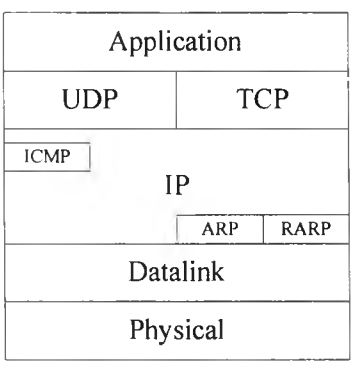
บทที่ 3
ชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพี

3.1 อินเทอร์เน็ต

การสื่อสารทางไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เป็นการสื่อสารผ่านข่ายงานบริเวณกว้างที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์จำนวนมหาศาลจากทั่วทุกมุมโลกเข้าไว้ด้วยกัน โดยคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกันนี้ มีขีดความสามารถของระบบแตกต่างกัน เป็นคอมพิวเตอร์ที่มาจากผู้ผลิตต่างกัน ใช้ระบบปฏิบัติการไม่เหมือนกัน หากแต่ต้องสามารถติดต่อสื่อสารกันได้อย่างถูกต้อง สิ่งจำเป็นเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวคือการกำหนดเกณฑ์วิธีหรือโพรโทคอล (protocol) ในการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ให้มีลักษณะเป็นระบบเปิด (open system) กล่าวคือ เป็นเกณฑ์วิธีที่กำหนดขึ้นเพื่อให้ผู้ผลิตคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อในการสื่อสารใช้อ้างอิง โดยจะต้องผลิตคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อในการสื่อสารทั้งหมดให้เป็นไปตามข้อกำหนดพื้นฐานอย่างเดียวกัน ดังนั้น แม้ว่าคอมพิวเตอร์จะมีคุณลักษณะแตกต่างกัน จะยังสามารถติดต่อสื่อสารกันได้อย่างถูกต้อง

เกณฑ์วิธีที่นิยมใช้สำหรับระบบอินเทอร์เน็ตได้แก่ชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพี (TCP/IP protocol suite) เกณฑ์วิธีดังกล่าวถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานโดยสมาคมอินเทอร์เน็ต (the Internet Society; ISOC) ซึ่งเป็นสมาคมทางวิชาชีพที่มุ่งเน้นในการให้ความช่วยเหลือและส่งเสริมการพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ต โดยมาตรฐานต่าง ๆ รวมถึงนิยามและข้อกำหนดสำหรับชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพีจะถูกตีพิมพ์เผยแพร่ออกมาในรูปของ “เอกสารขอความเห็น” หรือ อาร์เอฟซี (Request For Comment; RFC)

โดยทั่วไปแล้วชุดเกณฑ์วิธีใดๆ จะถูกแบ่งออกเป็นระดับชั้น โดยแต่ละชั้นจะรับผิดชอบในงานที่แตกต่างกัน การแบ่งชุดเกณฑ์วิธีออกเป็นระดับชั้นนี้ ช่วยเพิ่มความสะดวกและประสิทธิภาพในการกำหนดนิยามและการพัฒนาชุดเกณฑ์วิธี สำหรับชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพีมีลักษณะเป็นระดับชั้นเช่นเดียวกับชุดเกณฑ์วิธีอื่นๆ โดยชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพีมี 5 ระดับชั้น [9] ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพี

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ได้แก่ชั้นกายภาพ (Physical layer) และชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Datalink layer) ซึ่งอาจรวมเรียกชั้นทั้งสองว่าเป็นชั้นต่อประสานข่ายงาน (Network interface layer) กล่าวคือที่ระดับนี้บิตข้อมูลจะถูกจัดการส่งไปสู่จุดหมายปลายทาง โดยชั้นเชื่อมโยงข้อมูลจะทำหน้าที่จัดการโปรแกรมขับอุปกรณ์ (Device driver) ในระบบปฏิบัติการเพื่อทำการเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์โดยผ่านแผ่นวงจรต่อประสานข่ายงาน (Network interface card) และอุปกรณ์สื่อสาร ในขณะที่ชั้นกายภาพจะจัดการส่งข้อมูลในระดับบิตผ่านอุปกรณ์สื่อสารและสื่อต่างๆทางกายภาพตามการเชื่อมต่อของโครงข่ายที่มีอยู่

ชั้นที่ 3 คือชั้นโครงข่าย (Network layer) หรือชั้นอินเทอร์เน็ต (Internet layer) การจัดการการเคลื่อนที่ของกลุ่มข้อมูล (Data packet) เป็นหน้าที่ของระดับชั้นนี้ กล่าวคือเกณฑ์วิธีในระดับชั้นนี้จะกำหนดเส้นทางการเดินทางที่ดีที่สุดสำหรับกลุ่มข้อมูลแต่ละกลุ่ม และควบคุมความคับคั่งของการส่งกลุ่มข้อมูล เกณฑ์วิธีสำคัญของระดับชั้นนี้ได้แก่ อินเทอร์เน็ตโพรโทคอล หรือ ไอพี (Internet Protocol; IP), เกณฑ์วิธีข้อความควบคุมอินเทอร์เน็ต หรือ ไอซีเอ็มพี (Internet Control Message Protocol; ICMP), เกณฑ์วิธีจำแนกเลขที่อยู่ หรือ เออาร์พี (Address Resolution Protocol; ARP) และ เกณฑ์วิธีจำแนกเลขที่อยู่ผันกลับ หรือ อาร์เออาร์พี (Reverse Address Resolution Protocol; RARP)

ชั้นที่ 4 คือชั้นขนส่ง (Transport layer) ซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมการไหลของข้อมูลระหว่างต้นทางและปลายทาง โดยรักษาสภาพช่องสื่อสารให้มีความน่าเชื่อถือ (Reliable) และคุ้มค่า (Cost-effective) สูงสุดตลอดการสื่อสารสำหรับกระบวนการของผู้ใช้ (User process) ใดๆที่เกิดขึ้นจากระดับชั้นที่สูงกว่า สำหรับระดับชั้นนี้ มีการกำหนดเกณฑ์วิธีสำหรับขนส่ง 2 แบบที่แตกต่างกันได้แก่ เกณฑ์วิธีควบคุมการขนส่งข้อมูล หรือ ทีซีพี (Transmission Control Protocol; TCP) และเกณฑ์วิธีเดทาแกรมของผู้ใช้ หรือ ยูดีพี (User Datagram Protocol; UDP)

- ทีซีพี จะให้บริการขนส่งข้อมูลโดยมีความน่าเชื่อถือสูงด้วยการเพิ่มคุณลักษณะพิเศษให้ข้อมูลมีความสามารถในการแก้ไขข้อผิดพลาด (Error correction) และทำการควบคุมการไหลของข้อมูล (Flow control) อย่างมีประสิทธิภาพด้วยการแบ่งส่วนข้อมูลให้เหมาะสมกับโครงข่าย โดยการแบ่งข้อมูลเป็นเซกเมนต์ของทีซีพี (TCP segment) ที่มีขนาดสอดคล้องกับส่วนของข้อมูลที่ชั้นโครงข่ายรองรับได้พอดี ดังนั้นความน่าเชื่อถือของระบบจะถูกกำหนดที่ระดับชั้นนี้

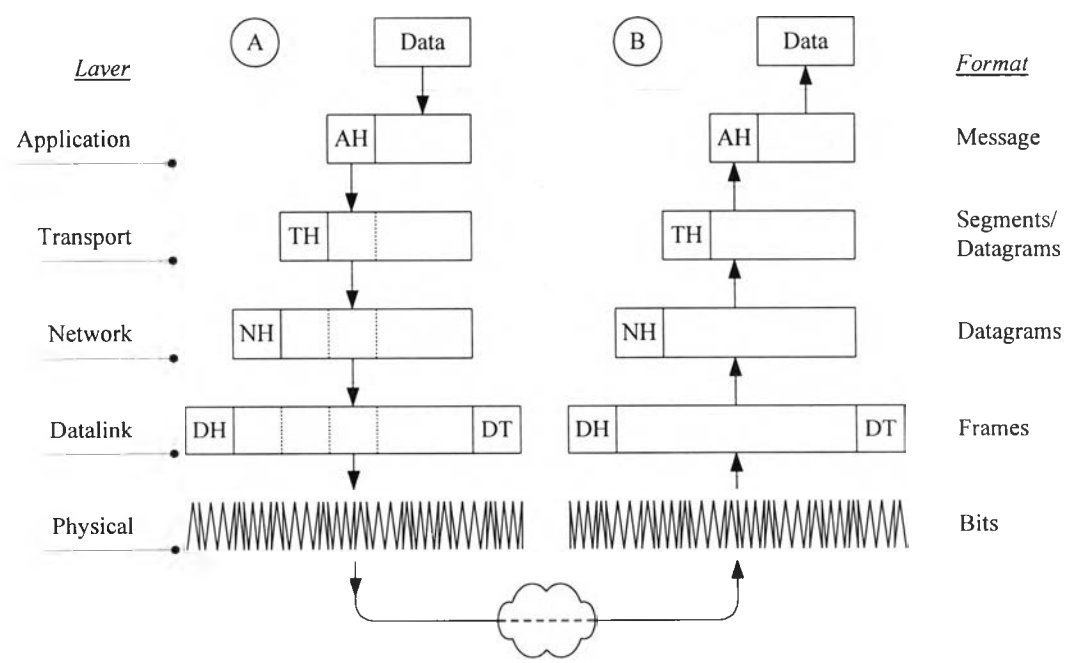
- ยูดีพี จะให้บริการขนส่งข้อมูลอย่างง่าย โดยการส่งผ่านกลุ่มของข้อมูลที่เรียกว่า เดทาแกรม (Datagram) ไปยังชั้นโครงข่ายโดยตรง ไม่มีการเพิ่มเติมคุณลักษณะพิเศษเข้าไป จึงไม่มีการรับประกันว่าข้อมูลจะถูกส่งไปถึงปลายทางหรือไม่ ดังนั้นความน่าเชื่อถือของระบบจึงไม่สามารถกำหนดได้ที่ระดับชั้นนี้ หากแต่สามารถกำหนดได้ด้วยเกณฑ์วิธีในระดับชั้นที่สูงกว่าแทน

ชั้นสุดท้ายคือชั้นที่ 5 ได้แก่ชั้นการประยุกต์ (Application layer) เกณฑ์วิธีในระดับชั้นนี้จะทำหน้าที่ให้บริการที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานโครงข่าย เช่น การลงบันทึกเข้าทางไกล (Remote login) โดยการเทลเน็ต (Telnet), การอ่านไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic mail; E-mail) ผ่านเกณฑ์วิธีถ่ายโอนไปรษณีย์อย่างง่าย หรือ เอสเอ็มทีพี (Simple Mail Transfer Protocol; SMTP) และการถ่ายโอนแฟ้มข้อมูลผ่านเกณฑ์วิธีถ่ายโอนแฟ้มข้อมูล หรือ เอฟทีพี (File Transfer Protocol; FTP) เป็นต้น

จากรูปแบบของชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพีดังแสดงข้างต้น เป็นที่น่าสังเกตว่าชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพีเป็นการรวมกันของเกณฑ์วิธีมากมาย ทีซีพีและไอพีเป็นเพียงสองเกณฑ์วิธีที่เป็นส่วนประกอบของเกณฑ์วิธีทั้งหมดสำหรับชุดเกณฑ์วิธีที่ใช้ในการสื่อสาร อย่างไรก็ตามการเรียกชื่อ "ชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพี" เป็นการใช้ตามความนิยม และเป็นชื่อเรียกอย่างย่อสำหรับชุดเกณฑ์วิธีสำหรับการสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ต (Internet Protocol Suite; IPS) ในที่นี้จึงยังคงใช้ชื่อ "ชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพี" ในความหมายของชุดเกณฑ์วิธีสำหรับการสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ตามที่นิยมใช้โดยทั่วไป

3.2 โครงสร้างของข้อมูลในชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพี

ในการสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ตโดยอาศัยชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพี ข้อมูลจากผู้ใช้ต้นทางจะถูกส่งไปยังปลายทางผ่านระดับชั้นต่างๆของชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพี โดยในแต่ละชั้น โครงสร้างของข้อมูลจะถูกควบคุมด้วยเกณฑ์วิธีในระดับชั้นนั้นๆ [10] โดยการเดินทางของข้อมูลมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การเดินทางของข้อมูลผ่านชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพี

จากรูปจะเห็นว่าข้อมูลของผู้ใช้จากจุด A ที่ต้องการส่งไปยังจุด B มีเส้นทางการเดินทางดังต่อไปนี้ เริ่มต้นจากข้อมูลที่จุด A ที่ระดับชั้นการประยุกต์จะมีการเพิ่มตัวนำหน้าข้อมูลสำหรับการประยุกต์ (Application Header; AH) เพื่อบอกให้ชั้นการประยุกต์ที่จุด B รู้ว่าจะทำอย่างไรเมื่อได้รับข้อมูล จากนั้นหน่วยของข้อมูลจากระดับชั้นนี้ ซึ่งเรียกว่า "ข้อความ" (Message) จะถูกส่งต่อไปยังชั้นขนส่ง ซึ่งจะมีการเพิ่มตัวนำหน้าข้อมูลสำหรับการขนส่ง (Transport Header; TH) ได้เป็นข้อมูลที่ยาวขึ้น เรียกว่า "เซกเมนต์" (Segment) ข้อมูลจะถูกส่งต่อไปยังระดับชั้นโครงข่ายพร้อมกับคำสั่งให้ส่งต่อไปยังจุด B โดยตัวนำหน้าข้อมูลสำหรับโครงข่าย (Network Header; NH) จะถูกเพิ่มเข้าไป และข้อมูลอาจถูกแบ่งเป็นหน่วยย่อย เรียกว่า "เดทาแกรม" (Datagram) แล้วจึงส่งผ่านไปยังชั้นเชื่อมโยงข้อมูล ซึ่งมีการเพิ่มตัวนำหน้าและตัวพ่วงท้ายสำหรับการเชื่อมโยงข้อมูล (Datalink Header and Trailer; DH และ DT) ได้ข้อมูลในรูปของ "เฟรม" (Frame) เพื่อส่งต่อให้ชั้นกายภาพทำการแปลงข้อมูลให้เป็น "บิตข้อมูล" (Data bit) ที่มีรูปสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับสื่อกลางการสื่อสาร และส่งผ่านโครงข่ายไปยังจุด B ต่อไป

ที่จุด B เมื่อชั้นกายภาพได้รับสัญญาณจากช่องสื่อสาร สัญญาณไฟฟ้าก็จะถูกแปลงกลับมาเป็นบิตข้อมูลและถูกแบ่งเป็นเฟรมที่ถูกต้อง เพื่อส่งต่อไปยังระดับชั้นเชื่อมโยงข้อมูล เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับจาก DH และ DT จากนั้นจึงส่งส่วนของเดทาแกรมต่อให้กับระดับชั้นโครงข่าย NH จะช่วยบอกให้ชั้นโครงข่ายทราบว่าต้องทำอะไรกับเดทาแกรมที่ได้รับแล้วจึงส่งส่วนของเซกเมนต์ต่อไปให้กับระดับชั้นขนส่ง และในทำนองเดียวกับ ที่ระดับขนส่ง TH จะถูกพิจารณา แล้วข้อความที่ถูกต้องจะถูกส่งไปยังระดับการประยุกต์ และเมื่อพิจารณา AH จะทราบได้ว่าต้องทำอย่างไรกับข้อมูลที่ถูกส่งมาถึงจุด B อย่างถูกต้องจากจุด A

จากตัวอย่างข้างต้น จะเห็นว่าการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่องตามเกณฑ์วิธีดังกล่าวประสบความสำเร็จได้จากการสื่อสารที่ถูกต้องของแต่ละระดับชั้นของทั้งสองเครื่อง ซึ่งอาศัยตัวนำหน้าข้อมูลเป็นข้อความส่งถึงระดับชั้นที่สมมูลกัน (Peer layers) การเชื่อมโยงข้อมูลในลักษณะนี้เรียกว่า การเชื่อมโยงระหว่างชั้น (Peer-to-Peer connection) กล่าวคือ เป็นการสื่อสารที่เปรียบเสมือนว่ามีการเชื่อมโยงที่ระดับชั้นเดียวกันของแต่ละระบบโดยข้อมูลถูกแลกเปลี่ยนผ่านการเชื่อมโยงนี้ แม้ว่าแท้จริงแล้วข้อมูลจะเดินทางขึ้นลงผ่านระดับชั้นต่างๆในระบบเดียวกัน และเดินทางผ่านช่องสื่อสารไปสู่ระบบอื่นๆ ไม่มีการเดินทางข้ามระบบด้วยวิธีอื่น

3.3 ชั้นกายภาพและชั้นเชื่อมโยงข้อมูล

จากรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าชั้นโครงข่ายซึ่งอาศัยอินเทอร์เน็ตโพรโทคอล (ไอพี) ทำงานอยู่บนชั้นที่ต่ำกว่า 2 ชั้นได้แก่ ชั้นเชื่อมโยงข้อมูลและชั้นกายภาพ การเชื่อมโยงโครงข่ายไปสู่โครงข่ายอื่นๆสามารถทำได้โดยอาศัยสื่อกลางการสื่อสารหลายชนิด ซึ่งอาจมีทั้งแบบที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมสำหรับโครงสร้างของโครงข่ายที่ใช้อยู่ ดังนั้นการเลือกใช้สื่อในชั้นกายภาพและเกณฑ์วิธี

ที่เหมาะสมในชั้นเชื่อมโยงข้อมูล สำหรับชั้นโครงข่ายจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการสื่อสาร โดยสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรกคือความเหมาะสมต่ออินเทอร์เน็ตโพรโทคอล เนื่องจากไอพีเดทาแกรมเป็นสิ่งที่ต้องส่งผ่านไปยังระดับชั้นดังกล่าว

3.3.1 อีเทอร์เน็ต (Ethernet)

อีเทอร์เน็ตเป็นระบบเชื่อมต่อบัสที่ใช้สายเคเบิลแกนร่วม (Coaxial-based bus cabling system) ซึ่งเกิดจากการพัฒนาร่วมกันของบริษัทดิจิตอล อิควิบเมนต์ (Digital Equipment Corporation), บริษัทอินเทล (Intel Corporation) และบริษัทซีร็อก (Xerox Corporation) โดยนิยมเรียกชื่อรวมกันโดยย่อว่า ดีไอเอ็กซ์ (DIX) อีเทอร์เน็ตนับเป็นรูปแบบเบื้องต้นอย่างง่ายของข่ายงานบริเวณเฉพาะที่ (local area network) ซึ่งใช้ชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพี การเข้าใช้ตัวกลางของอีเทอร์เน็ตใช้วิธีที่เรียกว่าการเข้าถึงหลายทางแบบตรวจรู้พาหะและตรวจจับการชน หรือ ซีเอสเอ็มเอ/ซีดี (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection; CSMA/CD) อีเทอร์เน็ตทำงานที่อัตรา 10 ล้านบิตต่อวินาที (Mbps) และใช้เลขที่อยู่ในการอ้างอิงทางกายภาพ เรียกว่า เลขที่อยู่ควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง (Medium Access Control address; MAC address) ซึ่งมีขนาด 48 บิต และมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง โดยเลขที่อยู่ดังกล่าวจะถูกกำหนดจากผู้ผลิตแผ่นวงจรต่อประสานข่ายงานให้มีค่าเฉพาะสำหรับแผ่นวงจรแต่ละแผ่น

3.3.2 โครงข่ายมาตรฐาน IEEE 802 (IEEE 802 network)

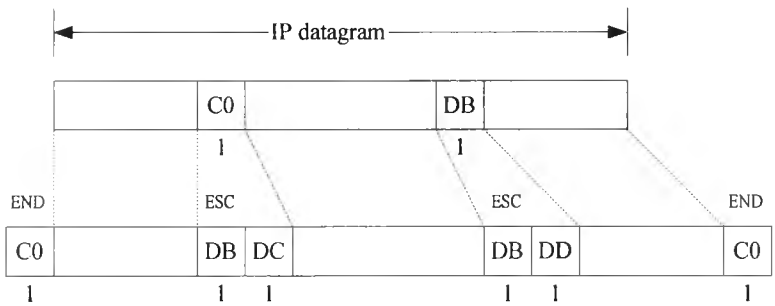
มาตรฐานที่กำหนดโดยสถาบันวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็คทรอนิกส์ (Institute of Electrical and Electronic Engineering; IEEE) สำหรับข่ายงานบริเวณเฉพาะที่ ถูกนำมาใช้สำหรับเป็นทางเลือกในการใช้สื่อกลางสำหรับการสื่อสาร มาตรฐาน IEEE 802.3 ครอบคลุมโครงข่ายทั้งหมดที่ใช้การเข้าถึงตัวกลางแบบซีเอสเอ็มเอ/ซีดี ซึ่งเป็นการเข้าถึงตัวกลางในลักษณะเดียวกันกับ ดีไอเอ็กซ์ อีเทอร์เน็ต (DIX Ethernet) ดังนั้นระบบทั้งสองจะสามารถทำงานร่วมกันได้ มาตรฐาน IEEE 802.4 กำหนดโครงข่ายโทเค็นบัส (token bus network) ซึ่งเป็นโครงข่ายบัสที่ใช้กระบวนการส่งต่อโทเค็นในการเข้าถึงตัวกลาง และมาตรฐาน IEEE 802.5 กำหนดโครงข่ายวงแหวนโทเค็น (token ring network) ซึ่งเป็นโครงข่ายวงแหวนที่ใช้กระบวนการส่งต่อโทเค็นในการเข้าถึงตัวกลาง และสอดคล้องกับมาตรฐานระบบต่อประสานข้อมูลแบบกระจายใช้เส้นใยนำแสง หรือ เอฟดีดีไอ (Fiber Distributed Data Interface; FDDI)

3.3.3 สลิป (SLIP)

อินเทอร์เน็ตโพรโทคอลแบบสายอนุกรม หรือ สลิป (Serial Line Internet Protocol; SLIP) เป็นเกณฑ์วิธีการเชื่อมโยงข้อมูล ซึ่งกำหนดวิธีการเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุดระหว่างอุปกรณ์สองชิ้นเพื่อการส่งไอพีเดทาแกรม สลิปไม่ใช่มาตรฐานอินเทอร์เน็ต หากแต่เป็นมาตรฐานตามความนิยม

(De facto standard) กล่าวคือเป็นที่นิยมในการใช้สลิปสำหรับเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ที่ใช้ตามบ้านเรือนเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ต โดยอาศัยช่องทางอนุกรม RS-232 (RS-232 serial port) ซึ่งพบในคอมพิวเตอร์แทบทุกเครื่อง ร่วมกับโมเด็มความเร็วสูง

สลิปเป็นเกณฑ์วิธีที่ง่าย กล่าวคือมีการแบ่งเฟรมโดยการใช้อักขระพิเศษขนาด 1 ไบต์ SLIP END (0xC0) เพิ่มที่ด้านหน้าและด้านหลังไอพีเดทาแกรม ถ้าข้อมูลในเดทาแกรมมีค่าเท่ากับอักขระ SLIP END จะแทนข้อมูลดังกล่าวโดยใช้ลำดับข้อมูล 2 ไบต์ได้แก่ อักขระพิเศษ SLIP ESC (0xDB) และ 0xDC ถ้าข้อมูลในเดทาแกรมมีค่าเท่ากับอักขระ SLIP ESC จะแทนข้อมูลดังกล่าวโดยใช้ลำดับข้อมูล 2 ไบต์ได้แก่ อักขระพิเศษ SLIP ESC (0xDB) และ 0xDD



รูปที่ 3.3 รูปแบบเฟรมของสลิป

สลิปมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ไม่มีส่วนสำหรับตรวจสอบความผิดพลาด และเมื่อสายอนุกรมใช้สลิปอยู่ จะไม่สามารถใช้เกณฑ์วิธีอื่นๆ ร่วมด้วยได้ในเวลาเดียวกัน เนื่องจากไม่มีส่วนบอกประเภท (Type filed) ในเฟรมของสลิป

3.3.4 พีพีพี (PPP)

เกณฑ์วิธีจุดต่อจุด หรือ พีพีพี (Point-to-Point Protocol; PPP) เป็นเกณฑ์วิธีการเชื่อมโยงข้อมูลอีกแบบหนึ่ง ซึ่งกำหนดวิธีการเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุดระหว่างอุปกรณ์สองชิ้นเพื่อการส่งไอพีเดทาแกรมผ่านสายอนุกรม พีพีพีได้รับการออกแบบมาเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆที่มีในสลิป พีพีพีสามารถทำงานได้ทั้งกับการเชื่อมโยงแบบไม่ประสานเวลา (Asynchronous connection) และการเชื่อมโยงแบบประสานเวลาโดยอาศัยบิต (Bit-oriented synchronous connection)

เฟรมของพีพีพีประกอบด้วยตัวบ่งชี้ (Flag) ขนาด 1 ไบต์ที่มีค่า 0x7E, เลขที่อยู่ขนาด 1 ไบต์ที่มีค่า 0xFF และ ตัวควบคุมขนาด 1 ไบต์ที่มีค่า 0x03 โดยองค์ประกอบทั้งสามมีค่าคงที่สำหรับทุกเฟรม จากนั้นจึงเป็นส่วนโพรโทคอล (Protocol field) ขนาด 2 ไบต์ซึ่งกำหนดเกณฑ์วิธีที่เป็นข้อมูลภายในส่วนข่าวสาร (information field) ของเฟรม ซึ่งมีได้สูงสุดไม่เกิน 1500 ไบต์ และส่วนซีอาร์ซี (CRC field) ขนาด 2 ไบต์ ซึ่งเป็นการใช้ส่วนซ้ำซ้อนแบบวนสำหรับตรวจสอบค่าผิดพลาด และปิดท้ายด้วยตัวบ่งชี้ขนาด 1 ไบต์ที่มีค่า 0x7E ถ้าข้อมูลในส่วนข่าวสารมีค่าซ้ำกับค่าตัวบ่งชี้ สามารถแก้

ไขได้ด้วยการสอดแทรกบิต (Bit stuffing) ซึ่งจะป้องกันไม่ให้รูปแบบของข้อมูลไปมีลักษณะซ้ำกับค่าของตัวบ่งชี้

flag 7E	address FF	control 03	protocol	information	CRC	flag 7E
1	1	1	2	up to 1500 bytes	2	1

รูปที่ 3.4 รูปแบบเฟรมของพีพีพี

พีพีพีมีข้อได้เปรียบเหนือสลิปหลายประการ เช่น มีการตรวจสอบข้อผิดพลาดในการรับส่ง และสามารถใช้เกณฑ์วิธีอื่นๆ ร่วมด้วยได้ในสายอนุกรมเดียวกัน ทำให้สามารถรับส่งข้อมูลได้จากหลายทางในเวลาเดียวกัน

3.4 เกณฑ์วิธีในชั้นโครงข่าย (Network layer protocols)

หน้าที่หลักของเกณฑ์วิธีในระดับชั้นโครงข่ายนี้คือการให้บริการการส่งข่าวสารที่ได้จากระดับชั้นที่สูงกว่าในชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพีผ่านไปยังระดับชั้นต่ำกว่าอย่างเหมาะสม ระดับชั้นโครงข่ายเปรียบเสมือนเป็นสื่อกลางเชื่อมระหว่างเกณฑ์วิธีในระดับชั้นส่วนบนซึ่งให้บริการผู้ใช้และระดับชั้นด้านล่างซึ่งจัดการส่งข้อมูลในระดับบิต

3.4.1 อินเทอร์เน็ตโพรโทคอล

อินเทอร์เน็ตโพรโทคอล (ไอพี) ซึ่งเป็นเกณฑ์วิธีที่สำคัญที่สุดอันหนึ่งของชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพี เป็นเกณฑ์วิธีที่อยู่ในชั้นโครงข่าย หรือชั้นอินเทอร์เน็ตนี้ ไอพีมีหน้าที่ในการส่งผ่านข่าวสารระหว่างอุปกรณ์ชนิดต่างๆในโครงข่ายใดๆที่ใช้ชุดเกณฑ์วิธีที่ซีพี/ไอพี กล่าวคือ ไอพีจะมีหน้าที่หลักในการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดสำหรับการส่งผ่านข่าวสาร โดยการให้บริการของไอพีต่อระดับชั้นที่สูงกว่าจะมีลักษณะเป็นการให้บริการแบบ "เดทาแกรมที่ไม่มีการเชื่อมต่อและไม่น่าเชื่อถือ" (Unreliable, connectionless datagram service)

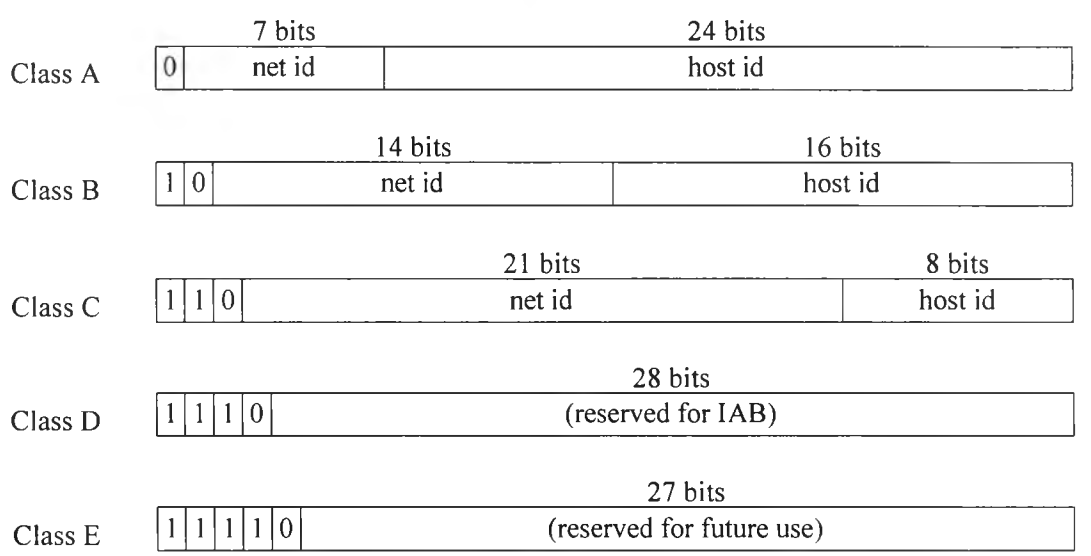
ไอพีเดทาแกรมเป็นส่วนของข่าวสารที่ไอพีจะต้องทำการส่งผ่านไปยังจุดหมายปลายทางที่ถูกต้อง อย่างไรก็ตาม ไม่มีการรับประกันว่าเดทาแกรมดังกล่าวจะไปถึงจุดหมายปลายทางหรือไม่ หากแต่ไอพีจะเลือกเส้นทางการส่งที่เหมาะสมที่สุด ถ้ามีความผิดพลาดเกิดขึ้น สิ่งที่ไอพีทำได้คือการแจ้งระดับชั้นที่สูงกว่าในชุดเกณฑ์วิธีว่าไม่สามารถทำการส่งข่าวสารได้ ดังนั้น ความน่าเชื่อถือและการแก้ไขความผิดพลาดของชุดเกณฑ์วิธีจะต้องกำหนดโดยระดับชั้นที่สูงกว่า

ลักษณะการให้บริการแบบไม่มีการเชื่อมต่อของไอพี หมายความว่าในการส่งผ่านข่าวสารของไอพี จะไม่มีการสร้างเส้นทางเสมือนเฉพาะสำหรับการส่งผ่าน (Virtual circuit) ดังนั้น เดทาแกรมแต่ละตัวของไอพีจะเป็นอิสระต่อกัน กล่าวคือสามารถกำหนดเส้นทางการเดินทางที่แตกต่างกัน

ได้ตามความเหมาะสม ดังนั้นที่ปลายทางอาจไม่ได้รับเดทาแกรมตามลำดับการส่งจากต้นทาง อย่างไรก็ตาม การส่งข่าวสารในลักษณะนี้นับว่ามีความคล่องตัวอยู่มาก เนื่องจากไม่จำเป็นต้องยึดติดกับเส้นทางการสื่อสารเพียงเส้นทางเดียว หากเกิดข้อผิดพลาดที่เส้นทางใดเส้นทางหนึ่ง สามารถเปลี่ยนไปใช้เส้นทางอื่นๆในการส่งผ่านข่าวสารได้

3.4.2 เลขที่อยู่อินเทอร์เน็ต

ข้อมูลที่สำคัญที่ไอพีใช้ในการส่งผ่านข่าวสาร คือเลขที่อยู่อินเทอร์เน็ต (Internet address) หรือ เลขที่อยู่ไอพี (IP address) ซึ่งแต่ละส่วนต่อประสานในระบบอินเทอร์เน็ตจะมีเลขที่อยู่เฉพาะแตกต่างกัน ดังนั้นการส่งผ่านข่าวสารจะสามารถส่งไปยังปลายทางได้ถูกต้องโดยการกำหนดเลขที่อยู่ไอพีปลายทางที่ถูกต้องให้แก่ไอพีเดทาแกรมใดๆ เลขที่อยู่ไอพีนี้ถูกกำหนดโดยคณะกรรมการสถาปัตยกรรมอินเทอร์เน็ต หรือ ไอเอบี (Internet Architecture Board; IAB) โดยกำหนดให้เป็นตัวเลขขนาด 32 บิตที่มีส่วนประกอบสองส่วนย่อยๆได้แก่ เลขโครงข่าย (Network number) หรือ ตัวระบุโครงข่าย (Network identifier; net id) และ เลขแม่ข่าย (Host number) หรือ ตัวระบุแม่ข่าย (Host identifier; host id) เลขที่อยู่ไอพีจะถูกแบ่งออกเป็น 5 ระดับชั้น ได้แก่ ชั้น เอ, บี, ซี, ดี และ อี (A, B, C, D and E) โดยสามารถระบุระดับชั้นของเลขที่อยู่ได้จากบิตระดับชั้น (class bits) ที่อยู่ภายในส่วนของเลขโครงข่าย ดังแสดงในรูปที่ 3.5 เลขที่อยู่ไอพีใน 3 ระดับชั้นแรก ได้แก่ระดับชั้น เอ, บี และ ซี กำหนดไว้ให้ใช้ได้สำหรับการสื่อสารระหว่างแม่ข่ายต่อแม่ข่ายโดยทั่วไป โดยเลขที่อยู่ทั้งหมดในระดับชั้นทั้งสามถือว่ามีความสำคัญเท่าเทียมกันในการสื่อสาร สำหรับระดับชั้น ดี เป็นเลขที่อยู่ไอพีที่ถูกสำรองไว้เพื่อเกณฑ์วิธีพิเศษที่กำหนดขึ้นโดยไอเอบี และระดับชั้น อี ถูกสำรองไว้เพื่อใช้ในอนาคต ตารางที่ 3.1 แสดงเลขที่อยู่ไอพีแบ่งตามระดับชั้น โดยใช้สัญกรณ์ฐานสิบแบบจุด (dotted-decimal notation) ในการแสดงเลขที่อยู่ไอพี



รูปที่ 3.5 โครงสร้างของเลขที่อยู่ไอพีทั้ง 5 ระดับชั้น

ตารางที่ 3.1 เลขที่อยู่ไอพีตามระดับชั้น

ระดับชั้น	ช่วง	จำนวนบิตเลขโครงข่ายสูงสุด	จำนวนแม่ข่ายสูงสุดต่อโครงข่าย
A	**0**.0.0.0 ถึง **127**.255.255.255	126	16,777,214
B	**128**.0.0.0 ถึง **191**.255.255.255	16,382	65,534
C	**192**.0.0.0 ถึง **223**.255.255.255	2,097,150	254
D	**224**.0.0.0 ถึง **239**.255.255.255	สำรองไว้สำหรับเกณฑ์วิธีพิเศษที่กำหนดโดยไอเอบี	
E	**240**.0.0.0 ถึง **247**.255.255.255	สำรองไว้สำหรับใช้ในอนาคต	

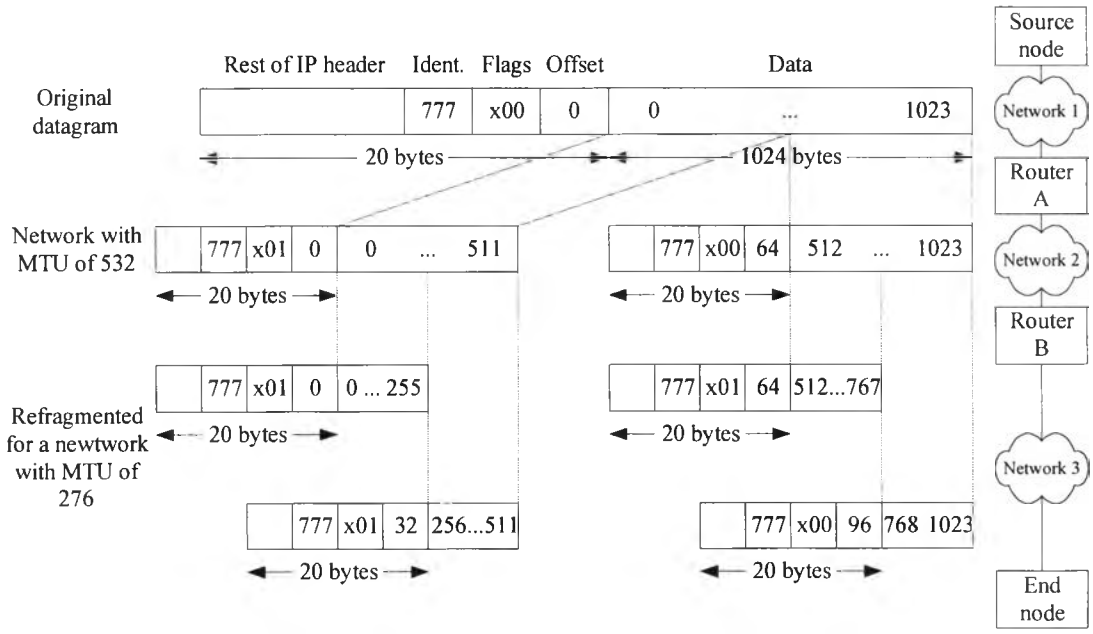
3.4.3 การแบ่งส่วนข้อมูลในไอพี

นอกจากการส่งผ่านข่าวสารจากชั้นที่อยู่สูงกว่าไปยังชั้นที่อยู่ต่ำกว่าแล้ว ไอพียังมีหน้าที่สำคัญในการแบ่งส่วนของข้อมูลที่ได้รับจากชั้นที่อยู่สูงกว่า เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลทั้งหมดผ่านช่องทางการสื่อสารได้ และต้องประกอบส่วนของข้อมูลที่ถูกแบ่งนั้นให้กลับเป็นข้อมูลเดิม เพื่อส่งคืนให้เกณฑ์วิธีที่อยู่ในระดับชั้นที่สูงกว่าทำการประมวลผลต่อไป โดยการแบ่งและการประกอบส่วนของข้อมูลนี้ (Fragmentation and reassembly) จะต้องทำโดยไม่มีผลกระทบกับข้อมูลจากผู้ใช้ที่อยู่ในระดับบนของชุดเกณฑ์วิธี

สาเหตุที่ต้องมีการแบ่งส่วนของข้อมูลเนื่องจากข้อจำกัดของช่องทางการสื่อสารทางกายภาพ ส่งผลให้เฟรมข้อมูลในชั้นเชื่อมโยงข้อมูลมีขนาดจำกัด โดยขนาดสูงสุดที่เป็นไปได้ของข้อมูลในการส่งผ่านช่องทางการสื่อสารหนึ่งๆของชั้นเชื่อมโยงข้อมูล เรียกว่า หน่วยการส่งผ่านสูงสุด หรือ เอ็มทียู (Maximum Transmission Unit; MTU) ค่าเอ็มทียูสำหรับโครงข่ายใดๆ จะมีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับช่องทางการสื่อสารทางกายภาพ และขนาดของโครงข่าย

การแบ่งส่วนข้อมูลเป็นกระบวนการที่ไอพีใช้ในการลดขนาดของเดทาแกรมไม่ให้มีขนาดเกินที่จะส่งผ่านช่องทางการสื่อสารใดๆ โดยขนาดของเดทาแกรมจะต้องไม่เกินค่าเอ็มทียูของโครงข่ายที่ทำการสื่อสาร การลดขนาดของเดทาแกรมทำได้โดยการแบ่งส่วนของข้อมูล (Data filed) ในเดทาแกรมให้เป็นส่วนย่อยๆที่เหมาะสม ตัวนำหน้าไอพี (IP Header) ซึ่งมีขนาด 20 ไบต์ต่อ 1 เดทาแกรม จะต้องถูกส่งไปพร้อมกับส่วนของข้อมูลเพื่อให้เดทาแกรมไปถึงปลายทางที่ถูกต้อง ดังนั้นขนาดของเดทาแกรมจะลดลงได้ด้วยการลดขนาดของข้อมูลที่ส่งไปในเดทาแกรมเท่านั้น

ส่วนของข้อมูลที่ถูกแบ่ง (Fragment) หรือ กลุ่มข้อมูล (Packet) จะมีเลขระบุเดทาแกรม (identification number) ขนาด 16 บิตเพื่อบอกให้ทราบว่า ส่วนของข้อมูลดังกล่าวถูกแบ่งออกมาจากเดทาแกรมหลักตัวใด เมื่อส่วนของข้อมูลถูกส่งไปถึงปลายทางครบทุกตัว จะสามารถประกอบกลับให้เป็นเดทาแกรมหลักก่อนที่จะถูกแบ่งได้ อนึ่ง การประกอบส่วนของข้อมูลกลับจะทำที่ชั้นโครงข่ายปลายทางเท่านั้น ไม่มีการทำในระหว่างการส่ง เนื่องจากการประกอบส่วนของข้อมูลที่ระหว่างทางจะทำให้เกิดความล่าช้า เพราะข้อมูลที่ถูกประกอบขึ้น ย่อมต้องถูกแบ่งอีกเพื่อให้สามารถส่งผ่านโครงข่ายได้



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการแบ่งส่วนข้อมูลโดยไอพี

รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างของการแบ่งส่วนเดทาแกรม ในตัวอย่างนี้ จะแสดงตัวนำหน้าไอพีเฉพาะส่วนที่จำเป็นได้แก่ เลขระบุเดทาแกรม (Identification number) ขนาด 16 บิต, ตัวบ่งชี้ ขนาด 3 บิต และ ค่าออฟเซตของการแบ่งส่วน (Fragmentation offset) ขนาด 13 บิต ซึ่งใช้ข้อมูลขนาด 8 ไบต์ ต่อ 1 หน่วยการแบ่งส่วน ดังนั้นส่วนของข้อมูลที่ถูกแบ่งจะมีขนาดเล็กที่สุดได้เป็น 8 ไบต์ นอกจากนี้ ในตัวอย่าง ได้กำหนดค่าเอ็มทียูสำหรับโครงข่ายต่างๆไว้ดังนี้ โครงข่ายที่ 1 มีเอ็มทียูเป็น 1200 ไบต์, โครงข่ายที่ 2 มีเอ็มทียูเป็น 532 ไบต์และโครงข่ายที่ 3 มีเอ็มทียูเป็น 276 ไบต์

เริ่มต้นจากเดทาแกรมขนาด 1024 ไบต์ถูกส่งผ่านโครงข่ายที่ 1 ที่อุปกรณ์จัดเส้นทาง เอ (Router A) ไอพีจะทำการแบ่งส่วนเดทาแกรมดังกล่าวให้เป็น 2 ส่วน โดยแต่ละส่วนมีขนาด 512 ไบต์เท่ากัน เมื่อเพิ่มตัวนำหน้าไอพีขนาด 20 ไบต์เข้าไปที่ส่วนของข้อมูลย่อยทั้งสอง จะได้ส่วนของข้อมูลย่อยที่มีขนาด 532 ไบต์ เท่ากับค่าเอ็มทียูของโครงข่ายที่ 2 พอดี โดยค่าออฟเซตของการแบ่งส่วนสำหรับส่วนของข้อมูลย่อยอันแรกมีค่าเป็น 0 แสดงถึงตำแหน่งแรกในเดทาแกรมหลัก ส่วนค่าออฟเซตของการแบ่งส่วนสำหรับส่วนของข้อมูลย่อยอันที่สองมีค่าเป็น 512/8 หรือ 64 และค่าตัวบ่งชี้ว่ามีบิตต่อท้าย (More bit flag) ของส่วนของข้อมูลย่อยอันแรกจะถูกตั้งให้มีค่าเป็น 1 เนื่องจากยังมีส่วนของข้อมูลย่อยต่อท้าย ในขณะที่ค่าตัวบ่งชี้ว่ามีบิตต่อท้ายของส่วนของข้อมูลย่อยอันที่สองจะมีค่าเป็น 0 เพราะเป็นส่วนของข้อมูลย่อยสุดท้าย ไม่มีข้อมูลใดๆ เพิ่มเติม

เมื่อส่วนของข้อมูลที่ถูกแบ่งดังกล่าว เดินทางมาถึงอุปกรณ์จัดเส้นทาง บี เพื่อเข้าสู่โครงข่ายที่ 3 ส่วนของข้อมูลจะถูกแบ่งอีกครั้งในลักษณะเช่นเดียวกับการแบ่งในตอนแรก ดังแสดงในรูปที่ 3.6 เพื่อให้ขนาดของส่วนของข้อมูลย่อยไม่เกินค่าเอ็มทียูของโครงข่ายที่ 3 ซึ่งจะได้ส่วนของข้อมูลย่อย 4 ชุด โดยแต่ละชุดมีขนาด 276 ไบต์ และทุกส่วนของข้อมูลย่อยจะมีค่าตัวบ่งชี้ว่ามีบิตต่อท้าย

เป็น 1 ยกเว้นส่วนของข้อมูลย่อยสุดท้าย ในขณะที่ค่าออฟเซตของการแบ่งส่วนจะเป็นค่าบอกตำแหน่งของข้อมูลในเดทาแกรมหลักก่อนที่จะถูกแบ่ง และด้วยค่าออฟเซตดังกล่าวนี้ ส่วนของข้อมูลย่อยทั้งหมดจะถูกประกอบกลับมาเป็นเดทาแกรมหลักได้ ถึงแม้ว่าส่วนของข้อมูลย่อยแต่ละส่วนจะเดินทางมาถึงปลายทางไม่ถูกลำดับ

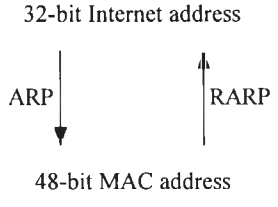
3.4.4 เออาร์พีและอาร์เออาร์พี

เกณฑ์วิธีจำแนกเลขที่อยู่ หรือ เออาร์พี (Address Resolution Protocol; ARP) และ เกณฑ์วิธีจำแนกเลขที่อยู่ผันกลับ หรือ อาร์เออาร์พี (Reverse Address Resolution Protocol; RARP) มีจุดประสงค์ในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่ไอพีในการสื่อสารการชั้นเชื่อมโยงข้อมูล จากรูปที่ 3.1 เกณฑ์วิธีทั้งสองแสดงไว้ด้านใต้ของชั้นโครงข่ายให้อยู่ติดกับชั้นเชื่อมโยงข้อมูล เนื่องจากถือว่าเกณฑ์วิธีทั้งสองเป็นเกณฑ์วิธีที่แยกต่างหาก ไม่ได้อาศัยไอพี หากแต่ช่วยสนับสนุนให้ไอพีทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพีใช้เลขที่อยู่ไอพี หรือเลขที่อยู่ไอพี ขนาด 32 บิต ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างโครงข่าย ในขณะที่ตัวกลางในการสื่อสารใดๆ จะใช้เลขที่อยู่ในการอ้างอิงทางกายภาพเรียกว่า เลขที่อยู่ควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง (Medium Access Control address; MAC address) ขนาด 48 บิต ดังนั้นการสื่อสารระหว่างชั้นโครงข่ายและชั้นเชื่อมโยงข้อมูลจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น หากมีการสร้างการเชื่อมโยงที่ถูกต้องระหว่างเลขที่อยู่ไอพีและเลขที่อยู่ควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง เออาร์พีจะทำหน้าที่ดังกล่าว โดยทำการสร้างตารางการเชื่อมโยงระหว่างเลขที่อยู่ที่แตกต่างกันเก็บไว้ในหน่วยความจำแคชของเออาร์พี (ARP cache) การทำงานของเออาร์พีจะมีลักษณะเป็นแบบพลวัต (Dynamic) กล่าวคือ มีการสร้างตารางเชื่อมโยงเลขที่อยู่อย่างอัตโนมัติ และทำการปรับค่าดังกล่าวให้ถูกต้องอยู่เสมอตามเวลาที่กำหนด

อาร์เออาร์พีเป็นกระบวนการผันกลับของเออาร์พี กล่าวคือ เป็นเกณฑ์วิธีในการหาเลขที่อยู่ไอพีที่เชื่อมโยงกับเลขที่อยู่ควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่กำหนดให้ อาร์เออาร์พีเป็นเกณฑ์วิธีซึ่งใช้สำหรับอุปกรณ์ที่ไม่สามารถเก็บค่าเลขที่อยู่ไอพีไว้ได้ เช่นสถานีงานที่ไม่มีจานบันทึก (Diskless workstation) หรือ เครื่องปลายทาง เอ็กซ์ (X terminal) เมื่อใช้อาร์เออาร์พี อุปกรณ์ดังกล่าวจะสามารถติดต่อกับโครงข่ายได้จากเลขที่อยู่ไอพีที่ได้จากการเชื่อมโยงของอาร์เออาร์พี

รูปที่ 3.7 แสดงแผนภาพการทำงานอย่างง่ายของเกณฑ์วิธีจำแนกเลขที่อยู่ทั้งสองแบบ



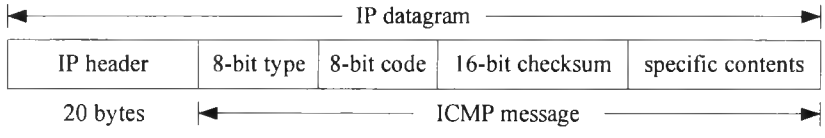
รูปที่ 3.7 เออาร์พีและอาร์เออาร์พี

3.4.5 ไอซีเอ็มพี

เกณฑ์วิธีข้อความควบคุมอินเทอร์เน็ต หรือ ไอซีเอ็มพี (Internet Control Message Protocol; ICMP) เป็นส่วนหนึ่งของเกณฑ์วิธีที่สำคัญในชั้นโครงข่าย หน้าที่สำคัญของไอซีเอ็มพีคือการสื่อสารข้อผิดพลาดและสภาพที่ต้องการความสนใจจากเกณฑ์วิธีในระดับชั้นที่สูงกว่า ด้วยไอซีเอ็มพีนี้ไอพีจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นในการบริการส่งผ่านข่าวสาร

ข้อความไอซีเอ็มพี (ICMP message) จะถูกส่งผ่านไปในโครงข่ายด้วยไอพีเดทาแกรมดังแสดงในรูปที่ 8 โดยในข้อความไอซีเอ็มพีจะประกอบด้วย

1) ส่วนบอกประเภท (Type field) ขนาด 8 บิต เพื่อกำหนดสถานะของข้อความควบคุม
2) ส่วนรหัส (Code filed) ขนาด 8 บิต เพื่อให้ข้อมูลเพื่อเติมของสถานะของข้อความ
3) ส่วนผลรวมตรวจสอบ (Checksum filed) ขนาด 16 บิต เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อความไอซีเอ็มพีทั้งหมด
4) ส่วนข้อความจำเพาะ (Specific content field) สำหรับข้อมูลของข้อความไอซีเอ็มพีแต่ละประเภท



รูปที่ 3.8 ข้อความไอซีเอ็มพีภายในไอพีเดทาแกรม

3.5 เกณฑ์วิธีในชั้นขนส่ง (Transport layer protocols)

เมื่อข่าวสารถูกส่งผ่านไปยังจุดหมายปลายทางที่ถูกต้องโดยไอพีแล้ว ข่าวสารจะถูกส่งต่อไปยังการบริการในชั้นการประยุกต์ที่เหมาะสม การแยกข่าวสารจากเกณฑ์วิธีต่างๆในชั้นการประยุกต์ให้แก่ชั้นโครงข่าย และการนำข่าวสารที่ถูกต้องส่งให้แก่เกณฑ์วิธีต่างๆในชั้นการประยุกต์เป็นหน้าที่ของเกณฑ์วิธีในชั้นขนส่ง โดยการให้บริการของเกณฑ์วิธีในชั้นนี้อาจจัดการให้กระแสข้อมูลที่ทำการส่งผ่านไม่มีข้อผิดพลาดและควบคุมการไหลของข้อมูลโดยใช้การเชื่อมต่อที่สมบูรณ์เป็นหลัก หรือ อาจเพียงส่งข้อมูลระหว่างชั้นโครงข่ายและชั้นการประยุกต์ให้ถึงจุดหมายปลายทางอย่างถูกต้อง โดยไม่มีการควบคุม เกณฑ์วิธีในชั้นขนส่งถือเป็นเกณฑ์วิธีที่ช่วยเสริมให้ชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพีทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การบริการในชั้นขนส่งจัดการได้ด้วยเกณฑ์วิธีในการขนส่ง 2 แบบ ได้แก่ เกณฑ์วิธีควบคุมการขนส่งข้อมูล หรือ ทีซีพี (Transmission Control Protocol; TCP) และ เกณฑ์วิธีเดทาแกรมของผู้ใช้ หรือ ยูดีพี (User Datagram Protocol; UDP)

3.5.1 พอร์ต (Port)

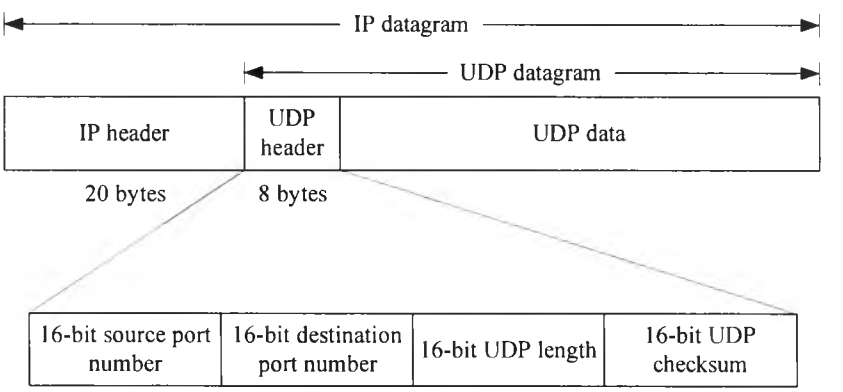
ทั้งยูดีพีและทีซีพีใช้พอร์ตเป็นสื่อกลางเพื่อทำการส่งข่าวสารไปยังการบริการในชั้นการประยุกต์ที่เหมาะสม โดยหมายเลขช่องทาง หรือหมายเลขพอร์ต (Port number) เป็นเลขที่อยู่ขนาด 16 บิต สำหรับชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพี การบริการในชั้นการประยุกต์ที่นิยมใช้โดยทั่วไป เช่นเทลเน็ต และเอฟทีพี จะมีการกำหนดหมายเลขพอร์ตที่รู้จักกันเป็นอย่างดี (Well-known port number) ซึ่งเป็นหมายเลขในช่วงระหว่าง 1 ถึง 1023 ถ้ามีการกำหนดเกณฑ์วิธีใหม่ในชั้นการประยุกต์ จำเป็นจะต้องมีการกำหนดหมายเลขพอร์ตสำหรับเกณฑ์วิธีใหม่นั้นด้วย เพื่อให้ยูดีพีและทีซีพีสามารถสร้างการเชื่อมโยงไปสู่เกณฑ์วิธีดังกล่าวได้ โดยหมายเลขพอร์ตที่กำหนดขึ้นจะต้องไม่ซ้ำกับหมายเลขพอร์ตที่มีอยู่

3.5.2 ซ็อกเก็ต (Socket)

ซ็อกเก็ต คือ การเชื่อมต่อของเลขที่อยู่ไอพีกับหมายเลขพอร์ต การสื่อสารระหว่างต้นทางและปลายทางภายในระบบอินเทอร์เน็ตโดยใช้เกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพีสามารถแสดงได้โดยอาศัยคู่ซ็อกเก็ต (Socket pair) ซึ่งเป็นชุดตัวเลข 4 ตัวที่ประกอบด้วยเลขที่อยู่ไอพีต้นทาง, หมายเลขพอร์ตต้นทาง, เลขที่อยู่ไอพีปลายทาง และ หมายเลขพอร์ตปลายทาง เมื่อเลขที่อยู่ไอพีของต้นทางและปลายทางแตกต่างกัน และหมายเลขพอร์ตของเกณฑ์วิธีในชั้นการประยุกต์ต่างๆไม่ซ้ำกัน จะได้ว่าการใช้คู่ซ็อกเก็ตจะเป็นการบ่งชี้ความสัมพันธ์ที่แน่นอนของการสื่อสารระหว่างต้นทางและปลายทาง

3.5.3 ยูดีพี

เกณฑ์วิธีเดทาแกรมของผู้ใช้ หรือ ยูดีพี (User Datagram Protocol; UDP) เป็นเกณฑ์วิธีในชั้นขนส่งที่ไม่ซับซ้อน มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งผ่านข้อมูลจากชั้นการประยุกต์ต้นทางไปยังการบริการในชั้นการประยุกต์ปลายทางที่ถูกต้อง ผลของกระบวนการยูดีพีจะทำให้ได้ยูดีพีเดทาแกรม (UDP datagram) ซึ่งจะถูกส่งต่อไปให้ไอพีเพื่อสร้างไอพีเดทาแกรมสำหรับส่งไปยังปลายทางต่อไป รูปที่ 3.9 แสดงยูดีพีเดทาแกรมที่อยู่ภายในไอพีเดทาแกรม



รูปที่ 3.9 ยูดีพีเดทาแกรมภายในไอพีเดทาแกรม

ยูดีพีสามารถส่งผ่านข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางได้อย่างถูกต้องโดยอาศัยหมายเลขพอร์ตของต้นทางและปลายทาง (Source and destination port number) ซึ่งเป็นส่วนประกอบในตัวนำหน้ายูดีพี (UDP header) โดยที่ภาครับ จะทำการตรวจสอบว่าหมายเลขพอร์ตปลายทางของยูดีพีเดทาแกรมที่ได้รับเป็นหมายเลขพอร์ตของการบริการใดในชั้นการประยุกต์ เพื่อทำการส่งข้อมูลที่ถูกต้องให้แก่การบริการในชั้นการประยุกต์นั้นๆ นอกจากหมายเลขพอร์ตขนาด 16 บิตทั้งสองชุดแล้ว ตัวนำหน้ายูดีพีขนาด 8 ไบต์ ยังประกอบด้วยส่วนความยาวยูดีพี (UDP length field) ขนาด 16 บิต ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้สำหรับบอกความยาวของตัวนำหน้ารวมกับข้อมูลในยูดีพีทั้งหมด และส่วนผลรวมตรวจสอบยูดีพี (UDP checksum field) ขนาด 16 บิต ซึ่งใช้ตรวจสอบความถูกต้องของยูดีพีเดทาแกรม

การคำนวณค่าผลรวมการตรวจสอบของยูดีพีทำได้โดยการคำนวณส่วนเติมเต็มหนึ่ง (One's complement) ขนาด 16 บิต ของผลรวมของส่วนเติมเต็มหนึ่งทั้งหมดของคำขนาด 16 บิต (16-bit word) ของตัวนำหน้ารวมกับข้อมูลในยูดีพี ซึ่งการคำนวณในลักษณะดังกล่าวเหมือนกับการคำนวณค่าผลรวมการตรวจสอบของไอพี หากแต่ยูดีพีมีการเพิ่มการคำนวณในส่วนของตัวนำหน้าเทียม (Pseudo header) ขนาด 12 ไบต์ ซึ่งเป็นข้อมูลบางส่วนจากตัวนำหน้าไอพี เช่น เลขที่อยู่ไอพีของต้นทางและปลายทาง เป็นต้น การเพิ่มการคำนวณในส่วนของตัวนำหน้าเทียมนี้มีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบว่ายูดีพีเดทาแกรมที่ได้รับ เป็นเดทาแกรมที่ถูกส่งมายังแม่ข่ายปลายทางนี้จริง ถือเป็นการคำนวณที่พิจารณาถึงซ็อกเก็ตด้วย ไม่ได้พิจารณาเพียงแต่พอร์ตเท่านั้น

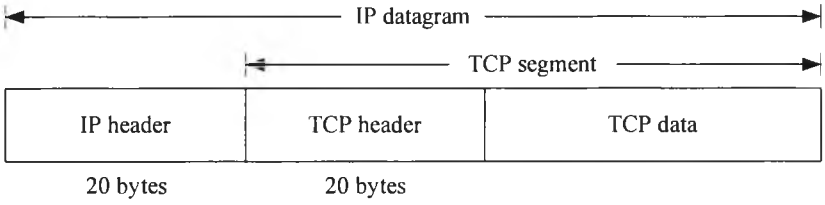
จากการคำนวณส่วนความยาวไอพีซึ่งมีขนาด 16 บิต ความยาวสูงสุดที่เป็นไปได้ของไอพีเดทาแกรมคือ 2^{16}-1 = 65535 ไบต์ ดังนั้นเมื่อหักความยาวของตัวนำหน้าไอพีขนาด 20 ไบต์ และตัวนำหน้ายูดีพีขนาด 8 ไบต์ จะเหลือค่าความยาวสูงสุดที่เป็นไปได้ของข้อมูลในยูดีพีเดทาแกรมเป็น 65507 ไบต์ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติค่าดังกล่าวไม่สามารถเป็นไปได้ เนื่องจากข้อจำกัดหลายประการ เช่น หน่วยความจำบัฟเฟอร์ภาครับและภาคส่งของโปรแกรมการประยุกต์ผ่านยูดีพีซ็อกเก็ตมีค่าจำกัด และ ค่าเอ็มทียูของโครงข่ายมีค่าจำกัด ทำให้เกิดการแบ่งส่วนข้อมูลในชั้นโครงข่าย ซึ่งเป็นการเพิ่มภาระและเวลาหน่วงให้แก่ระบบในการแบ่ง การส่ง และการประกอบส่วนของข้อมูลที่เพิ่มมากขึ้น

ยูดีพีไม่มีการรับประกันว่าเดทาแกรมจะถูกส่งไปถึงปลายทางหรือไม่ ความน่าเชื่อถือของระบบไม่สามารถกำหนดได้ที่ระดับชั้นขนส่งที่ใช้ยูดีพี ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของเกณฑ์วิธีในระดับชั้นการประยุกต์ในการควบคุมความน่าเชื่อถือของการสื่อสาร ยูดีพีเปิดโอกาสให้เกณฑ์วิธีในระดับชั้นการประยุกต์สามารถกำหนดขนาดของเดทาแกรมโดยการแบ่งส่วนข้อมูลให้เหมาะสมจากการบริการในชั้นการประยุกต์ และเพิ่มส่วนควบคุมในข้อมูลที่จะส่งผ่านมายังยูดีพี ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการ

3.5.4 ทีซีพี

เกณฑ์วิธีควบคุมการขนส่งข้อมูล หรือ ทีซีพี (Transmission Control Protocol; TCP) ให้บริการกับชั้นการประยุกต์แตกต่างจากยูดีพีโดยสิ้นเชิง ถึงแม้ว่าทีซีพีและยูดีพีจะใช้เกณฑ์วิธีในชั้นโครงข่ายเป็นไอพีเหมือนกัน ทีซีพีเป็นเกณฑ์วิธีที่มีความน่าเชื่อถือและอาศัยการเชื่อมต่อ (Connection-oriented protocol) กล่าวคือ ในการส่งผ่านข้อมูล จำเป็นจะต้องเปิดการเชื่อมต่อระหว่างกันขึ้นก่อน และเมื่อการส่งผ่านข้อมูลเสร็จสิ้นลง การเชื่อมต่อระหว่างกันจึงถูกปิดลง อุปมานได้ดังการใช้โทรศัพท์ โดยต้องมีการต่อโทรศัพท์ไปยังปลายทางและรอให้รับสาย จึงเริ่มการสนทนาได้ เมื่อการสนทนาสิ้นสุดลง จึงทำการวางสาย ถือเป็นการสิ้นสุดการสื่อสารระหว่างกัน

กลุ่มของข้อมูลที่ทีซีพีส่งต่อให้แก่ไอพีเรียกว่า เซกเมนต์ (Segment) แต่ละเซกเมนต์ประกอบด้วยข้อความจากเกณฑ์วิธีในชั้นการประยุกต์ และ ตัวนำหน้าทีซีพี (TCP header) ขนาด 20 ไบต์ ซึ่งประกอบด้วยหมายเลขพอร์ตของต้นทาง และหมายเลขพอร์ตของปลายทาง รวมทั้งส่วนของผลรวมการตรวจสอบ เช่นเดียวกับในยูดีพี หากแต่ตัวนำหน้าทีซีพีมีส่วนประกอบมากกว่า โดยส่วนประกอบเหล่านี้ช่วยให้ทีซีพีมีความน่าเชื่อถือสูงกว่ายูดีพี รูปที่ 3.10 แสดงทีซีพีเซกเมนต์ภายในไอพีเดทาแกรม



รูปที่ 3.10 ทีซีพีเซกเมนต์ภายในไอพีเดทาแกรม

ความน่าเชื่อถือของทีซีพีเกิดจากปัจจัยดังต่อไปนี้

- การตรวจจับและการแก้ไขความผิดพลาด (Error detecting and correction) ความผิดพลาดอาจเกิดขึ้นกับทีซีพีเซกเมนต์เนื่องจากเกิดความผิดพลาดภายในสื่อกลางการสื่อสารหรือชุดคำสั่งในชั้นที่อยู่ต่ำกว่า ทีซีพีจำเป็นจะต้องตรวจจับและแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้
- การควบคุมการไหลของข้อมูล (Flow control) เนื่องจากระบบของภาครับและภาคส่งอาจมีความสามารถในการจัดการข้อมูลต่างกันและมีหน่วยความจำบัฟเฟอร์ต่างกัน จึงต้องมีการควบคุมการไหลของข้อมูลเพื่อให้ภาคส่งและภาครับทำงานประสานกันได้อย่างเหมาะสมที่สุด
- การจัดลำดับข้อมูลใหม่ (Resequencing) ไอพีเดทาแกรมที่มีทีซีพีเซกเมนต์อยู่ภายในอาจเดินทางไปถึงปลายทางผิดลำดับ เนื่องจากแต่ละไอพีเดทาแกรมเดินทางอย่างเป็นอิสระต่อกัน และอาจใช้เส้นทางต่างกัน ดังนั้นทีซีพีจึงต้องมีกระบวนการในการจัดลำดับเซกเมนต์ใหม่ให้ถูกต้อง
- การลบเซกเมนต์ซ้ำ (Removing duplicate segments) เซกเมนต์ซ้ำอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากกระบวนการแก้ไขข้อผิดพลาดของทีซีพี ดังนั้นทีซีพีจึงต้องมีกระบวนการในการลบเซกเมนต์ซ้ำที่เกิดขึ้น

ทีซีพีทำให้ปัจจัยดังกล่าวข้างต้นเกิดขึ้นได้จาก

- การใช้เลขลำดับ (Sequence number) ในการระบุข้อมูล
- การตอบรับ (Acknowledgement) ข้อมูลที่ได้รับมาอย่างถูกต้องตามลำดับ
- การส่งเซกเมนต์ที่ไม่ได้รับการตอบรับซ้ำภายในเวลาจำกัดที่กำหนดไว้

กระบวนการส่งผ่านข้อมูลของทีซีพีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.4.1 ช่วงการจัดเตรียมการเชื่อมต่อ (The connection setup phase)

กำหนดให้มีการเชื่อมต่อจากจุด 128.1.0.1 ไปยังจุด 128.1.0.9 ทีซีพีจะจัดการส่งเซกเมนต์ไปยังไอพีโดยเซกเมนต์ดังกล่าวประกอบด้วยตัวบ่งชี้ SYN (SYN flag) ที่ถูกกำหนดให้มีค่า เพื่อร้องขอให้เริ่มทำการเชื่อมต่อ, ส่วนเลขลำดับ (sequence number field) ที่มีค่าเป็น 921 และตัวบ่งชี้ ACK (ACK flag) ที่ถูกกำหนดให้ไม่มีค่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นเซกเมนต์แรกในการเชื่อมต่อ

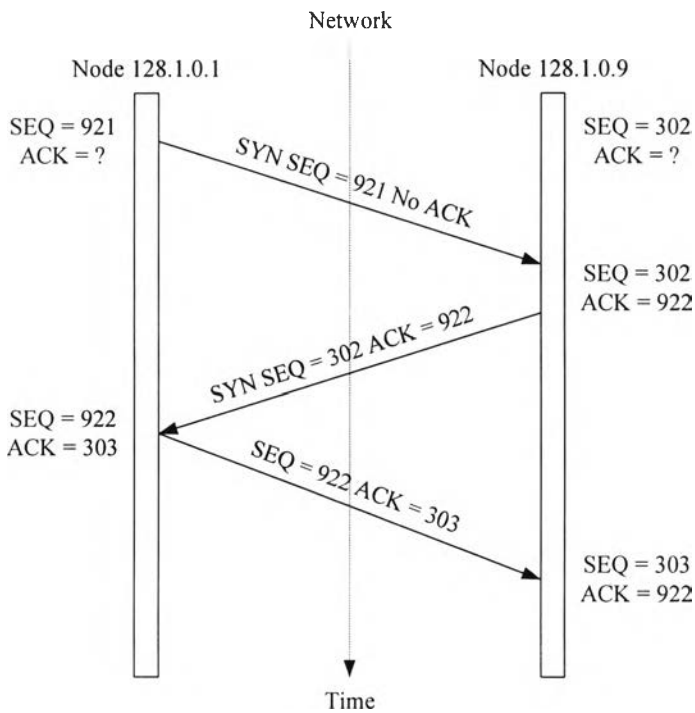
เมื่อจุด 128.1.0.9 ได้รับคำร้องขอ จะตอบกลับด้วยเซกเมนต์ที่ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ SYN ที่ถูกกำหนดให้มีค่า, ตัวบ่งชี้ ACK ที่ถูกกำหนดให้มีค่า และส่วนเลขลำดับของจุด 128.1.0.9 มีค่าเป็น 302 สำหรับในส่วนเลขการตอบรับ (acknowledgement number field) จะมีค่ามากกว่าเลขลำดับจาก

I19423706

จุด 128.1.0.1 อยู่หนึ่ง (921+1=922) เซกเมนต์นี้เป็นการตอบรับของจุด 128.1.0.9 ว่าได้รับเลขลำดับจากจุด 128.1.0.1 แล้ว และได้แจ้งเลขลำดับของตนให้ต้นทางทราบ

จุด 128.1.0.1 จะตอบกลับว่าได้รับการตอบรับจากจุด 128.1.0.9 แล้ว โดยการส่งเซกเมนต์ที่สอง ซึ่งมีเพียงตัวบ่งชี้ ACK เท่านั้นที่ถูกกำหนดค่า และมีเลขการตอบรับซึ่งมีค่ามากกว่าเลขลำดับจากจุด 128.1.0.8 อยู่หนึ่ง (302+1=303)

ในขณะนี้ การเชื่อมต่อได้เกิดขึ้นแล้ว จุดต้นทางและปลายทางได้แลกเปลี่ยนเลขลำดับเป็นที่เรียบร้อยและพร้อมที่จะทำการส่งผ่านข้อมูลต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.11

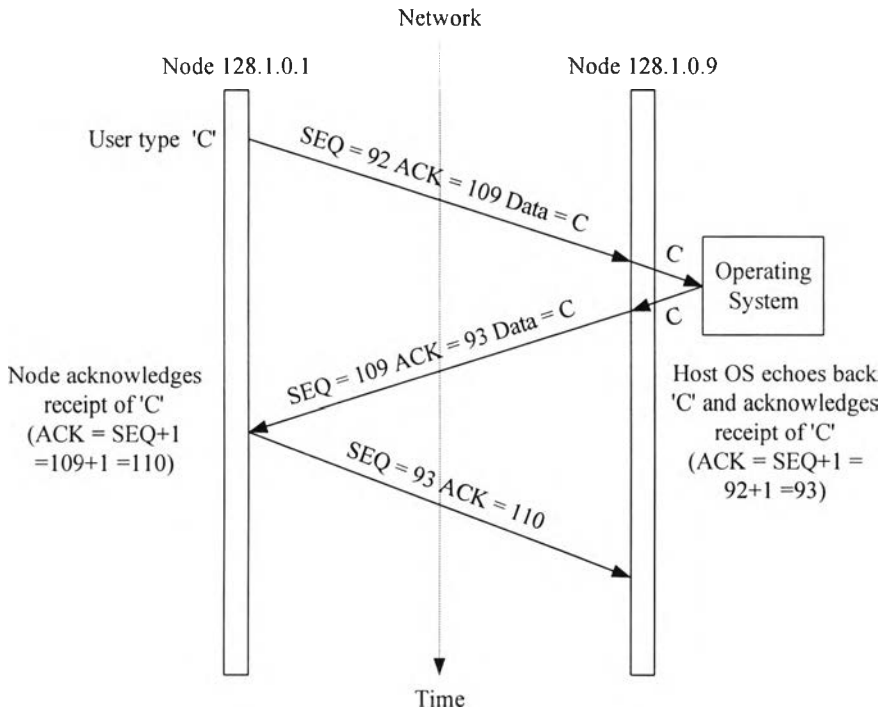


รูปที่ 3.11 ช่วงการจัดเตรียมการเชื่อมต่อของทีซีพี

3.5.4.2 ช่วงการส่งผ่านข้อมูล (The data phase)

กระแสข้อมูล (data stream) ที่ส่งผ่านทีซีพีเซกเมนต์จะมีหน่วยเป็นออกเต็ด (octet) หรือไบต์ (byte) โดยการส่งผ่านข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางจะมีการตอบรับเสมอ สำหรับทุกๆทีซีพีเซกเมนต์ โดยเลขการตอบรับจะมีค่ามากกว่าเลขลำดับจากภาคส่งบวกกับจำนวนไบต์ของข้อมูลอยู่หนึ่ง หมายความว่าเลขการตอบรับจะแสดงตำแหน่งของข้อมูลที่ปลายทางคาดว่าจะได้รับในการส่งเซกเมนต์ครั้งต่อไป

รูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่างการส่งข้อมูลของทีซีพีเมื่อการเชื่อมต่อเครื่องปลายทางกับแม่ข่าย (host) ซึ่งอยู่ในแบบวิธีสะท้อนกลับ (echo back mode) ในกรณีนี้ อักขระที่พิมพ์โดยผู้ใช้ที่เครื่องปลายทางจะถูกส่งไปยังแม่ข่ายและส่งกลับมาแสดงผลที่หน้าจอของผู้ใช้



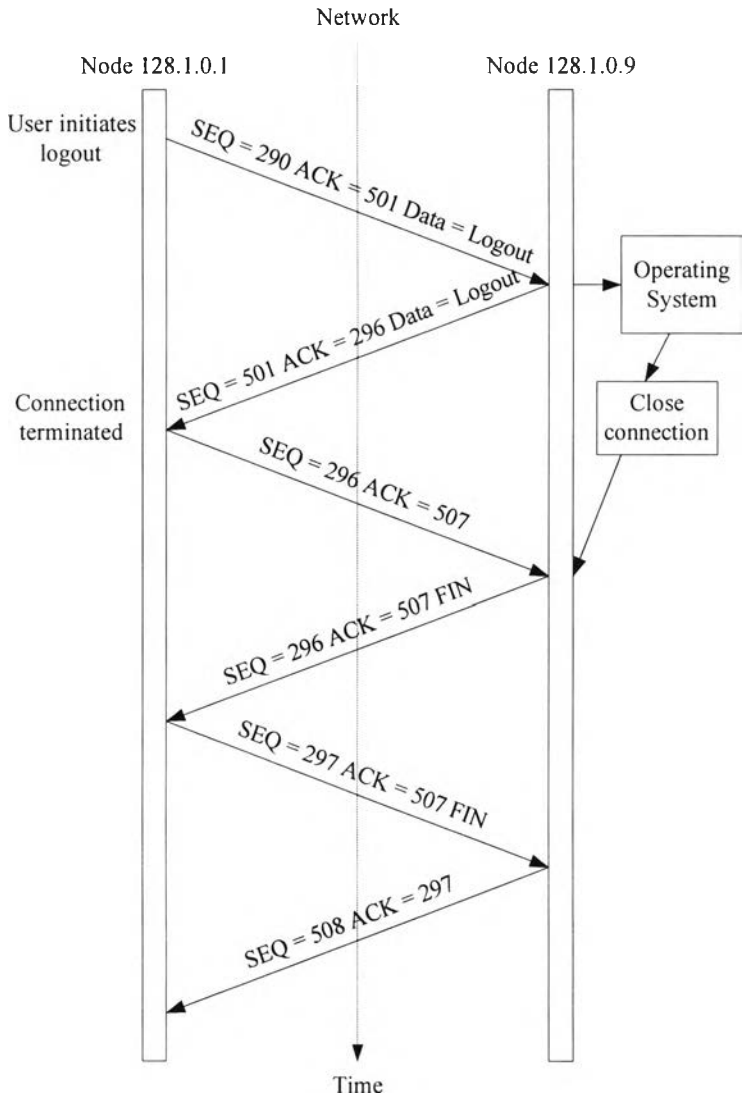
รูปที่ 3.12 การตอบกลับของทีซีพีกรณีการสะท้อนกลับอักขระจากแม่ข่าย

ในตัวอย่างนี้ ผู้ใช้ได้พิมพ์อักขระ 'C' ซึ่งจะถูกส่งผ่านโครงข่ายด้วยเลขลำดับเท่ากับ 92 ระบบปฏิบัติการจะสะท้อนกลับอักขระดังกล่าวพร้อมกับตอบรับการได้รับอักขระ 'C' จากจุด 128.1.0.1 จากนั้นจุด 128.1.0.1 จะทำการตอบรับการได้รับอักขระ 'C' กลับจากจุด 128.1.0.9 โดยเซกเมนต์ดังกล่าวจะไม่มีส่วนของข้อมูล และส่วนเลขการตอบรับจะถูกกำหนดให้มีค่ามากกว่าเลขลำดับที่ได้รับอยู่หนึ่งเนื่องจากมีอักขระเพียง 1 ตัว

3.5.4.3 ช่วงสิ้นสุดการเชื่อมต่อ (The final phase)

เมื่อต้องการปิดการเชื่อมต่อ ตัวบ่งชี้ FIN (FIN flag) จะถูกกำหนดให้มีค่า และเมื่อทั้งสองฝ่ายได้ทำการส่งตัวบ่งชี้ FIN จึงจะถือว่าการเชื่อมต่อสิ้นสุดโดยสมบูรณ์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.13 เมื่อผู้ใช้สิ้นสุดการทำงาน และพิมพ์ข้อความ 'logout' เพื่อปิดการเชื่อมต่อ ข้อความดังกล่าวจะถูกส่งผ่านโครงข่ายไปยังระบบปฏิบัติการ และจะถูกตอบรับกลับไปยังผู้ใช้ ในขณะที่แม่ข่ายจะทำการปิดการเชื่อมต่อ โดยการจัดการให้ชุดคำสั่งทีซีพีส่งเซกเมนต์ที่มีตัวบ่งชี้ FIN ถูกกำหนดให้มีค่า เมื่อจุด 128.1.0.1 ได้รับเซกเมนต์ดังกล่าว จะทำการปิดการเชื่อมต่อ และตอบรับการปิดการเชื่อมต่อกลับไป

ให้จุด 128.1.0.9 โดยมีตัวบ่งชี้ FIN ถูกกำหนดให้มีค่าเช่นเดียวกัน และเมื่อจุด 128.1.0.9 ตอบรับว่าได้รับตัวบ่งชี้ FIN แล้ว แสดงว่าการปิดการเชื่อมต่อเสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์



รูปที่ 3.13 ช่วงการปิดการเชื่อมต่อของทีซีพี

3.5.4.4 การแก้ไขความผิดพลาดและการส่งใหม่เมื่อเวลาหมด (Error correction and retransmission time-out)

การแก้ไขความผิดพลาดของทีซีพีใช้กระบวนการง่ายๆ คือ เมื่อไม่มีการตอบรับเลขลำดับของเซกเมนต์ใดๆภายในช่วงเวลาที่กำหนด เซกเมนต์ดังกล่าวจะถูกส่งใหม่ กระบวนการนี้เป็นเพียงกระบวนการเดียวในการแก้ไขข้อผิดพลาดของทีซีพี และถึงแม้ว่าเซกเมนต์อื่นที่มีเลขลำดับหลังจากเซกเมนต์ที่ไม่มีการตอบรับจะส่งไปถึงปลายทางอย่างถูกต้อง เซกเมนต์ทั้งหมดตั้งแต่เซกเมนต์ที่ไม่มีการตอบรับจะถูกส่งใหม่

3.5.4.5 วินโดวส์เลื่อนและการควบคุมการไหลของข้อมูล (Sliding windows and flow control)

ในโครงข่ายที่มีเวลาหน่วงสูง การที่ต้องรอการตอบรับสำหรับทุกๆเซกเมนต์จะทำให้ช่วงเวลาหน่วงเพิ่มมากขึ้น ทีซีพีแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการใช้วินโดวส์เลื่อน ซึ่งช่วยให้สามารถส่งเซกเมนต์หลายๆเซกเมนต์ได้โดยไม่ต้องรอการตอบรับของแต่ละเซกเมนต์ และการตอบรับสามารถทำได้โดยตอบรับเพียงเซกเมนต์สุดท้ายที่ได้รับ ซึ่งจะทำให้การใช้ตัวกลางสื่อสารมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ ค่าวินโดวส์ยังใช้ในการแจ้งขนาดของเซกเมนต์ที่ภาครับสามารถรองรับได้ โดยหน่วยความจำบัฟเฟอร์ของภาครับยังไม่เต็ม ซึ่งถือเป็นการควบคุมการไหลของข้อมูลเพื่อให้ภาคส่งและภาครับทำงานประสานกันได้อย่างเหมาะสมที่สุด

3.5.4.6 การรักษาการเชื่อมต่อของทีซีพี (TCP keep-alive)

ในกรณีที่ไม่มีการส่งผ่านข้อมูลระหว่างการเชื่อมต่อเป็นเวลานาน ชุดคำสั่งของทีซีพีที่แม่ข่ายจะทำการส่งเซกเมนต์เพื่อรักษาการเชื่อมต่อ (keep-alive segment) เป็นระยะๆ โดยจะมีการตอบรับเซกเมนต์ดังกล่าวเป็นระยะๆเช่นเดียวกัน แต่ถ้าไม่มีการตอบรับภายในเวลาที่กำหนด การเชื่อมต่อจะถูกตั้งใหม่

3.6 ชั้นการประยุกต์ (Application layer)

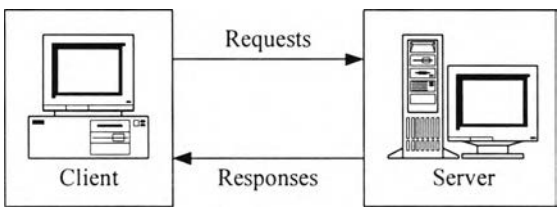
เกณฑ์วิธีในชั้นการประยุกต์มีหน้าที่ในการต่อประสานระหว่างโปรแกรมการประยุกต์สำหรับผู้ใช้ขั้นปลาย (End-user applications) กับการบริการในชั้นขนส่ง พึงสังเกตว่าเกณฑ์วิธีในระดับชั้นการประยุกต์นี้ไม่ใช่โปรแกรมการประยุกต์สำหรับผู้ใช้ขั้นปลาย หากแต่เป็นเพียงการต่อประสานโปรแกรมการประยุกต์กับโครงข่ายการสื่อสารเท่านั้น

3.6.1 ระบบรับ-ให้บริการ (Client/server system)

เกณฑ์วิธีในชั้นการประยุกต์ของชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพีมีลักษณะของระบบรับ-ให้บริการ หมายความว่าการบริการในชั้นการประยุกต์ประกอบด้วยหน่วยสำคัญสองหน่วยที่ต้องการแลกเปลี่ยนข่าวสารซึ่งกันและกัน ได้แก่ หน่วยบริการ หรือ เซิร์ฟเวอร์ (Server) และ หน่วยรับบริการ หรือ ไคลเอนท์ (Client)

เมื่อต้องการแลกเปลี่ยนข่าวสาร ไคลเอนท์จะเริ่มติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์ โดยการส่งข้อความร้องขอ (Request) ทำการเชื่อมโยงการติดต่อ เมื่อเซิร์ฟเวอร์ได้รับการร้องขอ จะทำการตอบกลับ (Response) ไปยังไคลเอนท์ และการเชื่อมต่อการสื่อสารจะเกิดขึ้น การสื่อสารระหว่างไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์จะมีลักษณะเป็นการร้องขอและการตอบกลับดังแสดงในรูปที่ 3.14 ชุดคำสั่งไคลเอนท์ (Client software) ไม่สามารถติดต่อโดยตรงกับชุดคำสั่งไคลเอนท์ได้ และชุดคำสั่งเซิร์ฟเวอร์ (server software) ไม่สามารถติดต่อโดยตรงกับชุดคำสั่งของเซิร์ฟเวอร์ได้เช่นเดียวกัน ดัง

นั้นการเชื่อมต่อการสื่อสารและการส่งผ่านข่าวสารจะเกิดขึ้นได้ ก็ต่อเมื่อทั้งมีชุดคำสั่งไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์ทำงานในชั้นการประยุกต์ที่ต้นทางและปลายทางตามลำดับ



รูปที่ 3.14 ระบบรับ-ให้บริการ

เนื่องจากการบริการของไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์มีลักษณะเป็นชุดคำสั่ง (Software) คอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการสนับสนุนระบบหลายภารกิจ (Multitasking) สามารถมีชุดคำสั่งไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์หลายๆแบบใช้ในเวลาเดียวกันได้ โดยระบบหลายภารกิจเหล่านี้จะจัดการการสื่อสารระหว่างชุดคำสั่งไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์แต่ละคู่อย่างเป็นอิสระต่อกัน

เนื่องจากความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดของยูนิกส์ (UNIX) กับชุดเกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพี ชุดคำสั่งของเซิร์ฟเวอร์มักถูกเรียกว่า "ดีมอน" (Daemon) ซึ่งเป็นคำศัพท์ที่ใช้สำหรับยูนิกส์ หมายถึงกระบวนการที่ทำงานอยู่ในส่วนหลัง (Background process) โดยทำงานตามคำสั่งของระบบทั้งหมด เช่น เซิร์ฟเวอร์ของเทลเน็ตถูกเรียกว่า "เทลเน็ตดี" (Telnetd) เป็นต้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น เมื่อต้องการให้เกิดการเชื่อมต่อการสื่อสาร จำเป็นต้องมีชุดคำสั่งไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์ที่ต้นทางและปลายทางตามลำดับ ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอย่างเกณฑ์วิธีที่นิยมใช้ในชั้นการประยุกต์ในลักษณะชุดคำสั่งไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างชุดคำสั่งไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์

ไคลเอนท์ (Client)	เซิร์ฟเวอร์ (Server)	พอร์ต (Port)	คำอธิบาย
เทลเน็ต (Telnet)	เทลเน็ตดี (telnetd)	23	การบริการเข้าถึงเครื่องปลายทาง
เอฟทีพี (FTP)	เอฟทีพีดี (ftpd)	20/21	การบริการโอนย้ายแฟ้มข้อมูล
เอสเอ็มทีพี (SMTP)	เอสเอ็มทีพีดี (smtpd)	25	การบริการไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์
rlogin	rlogind	513	การบริการลงบันทึกเข้าทางไกล