

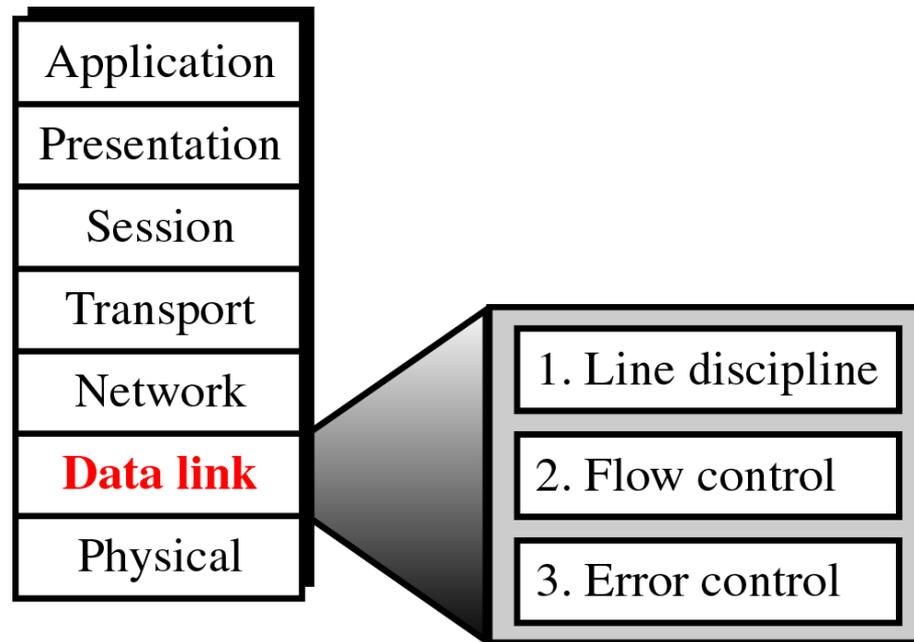
데이터통신

데이터링크제어

Mokwon University

차례

- **회선 원칙 (line discipline)**
- **흐름 제어 (flow control)**
- **오류 제어 (error control)**

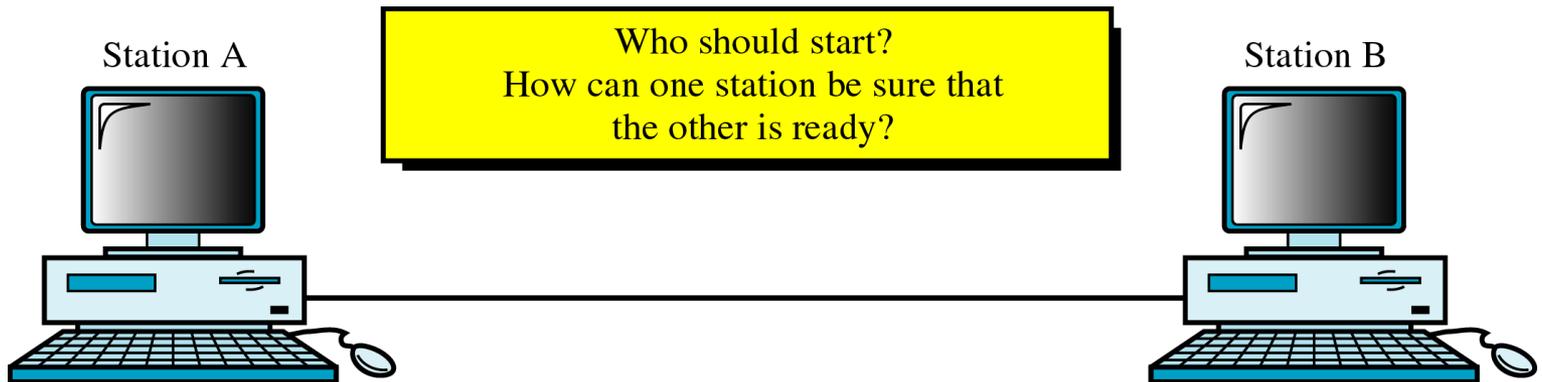


회선 원칙

- 링크에 연결된 장치 간의 상대적인 관계
 - 대등(peer-to-peer) 관계
 - 주종(primary-secondary) 관계
- 회선 구성
 - 점대점(point-to-point) 구성
 - 다중점(multipoint) 구성
- 회선 원칙(line discipline)
 - 링크를 설정: 수신장치가 수신을 할 수 있는 지를 확인하는 과정
 - 링크에 연결된 여러 노드(장치) 중에 누가 전송할 권한을 가질 것인지를 결정

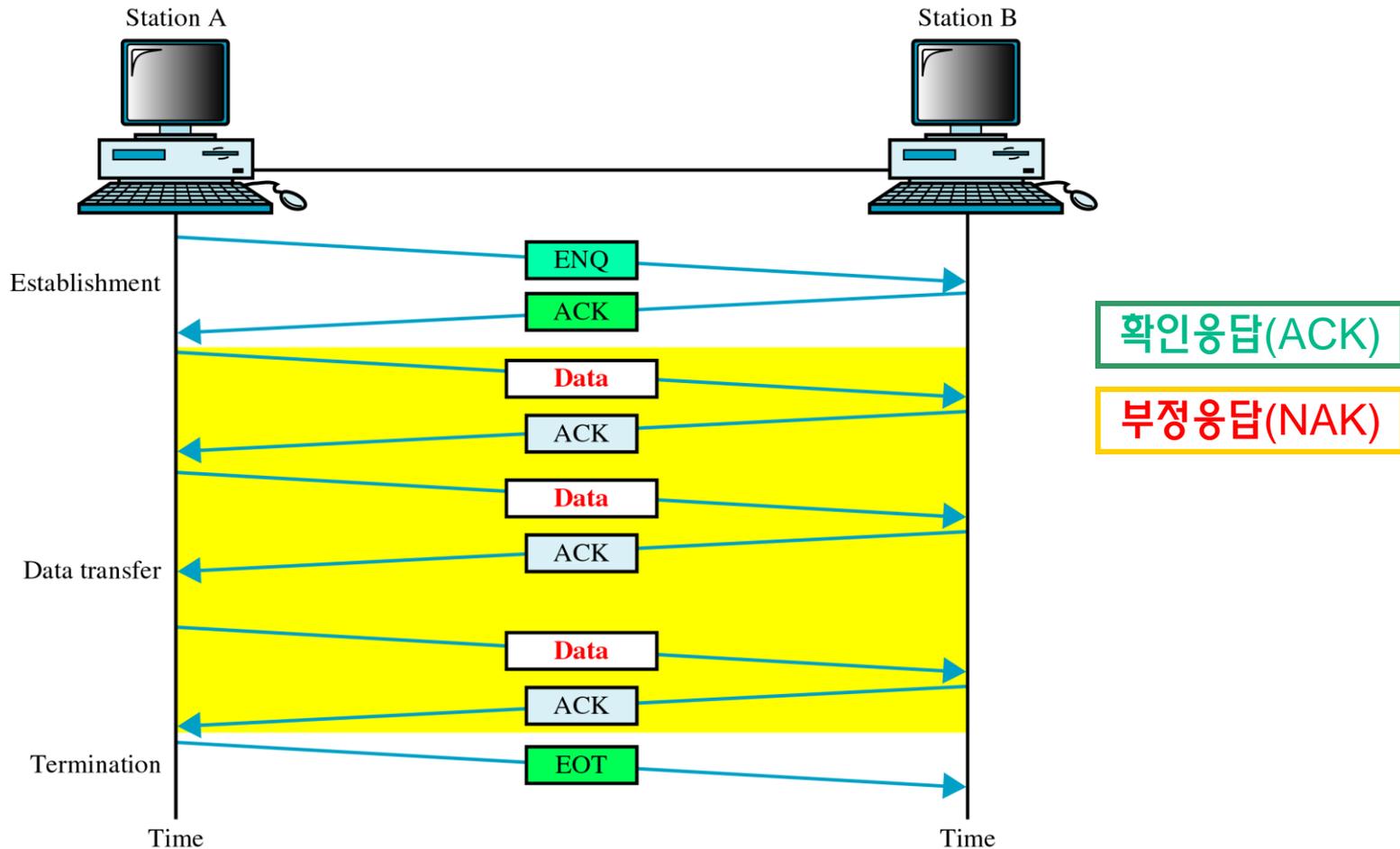
회선 원칙...

- ENQ/ACK(Enquiry/acknowledgement)
 - 점대점 구성의 전용회선
 - 수신기의 수신 가능 상태의 여부를 조정
 - 두 장치 중 어느 장치에 의해서든 먼저 시도 가능



회선 원칙...

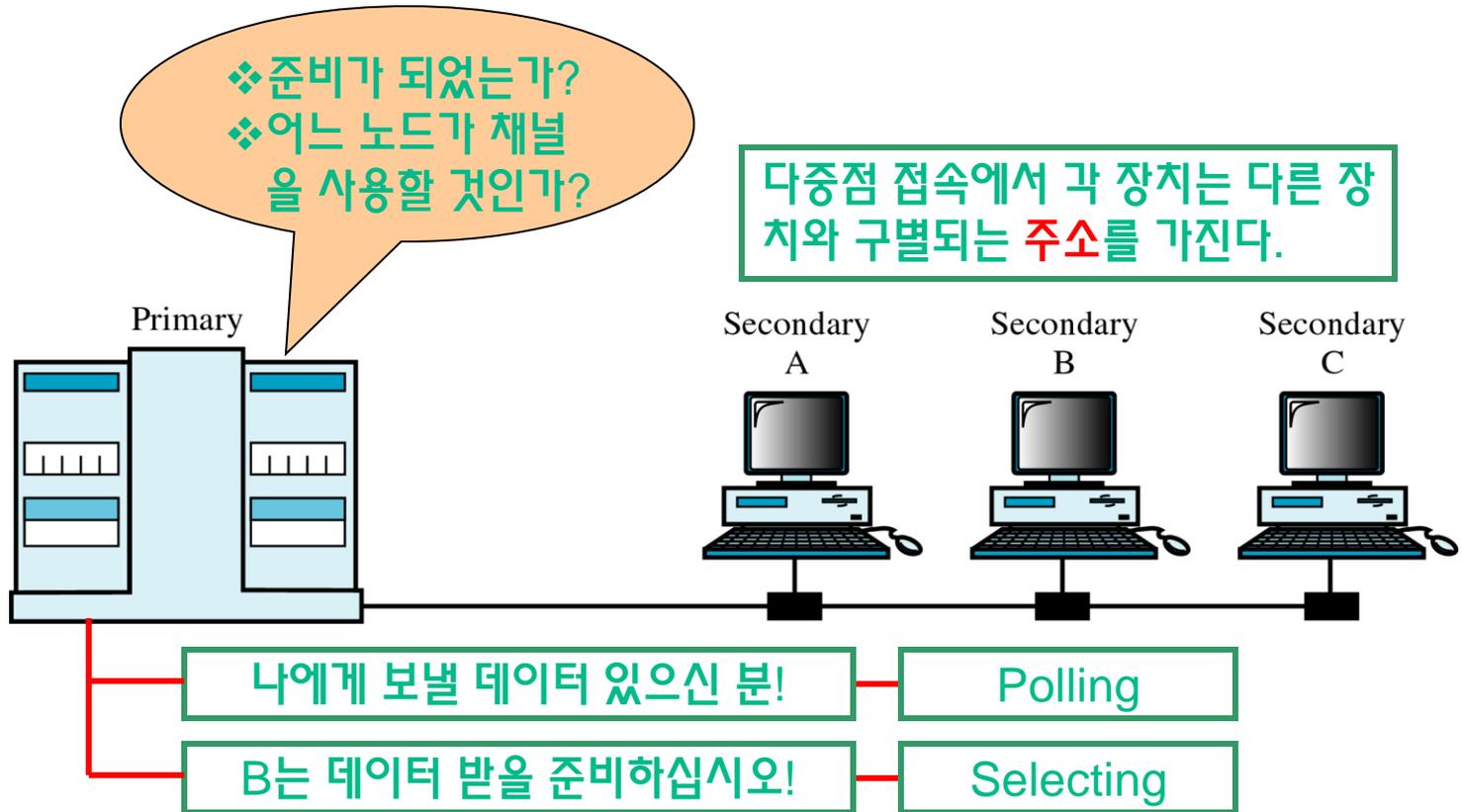
■ ENQ/ACK 동작



회선 원칙...

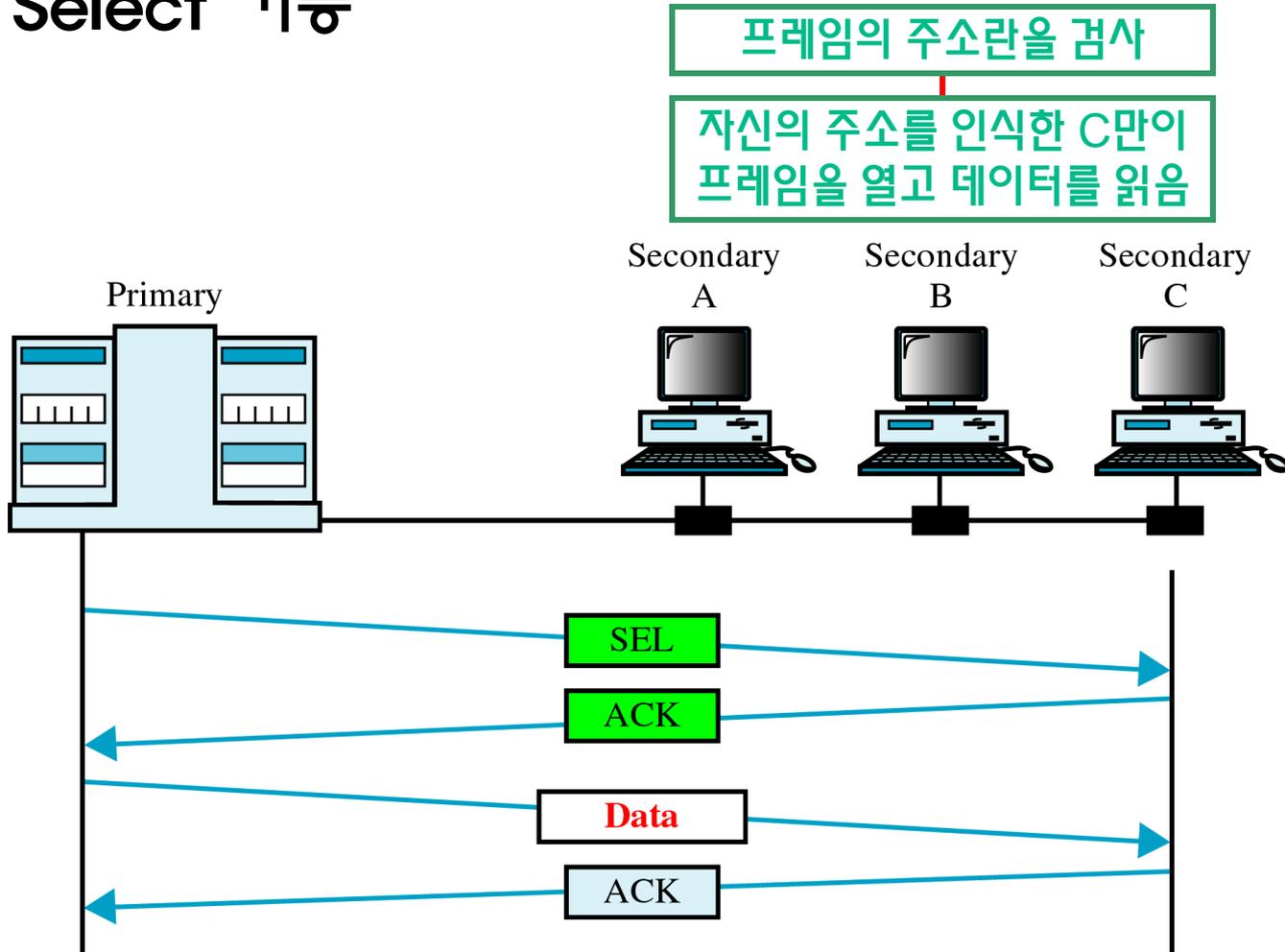
■ Poll/Select 방법

- 주국(primary station)과 종국(secondary station)
- 다중점 회선구성에서 노드간에 조정이 필요



회선 원칙...

- Select 기능

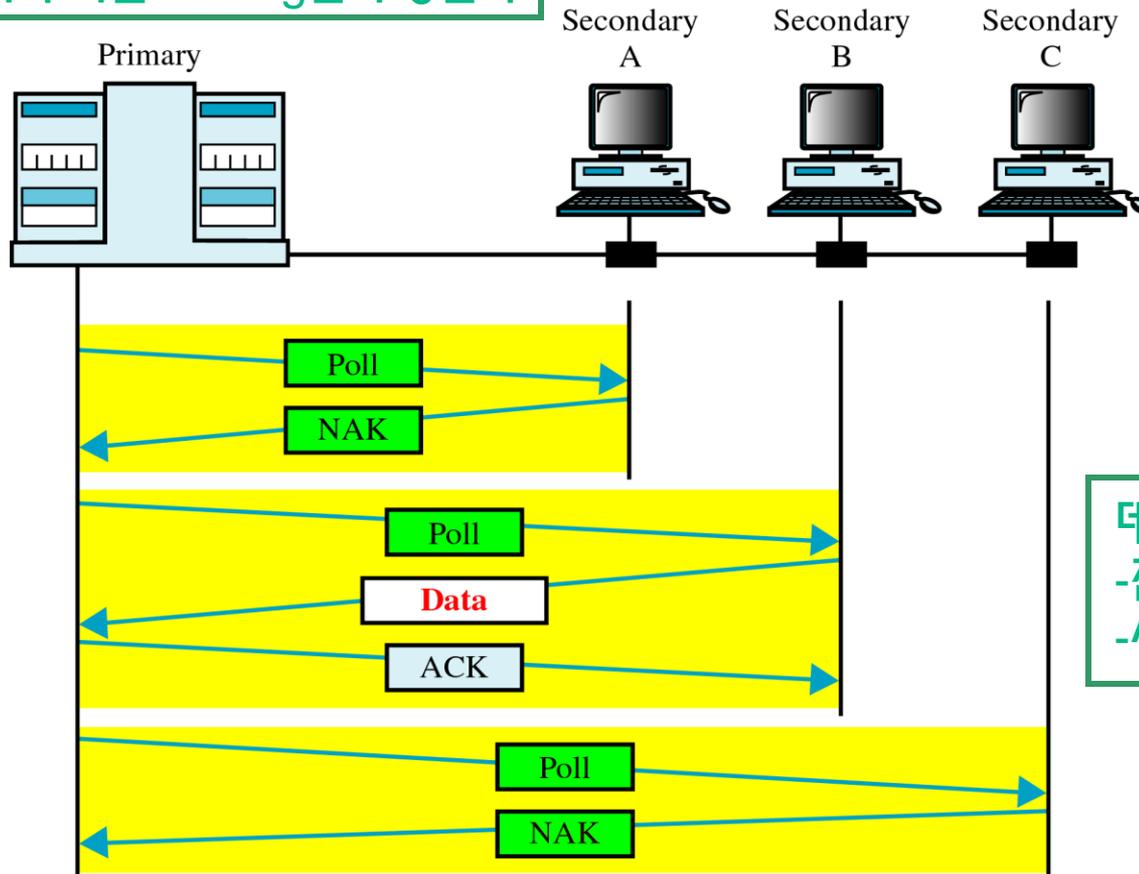


회선 원칙...

■ Poll 기능

Primary에서 데이터를 받을 준비가 되면 Polling을 수행한다

Polling: 교대로 물어보는 동작



데이터 전송 종료
- 전송 종료 프레임
- 시간 종료

흐름 제어

- 수신장치에서 데이터를 처리할 수 있는 능력의 한계
 - 데이터를 처리할 수 있는 속도: 처리율
 - 데이터를 저장할 수 있는 메모리: 버퍼(buffer)



- **흐름제어**는 송신기가 확인응답을 기다리기 전에 보낼 수 있는 데이터의 양을 제한하는 절차
 - 정지-대기(stop-and-wait) 방식
 - 한번에 하나의 프레임을 전송
 - 슬라이딩 윈도우(sliding window) 방식
 - 한번에 여러 프레임을 확인응답을 받기 전에 전송

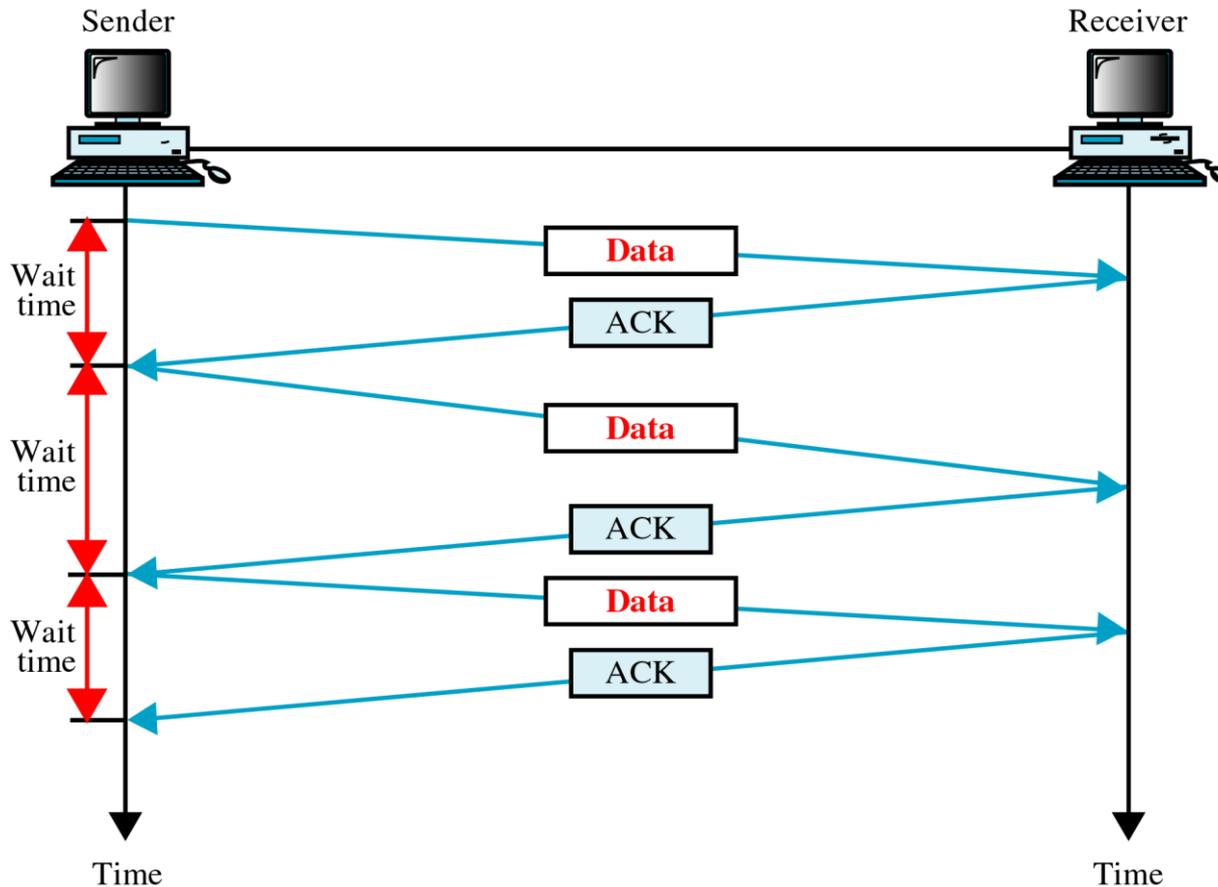
흐름 제어...

■ 정지-대기 방식

단점: 확인응답이 돌아 올 때 까지 기다리는 시간 낭비

링크의 이용률(utilization) 저하

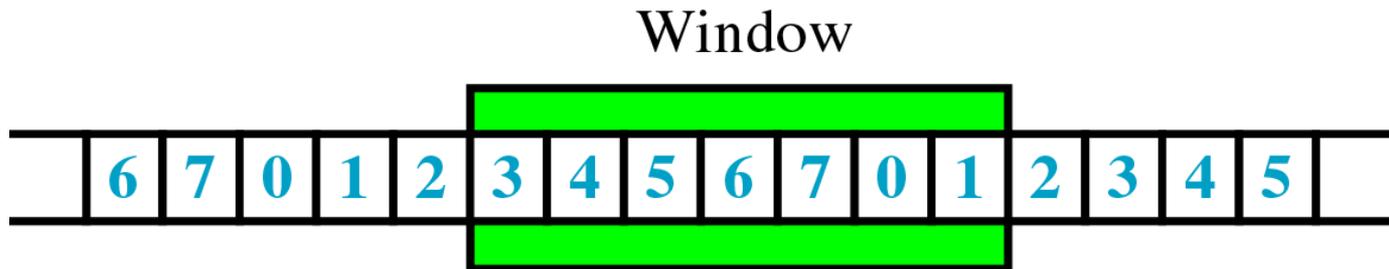
링크의 이용
률에 영향을
주는 사항은
무엇일까요?



흐름 제어...

■ 슬라이딩 윈도우 방식

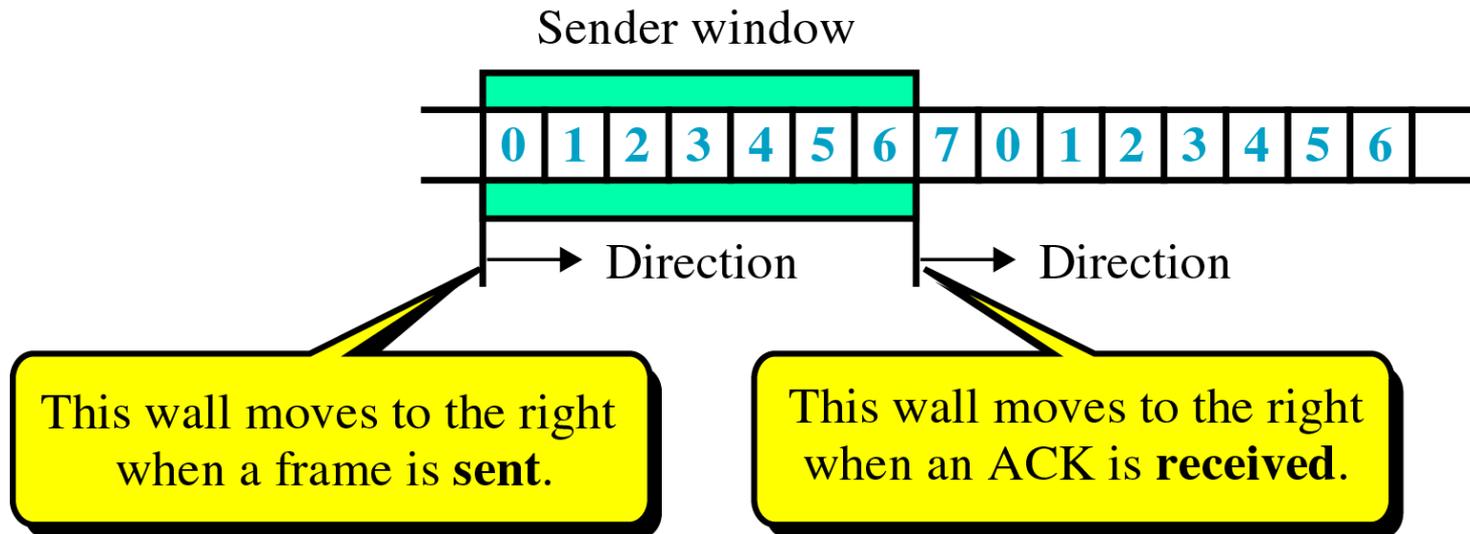
- 확인응답(ACK)을 요구하기 전에 여러 프레임을 전송
- 윈도우는 확인응답 없이 보낼 수 있는 프레임 수의 상한선
- 윈도우는 송신기와 수신기가 같이 유지
- 프레임 번호: 0 ~ n-1까지의 수, modulo-n으로 번호 부여
- 이 때 윈도우의 크기: **n-1**
- ACK에 포함된 번호 **k**는 **k-1**까지 수신을 확인



윈도우 크기: 7
모듈로-8의 번호 부여
윈도우 내에는 같은 번호가 없다

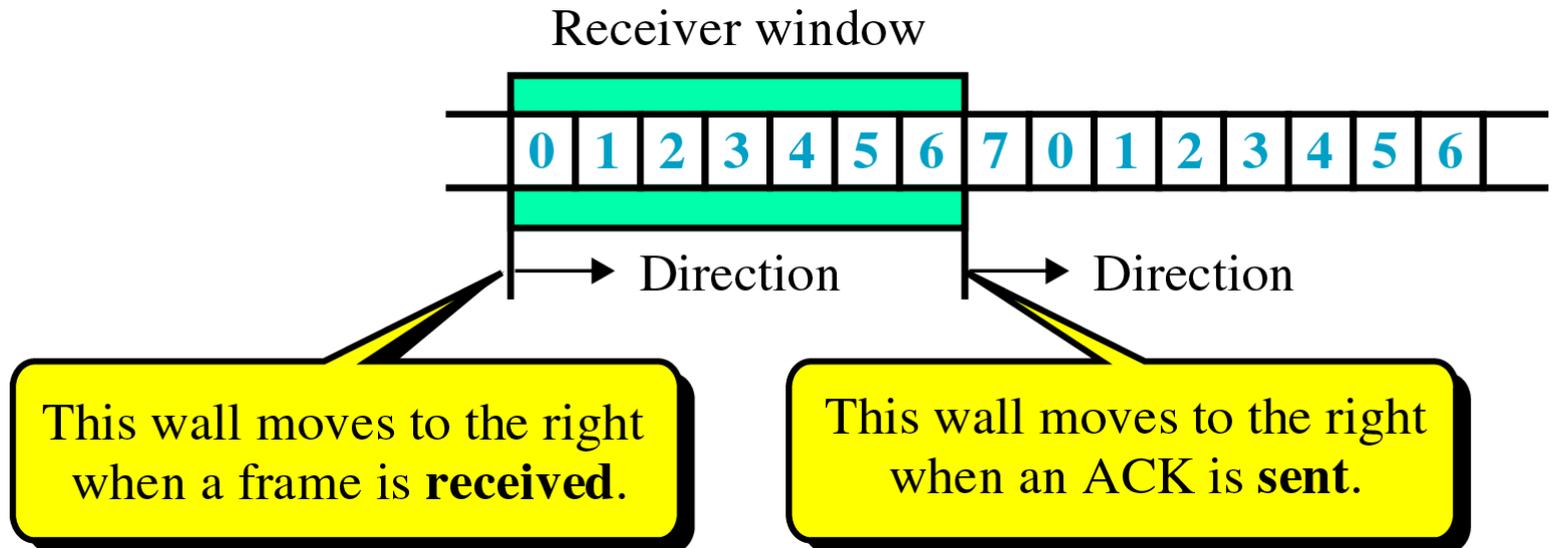
흐름 제어...

- 슬라이딩 윈도우 방식의 동작(송신기 윈도우)
 - ACK 없이 보낼 n-1 개의 프레임
 - 프레임을 송신하면 왼쪽 경계가 이동하여 윈도우 축소
 - ACK를 수신하면 오른쪽 경계가 이동하여 윈도우를 확장



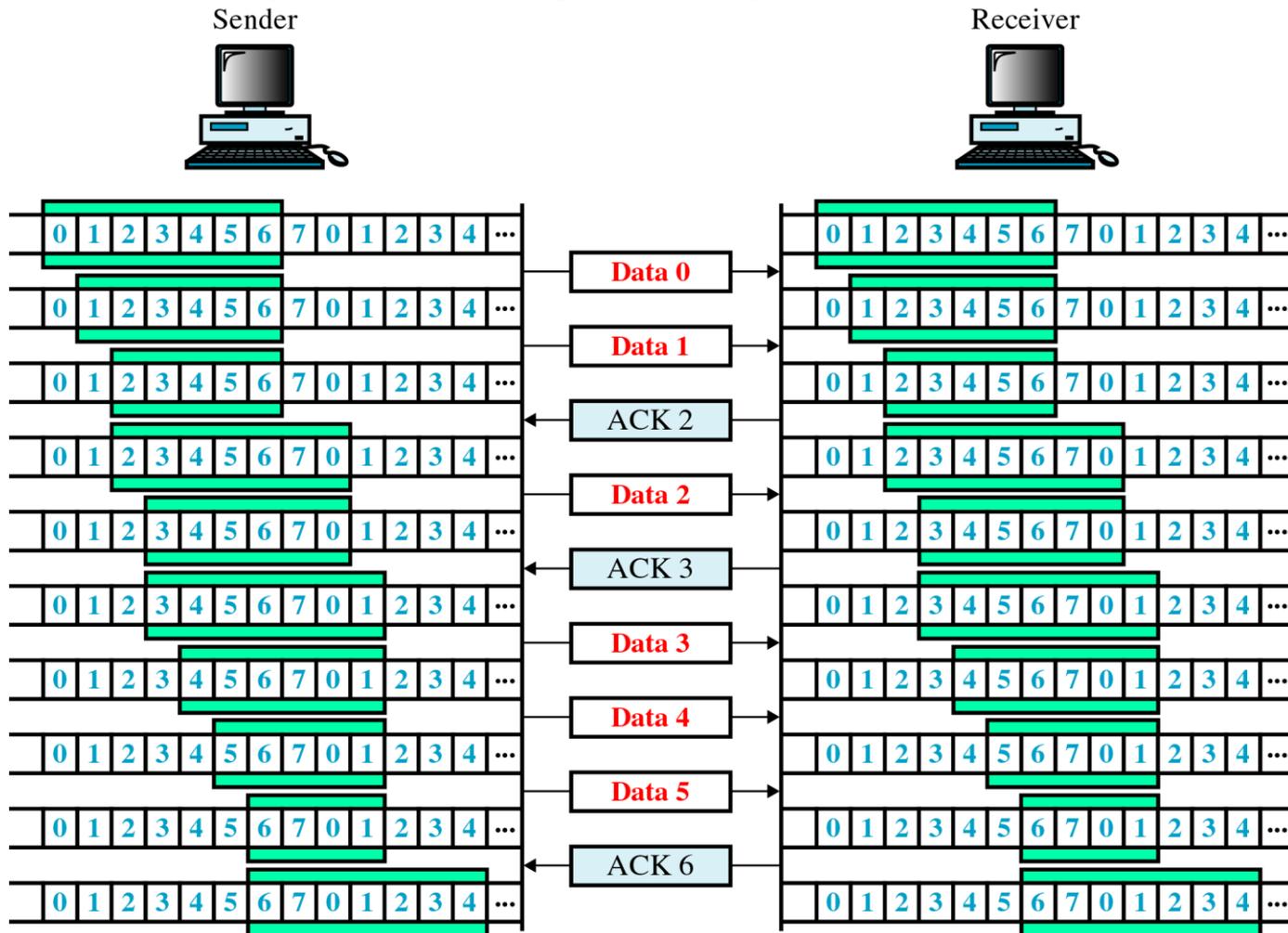
흐름 제어...

- 슬라이딩 윈도우 방식의 동작(수신기 윈도우)
 - ACK를 보내기 전 받을 수 있는 프레임 수
 - 수신기의 $n-1$ 개의 프레임 저장 공간
 - 프레임을 수신하면 왼쪽 경계가 이동하여 윈도우 축소
 - ACK를 송신하면 오른쪽 경계가 이동하여 윈도우 확장



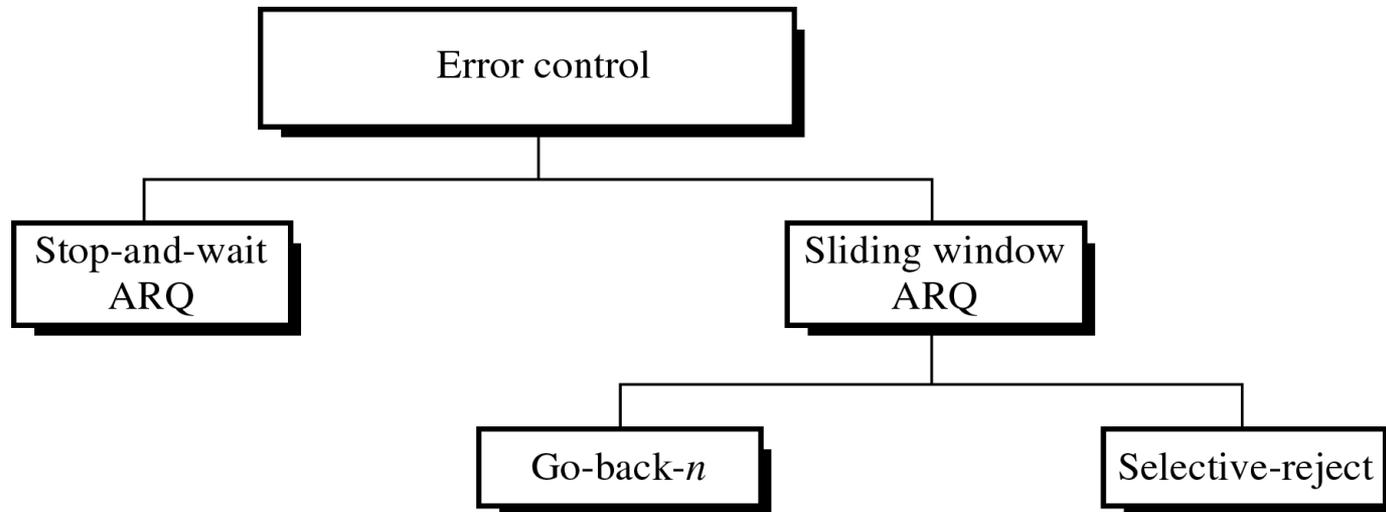
흐름 제어...

■ 슬라이딩 윈도우 방식의 동작 예



오류 제어

- 오류 제어는 오류검출과 재전송을 포함
- ARQ(Automatic Repeat Request): 자동반복요청
 - 오류검출 → 부정응답(NAK) → 프레임 재전송
- 흐름제어와 함께 데이터링크 계층 구현사항
 - Stop-and-wait ARQ
 - Sliding window ARQ

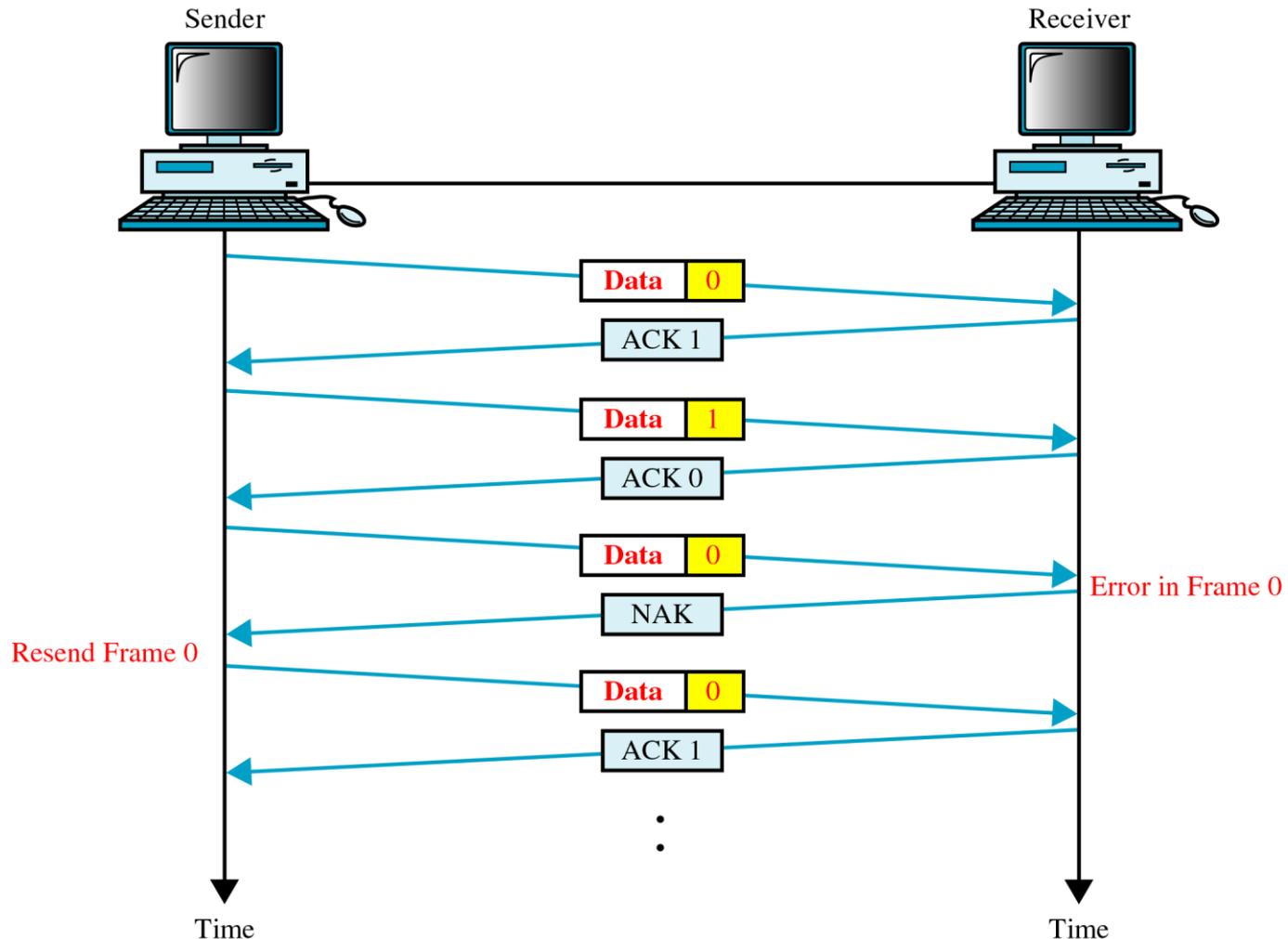


Stop-and-wait ARQ

- Stop-and-wait 흐름제어에 손실 혹은 손상된 프레임들을 재전송할 수 있도록 확장
- 기본 흐름제어 기법에 추가할 사항
 - 전송된 프레임의 복사본 유지
 - 프레임 식별을 위한 교대로 0과 1 번호 사용: 확인응답 손실 체크
 - 프레임의 오류 발견 시에 NAK 사용: 번호 관계 없이 마지막 프레임 재전송
 - 타이머 사용: 확인응답이 할당된 시간을 초과하면 프레임 손실로 간주하고 재전송

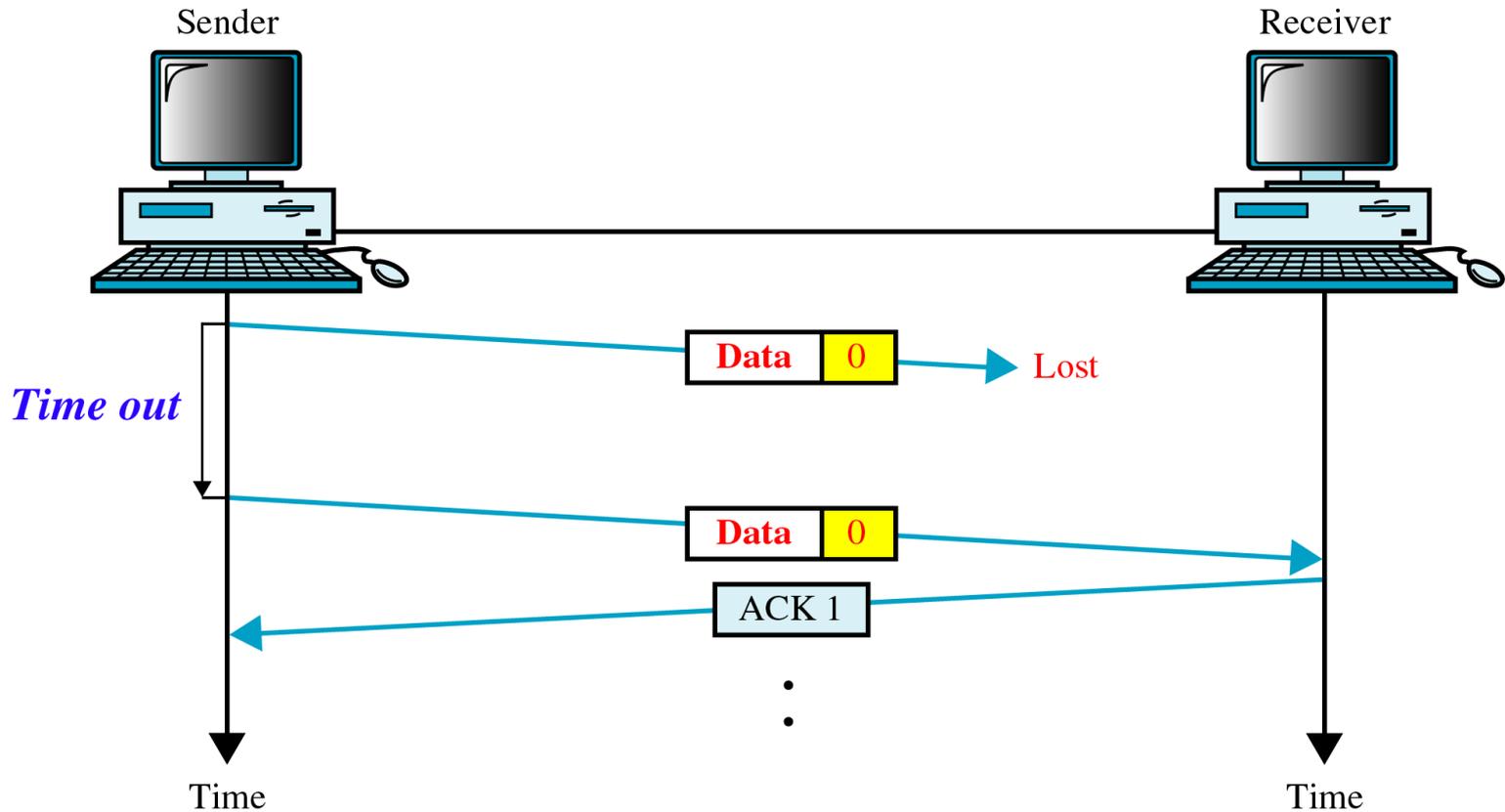
Stop-and-wait ARQ...

- Stop-and-wait ARQ, 손상된 프레임



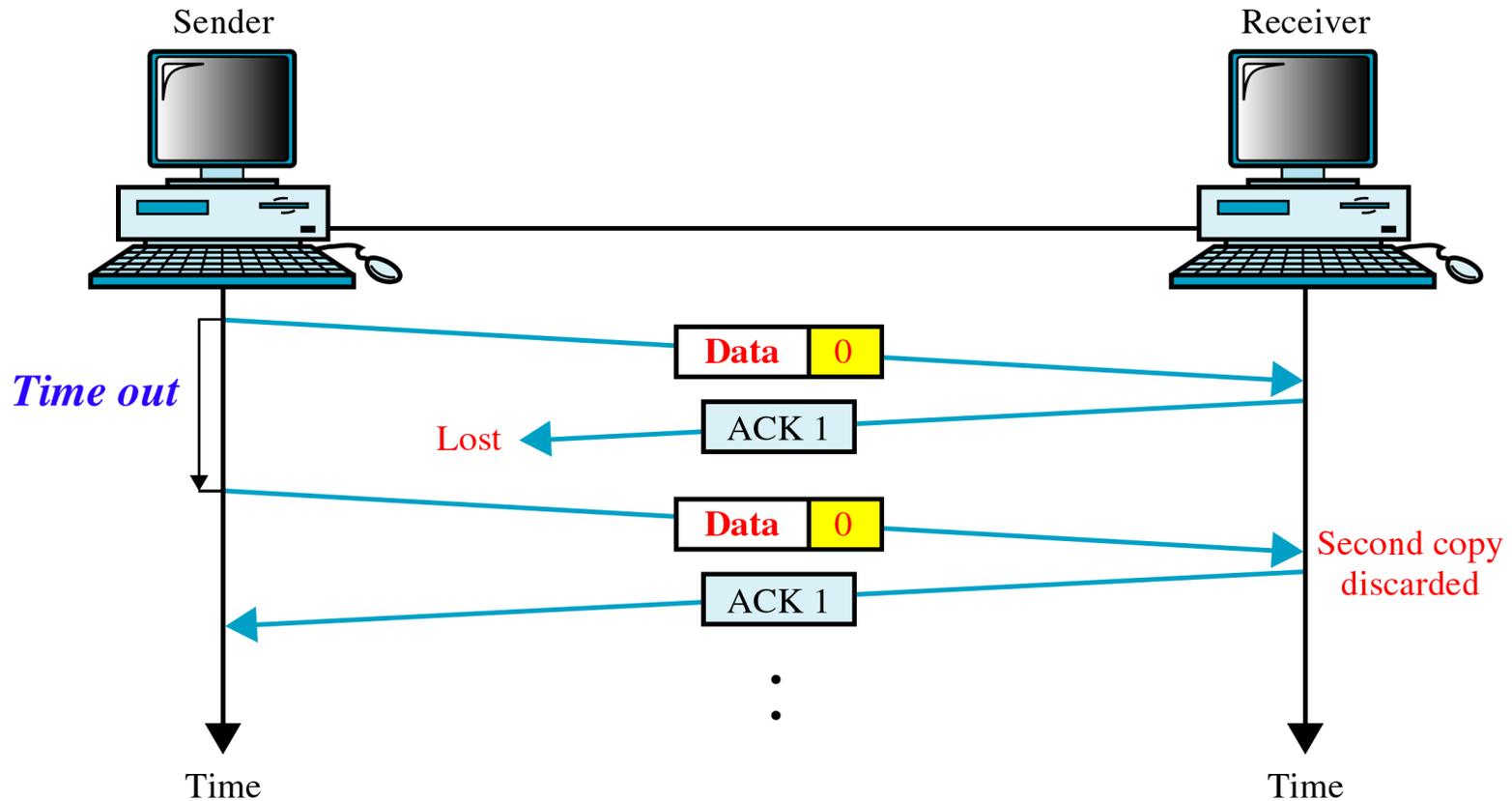
Stop-and-wait ARQ...

- Stop-and-wait ARQ, 손실된 프레임



Stop-and-wait ARQ...

- Stop-and-wait ARQ, 손실된 확인응답

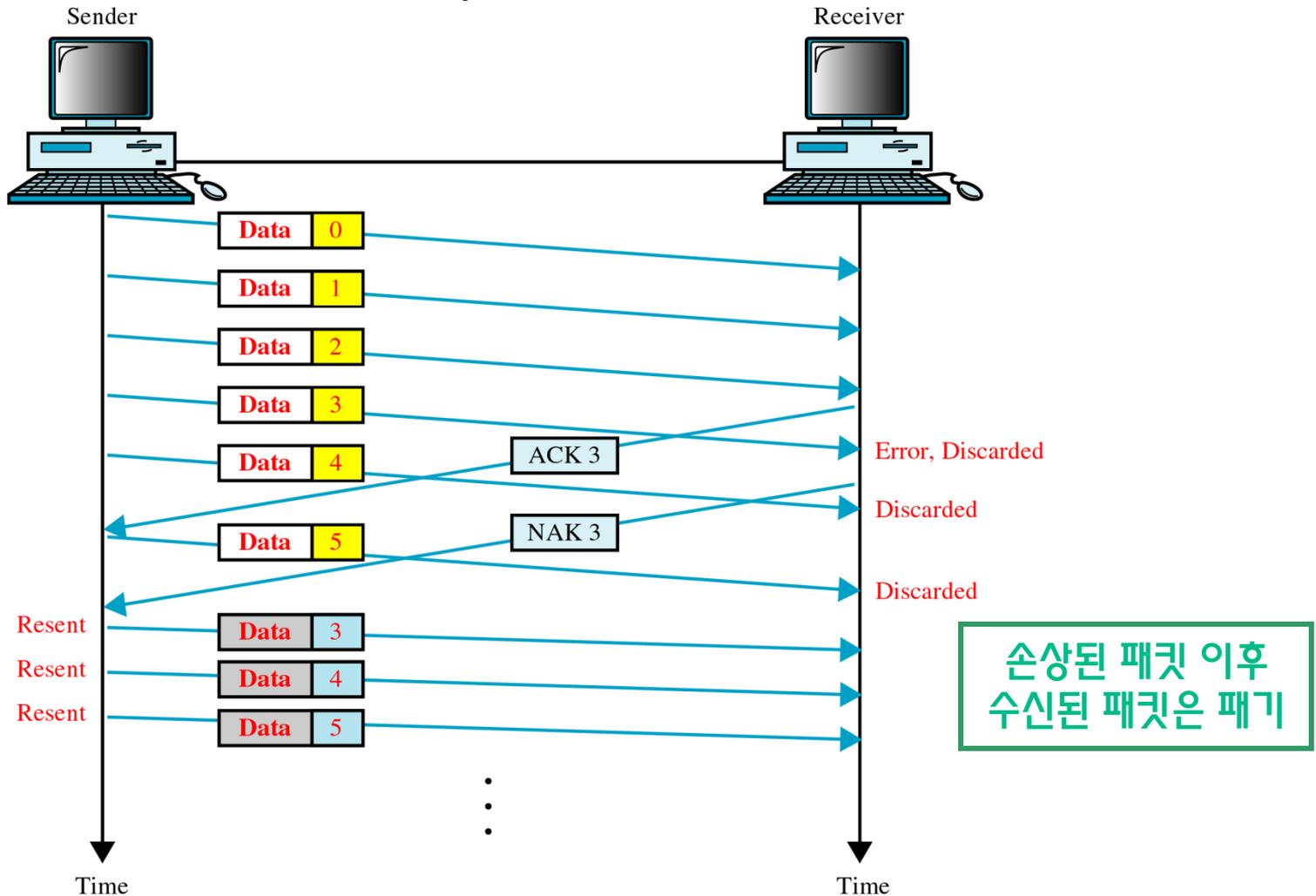


Sliding Window ARQ

- Sliding window 흐름제어에 손실 혹은 손상된 프레임들을 재전송할 수 있도록 확장
- 기본 흐름제어 기법에 추가할 사항
 - 전송된 프레임의 복사본 유지
 - 프레임의 오류 발견 시에 NAK 사용: NAK 번호는 손상된 프레임의 번호 운반
 - 타이머 사용: 확인응답이 할당된 시간을 초과하면 프레임 손실로 간주하고 재전송
- 재전송 방법에 따라
 - Go-Back-n ARQ (n 프레임 후퇴 ARQ)
 - 하나의 프레임이 손실되면 확인응답 이후의 모든 프레임들을 재전송
 - Selective-reject ARQ (선택적 거부 ARQ)
 - 손상되거나 손실된 프레임만 재전송

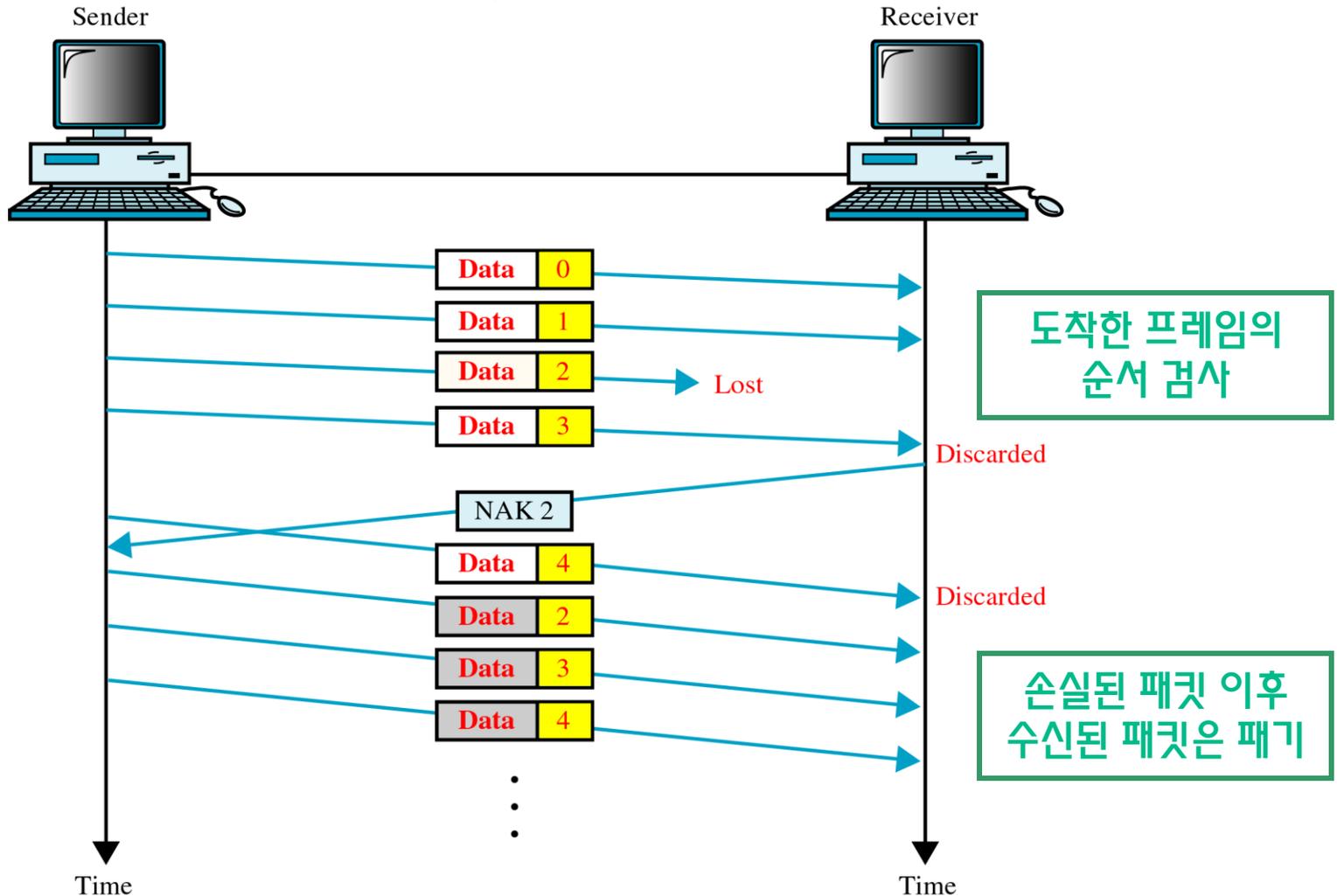
Sliding Window ARQ...

■ Go-Back-n ARQ, 손상된 데이터 프레임



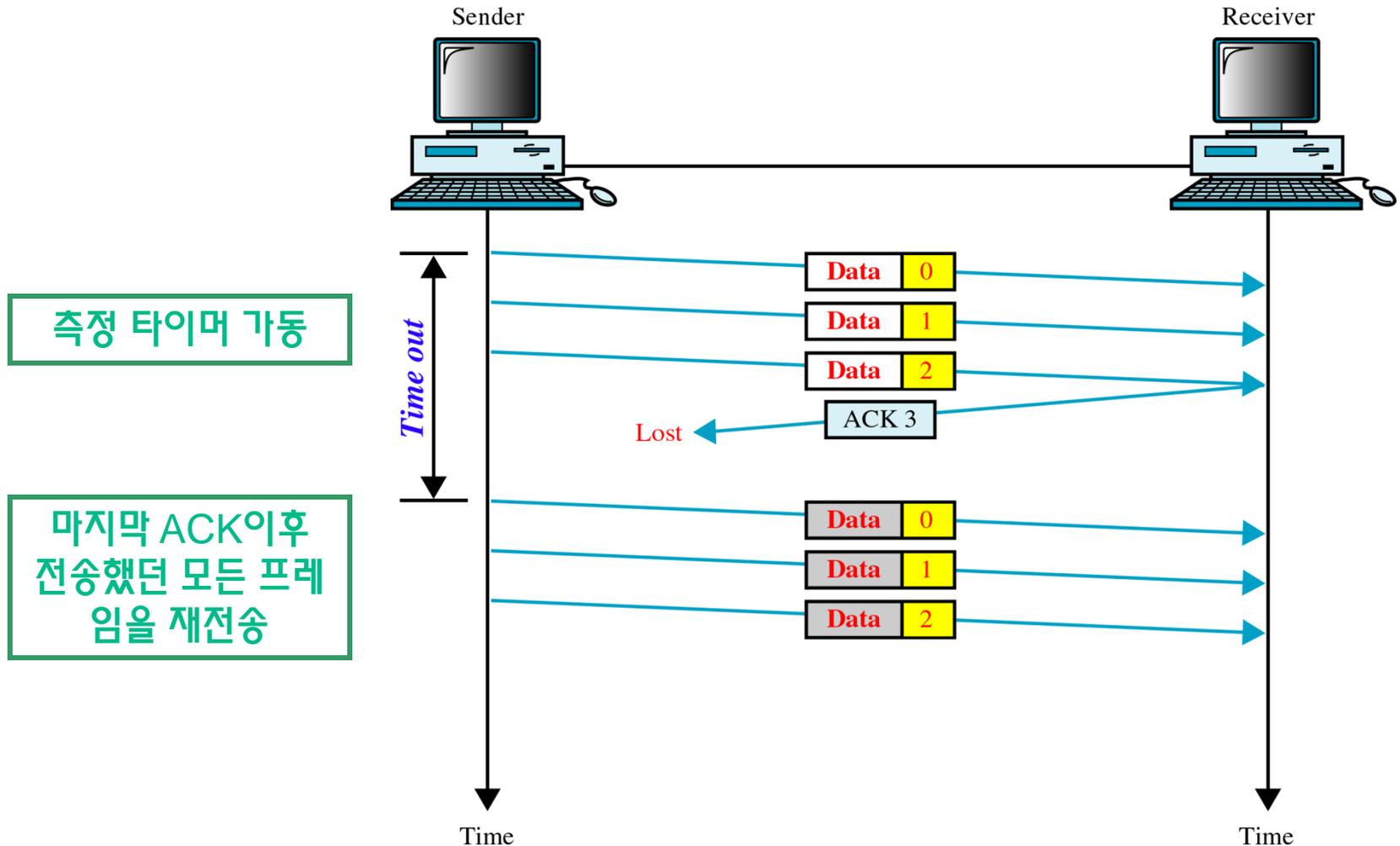
Sliding Window ARQ...

■ Go-Back-n ARQ, 손실된 데이터 프레임



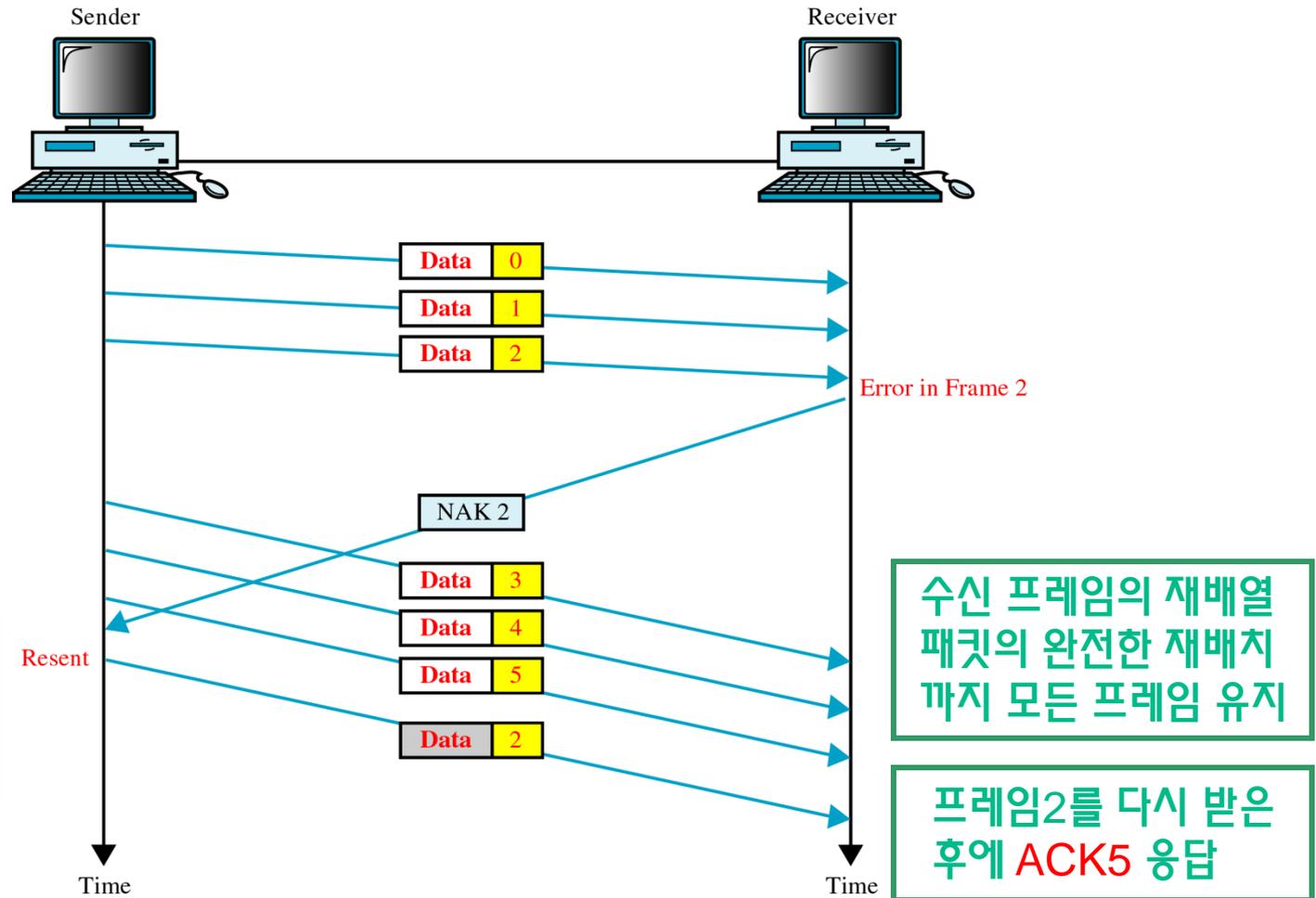
Sliding Window ARQ...

- Go-Back-n ARQ, 손실된 확인응답(ACK,NAK)



Sliding Window ARQ...

- Selective-reject ARQ, 손상된 데이터 프레임



Sliding Window ARQ...

- **Selective-reject ARQ, 손실된 데이터 프레임**
 - 도착한 프레임의 순서 검사
 - 순서 오류를 발견하면 NAK 응답
 - 손실 프레임이 마지막 프레임인 경우
 - 수신기는 손실은 알 수 없으므로 무응답
 - 송신기는 손실된 확인응답으로 처리
- **Selective-reject ARQ, 손실된 확인응답**
 - 측정 타이머를 가동
 - 타이머가 종료되면 확인 응답 받지 못한 모든 프레임을 재전송
 - 수신기는 재전송된 프레임의 중복을 인식하고 폐기 처리

Go-Back-n ARQ vs. Selective-reject ARQ

- 프레임 전송의 효율적인 측면에는
 - Selective-reject ARQ가 유리
- 송신기와 수신기의 구현 측면에는
 - 수신기에서 요구하는 재배열 및 저장 공간의 복잡도
 - 송신기에서 요구하는 특정 프레임 선택을 위한 추가 로직
 - Selective-reject ARQ가 불리
- 구현의 단순성 때문에 Go-Back-n ARQ 방식이 선호

요약

- 데이터링크 계층 기능
 - 회선 원칙, 흐름 제어, 오류 제어
- 회선 원칙은 링크상의 장치의 상태를 설정
 - ENQ/ACK: 점대점 구성
 - Poll/Select: Primary와 다수의 Secondary간의 회선원칙
- 흐름제어는 데이터 전송의 조절 기능
 - Stop-and-wait 흐름제어 방식
 - Sliding window 흐름제어 방식
- 오류 제어는 오류검출과 재전송을 포함:ARQ
 - 오류검출 → 부정응답(NAK) → 프레임 재전송
 - Stop-and-wait ARQ
 - Sliding window ARQ
 - Go-back-n ARQ, Selective-reject ARQ