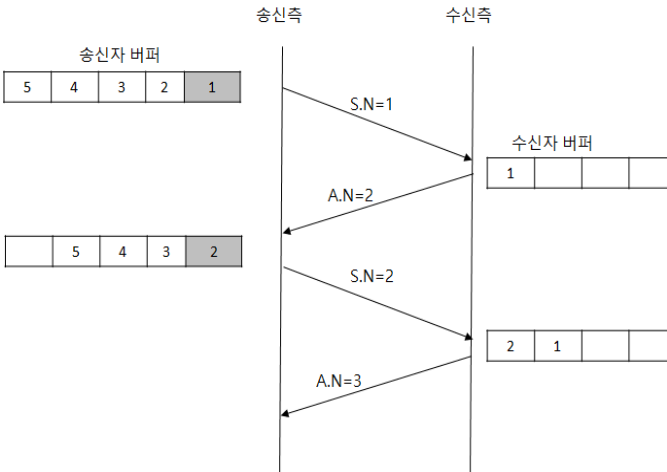
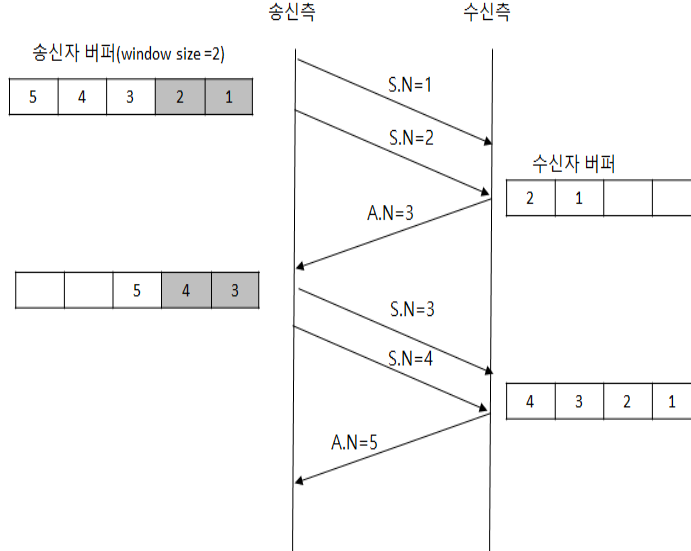


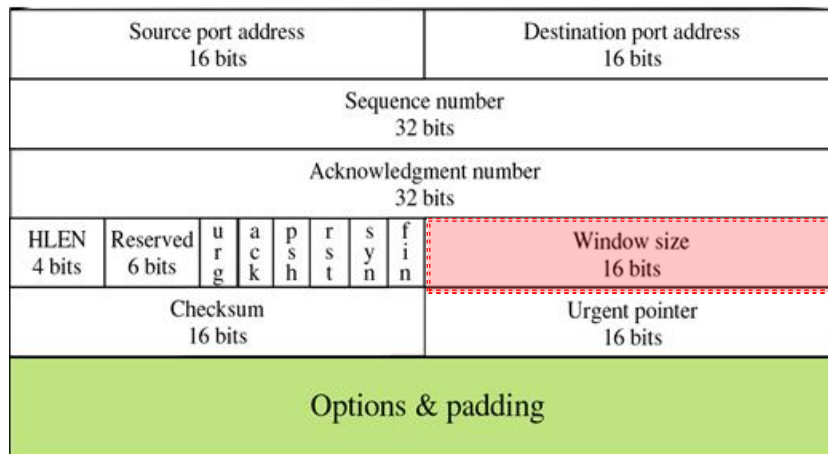
# TCP 혼잡 제어

## 1) 흐름 제어와 혼잡 제어

- 흐름 제어(flow control)는 수신 장치의 용량 이상으로 데이터가 넘치지 않도록 송신 장치를 제어하는 기술이다.
- 흐름 제어에는 정지-대기(stop-and wait) 기법과 슬라이딩 윈도우(sliding window) 기법이 있다.

정지&대기	<p>- 송신장치에서 하나의 프레임을 한번에 전송하는 방식</p> <p>- 프레임 전송 후 수신 장치로부터 ACK 신호를 받을 때까지 다음 프레임을 보낼 수 없는 방식</p>  <p>- 간단하지만 패킷마다 ACK 응답을 받아야 하기 때문에 데이터 전송 속도가 느려짐</p>
슬라이딩 윈도우	<p>- 한번에 여러 개의 프레임을 보낼 수 있는 방식</p> <p>- 송신측에서 수신측의 ACK 응답을 받지 않고도 일정 수의 패킷을 전송</p> <p>- Window size : ACK 응답없이 보낼 수 있는 패킷의 수</p> 

- TCP 혼잡 제어은 송/수신자 사이에 설정된 연결 상태를 파악하고 상태 변화에 따라 송신자의 전송 속도 제어를 위해 윈도우 크기(window size)를 조정한다. 이것은 트래픽 혼잡으로 인한 폭주(congestion collapse)를 방지하고 손실된 패킷에 대한 복구 메커니즘을 수행한다.
- Congestion collapse는 패킷의 폐기를 발생시키고, 패킷 폐기는 패킷 지연을, 패킷 지연은 응답 시간을 길게 만든다.

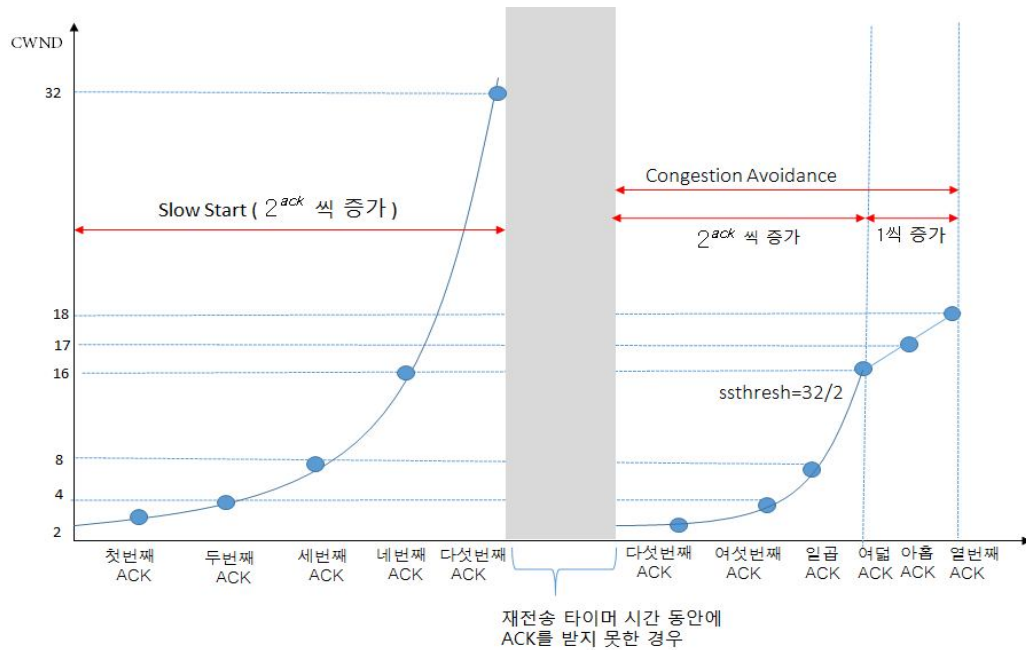


## 2) Congestion window (CWND) 조절 방법

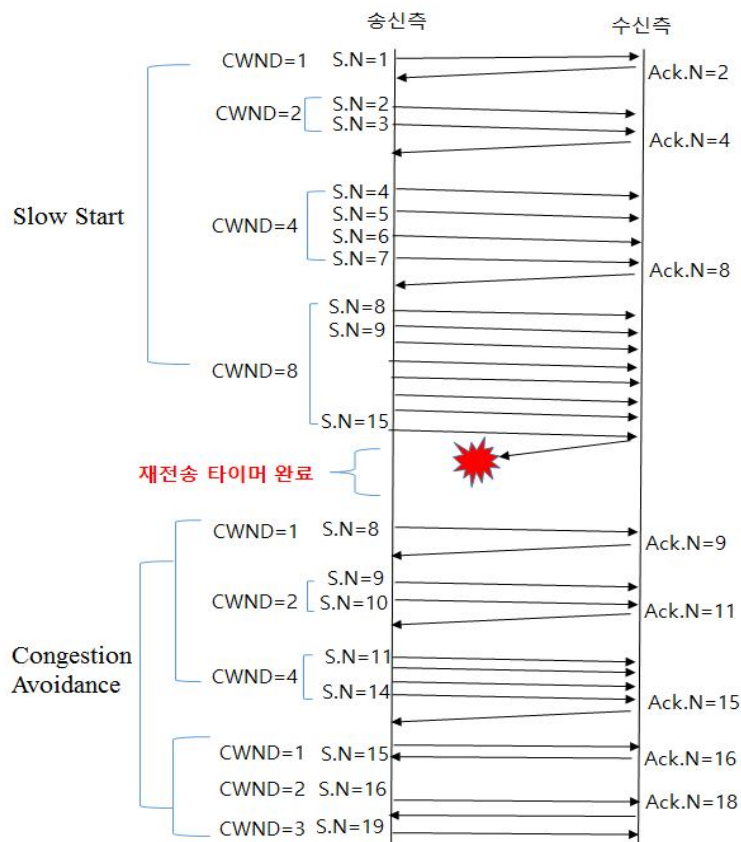
- 송신 장치의 window size는 송신측에서 계산한 CWND(congestion window)와 수신측에서 보낸 RWND(received window or advertised window) 값 중에서 작은 값으로 선정한다. CWND는 네트워크 상태 값이며 RWND는 수신측 상태 값(window size)이다.
- Window size는 CWND와 RWND 중 작은 값이 선택되기 때문에 수신측에서 아무리 큰 RWND를 보내도 서서히 증가하는 CWND 특징 때문에 window size는 느리게 증가한다.
- TCP 혼잡 제어는 slow start(느린 시작), congestion avoidance(혼잡 회피), fast retransmission(빠른 재전송), fast recovery(빠른 회복)의 알고리즘으로 구성된다.
  - Slow start와 congestion avoidance는 TCP의 정상적 상태에서의 동작을 구현할 알고리즘인 반면 fast retransmission과 fast recovery는 패킷 손실이 발생한 비정상 상태에서의 복구 알고리즘이다.

Slow start	- CWND가 지수적으로 증가
Congestion avoidance	- (CWND > SSTHRESH) 인 경우 CWND가 지수적으로 증가 - (CWND <= SSTHRESH) 인 경우에서부터 1씩 증가
Fast retransmission	중복 확인 응답 ACK를 받은 경우 TCP 타임 아웃 타이머 만큼 기다리지 않고 문제 발생 패킷 즉시 재전송
Fast recovery	Fast retransmission 이후 CWND를 1로 설정하지 않고 현재 CWND/2로 SSTHRESH를 설정하여 전송

i) Slow start와 Congestion avoidance에 따른 CWND 변경 그래프



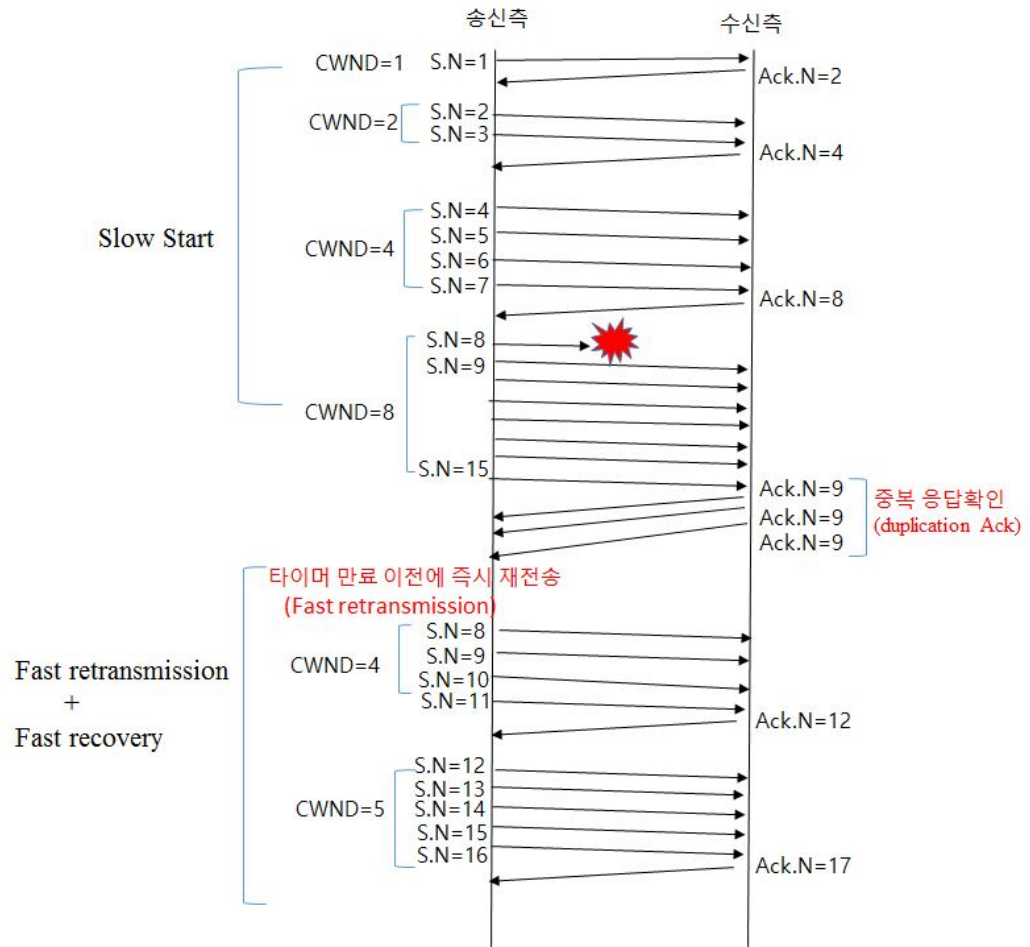
ii) CWND에 따른 흐름 그래프



재전송 타이머 = {이전(전송패킷과 ACK 응답패킷의)왕복시간\*0.9 + 현재왕복시간\*0.1}\*2

- 재전송 타이머 내에 ACK 패킷을 받지 못할 경우 CWND는 1에서 다시 시작

iii) 3개의 연속 중복 응답 확인 패킷에 대한 CWND 흐름 그래프



3) 송신측의 window size 결정

- Window size는 CWND와 RWND 중 작은 값으로 선택한다.

