

# TCP/IP 완벽 가이드

## - 2-8부 TCP/IP 전송 제어 프로토콜 -

이 하 늘([haneul@pel.sejong.ac.kr](mailto:haneul@pel.sejong.ac.kr))

세종대학교 프로토콜공학연구실

# 목 차

---

- TCP 개요
- TCP 원리와 일반 동작
- TCP 연결 수립, 관리와 종료

# TCP 개요

---

- TCP(Transmission Control Protocol) 개요
  - 기존에 NCP(Network Control Protocol)를 사용하였지만, 네트워크의 성장으로 새로운 프로토콜의 개발 필요
  - RFC 675 문서에서 “Transmission Control Protocol”로 처음 공식화
  - 프로토콜 계층화와 모듈화를 하기 위하여 RFC 793 문서에서 TCP와 IP 기능이 분리된 TCP 버전 4 정의

# TCP 개요

- TCP 정의

- 데이터 통신을 신뢰성 있게 전달하기 위한 전송 계층 프로토콜

- TCP 특징

| 특징          | 설명                                             |
|-------------|------------------------------------------------|
| 연결형         | 통신하기전에 연결 수립                                   |
| 양방향         | 데이터를 양방향으로 송·수신                                |
| 다중 연결/종단 식별 | 동일한 혹은 여러 장비로 TCP연결을 동시에 하며 독립적으로 관리 할 수 있도록 함 |
| 신뢰성         | 모든 데이터가 목적지에 도달할 수 있도록 송·수신한 데이터를 추적           |
| 승인          | 모든 전송에 대해 승인 메시지를 보냄                           |
| 스트림 기반 전송   | 애플리케이션이 연속적인 데이터 스트림을 송신할 수 있도록 함              |

# TCP 개요

## • TCP 기능

| 기능                | 설명                                                                       |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 주소지정/다중화          | 포트 번호를 식별하여 여러 프로세스에서 온 데이터를 다중화하고, 네트워크 계층 프로토콜로 송신                     |
| 신뢰성과 전송 품질 서비스 제공 | 송신된 데이터는 목적지에 올바른 순서로 도달함                                                |
| 흐름 제어와 혼잡 회피      | 두 장비 간의 데이터 흐름 관리, 통신에서 발생하는 혼잡 처리                                       |
| 데이터 캡슐화           | 데이터를 캡슐화하여 목적지 TCP 소프트웨어로 전달<br>목적지 TCP 소프트웨어는 역캡슐화를 통해 데이터를 애플리케이션에게 전달 |

# TCP 개요

---

- TCP가 수행하지 않는 기능
  - 애플리케이션 사용 명시
    - TCP는 전송 프로토콜만 정의
    - TCP의 사용 방법은 애플리케이션 프로토콜이 결정
- 보안 제공
  - TCP는 데이터의 인증이나 프라이버시를 제공하지 않음
  - 보안을 보충해줄 수 있는 다른 수단 사용
    - e.g., IPsec, SSH(Secure Shell)
- 통신 보장
  - TCP는 통신이 방해될 때 재전송을 시도할 뿐 모든 데이터 흐름 관련 문제를 해결할 수 없음

# 목 차

---

- TCP 개요
- TCP 원리와 일반 동작
- TCP 연결 수립, 관리 종료

# TCP 원리와 일반 동작

---

- TCP 데이터 취급과 처리 (1/2)

- 스트림 중심 프로토콜

- TCP는 애플리케이션에서 오는 데이터를 스트림으로 간주
  - 스트림이란 연속성을 갖는 흐름을 의미
  - 바이트 단위로 전송이 이루어짐

- TCP 데이터 패키징

- TCP는 애플리케이션이 주는 바이트를 받아서 IP로 보내기 위해 세그먼트로 나눔

- 세그먼트 길이 제어

- 최대 세그먼트 크기(MSS, Maximum Segment Size) 협상
  - IP 계층에서 불필요한 단편화를 막기 위함
- 슬라이딩 윈도우 체계
  - 각 장비가 받을 수 있는 데이터의 크기를 상대방에게 알리도록 함

# TCP 원리와 일반 동작

---

- TCP 데이터 취급과 처리 (2/2)
  - TCP 데이터 식별, 순서 번호
    - 모든 데이터를 수신했다는 것을 보장
    - 각 바이트에 대한 순서 번호 할당
    - 수신 장비는 순서 번호를 조합하여 수신 세그먼트를 원본 데이터 스트림으로 재조합

# TCP 원리와 일반 동작

---

- TCP의 요구 사항

- 신뢰성

- 송신한 데이터가 목적지에 도달하는 것을 보장

- 데이터 흐름 제어

- 수신 장비가 처리할 수 있는 속도로 데이터 송신을 관리

- TCP 슬라이딩 윈도우 승인 체계

- 재전송을 사용하는 긍정 승인(PAR, Positive Acknowledgment with Retransmission)

- 피드백을 통한 기본적인 신뢰성 제공

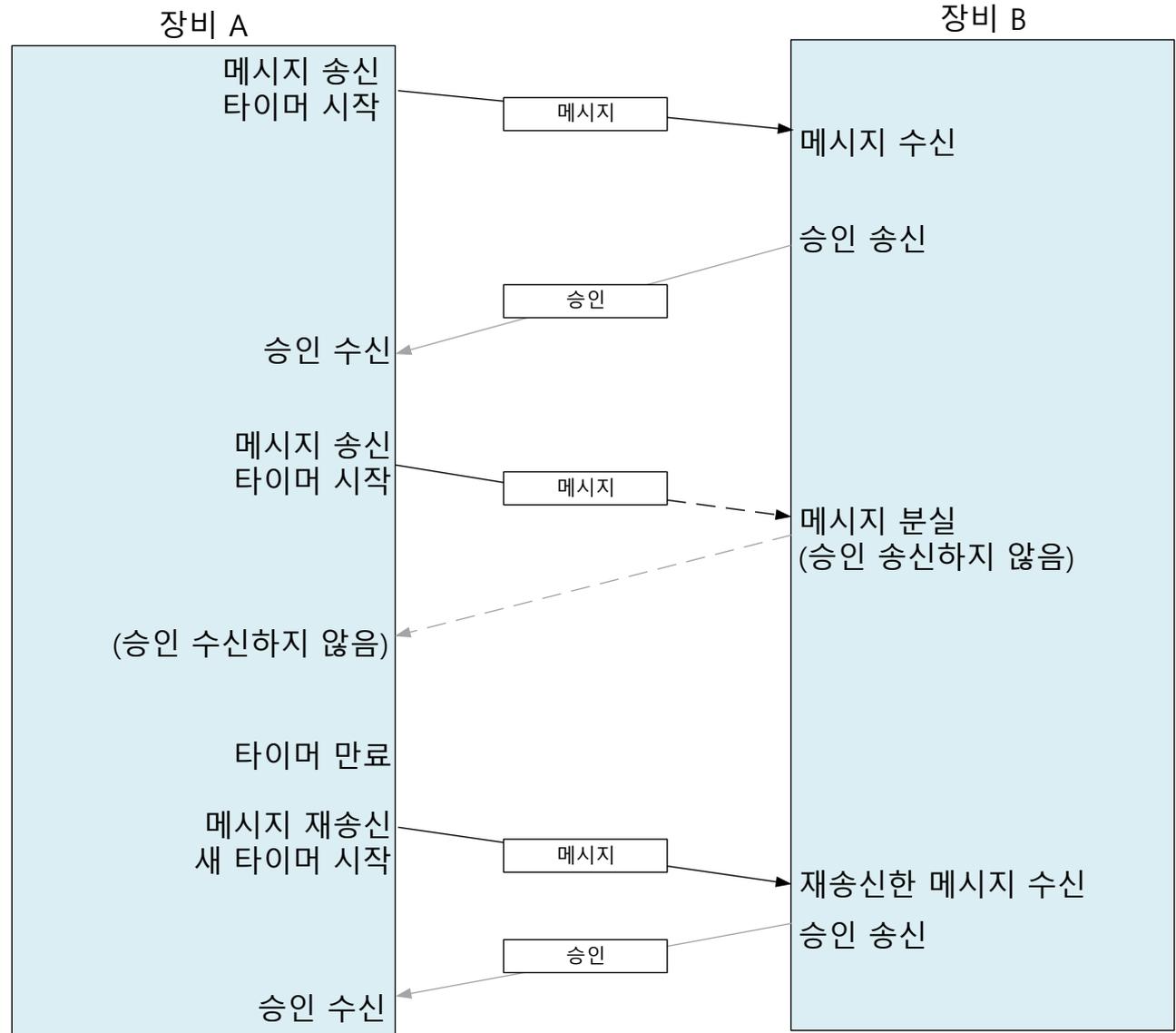
- 동작

- 전송에 대한 응답이 오기까지 특정 타이머를 구동
- 타이머가 만료되면 재전송

# TCP 원리와 일반 동작

- TCP 슬라이딩 윈도우 승인 체계

- PAR 동작 과정



# TCP 원리와 일반 동작

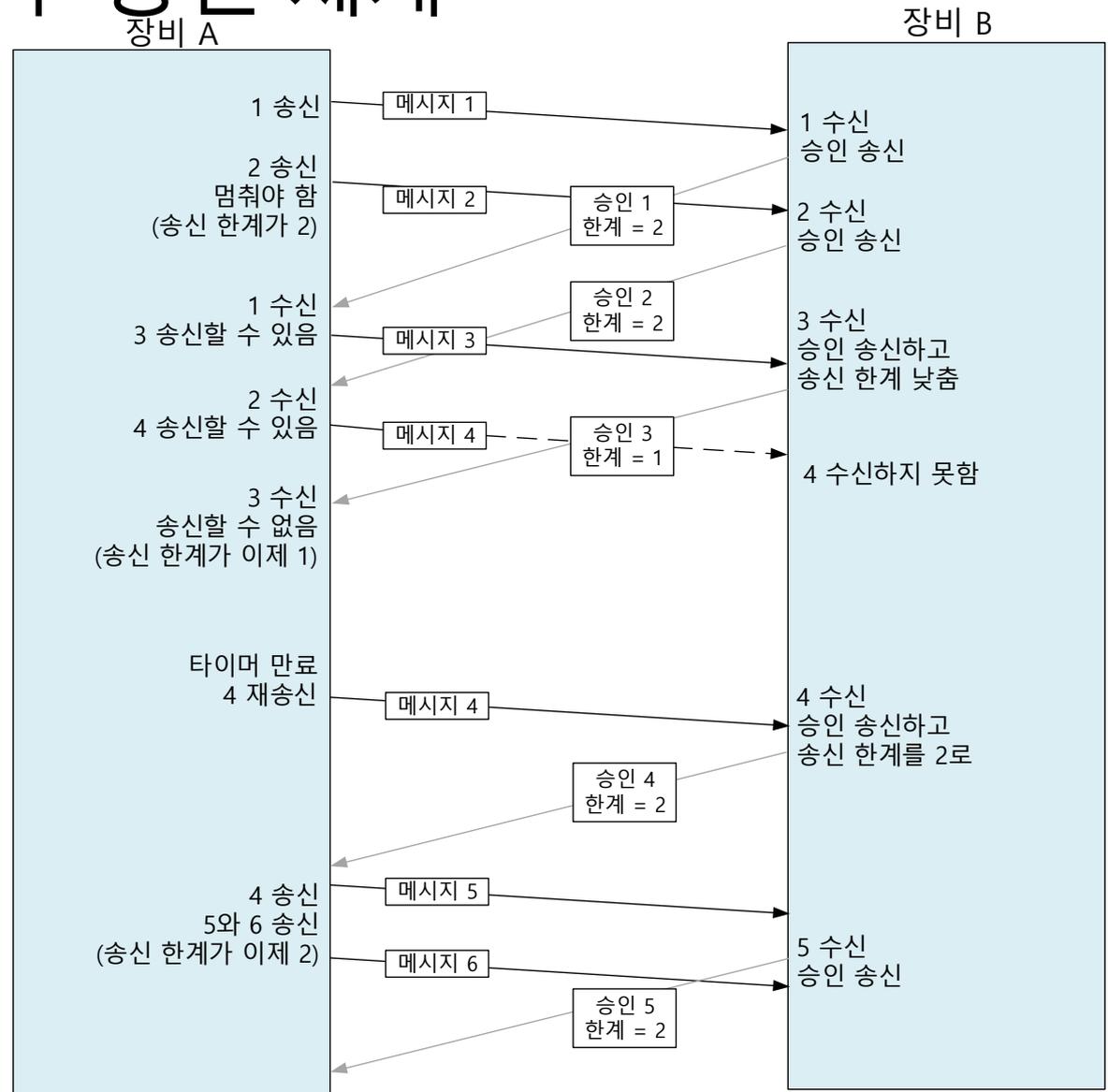
---

- TCP 슬라이딩 윈도우 승인 체계
  - PAR 개선
    - 메시지 송신 속도 제한
    - ‘송신 메시지 제한’ 필드를 이용하여 승인 받지 않은 메시지의 최대 수 지정
    - 기본 PAR에 비해 상대적으로 신뢰성, 효율성, 데이터 흐름 제어 제공 가능

# TCP 원리와 일반 동작

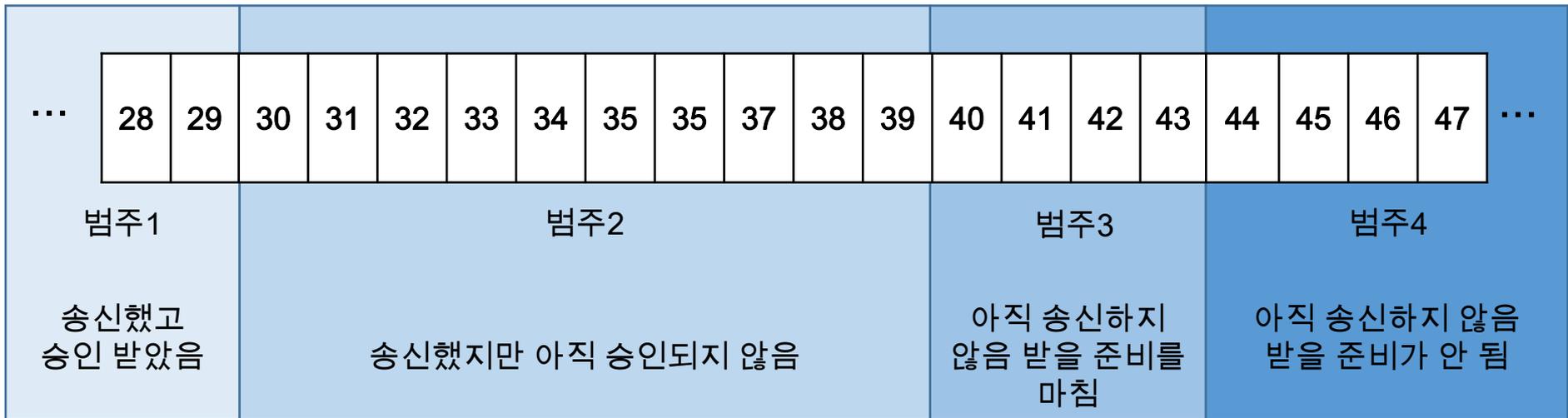
## • TCP 슬라이딩 윈도우 승인 체계

### • 개선된 PAR 동작과정



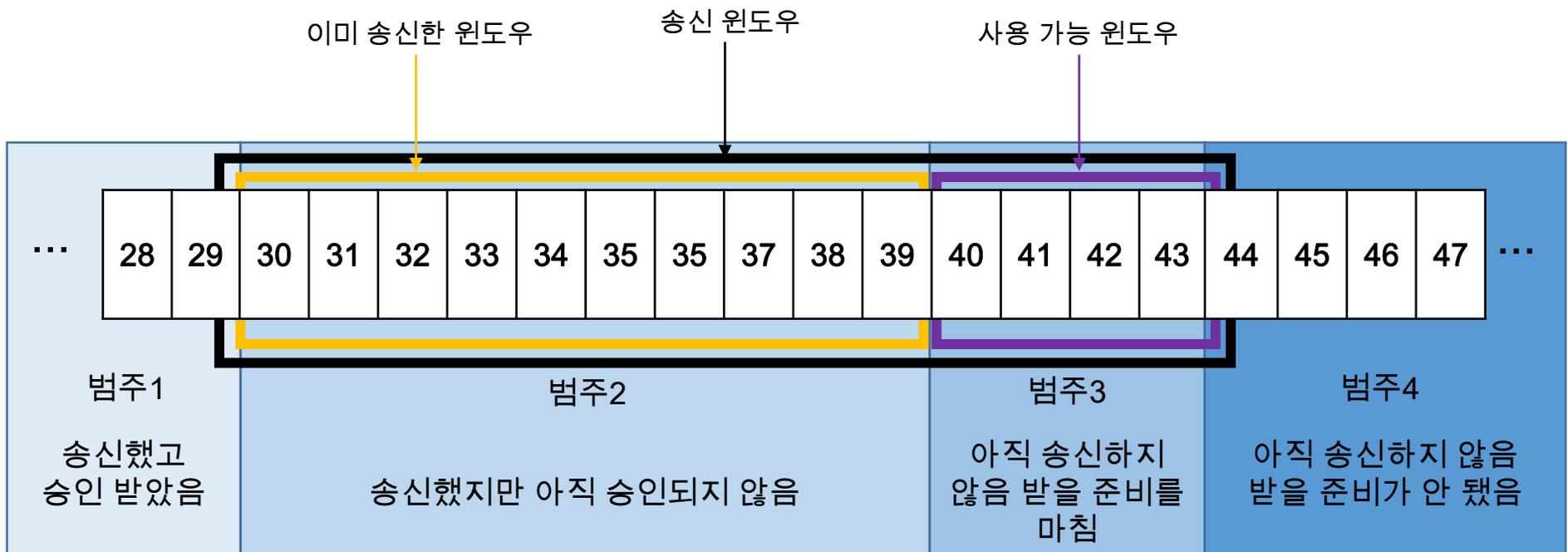
# TCP 원리와 일반 동작

- TCP 슬라이딩 윈도우 승인 체계
  - TCP 전송 스트림의 개념적 구분
    - 긴 바이트 스트림을 한 번에 받아들일 수 없을 경우 사용
    - 어떤 바이트를 송신했고 송신하지 않았으며, 어떤 바이트가 승인 되었는지 관리



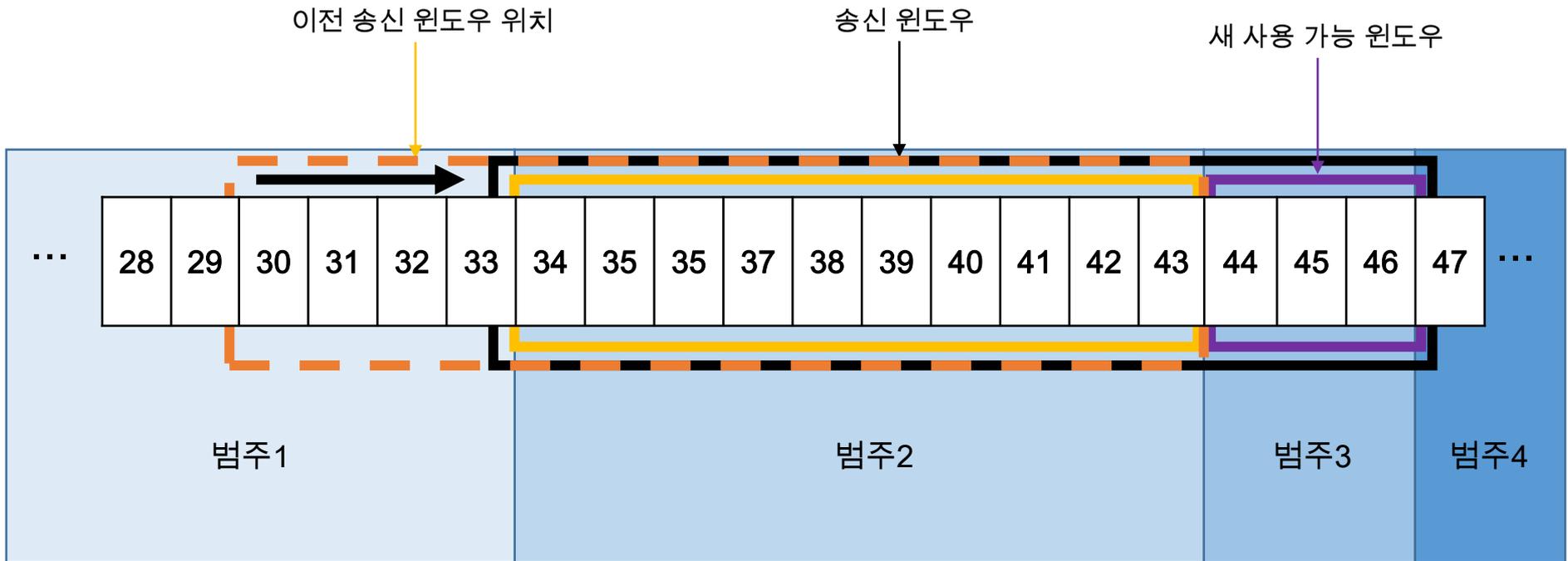
# TCP 원리와 일반 동작

- TCP 슬라이딩 윈도우 승인 체계
  - TCP 전송 스트림 범주와 송신 윈도우 용어
    - 송신 윈도우
      - 허용 가능한 승인 받지 않은 데이터 수



# TCP 원리와 일반 동작

- TCP 슬라이딩 윈도우 승인 체계
- TCP 송신 윈도우



# TCP 원리와 일반 동작

---

- TCP 포트, 연결, 연결 식별
  - TCP는 데이터를 프로세스로 보내며, 연결이 속한 데이터 중복이나 혼란을 관리함
- TCP는 연결을 식별하기 위해 두 종단에 해당하는 소켓 쌍 이용
  - 소켓은 각 프로세스의 IP 주소와 포트 조합을 의미
  - 소켓 쌍은 출발지 주소, 출발지 포트, 목적지 주소, 목적지 포트 정보를 포함

# TCP 원리와 일반 동작

## • TCP 서버 포트 할당

| 포트 번호  | 이름           | 프로토콜                | 설명                                         |
|--------|--------------|---------------------|--------------------------------------------|
| 20, 21 | ftp-data/ftp | 파일 전송 프로토콜의 데이터와 제어 | 파일을 송신하는 데 쓰임<br>TCP에 적합                   |
| 23     | telnet       | 텔넷 프로토콜             | 대화형 세션 기반 프로토콜<br>TCP의 연결 기반 특성 필요         |
| 25     | smtp         | 단순 메일 전송 프로토콜       | 명령을 교환하고 장비 간 파일<br>송신                     |
| 53     | domain       | 도메인 네임 시스템          | UDP와 TCP를 모두 사용하는<br>프로토콜                  |
| 80     | http         | 하이퍼텍스트 전송 프로토콜      | TCP 기반 메시징 프로토콜                            |
| 110    | pop3         | 포스트 오피스 프로토콜 버전 3   | 이메일 메시지 수신 프로토콜<br>TCP를 이용하여 명령과 데이터<br>교환 |

# 목 차

---

- TCP 개요
- TCP 원리와 일반 동작
- TCP 연결 수립, 관리 종료

# TCP 연결 수립, 관리 종료

---

- TCP 동작과 유한 상태 머신(FSM, Finite State Machine)
  - 프로토콜의 동작 방식을 간단하게 설명하기 위한 도구
- 기본 FSM 개념
  - 상태
    - 특정 시간에 프로토콜 소프트웨어가 처한 상황
  - 전이
    - 한 상태에서 다른 상태로 움직이는 행위
  - 이벤트
    - 상태 간에 전이하게 만든 어떤 일
  - 행동
    - 장비가 이벤트에 대한 반응으로 다른 상태로 전이하기 전에 하는 일

# TCP 연결 수립, 관리 종료

---

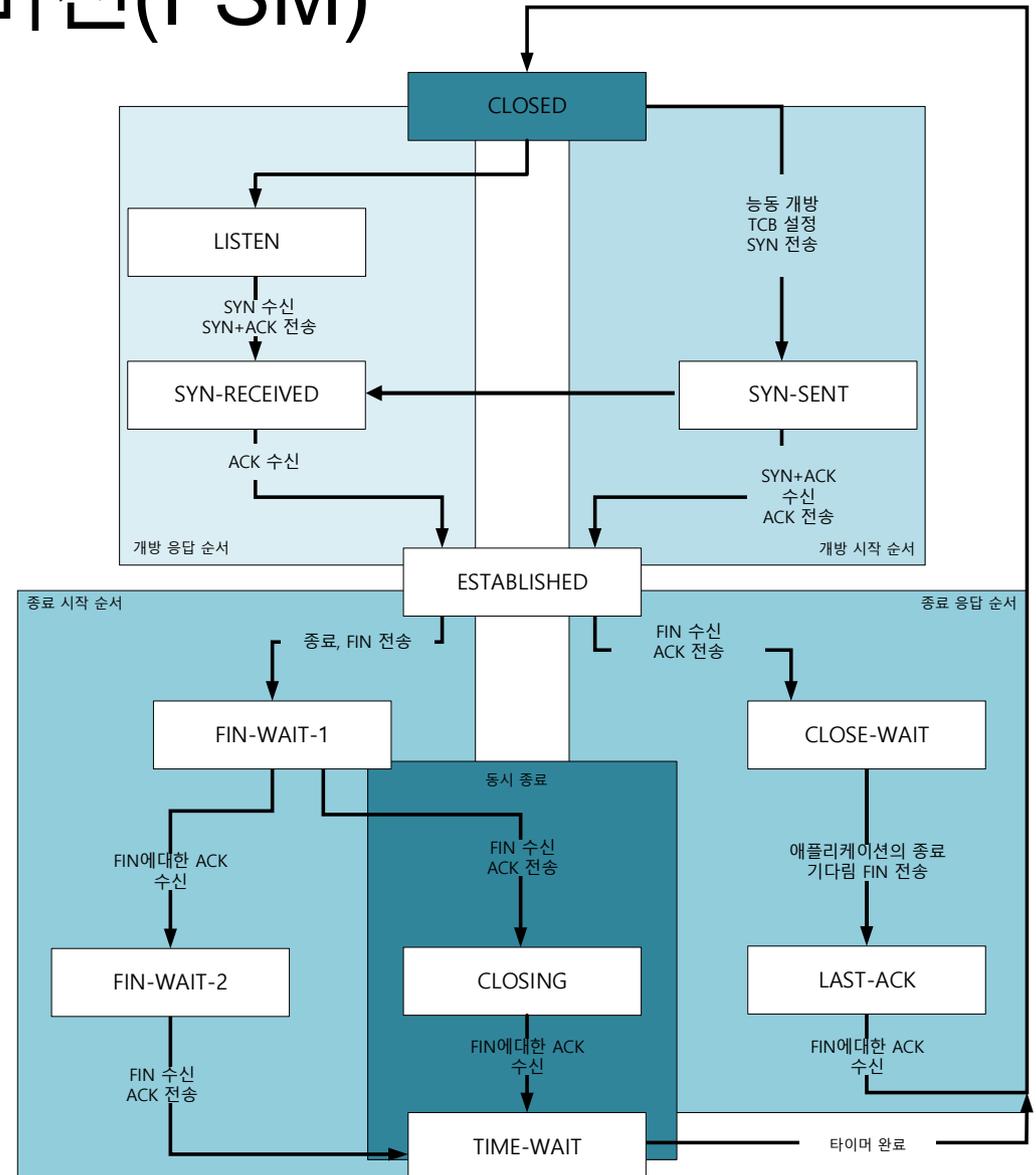
- TCP 동작과 유한 상태 머신(FSM)
  - 전이 메시지
    - SYN
      - 동기화 메시지, 연결을 초기화하고 수립
      - 장비 간의 순서번호 동기화
    - FIN
      - 종료 메시지
      - 장비가 연결을 종료하고 싶을 때 사용하는 메시지
    - ACK
      - 승인 메시지
      - SYN이나 FIN을 받았다는 것을 알림

# TCP 연결 수립, 관리 종료

## • TCP 동작과 유한 상태 머신(FSM)

### • 동작 과정

| 상태         | 설명                       |
|------------|--------------------------|
| CLOSED     | 연결이 없음                   |
| LISTEN     | SYN 메시지를 기다림             |
| SYN-SENT   | SYN을 보냄                  |
| SYN-RCV    | SYN을 받고 자신의 응답을 보냄       |
| CLOSE-WAIT | 장비가 종료 요청을 받음            |
| LAST-ACK   | 종료 요청을 승인한 뒤 자신의 FIN을 보냄 |
| FIN-WAIT-1 | 자신이 보낸 FIN에 대해 ACK을 기다림  |
| FIN-WAIT-2 | 상대 장비에서 FIN이 오기를 기다림     |
| CLOSING    | 자신의 FIN에 대한 ACK을 받지 못함   |
| TIME-WAIT  | 새 연결과 겹치지 않게 일정 시간 기다림   |



# TCP 연결 수립, 관리 종료

---

- TCP 연결 준비

- 전송 제어 블록(TCB, Transmission Control Block)

- TCP가 연결 정보를 저장하는 데이터 구조

- 저장하는 정보

- 연결을 식별하기 위한 두 소켓 번호
- 들어온 데이터와 나갈 데이터를 가지고 있는 버퍼의 포인터
- 받았고 승인한 바이트의 수
- 받았지만 아직 승인하지 않은 바이트 수
- 현재 윈도우 크기를 추적하는 변수

# TCP 연결 수립, 관리 종료

---

- TCP 연결 준비
  - 능동과 수동 개방
    - 능동 개방
      - 클라이언트는 TCP 메시지를 보내 연결을 시작
    - 수동 개방
      - 특정 클라이언트로부터의 연결만을 기다린다고 명시
      - 서버가 클라이언트의 연결을 기다림

# TCP 연결 수립, 관리 종료

---

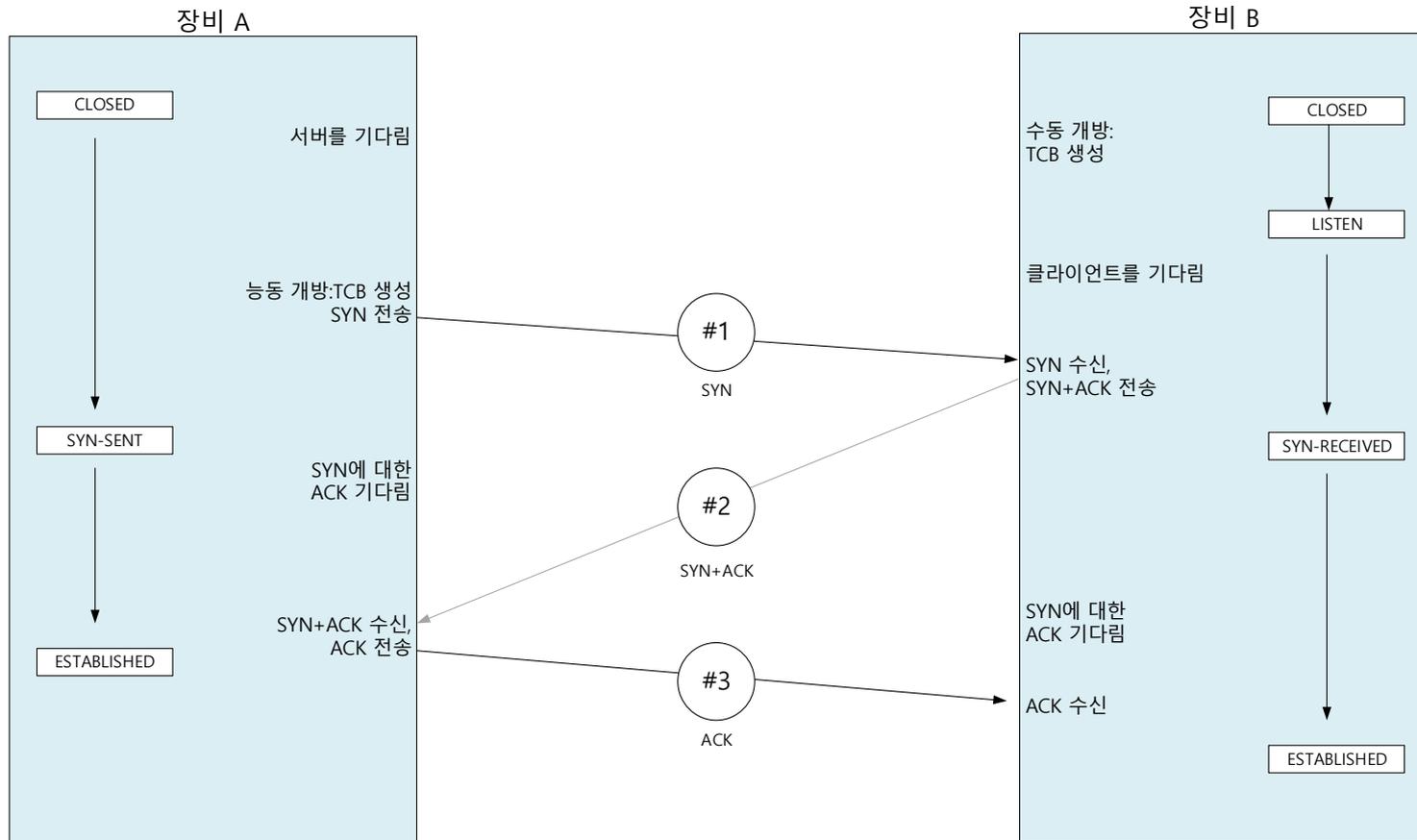
- TCP 연결 수립
  - 연결 수립에서 사용하는 제어 메시지
    - SYN
      - 연결을 초기화하는 데 사용하는 세그먼트라는 것을 알림
      - 순서 번호 동기화
    - ACK
      - SYN이 포함된 메시지를 잘 받았다고 승인하는 메시지

# TCP 연결 수립, 관리 종료

- TCP 연결 수립

- 정상 연결 수립

- 쓰리 웨이 핸드셰이크(3-way hand-shake)

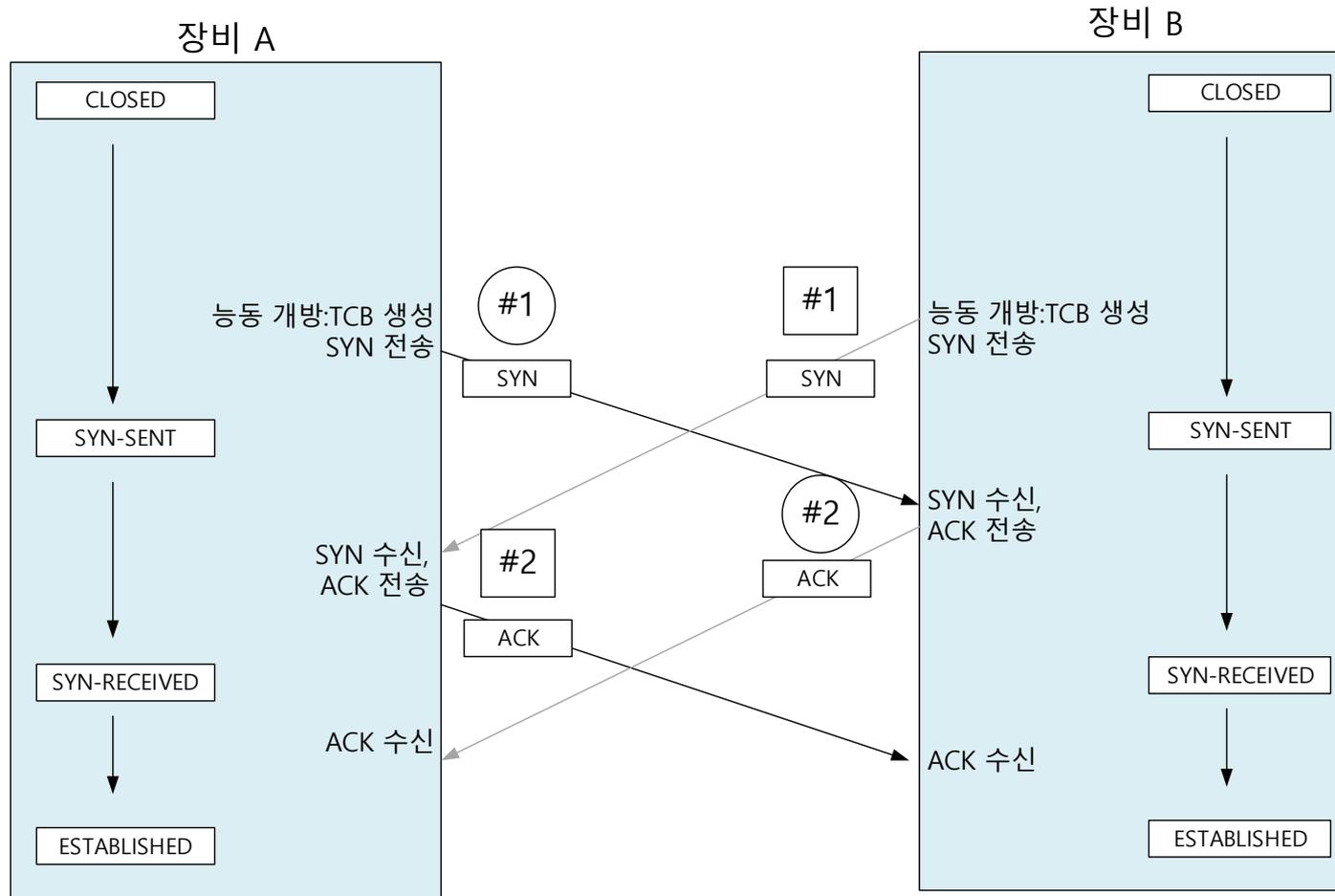


# TCP 연결 수립, 관리 종료

- TCP 연결 수립

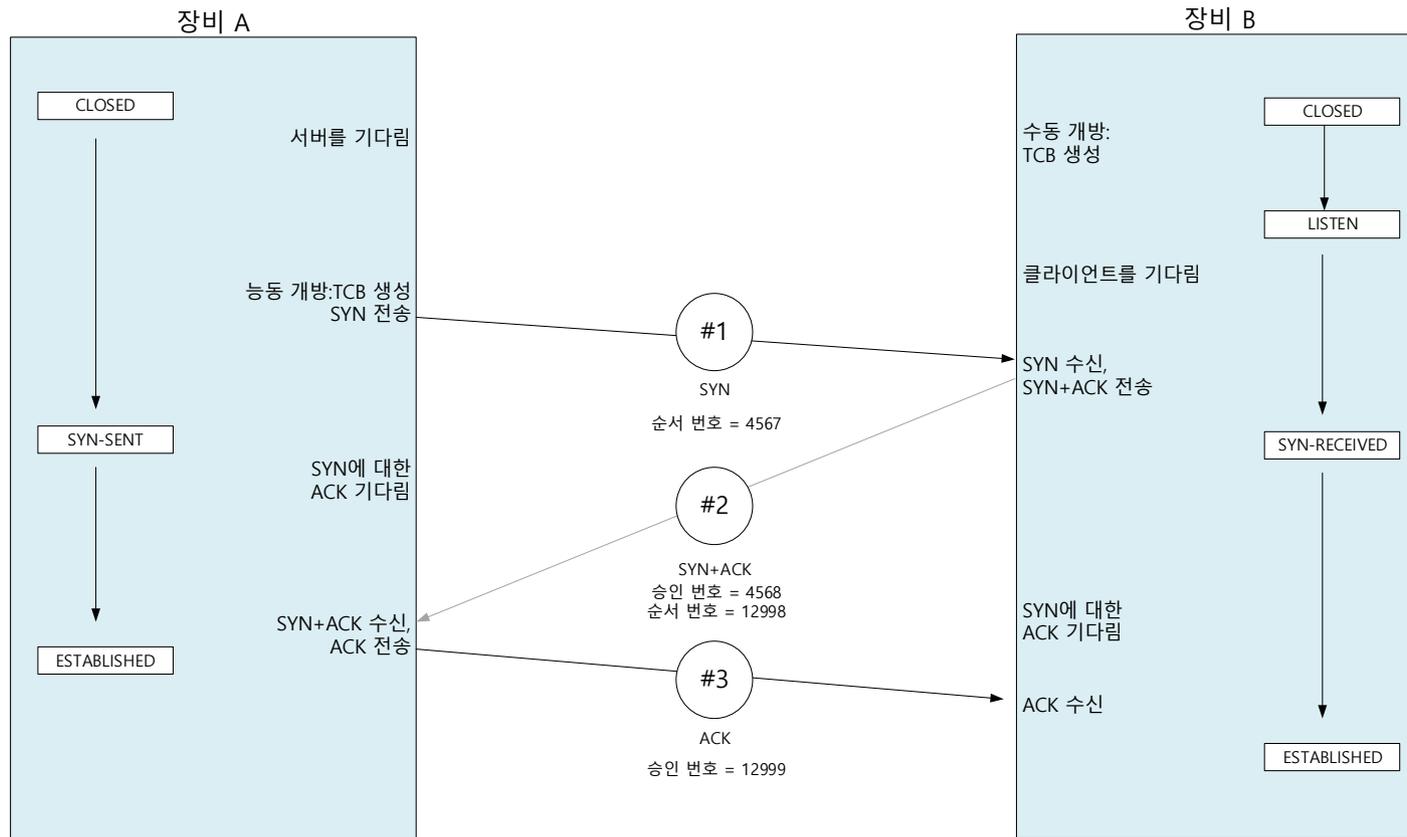
- 동시 개방 연결 수립

- TCP는 두 장비가 동시에 능동 개방을 하는 경우도 처리 가능



# TCP 연결 수립, 관리 종료

- TCP 연결 수립 순서 번호 동기화와 인자 교환
  - TCP 초기 순서 번호(ISN, Initial Sequence Number)
    - 다른 연결에서 온 세그먼트와 섞이지 않도록 하는 순서 번호
  - 순서 번호 동기화 과정



# TCP 연결 수립, 관리 종료

---

- TCP 연결 수립 순서 번호 동기화와 인자 교환
  - TCP 인자 교환
    - 윈도우 크기
      - TCP 헤더의 윈도우 크기는 16비트
      - 기존의 윈도우 크기보다 더 큰 값을 사용할 수 있도록 함
    - 선택적 승인 허용
      - 장비가 잃어버린 세그먼트만을 재전송할 수 있도록 승인하는 옵션 사용
    - 대체 체크섬 방식
      - 표준 TCP 체크섬이 아닌 다른 체크섬 방법을 사용 가능

# TCP 연결 수립, 관리 종료

---

- TCP 연결 관리와 문제 처리
  - TCP 초기화 기능
    - TCP 소프트웨어가 원치 않은 일이 생기면 연결 초기화
    - 문제를 발견하면 RST(reset)를 1로 설정한 TCP 세그먼트 전송
  - 초기화 상황
    - 세그먼트를 보낸 장비와 연결을 맺고 있지 않을 때
    - 잘못된 순서 번호나 승인 번호 필드를 가지는 메시지를 수신한 경우
    - 프로세스가 없는 포트에 SYN 메시지를 받은 경우

# TCP 연결 수립, 관리 종료

---

- TCP 연결 관리와 문제 처리
  - 초기화 세그먼트 처리
    - 잘못된 초기화로 연결이 닫히는 일을 막기 위해 메시지의 유효 여부를 검사
    - 초기화 메시지를 받은 장비가 연결 수립 과정 중이었다면 LISTEN 상태로 돌아감
    - 그 외의 상태였다면 연결을 끊고 새로운 세션 협상을 위해 CLOSED 상태로 되돌아감
  - 유희 접속 관리
    - 두 장비가 오랜 시간 동안 세그먼트를 전송하지 않는 경우
    - 킵얼라이브 메시지 사용

# TCP 연결 수립, 관리 종료

---

- TCP 연결 종료

- 연결 종료의 요구사항

- 두 장비 모두 연결이 종료 되어야 함
- 연결이 종료되기 전에 보내야 할 데이터를 모두 방출해야 함

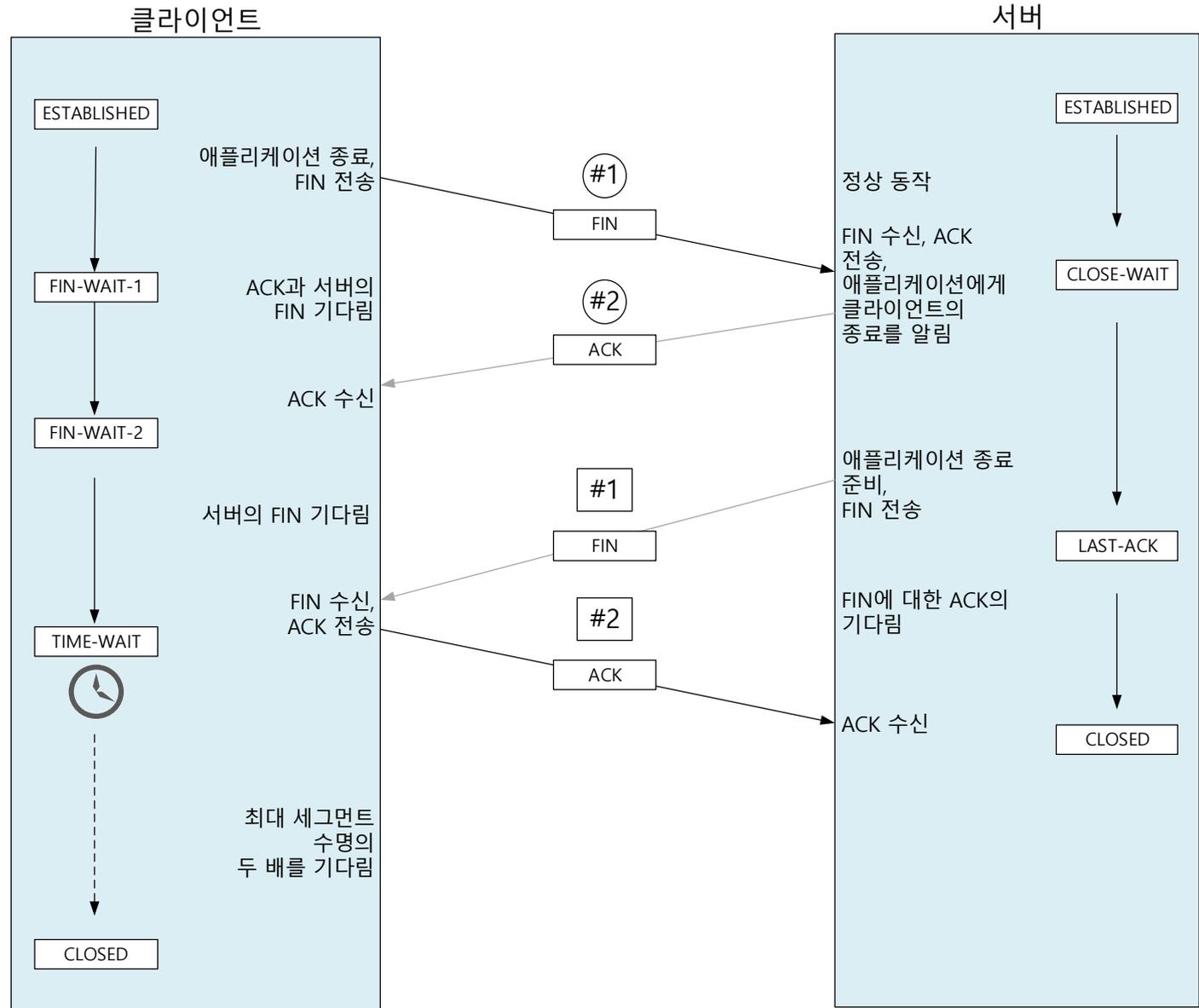
- TIME-WAIT 상태

- 상대 장비가 ACK를 받았다는 것을 확실하기 위해 충분한 시간을 둠
  - ACK를 분실하면 재전송
- 한 연결의 종료와 다음 연결 간의 일정 시간을 둠
  - 다른 연결에서 온 패킷이 뒤섞이는 것을 방지

# TCP 연결 수립, 관리 종료

## • TCP 연결 종료

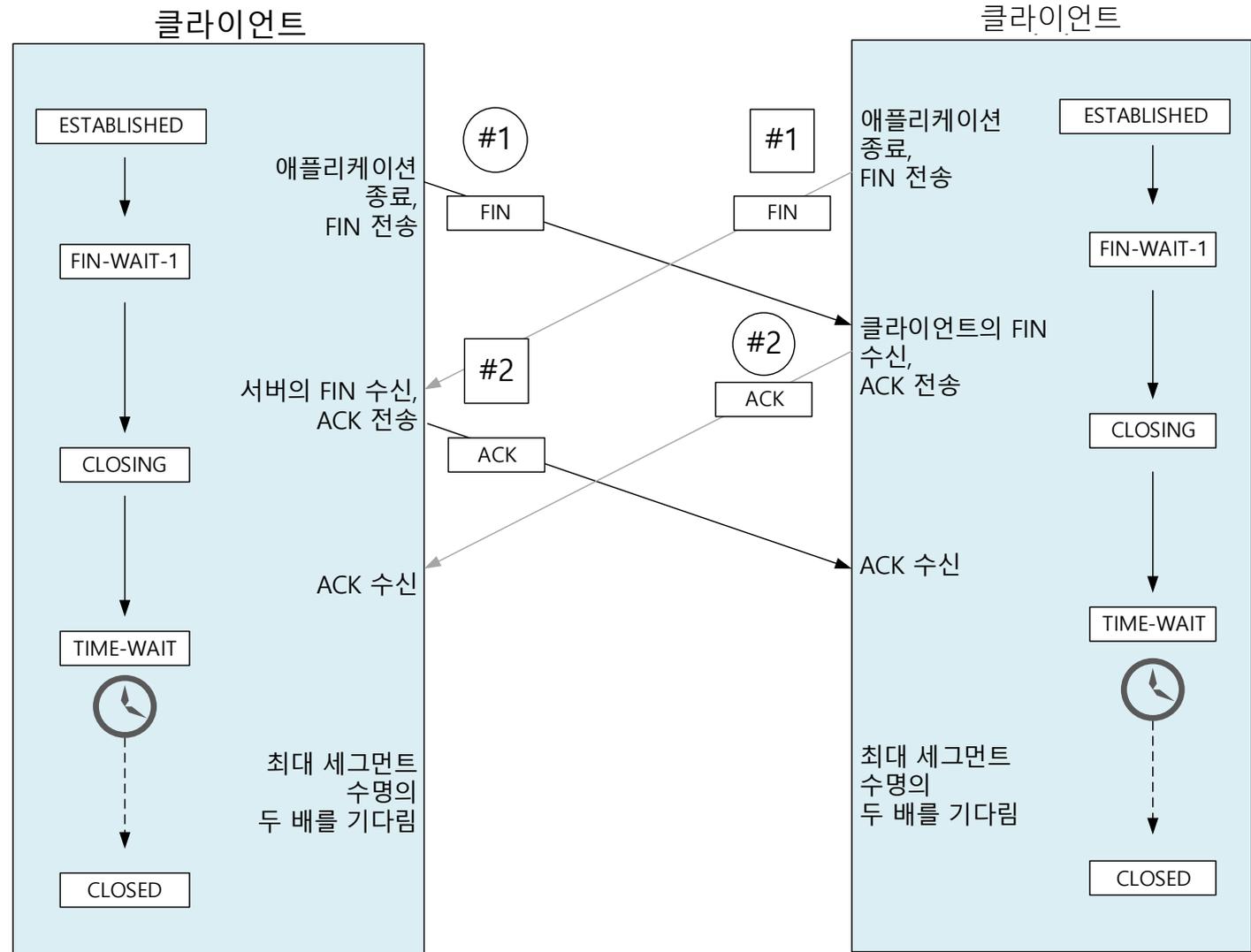
### • 정상 연결 종료 동작 과정



# TCP 연결 수립, 관리 종료

- TCP 연결 종료

- 동시 연결 종료 동작 과정



---

# Thanks!

이 하 늘 ([haneul@pel.sejong.ac.kr](mailto:haneul@pel.sejong.ac.kr))