

9 TCP 프로토콜

가천대학교 - 2019학년도 1학기 -

❖ 전송 계층

- 네트워크 양 끝단에서 통신을 수행하는 당사자 간의 단대단^{End-to-End} 연결을 제공
- 네트워크 프로그래밍 환경에서 통신 기능을 제공하는 포트^{Port}는 전송 서비스 접근점^{TSAP, Transport Service Access Point}
- 두 포트 사이에는 전송 계층 연결 하나가 설정됨
- 전송 계층에서 연결 설정 방식 : 가상 회선 방식, 데이터그램 방식

❖ 전송 계층 프로토콜

- 네트워크 계층에서 전송하는 서비스를 이용해 상위 계층의 사용자에게 신뢰성 있는 서비스 제공
- 상위 세션 계층에 제공하는 서비스 : 연결형 서비스, 비연결형 서비스
 - 연결형 서비스 : 연결 설정/해제, 흐름 제어, 주소 표현 방식 등은 네트워크 계층에서 제공하는 연결형 서비스와 유사
 - 비연결형 서비스 : 네트워크 계층에서 제공하는 서비스와 유사

Contents

❖ 학습목표

- 전송 계층 프로토콜이 제공하는 기능을 이해한다.
- 전송 계층 프로토콜을 설계하는 과정에서 고려할 사항을 이해한다.
- TCP 헤더에 정의된 필드의 역할을 이해한다.
- TCP에서 사용하는 Well-known 포트를 알아본다.
- TCP의 연결 설정, 데이터 전송, 연결 해제 과정을 이해한다.
- TCP/IP의 혼잡 제어 기능을 알아본다.

❖ 내용

- 전송 계층의 기능
- TCP 프로토콜
- TCP 프로토콜을 이용한 데이터 전송

01_전송 계층의 기능

- 전송 계층은 데이터 링크 계층과 유사
 - 오류 제어, 흐름 제어, 데이터 순서화 등 기능면에서 데이터 링크 계층과 특징 유사
 - 데이터 링크 계층은 물리적으로 1:1 연결된 호스트 사이의 전송
 - 단순히 물리적인 선로를 통해 데이터를 직접 전달. 네트워크 계층의 중개 기능 불필요
 - 전송 계층은 논리적으로 1:1 연결된 호스트 사이의 전송
 - 중간에 위치한 논리적 네트워크의 중개 기능을 사용해 전송 기능 수행
 - 네트워크에서 제공하는 다양한 논리적인 자원 사용 (예. 데이터 링크 계층의 기능, 잠재적 기억 장치에 의한 데이터 저장과 그에 따른 지연 현상)

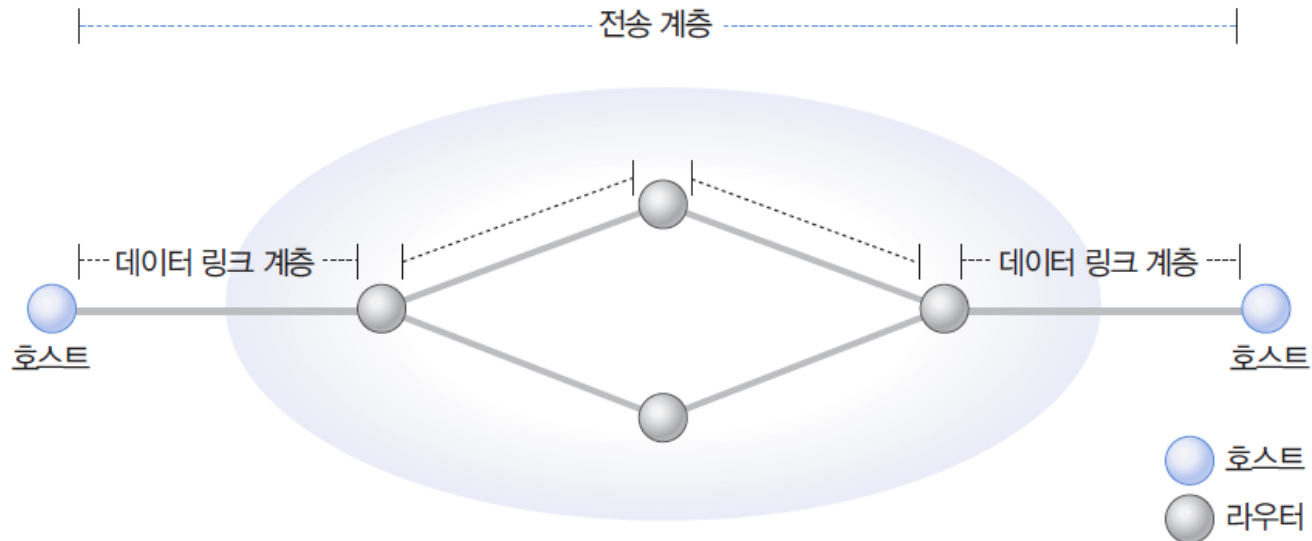


그림 9-1 전송 계층과 데이터 링크 계층의 차이

01_전송 계층의 기능

❖ 전송 계층의 주요 기능

■ 흐름 제어

- 수신 프로세스가 송신 프로세스의 전송 속도보다 느리게 데이터 수신 시 버퍼 용량 초과로 데이터 분실 가능
- 송신 프로세스는 타임 아웃 기능을 통해 재전송 과정을 수행하므로 전체 네트워크의 전송 효율 점점 감소
- 수신 호스트가 슬라이딩 윈도우 프로토콜의 윈도우 하단 값을 조정(송신 프로세스가 보낼 수 있는 패킷의 한계 지정)

■ 오류 제어

- 데이터 변형과 데이터 분실 : 재전송에 의한 오류 제어 기능에 의해 복구
 - 수신 프로세스 또는 송신 프로세스의 요구에 의해 데이터 재전송
- 전송 계층의 오류는 대부분 각 계층의 소프트웨어가 동작하는 과정에서 데이터 분실
 - 예) 라우팅 과정에서 네트워크 계층의 기능적 한계, 잘못된 목적지 호스트의 위치 정보로 인해 전달되지 못하는 경우

01_전송 계층의 기능

■ 분할과 병합

- 분할 : 데이터를 전송하기 전에 적합한 크기로 나누는 과정
- 병합 : 수신 프로세스가 수신한 데이터를 원래 크기로 다시 모으는 과정

■ 서비스 프리미티브

- 전송 계층 사용자가 전송 계층 서비스를 사용하기 위한 인터페이스
- 네트워크 계층에서 제공하는 서비스는 일반적으로 비신뢰성을 바탕으로 한 비연결형 서비스 프리미티브 정의
- 전송 계층에서는 비연결형 서비스뿐 아니라 신뢰성이 향상된 연결형 서비스도 제공

01_전송 계층의 기능

❖ 전송 계층 설계 시 고려 사항

■ 주소 표현

- 네트워크에서 기본적으로 필요한 일반 사항은 주소^{Address}
 - TCP/IP 환경에서 호스트 IP와 포트번호의 조합은 네트워크 계층과 전송계층에서 사용하는 주소 표현 방식의 하나
- TSAP^{Transport Service Access Point} : 전송 계층의 주소
- 구조적 표현
 - 여러 개의 계층적 필드로 구성
 - 대한민국:서울:한국대학교:정보통신공학과:네트워크연구실:홍길동:50
 - www.korea.co.kr
- 비구조적 표현
 - 초등학교의 반 번호
- IP 주소
 - 네트워크와 호스트의 계층적인 정보 제공
 - 위치 정보와 관련해서는 비구조적 특징

01_전송 계층의 기능

■ 멀티플렉싱 Multiplexing

● 상방향 멀티플렉싱

- 다수의 전송 계층 연결에 대해 하부의 네트워크 계층에서 연결이 하나 형성
- 여러 전송 계층의 연결에서 발생한 데이터가 동일한 경로로 전송되면 하나의 네트워크 연결에 묶어서 전송 가능
- 네트워크 계층에서 만들어지는 가상 회선 연결의 개수를 줄일 수 있음. 연결 설정 시간 단축

● 하방향 멀티플렉싱

- 하나의 전송 연결 설정을 의미하는 포트에 다수의 가상 회선을 할당
- 전송 속도를 높이고 데이터의 특성에 따라 개별 가상 회선을 할당하여 효과적인 통신이 가능
- 예) 영화 파일을 영상, 음성, 모국어 자막, 외국어 자막 등으로 구분해 네트워크 연결 개별 설정

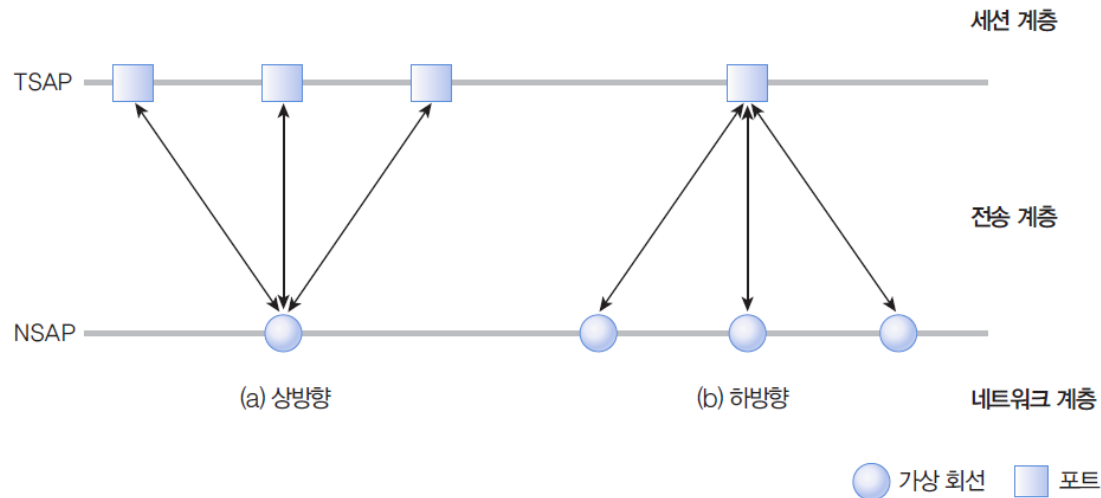


그림 9-2 멀티플렉싱

01_전송 계층의 기능

■ 연결 설정

- Conn_Req : 프로세스의 연결 설정 요구
- Conn_Ack : 상대방 프로세스에서 연결 수락을 의미
- 연결 요청은 양자의 합의에 의해서만 가능
- 실제 통신 환경에서는 조금 더 복잡
 - 예. 프리미티브가 전달되는 과정에서 분실, 변형, 복사 등의 가능성 존재. 구현 과정에서 이 문제 고려 필요

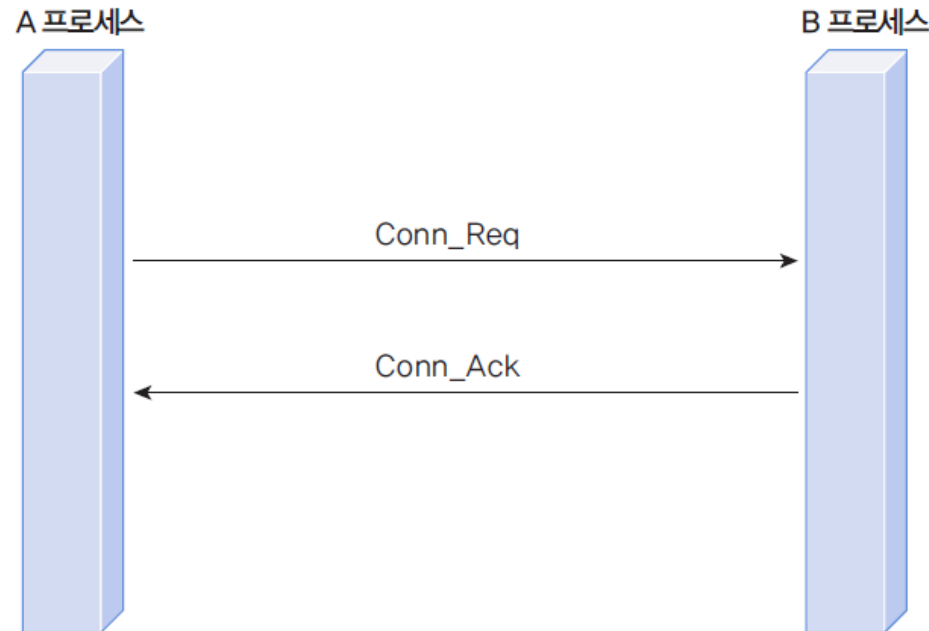


그림 9-3 개념적 연결 설정 절차

01_전송 계층의 기능

- 3단계 설정 동작 과정

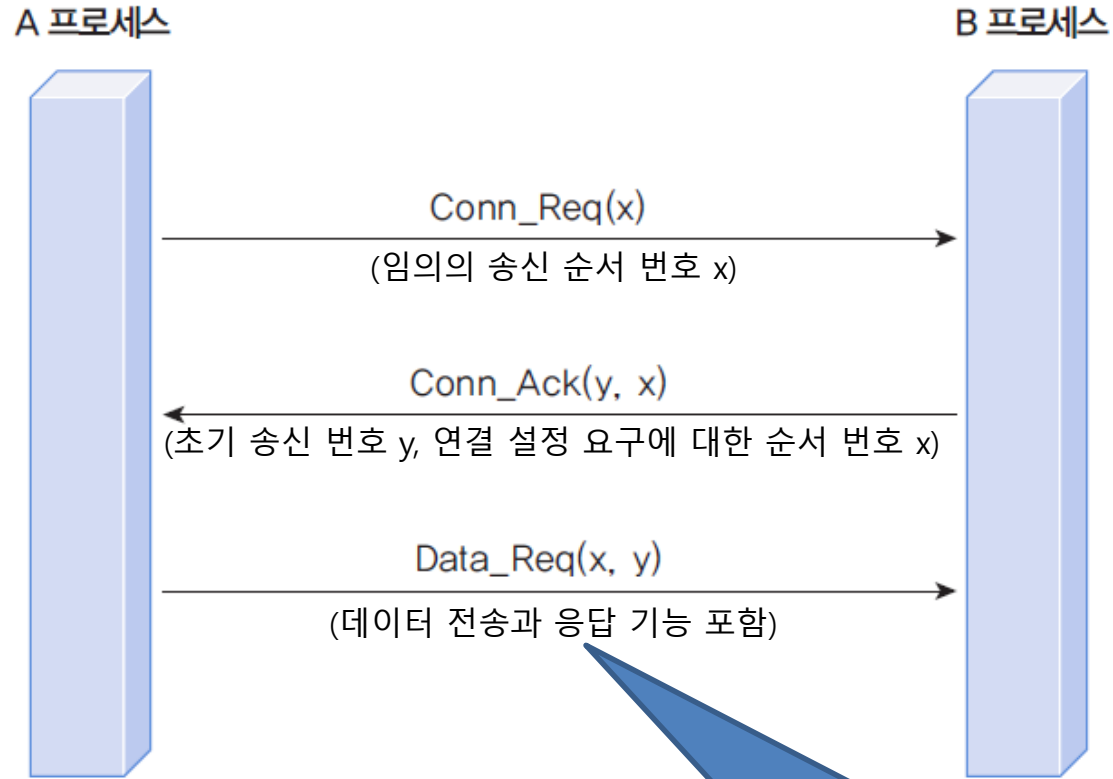


그림 9-4 3단계 설정 절차

A 프로세서가 전송할 데이터가 없다면?
Conn_Ack 에 대한 응답 필요

01_전송 계층의 기능

■ 연결 해제

• 일방적 연결 해제 절차 방식

- 통신하는 한쪽 프로세스가 일방적으로 Disc_Req를 전송해 연결 종료를 선언
- 전송이 진행중인 데이터의 처리가 완료되지 못함

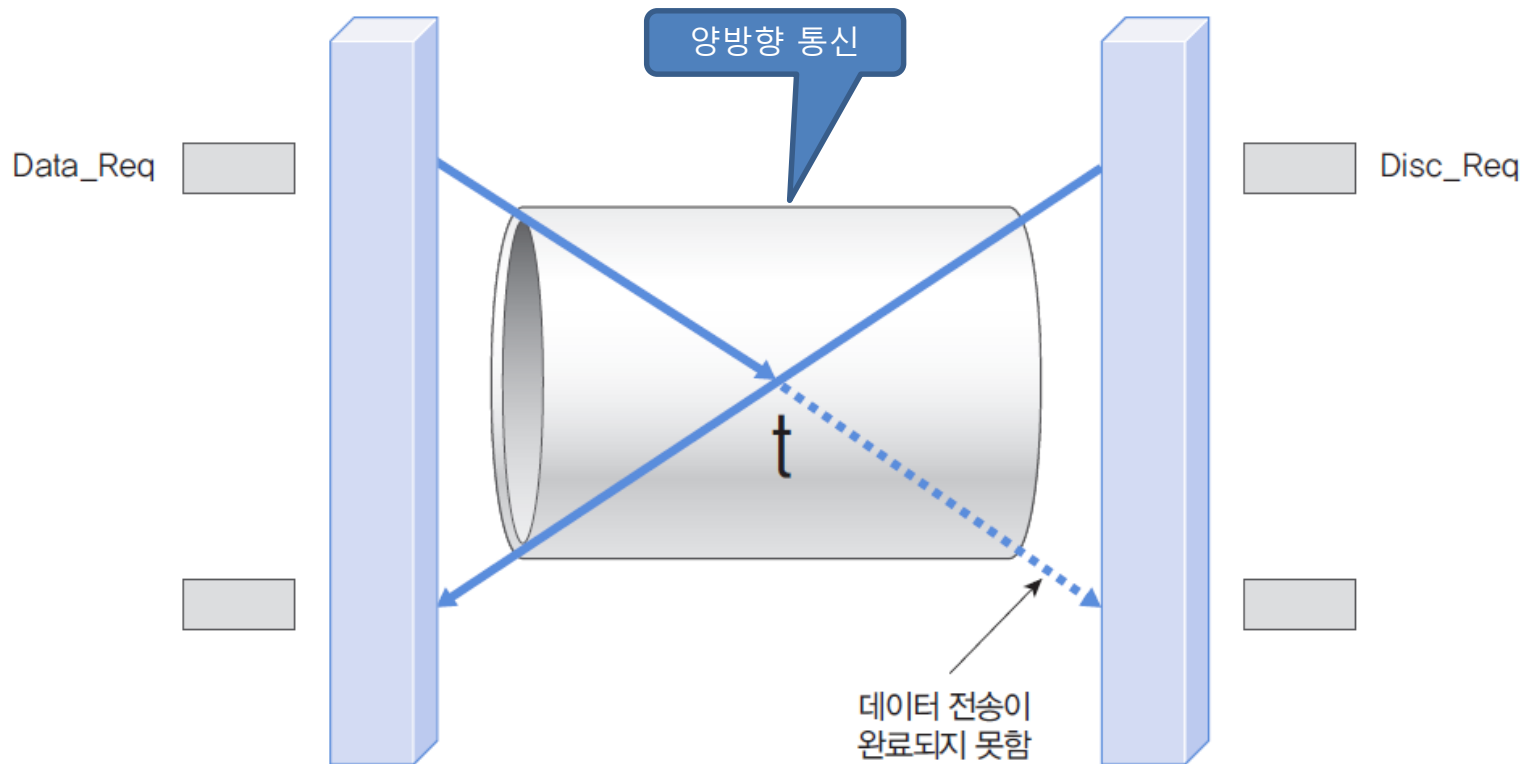


그림 9-5 일방적 연결 해제 절차

01_전송 계층의 기능

- 점진적 연결 해제 절차 방식
 - 연결을 해제하려면 두 프로세스 모두 Disc_Req를 전송해야 함 (양쪽 합의하에 해제)

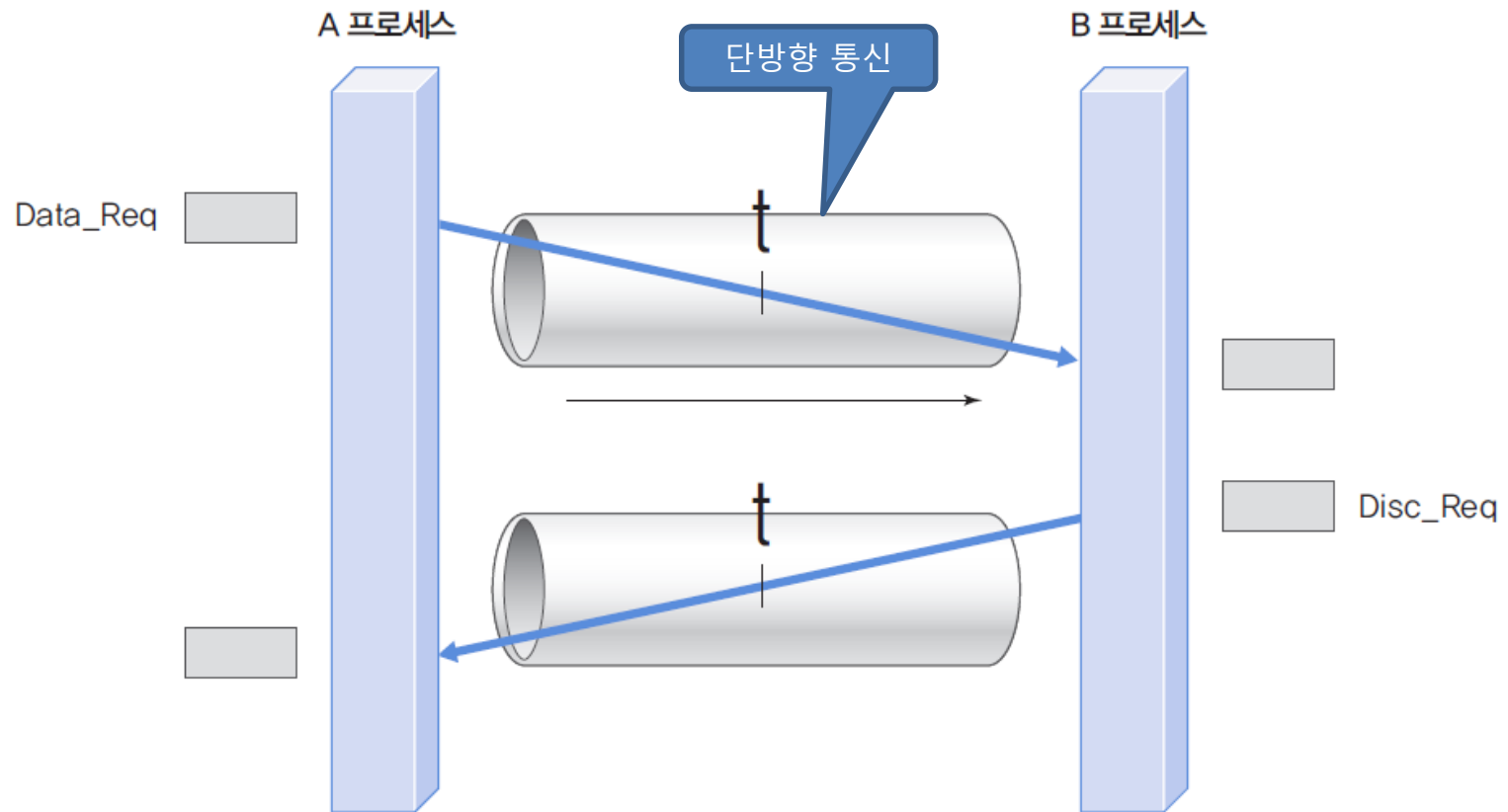


그림 9-6 점진적 연결 해제 절차

02_TCP 프로토콜

■ TCP 주요 기능

- 연결형 서비스를 제공
- 전이중^{Full Duplex} 방식의 양방향 가상 회선을 제공
- 신뢰성 있는 데이터 전송을 보장

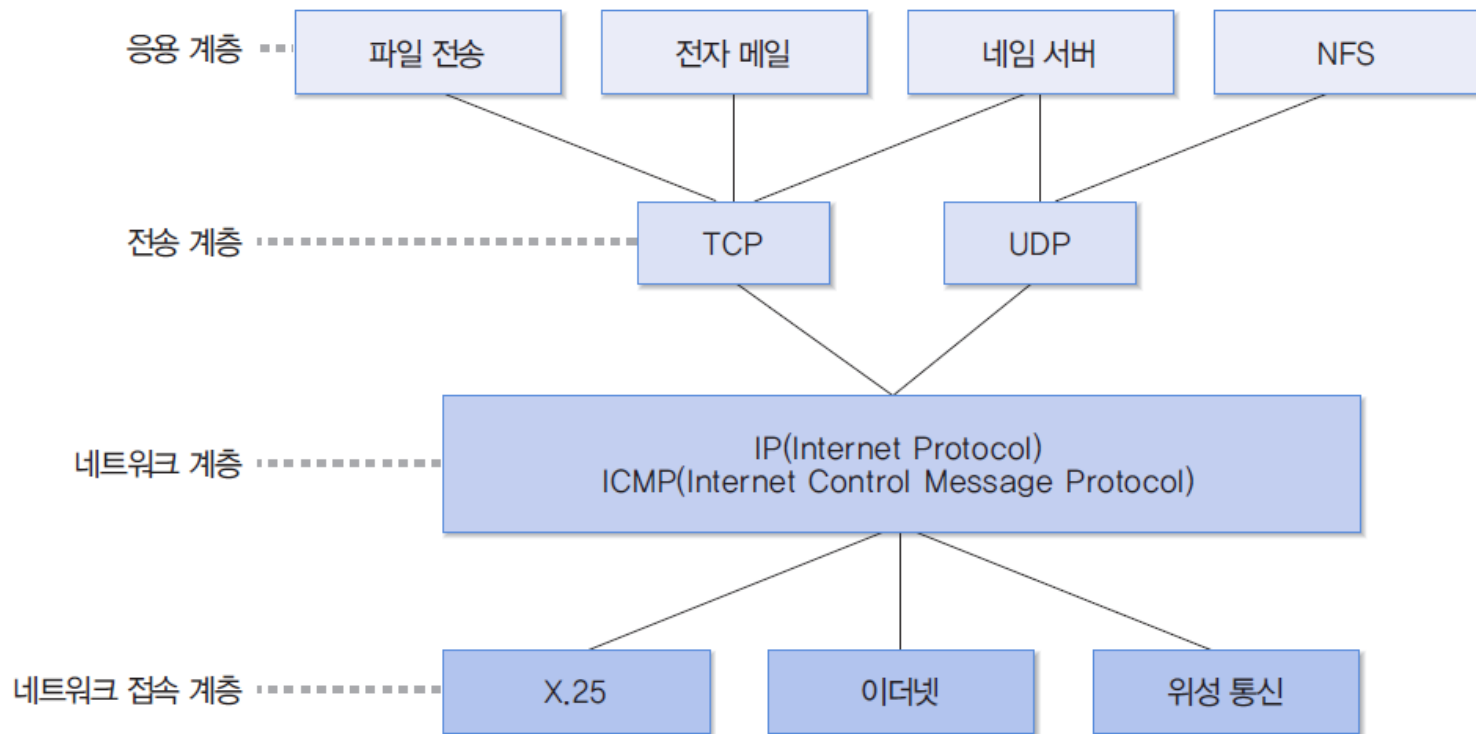


그림 9-7 TCP/IP 구조

02_TCP 프로토콜

❖ TCP 헤더 구조

- TCP는 데이터를 세그먼트(Segment)라는 블록 단위로 분할해 전송

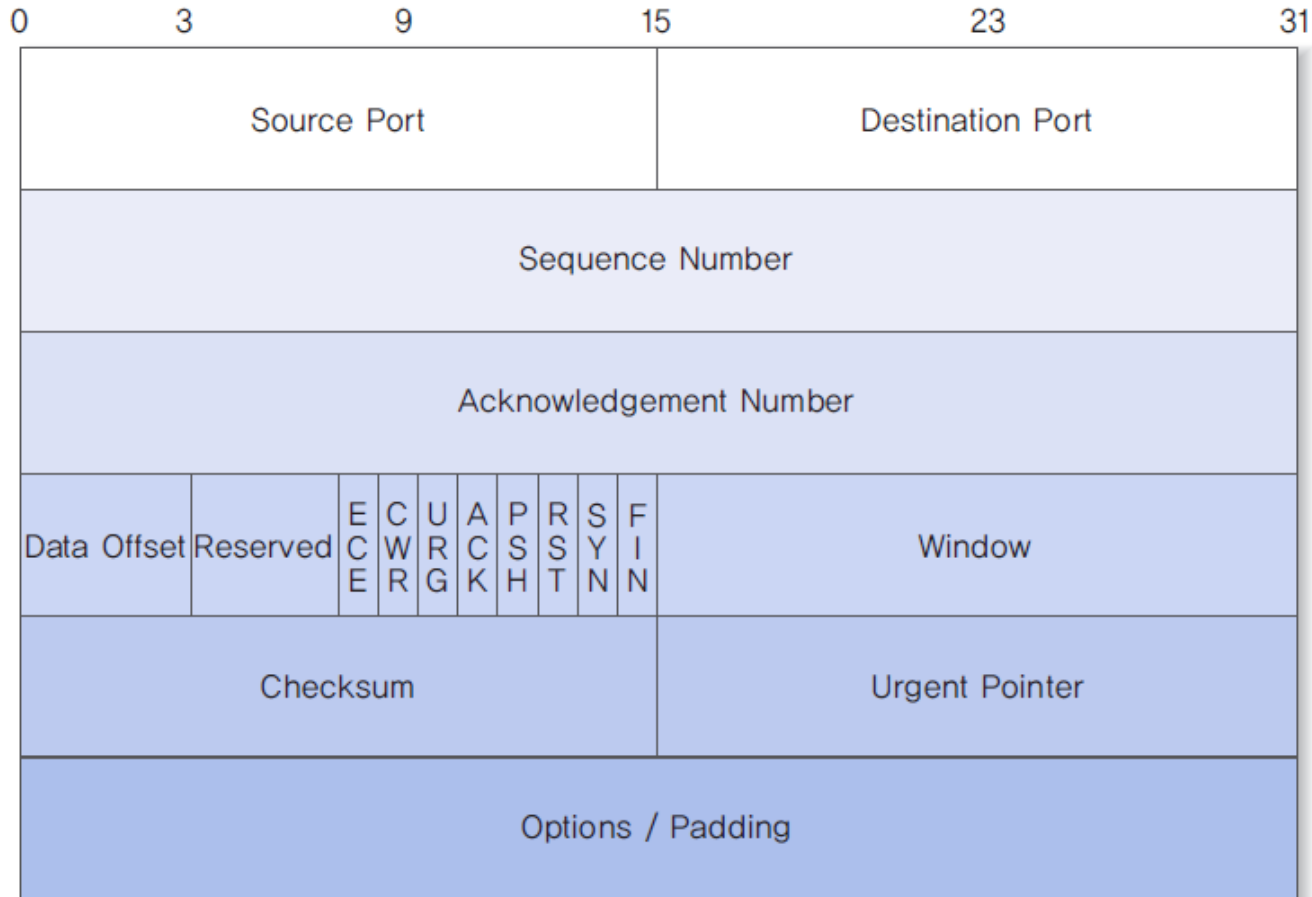
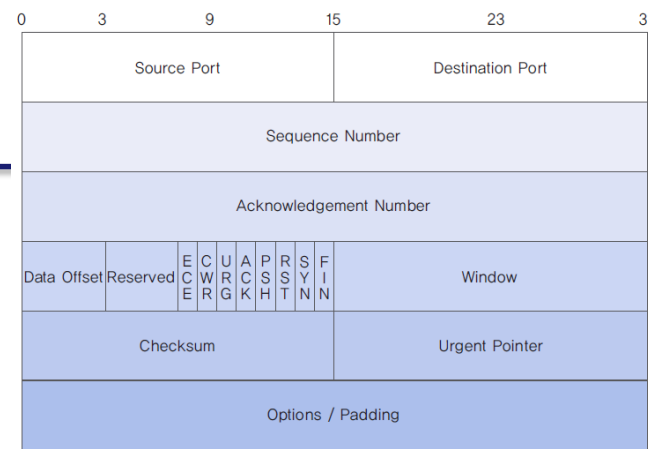


그림 9-8 TCP 헤더의 구조

02_TCP 프로토콜



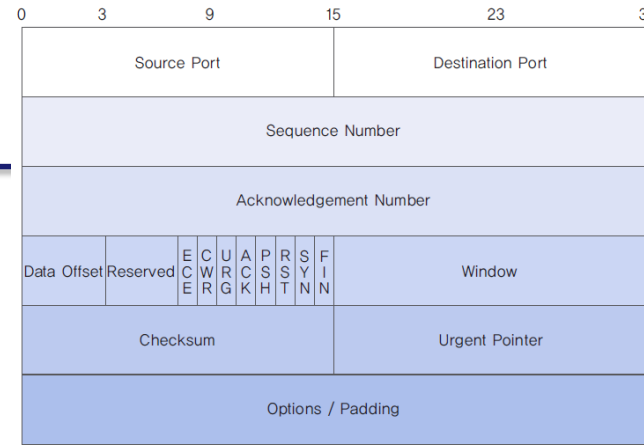
■ TCP 헤더의 필드

- Source Port/Destination Port(송신 포트/수신 포트) : TCP로 연결되는 가상 회선 양단의 송수신 프로세스에 할당된 네트워크 포트 주소
- Sequence Number(순서 번호) : 송신 프로세스가 지정하는 순서 번호
 - 전송되는 바이트 수를 기준으로 증가. 전송 데이터의 각 바이트마다 순서 번호 존재
 - 송신 프로세스가 최초 데이터를 전송할 때는 임의의 순서 번호를 선택하여 전송(전송 연결이 예기치 않은 이유로 끊겼을 때 순서 번호가 혼선 되는 것을 방지)
- Acknowledgement Number(응답 번호) : 수신 프로세스가 제대로 수신한 바이트의 수를 응답하기 위해 사용
 - ACK 플래그 비트가 지정된 경우에만 유효. 다음에 수신을 기대하는 데이터의 순서번호 표시
 - ACK를 수신한 송신 프로세스는 ACK number -1 까지의 모든 데이터가 전송 성공한 것으로 확인
- Data Offset(데이터 오프셋) : TCP 세그먼트가 시작되는 위치를 기준으로 데이터의 시작 위치, TCP 헤더의 크기. 32비트 워드 단위로 표시
- Reserved(예약) : 예약 필드
- Window(윈도우) : 수신 윈도우의 버퍼 크기를 지정하려고 사용. 수신 가능 바이트 수
- Checksum(체크섬) : TCP 세그먼트에 포함되는 프로토콜 헤더와 데이터 모두에 대한 변형 오류를 검출하려고 사용
- Urgent Pointer(긴급 포인터) : 긴급 데이터를 처리하기 위한 것

02_TCP 프로토콜

■ TCP 헤더의 플래그 비트

- TCP 헤더에는 플래그 비트가 8개 정의,
처음 2개 비트는 혼잡 제어 용도로 사용
- 나머지 6개 필드는 값이 1이면
다음과 같은 의미를 가짐
 - URG : Urgent Pointer 필드가 유효한지를 나타냄
수신 프로세스의 응용 계층에 긴급 데이터 도착을 알림
수신 프로세스는 Urgent Pointer 값을 읽고 긴급 데이터의 양 파악
예) Sequence Number = 2,000, URG 필드 1, Urgent Pointer = 100 이면, 순서 번호 2,000~2,099번 데이터는 긴급 데이터, 2,100번 이후는 일반 데이터
 - ACK : Acknowledgment Number 필드가 유효한지를 나타냄
 - PSH : 현재 세그먼트에 포함된 데이터를 상위 계층에 즉시 전달하도록 지시할 때 사용
 - RST : 연결의 리셋이나 유효하지 않은 세그먼트에 대한 응답용으로 사용
 - SYN : 연결 설정 요구를 의미하는 플래그 비트, 가상 회선 연결을 설정하는 과정에서 사용
 - FIN : 한쪽 프로세스에서 더는 전송할 데이터가 없어 연결을 종료하고 싶다는 의사 표시를 상대방에게 알리려고 사용



- ECN(Explicit Congestion Notification) 기능 :
라우터가 송신 프로세스에 명시적으로
혼잡 발생을 알려주어 송신 프로세스 스스로
트래픽을 완화하는 기술

-
- 송신자
- 혼합 우려 지역
- 주의
- 라우터
- 수신자



02_TCP 프로토콜

- 캡슐화 : IP 헤더에 캡슐화되어 데이터 링크 계층으로 보내짐

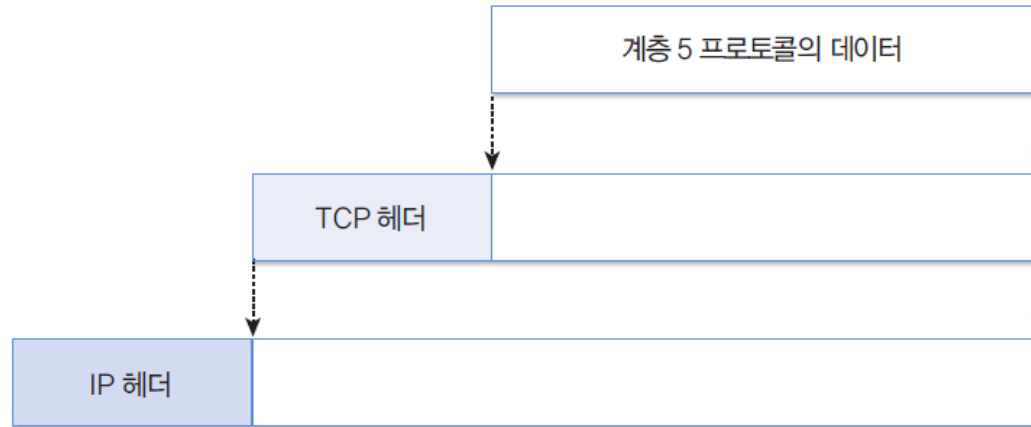


그림 9-9 TCP 세그먼트의 캡슐화

※ 혼잡제어 관련 헤더 값

표 7-5 ECN 필드 값의 의미

필드 값	의미
00	IP 패킷이 ECN 기능을 사용하지 않음을 의미한다.
01(ECT 1)	TCP 프로토콜도 ECN 기능을 지원한다는 의미이다.
10(ECT 0)	TCP 프로토콜도 ECN 기능을 지원하지 않는다는 의미이다.
11(CE: Congestion Experienced)	라우터가 송신 버퍼에 혼잡을 경험할 때 사용한다.

0	3	7	13	15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	</
---	---	---	----	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

0	3	9	15	23	31
Source Port				Destination Port	
Sequence Number					
Acknowledgement Number					
Data Offset	Reserved	ECN	URG	ACK	PSH
			RST	SYN	FIN
				Window	
Checksum				Urgent Pointer	
Options / Padding					

02_TCP 프로토콜

❖ 포트 번호

- TCP와 UDP가 상위 계층에 제공하는 주소 표현 방식
- 클라이언트-서버 연동은 서버가 먼저 구동, 클라이언트가 서버와 연결 시도. 서버와 접속하려면 서버의 IP 주소와 포트 번호를 알아야 함
- Well-known 포트 : 인터넷 환경에서 많이 사용하는 포트 번호

표 9-1 Well-known 포트

서비스	포트 번호	서비스	포트 번호
FTP(데이터 채널)	20	TFTP	69
FTP(제어 채널)	21	HTTP	80
Telnet(텔넷)	23	rlogin	513
SMTP	25	rsh	514
DNS	53	portmap	111

03_TCP 프로토콜을 이용한 데이터 전송

- TCP 프로토콜 : 전이중 방식의 양방향 통신을 지원
 - 전송 데이터와 응답 데이터를 함께 전송하는 피기배킹 기능을 사용
 - 데이터 전송시 연결 설정, 데이터 전송, 연결 해제라는 3단계를 순차적으로 진행

❖ 연결 설정

- 3단계 설정 Three-Way Handshake 방식
 - A 프로세스가 전송할 데이터가 없을 때 처리하는 방식

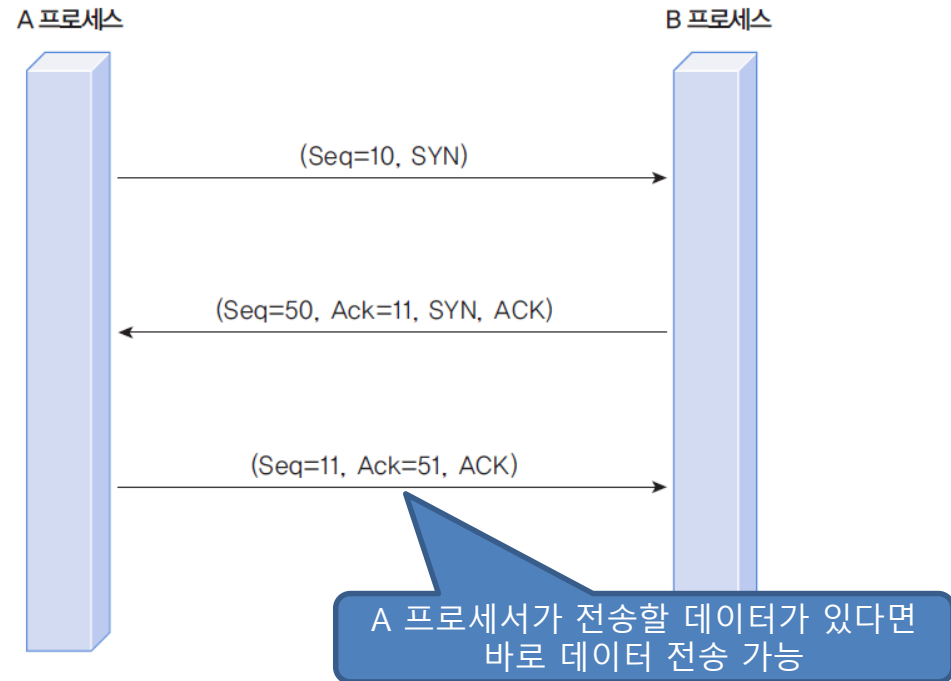


그림 9-10 TCP 연결 설정

03_TCP 프로토콜을 이용한 데이터 전송

❖ 데이터 전송

■ 정상적인 데이터 전송

- [그림 9-10]의 세 번째 단계에서 데이터를 전송한다고 가정

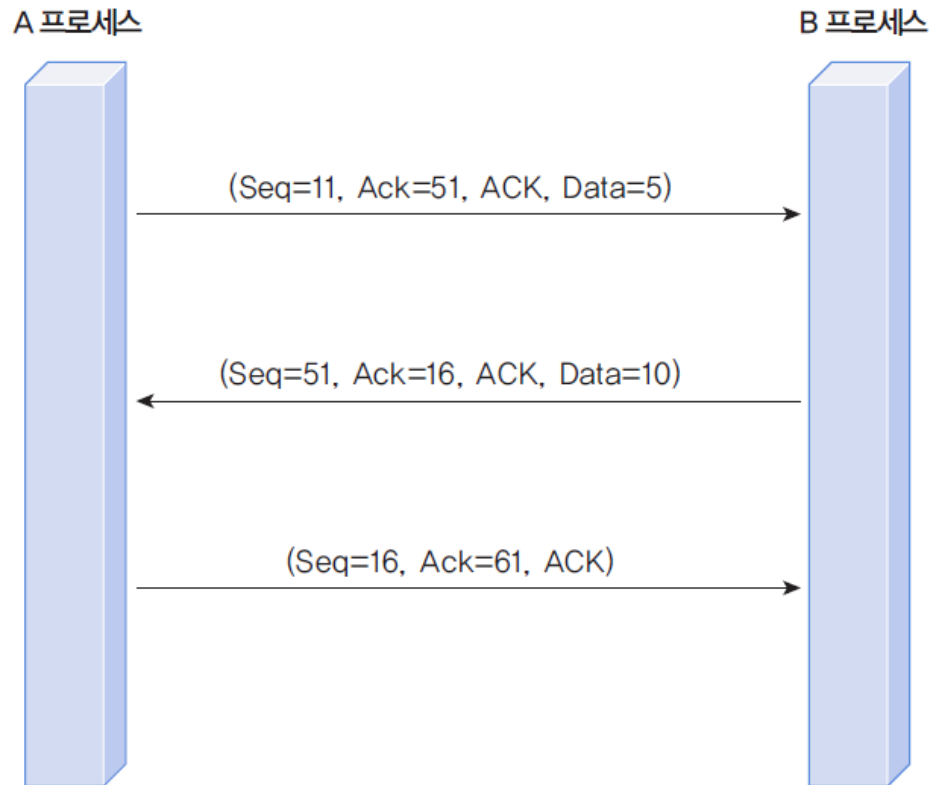


그림 9-11 TCP 데이터 전송

03_TCP 프로토콜을 이용한 데이터 전송

■ 데이터 전송 오류

- A 프로세스가 TCP 세그먼트 세 개를 연속으로 전송, 이 중 세 번째 세그먼트에 오류가 발생했다고 가정한 경우

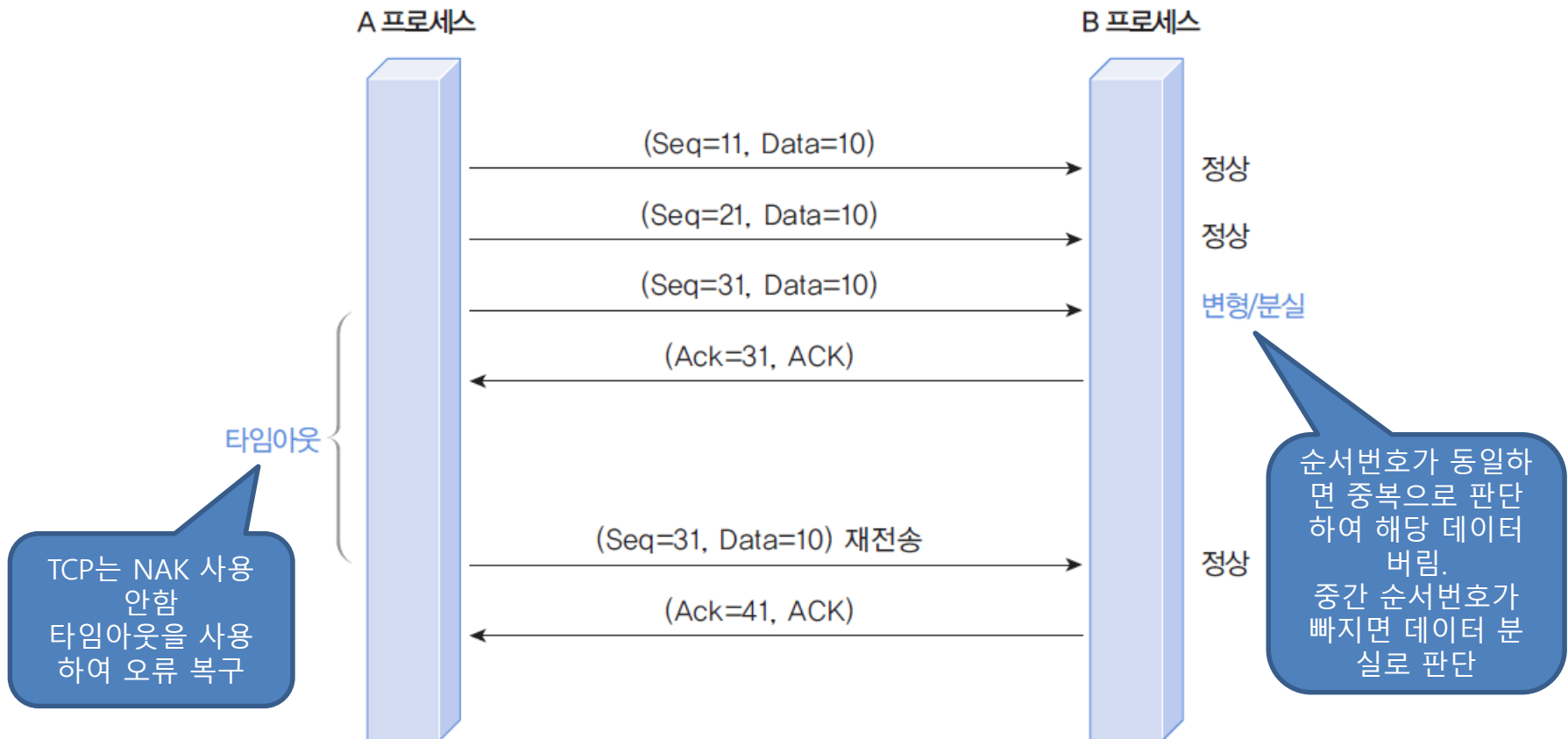


그림 9-12 전송 오류

03_TCP 프로토콜을 이용한 데이터 전송

❖ 연결 해제

- 연결을 해제하고자 하는 쪽에서 FIN 플래그를 지정해 요구
 - 양쪽 프로세스의 동의하에 진행됨

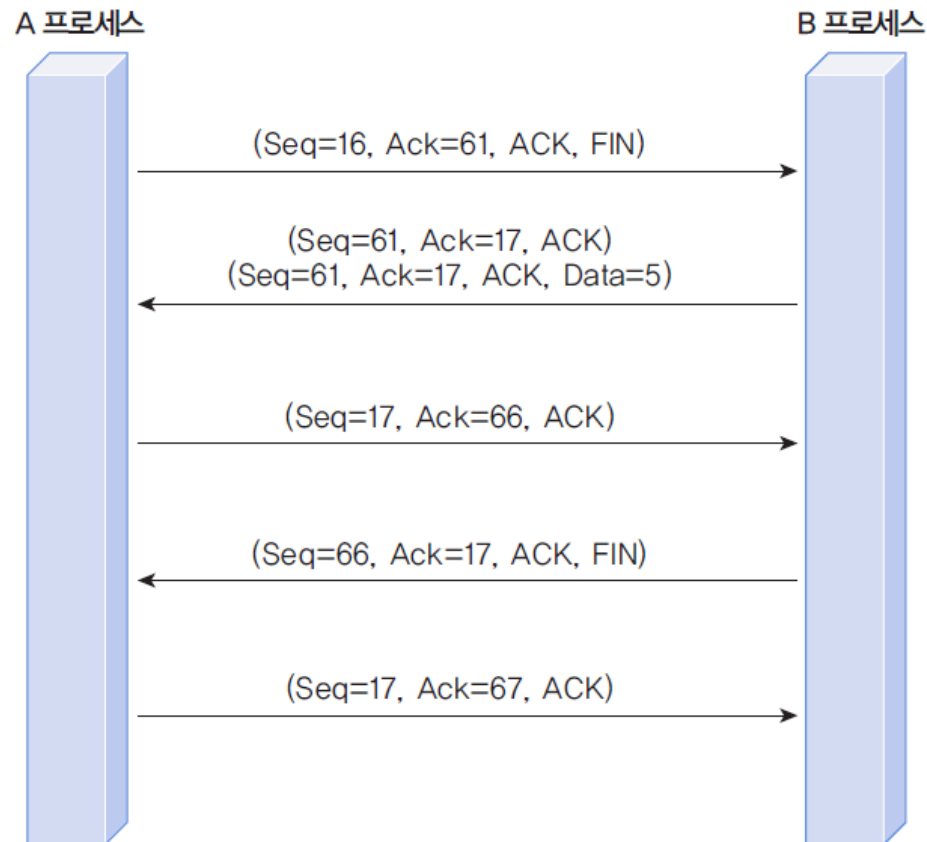


그림 9-13 TCP 연결 해제

03_TCP 프로토콜을 이용한 데이터 전송

❖ 혼잡 제어

- ECN(Explicit Congestion Notification) 기능 : TCP의 혼잡 제어 기능을 지원
 - ECN 기능을 사용하려면 TCP 연결 설정 단계에서 ECN 기능을 사용할 것인지 여부에 대해 협상 필요
 - ECN 기능을 사용 : (a)처럼 SYN, ACK, ECE 플래그를 지정하여 응답
 - ECN 기능을 사용 안함 : (b)처럼 SYN, ACK 플래그만 지정하여 응답

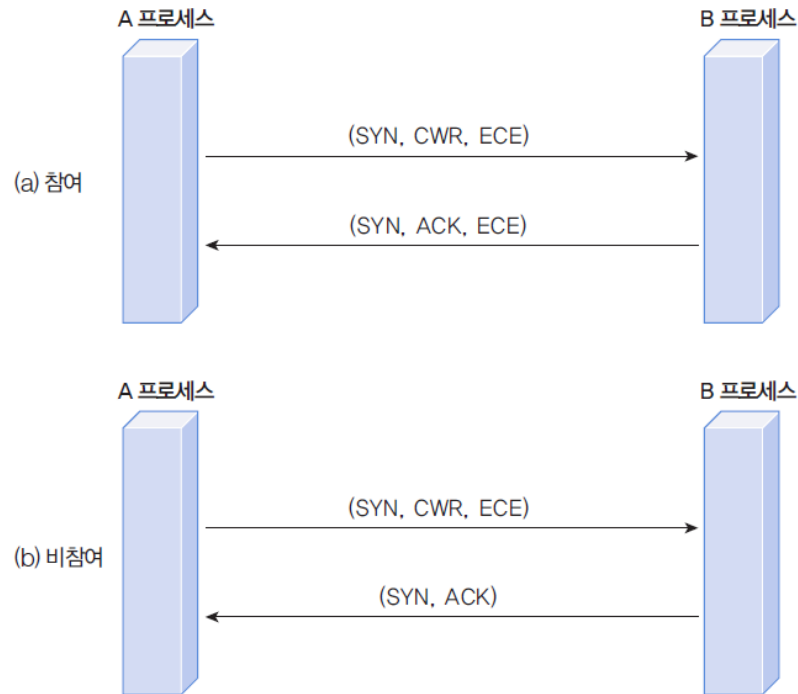


그림 9-14 TCP 연결 설정(ECN)

03_TCP 프로토콜을 이용한 데이터 전송

■ ECN의 동작 원리

- 수신 프로세스의 중개^{Echo}를 거쳐 간접적으로 송신 프로세스에 혼잡을 통지
 - 혼잡을 인지한 라우터 다음의 라우터들이 ECN 기능을 반복적으로 수행하지 못하도록 함

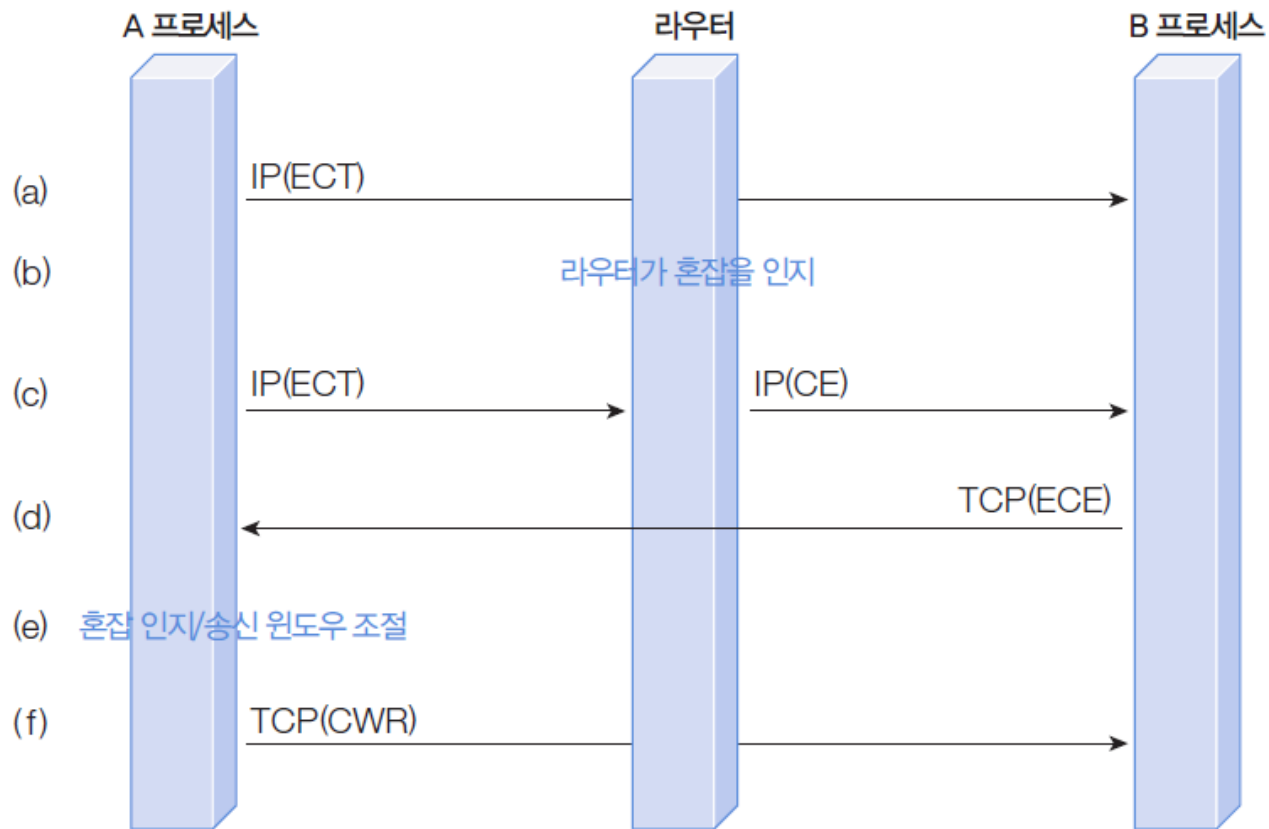


그림 9-15 ECN의 동작 원리



Thank You
