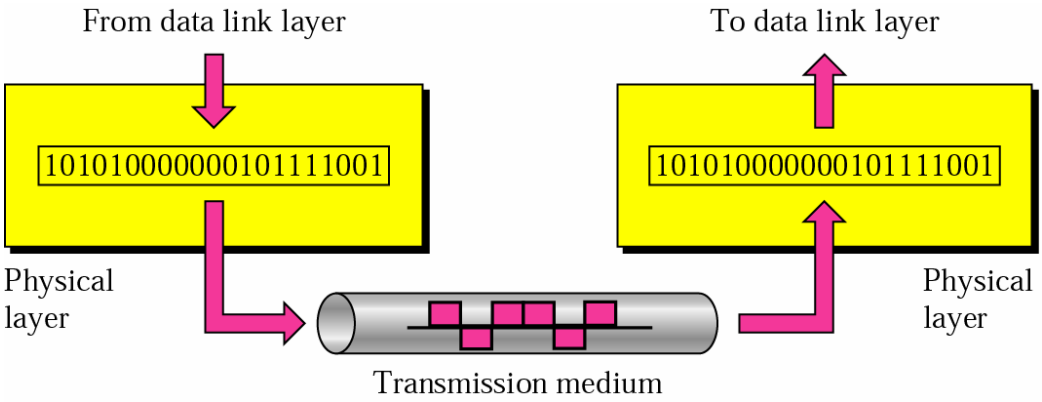

FIGURE 2.5 หน้าที่สำคัญของ Physical Layer ได้แก่การแปลงกลุ่มของบิตเป็นสัญญาณเพื่อส่งผ่านตัวกลางระหว่าง Node

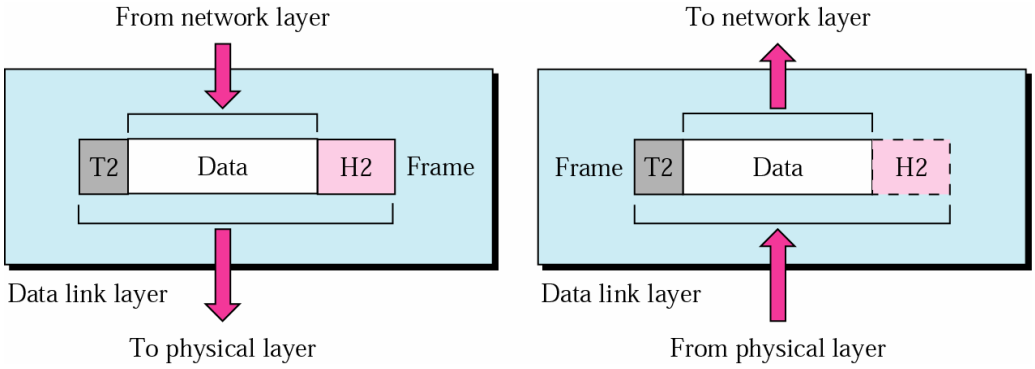

FIGURE 2.6 หน้าที่สำคัญของ Data Link Layer ได้แก่การถ่ายโอนข้อมูลระหว่าง Node อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังเป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง Network Layer และ Physical Layer โดยเพิ่มส่วนควบคุม H2 และ T2

Hop-to-Hop Delivery เป็นลักษณะการทำงานของ Data Link Layer โดยข้อมูลจะถูกส่งผ่าน Link จาก Node หนึ่ง ไปยัง Node ถัดไปในเครือข่าย ซึ่งอยู่ในเส้นทางระหว่างผู้ส่งและผู้รับปลายทาง

ตัวอย่างเช่น เมื่อผู้ส่ง และผู้รับปลายทาง ได้แก่ Node A และ F ตามลำดับ Protocol ในชั้น Data Link Layer จะทำการถ่ายโอนข้อมูลระหว่าง Node ที่ติดกันภายในเส้นทางจาก A ไป F ได้แก่ A-B B-E และ E-F ตามลำดับ ด้วยคุณสมบัติ Transparent ของ Internet Model ข้อมูลในส่วน Hop-to-Hop Delivery จะเกี่ยวข้องกับ Protocol ใน Physical และ Data Link Layer เท่านั้น ดังรูปที่ 2.7

Data Link Example จากรูปที่ 2.8 Node #10 ต้องการส่งข้อมูลไปยัง Node #87 แต่เนื่องจาก Node ทั้งสองเชื่อมต่อด้วย Link เดียว (Bus Topology) จึงไม่จำเป็นต้องทำ Hop-to-Hop ดังนั้นใน Layer นี้ ส่วนที่เป็น Header (H2) จึงระบุเพียงแค่ Node ต้นทาง (10) และ Node ถัดไป (= Node ปลายทาง = 87) ส่วน T2 จะใช้สำหรับการตรวจจับ และแก้ไข Error

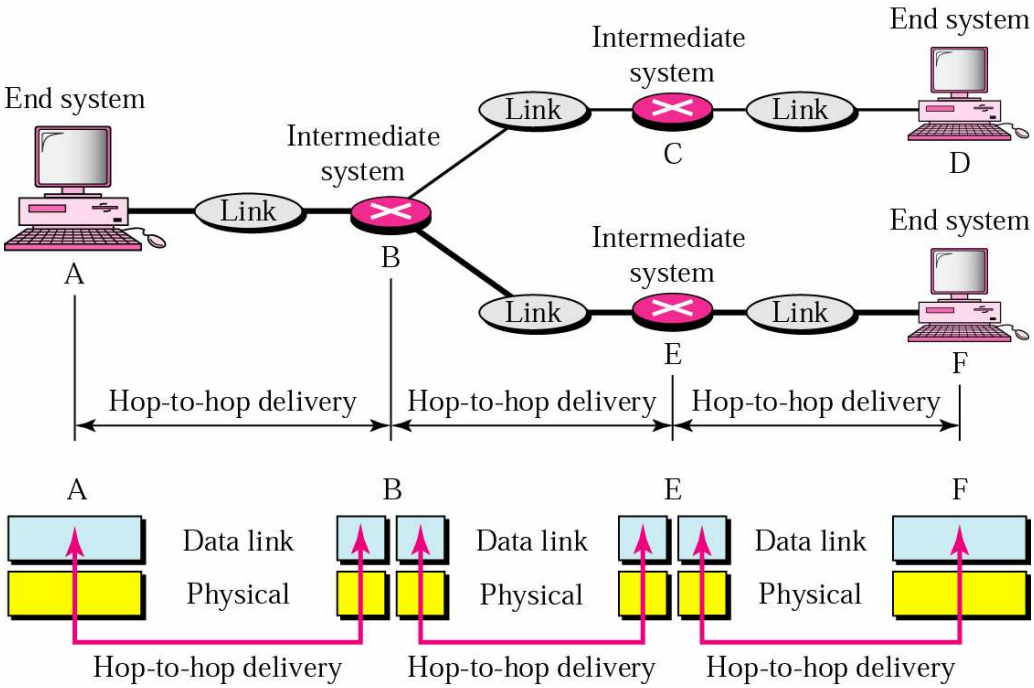

FIGURE 2.7 การทำงานของ Hop-to-Hop Delivery จะเป็นการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง Node ที่ติดกันในเส้นทางที่กำหนด

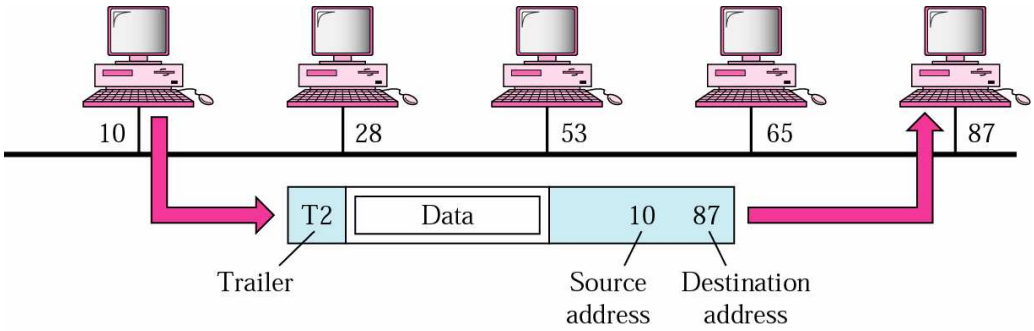

FIGURE 2.8 ตัวอย่างของการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง Node ในเครือข่ายซึ่งมีโครงสร้างแบบ Bus (นอกจากหมายเลขต้นทาง-ปลายทางแล้ว H2 ยังบรรจุข้อมูล Header ส่วนอื่นๆ ที่จำเป็นอีก แต่จะยังไม่กล่าวถึงในที่นี้)

ชั้นที่ 3 (Network Layer)
รับผิดชอบในการส่ง "ข้อมูล" จาก Node ต้นทางไปยัง Node ปลายทาง (อาจอยู่ต่าง Network ได้) โดยสมบูรณ์ ซึ่งมีองค์ประกอบของการทำงานที่สำคัญดังนี้

- Logical Addressing **คือ ระบบการกำหนดหมายเลขตำแหน่ง (ของ Node) เพื่อให้สามารถแยกแยะ Node ต่าง Network ได้ (เช่น IP Address) ดังรูปที่ 2.9**

- Routing **คือ ระบบการกำหนดเส้นทางลำเลียงข้อมูลจากต้นทาง-ปลายทาง โดยอาศัยข่าวสารใน** Logical Address

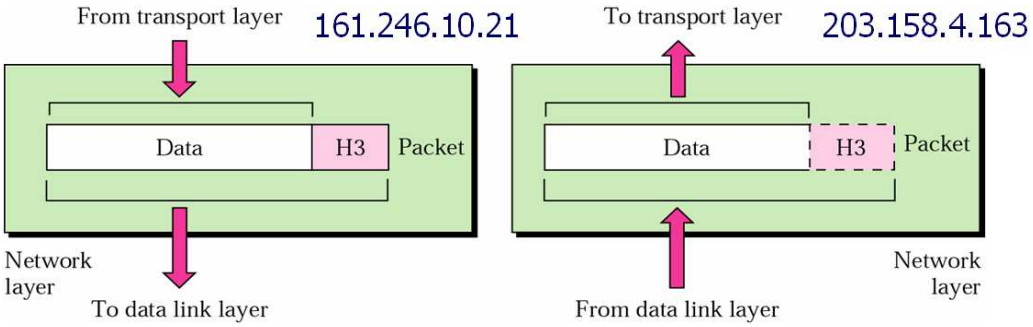

FIGURE 2.9 หน้าที่สำคัญของ Network Layer ได้แก่การถ่ายโอนข้อมูลระหว่าง Node ต้นทางไปยังปลายทางได้อย่างสมบูรณ์ โดยอาศัยข่าวสารจาก Logical Address (ได้แก่ IP 161.246.10.21 และ 203.158.4.163) นอกจากนี้ยังเป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง Transport Layer และ Data Link Layer โดยเพิ่มส่วนควบคุม H3

Source-to-Destination Delivery เป็นลักษณะการทำงานของ Network Layer **โดยข้อมูลจะถูกส่งจาก** Node **ผู้ส่ง (ต้นทาง) ไปยัง** Node **ผู้รับ (ปลายทาง) โดยที่** Protocol **ในชั้นนี้จะเป็นตัวกำหนดเส้นทางดังกล่าว** (Intermediate Nodes) **ด้วยคุณสมบัติ** Transparent **ของ** Internet Model **ข้อมูลในส่วน** Source-to-Destination Delivery **จะเกี่ยวข้องกับ** Protocol **ใน** Physical Data Link **และ** Network Layer **เท่านั้น ดังรูปที่ 2.10**

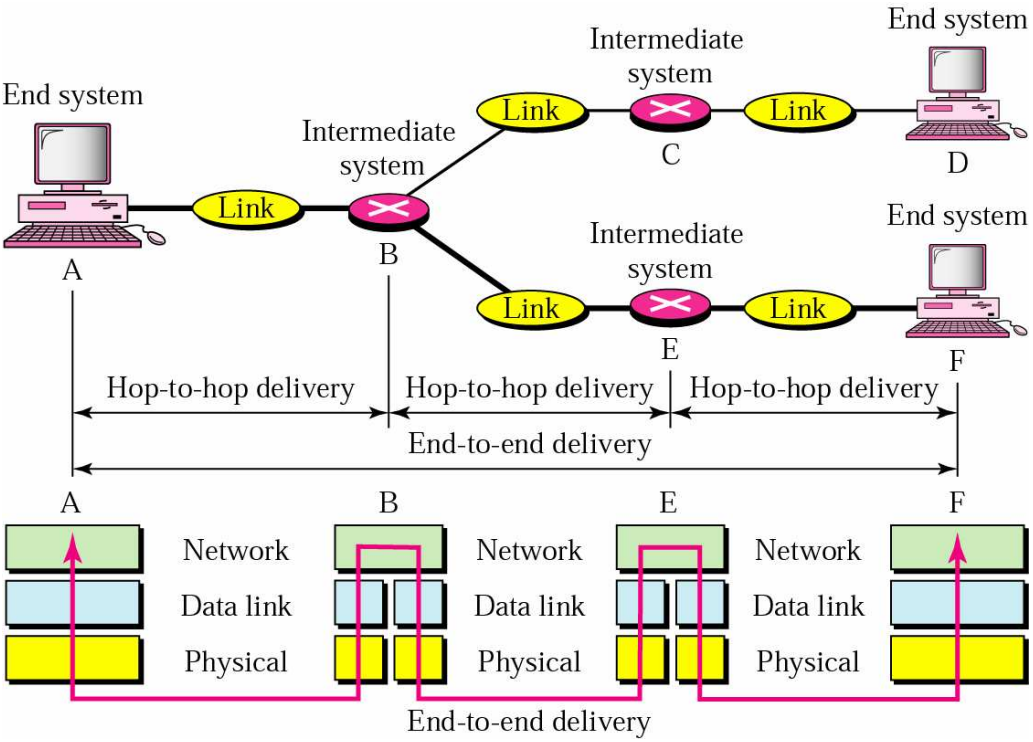

FIGURE 2.10 การทำงานของ Source-to-Destination Delivery จะเป็นการส่งข้อมูลจากผู้ส่งต้นทางไปยังผู้รับปลายทาง

Network Example

เมื่อส่งข้อมูลจาก Node A ซึ่งมี Physical Address 10 บน Network หนึ่ง ไปยัง Node P ซึ่งมี Physical Address 95 บนอีก Network หนึ่ง

เนื่องจากเป็นการส่งข้าม Network จึงไม่สามารถใช้ Physical Address ตามที่นิยามในชั้น Data Link ซึ่งจำกัดเฉพาะใน Network เดียวเท่านั้น ได้

Logical Address (A E F T H N Z M และ P) จึงใช้สำหรับนิยาม ตำแหน่ง Node และจำแนก Node ที่อยู่ต่าง Network กัน

สังเกต Node เชื่อมต่อ (Interface) ระหว่าง Network มี Physical Address และ Logical Address 2 ชุด โดยที่แต่ละชุดจะถูกมองเห็นจาก Network แต่ละฝั่งของการเชื่อมต่อ

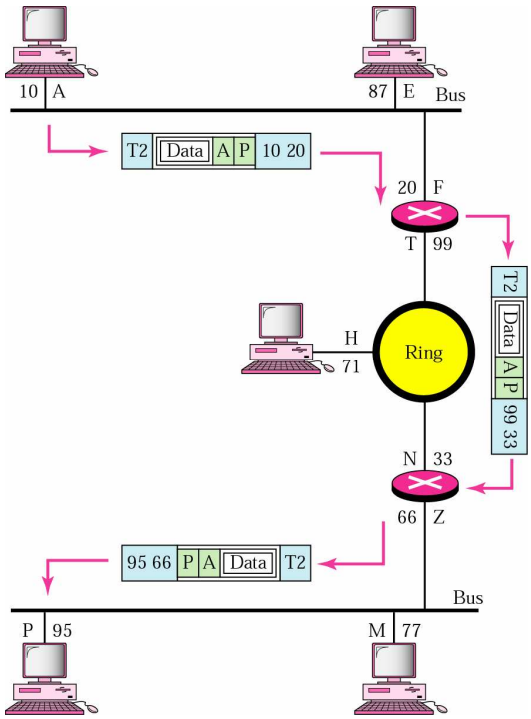

FIGURE 2.11 ตัวอย่างของการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง Node ต้นทาง A ไปยังปลายทาง P ซึ่งอยู่ต่างเครือข่ายกัน

ชั้นที่ 4 (Transport Layer)
รับผิดชอบในการส่ง **ข้อมูล** จาก กระบวนการ (Process) ต้นทางไปยัง Process ปลายทาง ดังรูป 2.12

- Port Addressing คือ การกำหนดหมายเลข Process ที่ใช้ (1 Node มีหลาย Process)
- Connection คือ นิยามลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างการส่งข้อมูล
- Segmentation/Assembly คือ การแบ่งข้อมูลเป็นกลุ่มย่อย และเรียบเรียงใหม่
- Flow/Error Control คือ การควบคุมคุณภาพของการรับ/ส่ง (คล้าย Data Link)

Process-to-Process Delivery เป็นลักษณะการทำงานของ Transport Layer โดยข้อมูลข่าวสาร (Message) ระหว่าง Process ต้นทาง และปลายทางใดๆ จะเกิดขึ้น ณ Transport Layer เนื่องจาก ในแต่ละ Node อาจมีหลาย Process ทำงานพร้อมกันได้ ดังรูปที่ 2.12 ดังนั้นจึงต้องมีการระบุหมายเลขของ Process เรียกว่า Port ทั้งนี้เรียกคู่ลำดับ หมายเลข **Port** และ **Logical Address** (เช่น IP) รวมกันว่า Socket

ในกรณีที่ข้อมูลใน Process หนึ่งมีขนาดใหญ่เกินไปอาจต้องมีกระบวนการแบ่ง (Segmentation) Message เป็นชิ้นย่อยที่ Node ต้นทาง เรียกว่า Packet และเรียบเรียง (Assembly) Packet ย่อยขึ้นเป็น Message ต้นฉบับที่สมบูรณ์ที่ Node ปลายทาง เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว Protocol ในชั้น Transport Layer จะต้องมีการกำหนดลำดับของ Packet ตามที่ปรากฏใน Message เดิม ดังรูปที่ 2.13

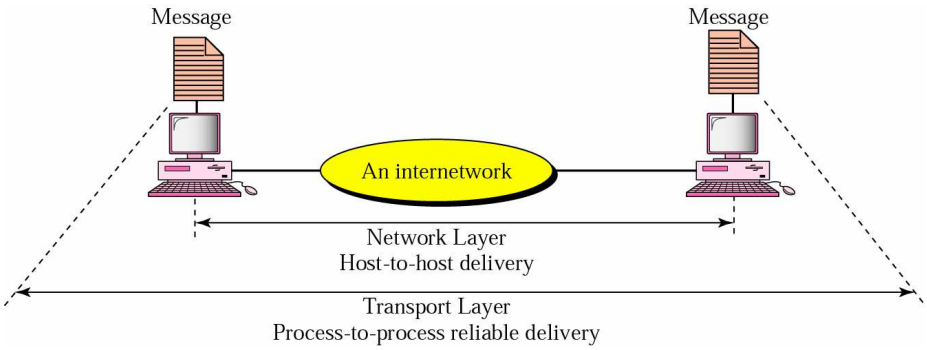

FIGURE 2.12 แนวคิดแสดงความแตกต่างระหว่างข้อมูลในระดับ Node และระดับ Port ซึ่งเกี่ยวข้องกับ Protocol ต่าง Layer กัน

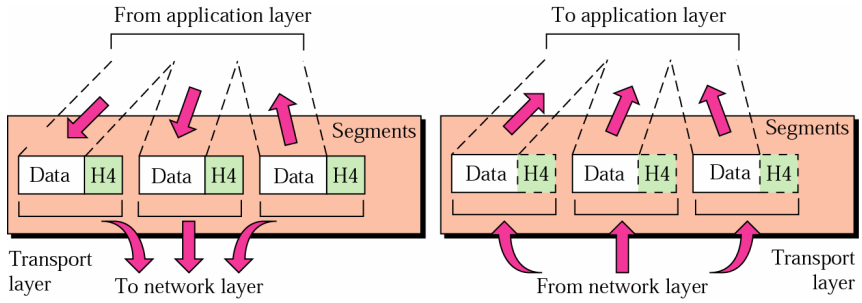

FIGURE 2.13 หน้าที่สำคัญของ Transport Layer ได้แก่การถ่ายโอนข้อมูลระหว่าง Process ต้นทางไปยังปลายทางอย่างสมบูรณ์

Transport Example การส่งข้อมูลจาก Socket (A, j) **ไปยัง** (P, k) **จำนวน** 2 Packet **แสดงดังรูป**

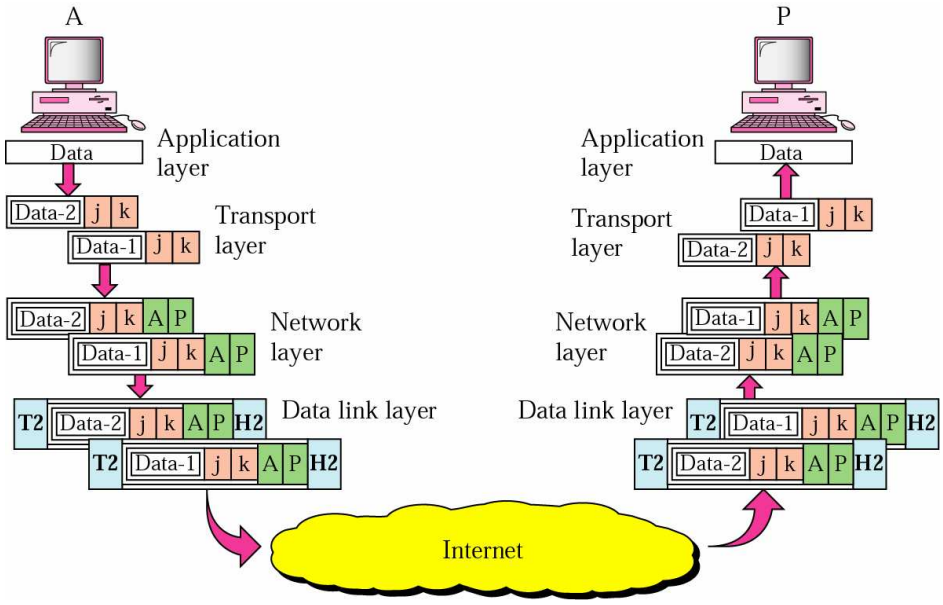

FIGURE 2.14 ตัวอย่างการส่งข้อมูลจาก Socket (A, j) ไปยัง (P, k) จำนวน 2 Packet ได้แก่ Data-1 และ Data-2 ตามลำดับ

ชั้นที่ 5 (Application Layer)
ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับ Network ผ่านทาง Application Software ต่างๆ เช่น E-mail (SMTP) Telnet และ WWW (HTTP) เป็นต้น ดังรูปที่ 2.15

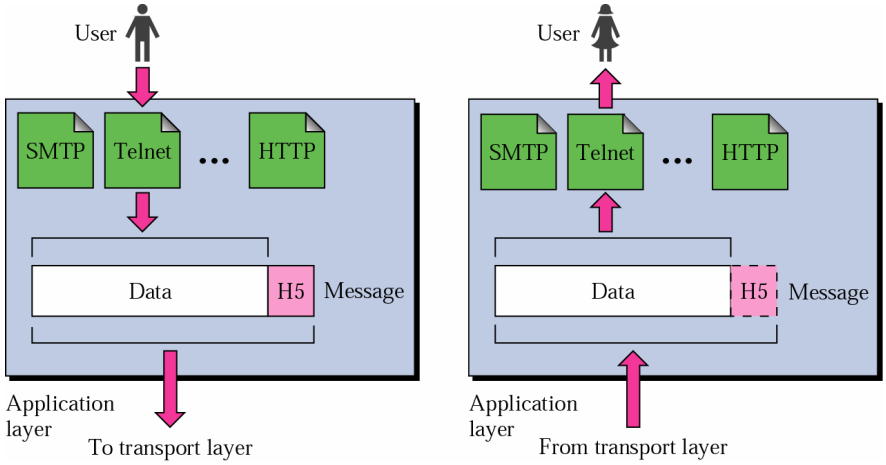

FIGURE 2.15 หน้าที่สำคัญของ Application Layer ได้แก่การเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้ โดยมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับ Protocol ในชั้น Transport Layer

สรุประดับชั้นของแบบจำลองอินเตอร์เน็ต
หน้าที่ของแต่ละระดับชั้นของ Internet Model สามารถสรุปได้ดังนี้

1. **Physical Layer** รับ/ส่ง Bit Stream ระหว่างตัวกลาง และนิยามข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง
2. **Data Link Layer** รับ/ส่ง Frame ข้อมูลเพื่อทำการ รับ/ส่งระหว่าง Node (Hop-to-Hop)
3. **Network Layer** รับ/ส่ง Packet ระหว่าง Node ต้นทางไปยัง Node ปลายทาง
4. **Transport Layer** รับ/ส่ง Message ระหว่าง Process ต้นทาง ไปยังปลายทาง
5. **Application Layer** เชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับเครือข่าย

แบบจำลอง OSI

แบบจำลอง Open Systems Interconnection (OSI Model) มีทั้งหมด 7 Layer คล้ายกับ Internet Model กล่าวคือ มี Physical Layer (Layer 1) จนถึง Transport Layer (Layer 4) เพียงแต่ได้แทรก Session Layer (5) และ Presentation Layer (Layer 6) ระหว่าง Transport Layer และ Application Layer (7) โดยที่

- **Session Layer** รับผิดชอบการริเริ่ม (Establish) และดูแลรักษา (Maintain) การโต้ตอบระหว่าง Process
- **Presentation Layer** รับผิดชอบการแปลข้อมูล การเข้าและถอดรหัส และการบีบอัดข้อมูล

แบบฝึกหัด

1. อธิบายหลักการ Peer-to-Peer Process มาพอสังเขป พร้อมยกตัวอย่าง
2. การแบ่งแบบจำลองการสื่อสารออกเป็นลำดับชั้น (Layer หรือ Stack) มีประโยชน์อย่างไร
3. TCP/IP Suite แบ่งลำดับชั้นออกเป็น 3 กลุ่ม อธิบายหน้าที่ของแต่ละกลุ่ม
4. แจกแจงความแตกต่างที่เด่นชัดระหว่าง Data Link Network และ Transport Layers ใน Internet Model มาพอสังเขป
5. เพราะเหตุใดการถ่ายโอนข้อมูลระหว่าง Node ใน Data Link Layer จึงขึ้นอยู่กับ Network (Physical) Topology ยกตัวอย่างประกอบ
6. ศึกษาลักษณะ และข้อกำหนดของ Logical Address (IP Address)ใน Network Layer
7. เพราะเหตุใดในการระบุตำแหน่งของ Node แต่ละ Node ในเครือข่ายจึงจำเป็นต้องมีทั้ง Physical Address และ Logical Address
8. การกำหนดหมายเลข Process (Port) ใน Transport Layer มีความสำคัญอย่างไร
9. ศึกษา พร้อมทั้งอธิบายการทำงานของ Protocol ใน Application Layer มา 1 ตัวอย่าง
10. ออกแบบ Protocol ที่อยู่ใน Application Layer ใน Internet Model (อาจใช้ UML Model ประกอบการอธิบายการทำงานของ Protocol ที่ออกแบบ)