



# 6 데이터 링크 계층

쉽게 배우는 데이터 통신과 컴퓨터 네트워크

# 학습목표

- ✓ 오류 제어, 흐름 제어의 원리와 동작 방식을 이해
- ✓ 통신 프로토콜에서 윈도우의 개념과 동작 방식을 이해
- ✓ 양방향 통신을 지원하는 슬라이딩 윈도우 프로토콜



## 2절. 슬라이딩 윈도우 프로토콜

- 양방향 통신을 지원시
- 오류 제어와 흐름 제어 기능을 모두 지원
- 기본 절차
  - 송신 호스트는 정보 프레임(전송 데이터 + 순서 번호 + 오류 검출 코드)을 **순서 번호에 따라 연속적으로 전송함**
  - 정보 프레임을 수신한 **수신 호스트가 응답하는 순서 번호는 정상적으로 수신한 번호가 아닌 다음에 수신하기를 기대하는 번호를 회신하는 것이 일반적임**  
(주의) 교재에서는 제대로 수신한 번호를 기재하는 형식으로 표기
  - 송신 호스트가 관리하는 **송신 윈도우(임시 저장 버퍼 수)**는 전송은 되었지만 긍정 응답이 회신되지 않은 프레임은 재전송에 대비하여 보관함
  - 수신 호스트가 관리하는 **수신 윈도우(임시 저장 버퍼 수)**는 프로토콜의 동작 방식에 따라 크기가 다름
    - **고백 N(Go-Back N) 방식** : 크기가 1임
    - **선택적 재전송 방식(Selective Retransmission) 방식**: 송신 윈도우 크기와 같음



## 2절. 슬라이딩 윈도우 프로토콜

### □ 1) 흐름 제어

#### ■ 순서 번호(sequence number)

- 프레임 별로 부여되는 일련 번호
- (비연속형 전송) Stop-and-wait 프로토콜에서는 순서 번호가  $n=1$ 임
- 0 부터 임의의 최대 값까지 순환 방식으로 사용
- 프레임에서 순서 번호의 공간 크기 =  $n$  비트 : 순서 번호의 범위는  $0 \sim 2^n - 1$
- 일반적으로 순서 번호의 최대값이 송신 윈도우 크기보다 커야 함  
(그렇지 않으면 하나의 윈도우에 2개 이상 순서 번호가 존재할 수 있음)

#### ■ 윈도우 크기(window size)

- 송신 : 긍정 응답 프레임을 받지 않고 연속으로 전송할 수 있는 프레임의 최대 개수  
=> 송신 후 임시 저장용 버퍼 수
- 수신 : 수신한 프레임을 임시로 저장 가능한 버퍼 수



## 2절. 슬라이딩 윈도우 프로토콜

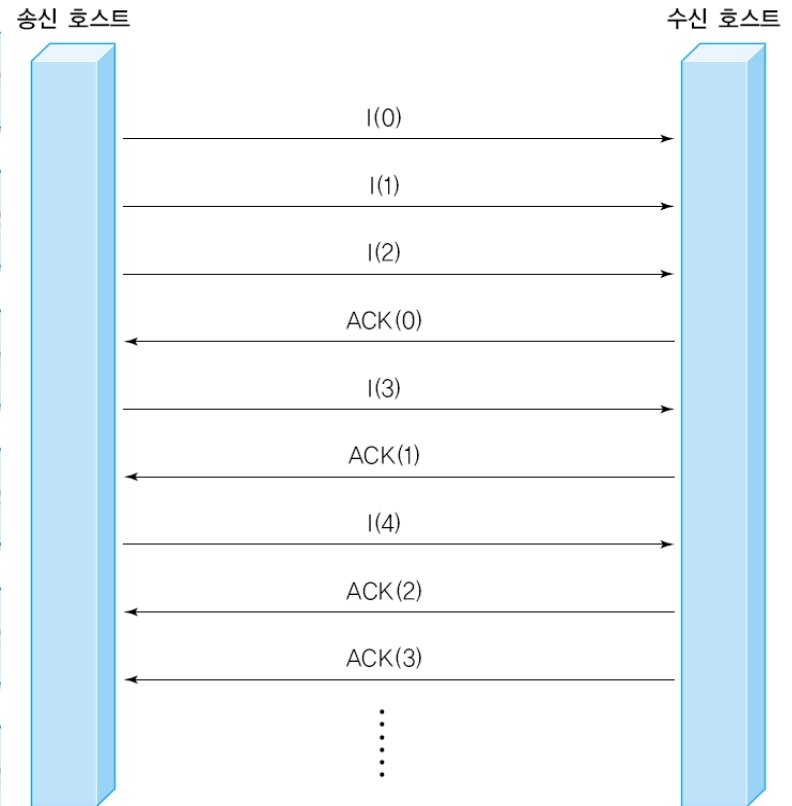
### □ 1) 흐름 제어

#### ■ 윈도우 크기

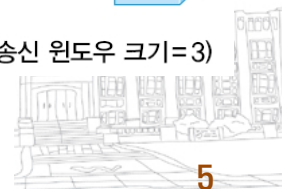
- 송신 윈도우 크기 = 3인 경우 [그림 6-7]



[그림 6-7] 슬라이딩 윈도우 프로토콜의 동작 과정 1(송신 윈도우 크기=3)



[그림 6-8] 슬라이딩 윈도우 프로토콜의 동작 과정 2(송신 윈도우 크기=3)



## 2절. 슬라이딩 윈도우 프로토콜

### □ 2) 연속형 전송

- **정지-대기 프로토콜은 송신 윈도우 크기가 1인 경우임(비연속형 전송)**
- **연속형 전송(pipelining): ACK 프레임을 받지 않은 상태에서도 여러 프레임을 연속으로 전송**

**장점: 오류 가능성이 적은 환경에서 효율적으로 사용**

- **오류발생시 해결 방법**
  - **고백 N (Go-Back N) : 오류가 발생한 프레임 이후의 모든 프레임을 재전송**
  - **선택적 재전송(Selective Retransmission) : 오류가 발생한 프레임만 재전송**
- **예 [그림 6-9, 6-10]**
  - **윈도우 크기 = 8**
  - 10 번 ~ 17 번 프레임을 연속 전송
  - 12 번 프레임 오류 발생시 문제 해결 방법

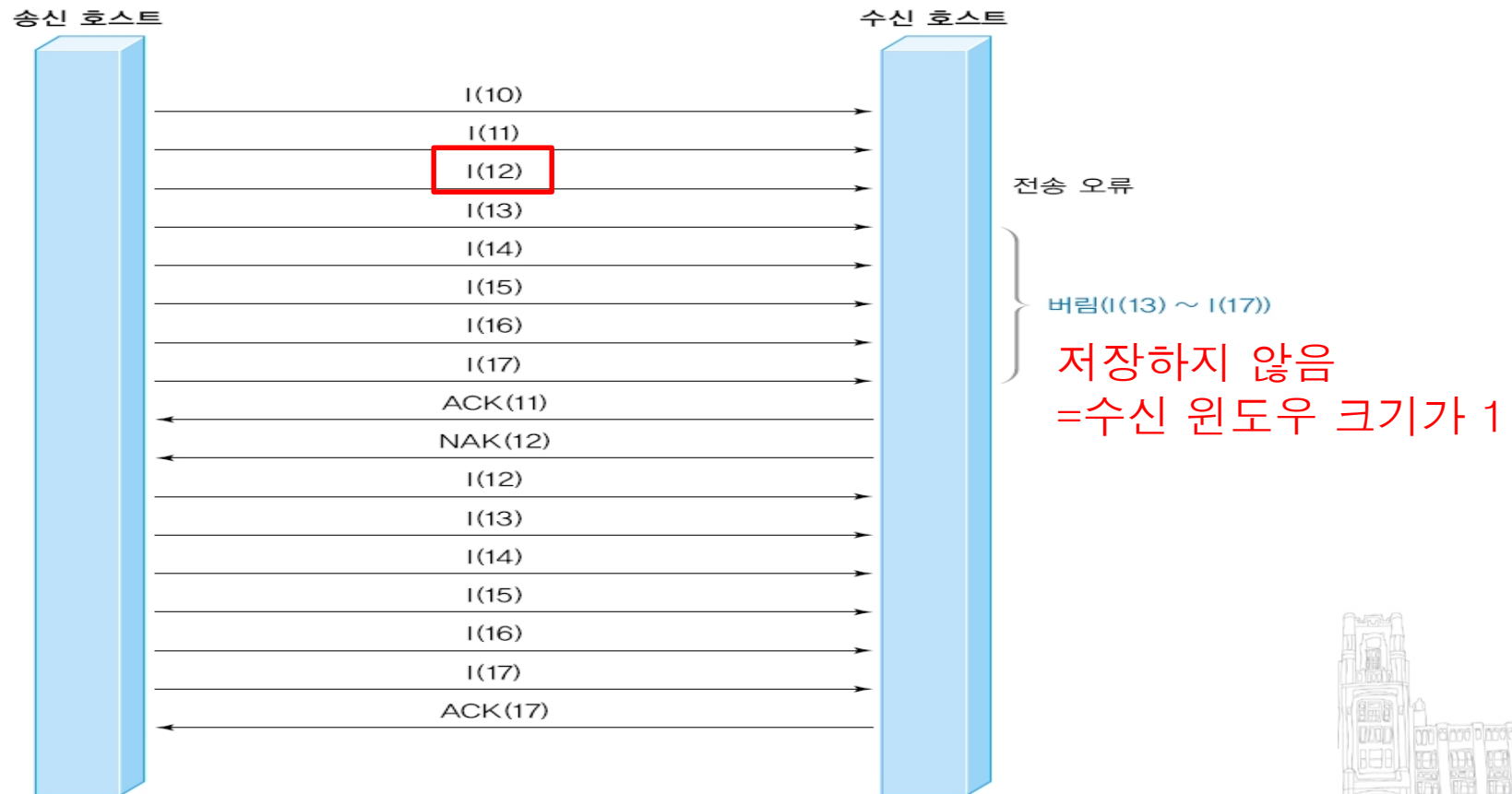


## 2절. 슬라이딩 윈도우 프로토콜

### □ 2) 연속형 전송

#### ■ 고백 N(Go-back N) 방식 [그림 6-9]

- 오류난 정보 프레임 이후는 모두 버리는 형식이므로 수신 윈도우 크기는 1



[그림 6-9] 고백 N(Go-Back-N)

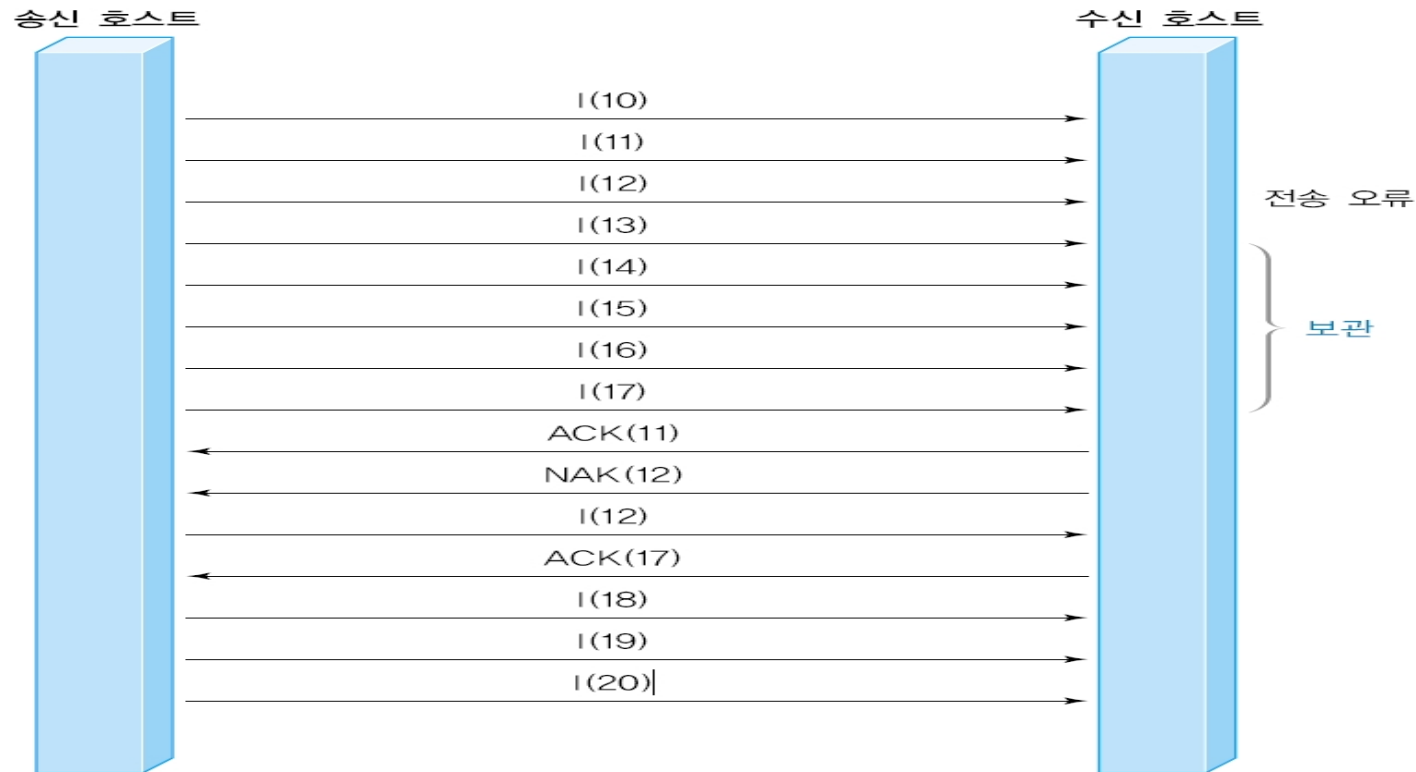


## 2절. 슬라이딩 윈도우 프로토콜

### □ 2) 연속형 전송

#### ■ 선택적 재전송(Selective retransmission) 방식 [그림 6-10]

- 12번째 정보를 재수신하기 전까지는 다음 프레임의 긍정 응답은 보내지 않음
- 프레임의 도착 순서가 일정하지 않을 수 있으므로 송신 윈도우 크기=수신윈도우 크기



[그림 6-10] 선택적 재전송





## 2절. 슬라이딩 윈도우 프로토콜

### ● 잡음 채널에서의 오류 및 흐름 제어 정리

- Stop and Wait ARQ(Automatic Repeat reQuest)
  - 송신측 윈도우 창 크기 : 1
  - 수신측 윈도우 창 크기 : 1
  - 하나의 프레임에 대한 ACK 신호 확인
- Go Back-N ARQ(Automatic Repeat reQuest)
  - 송신측 윈도우 창 크기 : 최대  $2^n-1$
  - 수신측 윈도우 창 크기 : 1
  - 연속 전송 방법 : 송신측에서 잘못된 프레임 이후부터 다시 전송
- Selective Retransmission ARQ(Automatic Repeat reQuest)
  - 송신측 윈도우 창 크기 : 최대  $2^n-1$
  - 수신측 윈도우 창 크기 : 최대  $2^n-1$
  - 연속 전송 방법 : 송신측에서 잘못된 프레임만 다시 전송

### ◆ TCP 프로토콜에서의 흐름 제어

- 세그먼트의 순서를 맞추기 위해 임시 버퍼에 저장하는 기능이 있으므로 Selective Retransmission ARQ 기법을 이용함



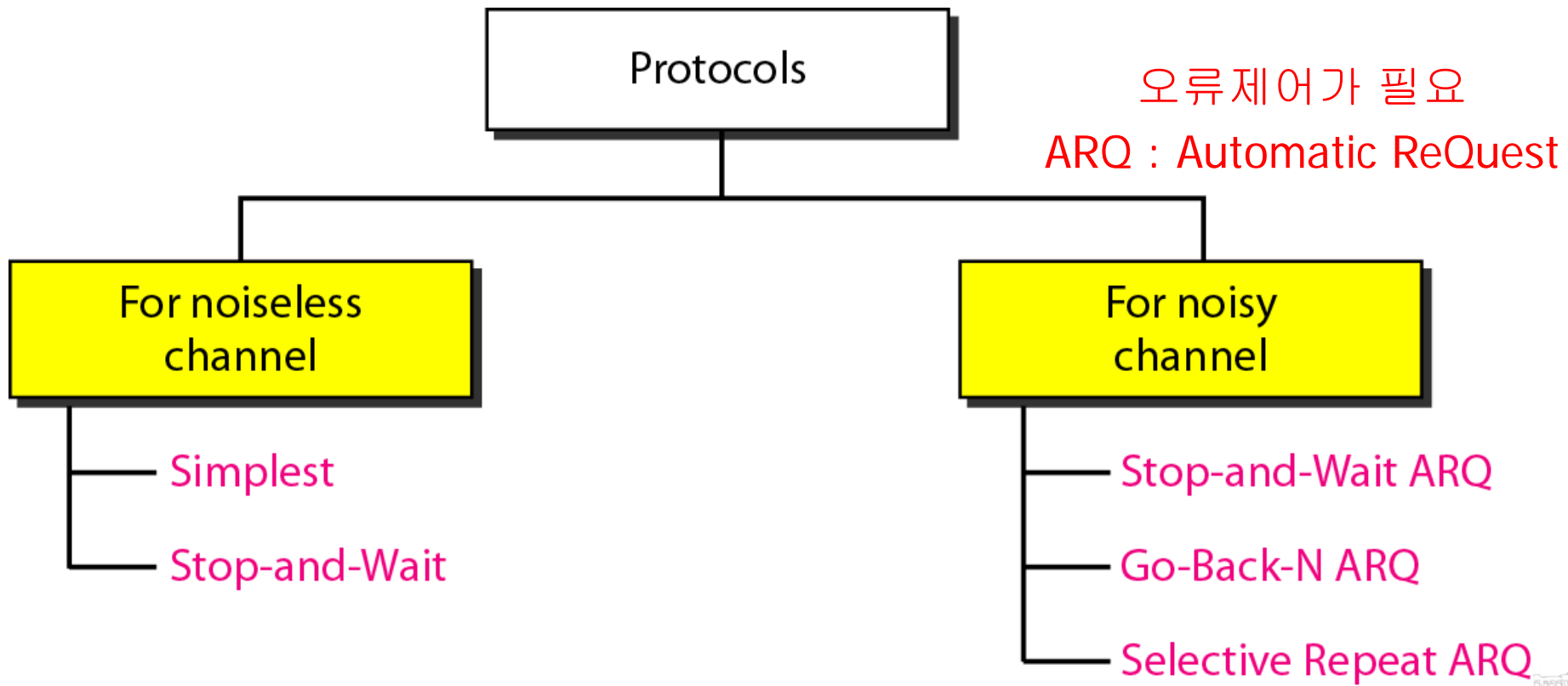
# 제 6장 데이터 링크 계층(보충 강의)

호서대학교 컴퓨터정보공학부  
하 재 철



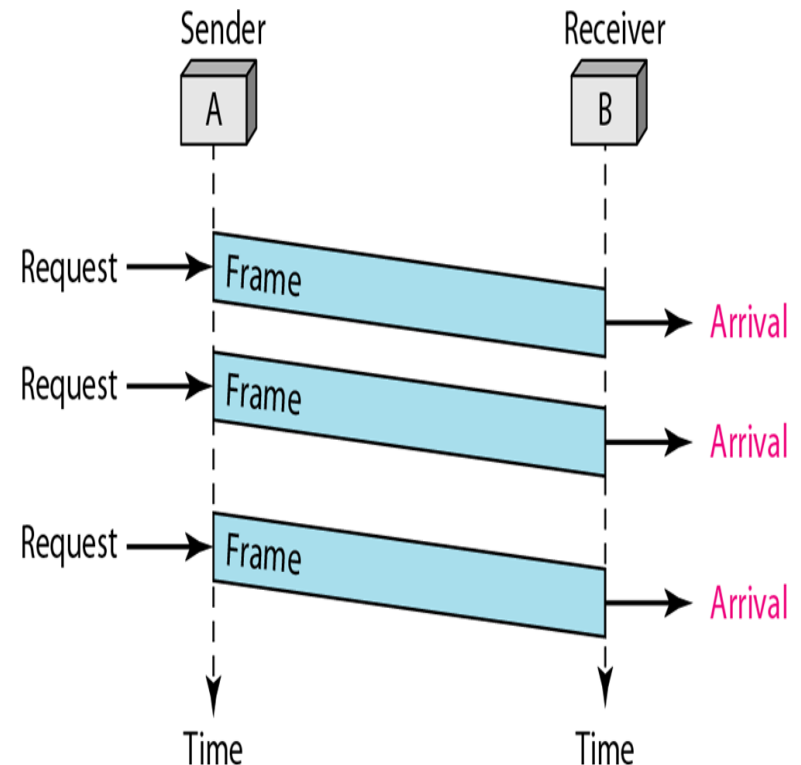
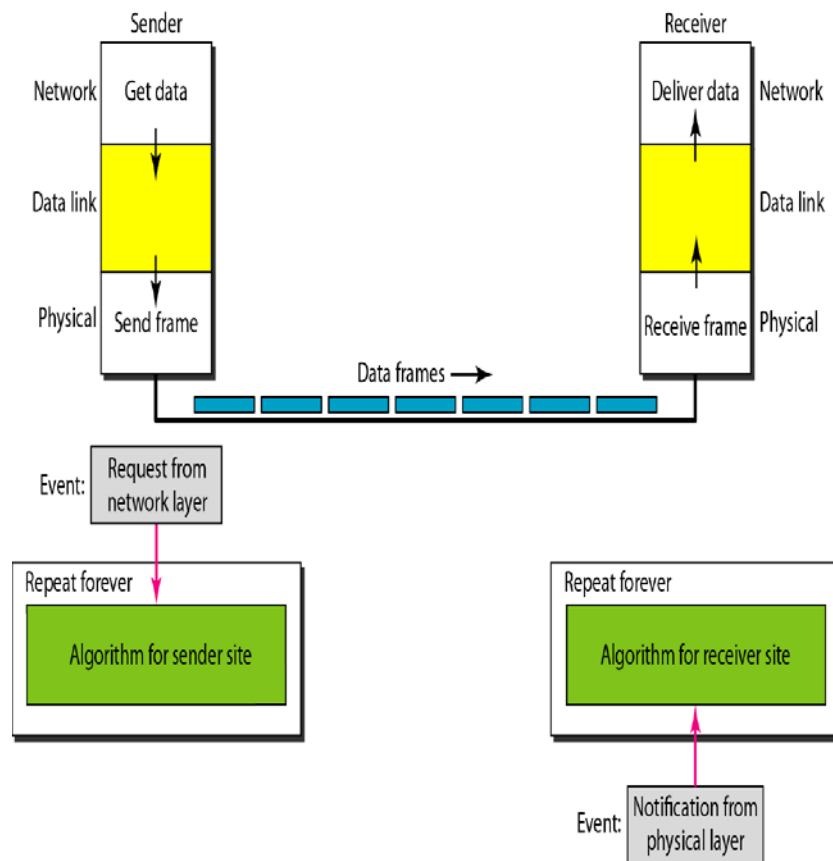
# 1. 흐름제어 프로토콜

## □ 프로토콜의 종류



## 2. 무잡음(NOISELESS) CHANNELS

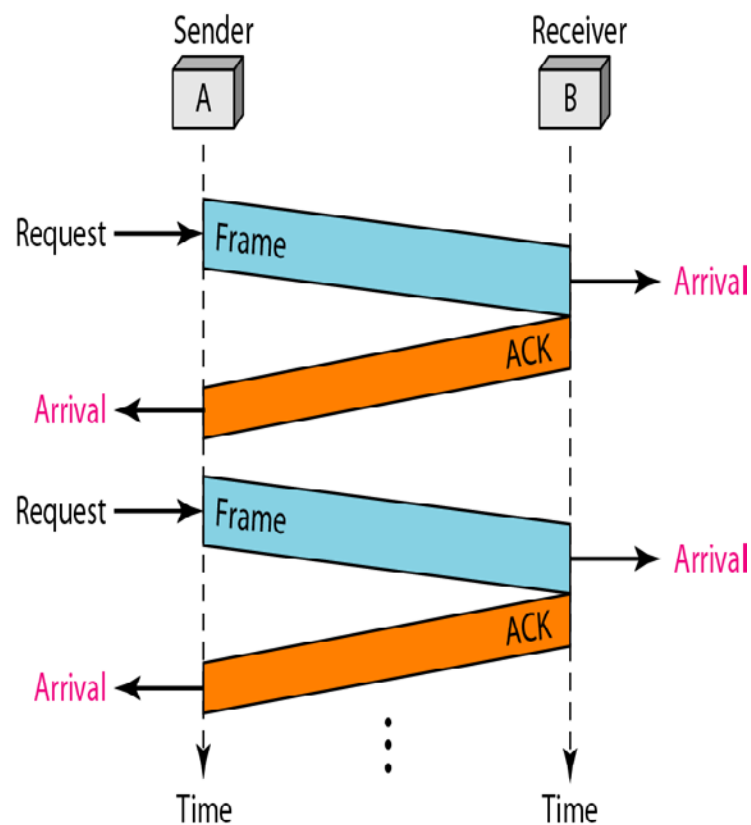
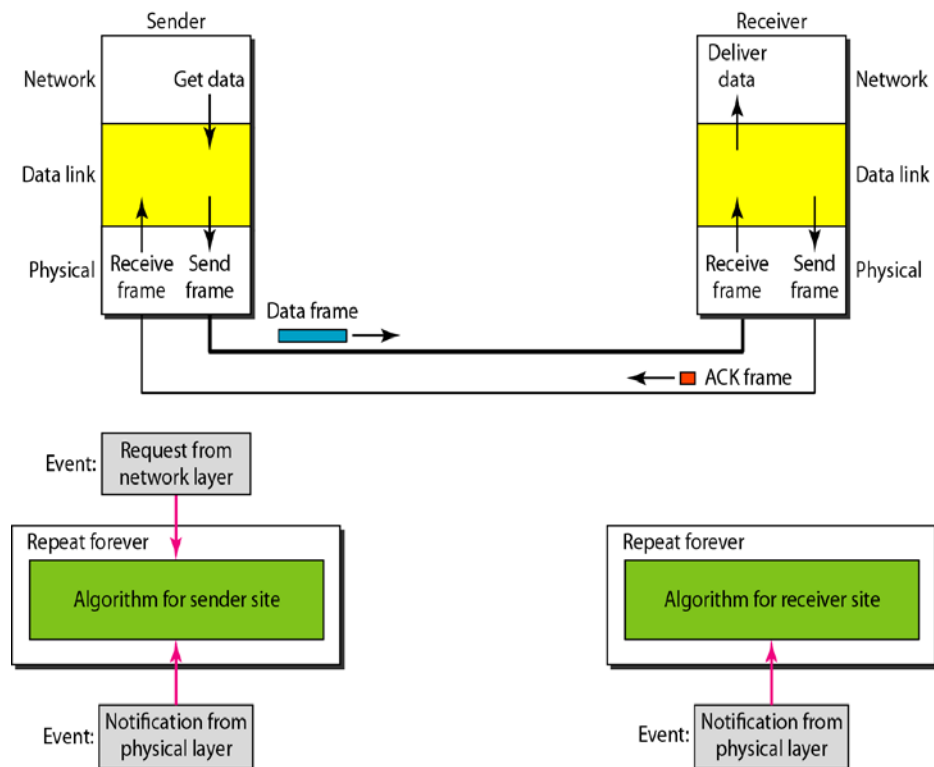
❑ 흐름이나 오류제어 없는 가장 간단한(Simplest) 프로토콜 설계



- 오류제어 및 흐름제어 없음



# □ 정지 후 대기(Stop-and-Wait) Protocol



ACK : Acknowledgment  
NAK : Negative ACK

- 흐름 제어 기능만 있음
- 오류 제어 기능 없음
- 현실적으로 무잡음 채널은 없음



### 3. 잡음 있는(NOISY) CHANNELS

현실적으로 무잡음 채널은 없으므로  
오류/흐름 제어가 필요

정지후 대기 ARQ(Stop-and-Wait ARQ)

N 복귀 ARQ(Go-Back-N ARQ)

선택적 반복 ARQ(Selective Repeat ARQ)



## 정지후 대기 ARQ(Stop-and-Wait ARQ)

정지-후-대기 **ARQ**에서 오류제어는 전송된 프레임의 사본을 가지고 있다가 대기 타이머가 종료되어도 **ACK**가 오지 않으면 오류라고 생각하고 **프레임을 재전송** 함

송신측이 만드는 **순서 번호**를 프레임에 부여하여 사용  
(0, 1, 0, 1... 순서로 2개만 사용해도 됨, 송신 윈도우 크기 =1)

수신측이 만드는 **확인응답 번호**는 예상되는 다음 프레임의 **순서 번호**를 만들어 보냄  
(0, 1, 0, 1... 순서로 2개만 사용해도 됨, 수신 윈도우 크기 =1)



## Stop-and-Wait ARQ.

프레임 0은 정상

프레임 1은 손실

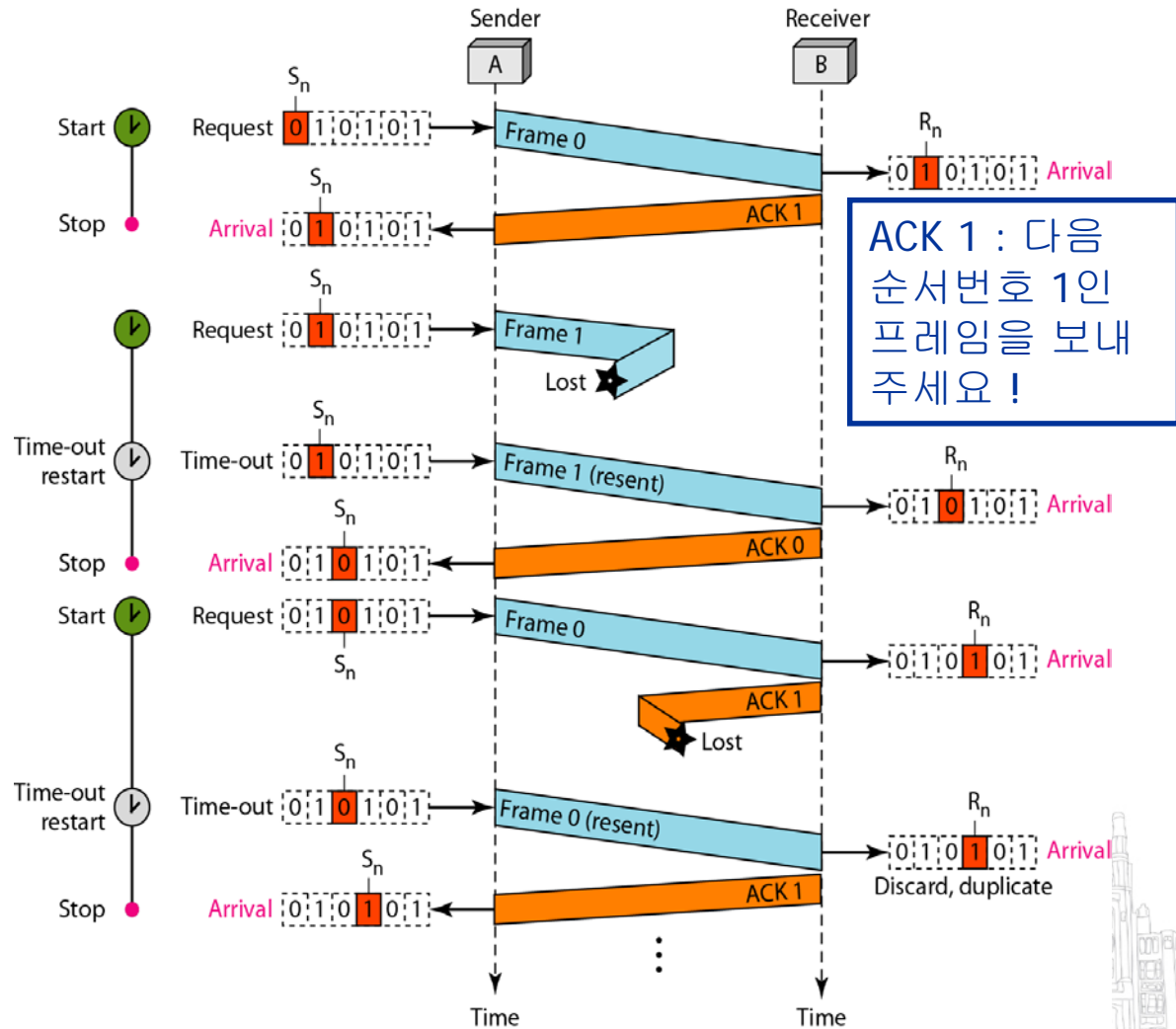
프레임 1의 재전송

프레임 0의 전송

ACK1 신호 손실

프레임 0의 재전송

ACK1 신호 받음







## □ 연속적인 데이터 전송 기법

- 전송효율을 높이기 위해 응답을 기다리는 프레임을 여러 개 전송
- 즉, 송신자는 응답을 기다리는 동안 한 개 이상의 프레임을 전송
- 슬라이딩 윈도우 기법을 사용함
- 종류 : Go-Back N ARQ  
Selective Repeat ARQ





## □ Go-Back-N 프로토콜

Go-Back ARQ에서 송신측이 만드는  
순서 번호는 모듈러  $2^m$  연산을 기반으로 한다.  
(0, 1, 2, 3 ...  $2^m - 1$  순서로 사용)  
여기서  $m$ 은 순서 번호 필드의 길이 비트이다.

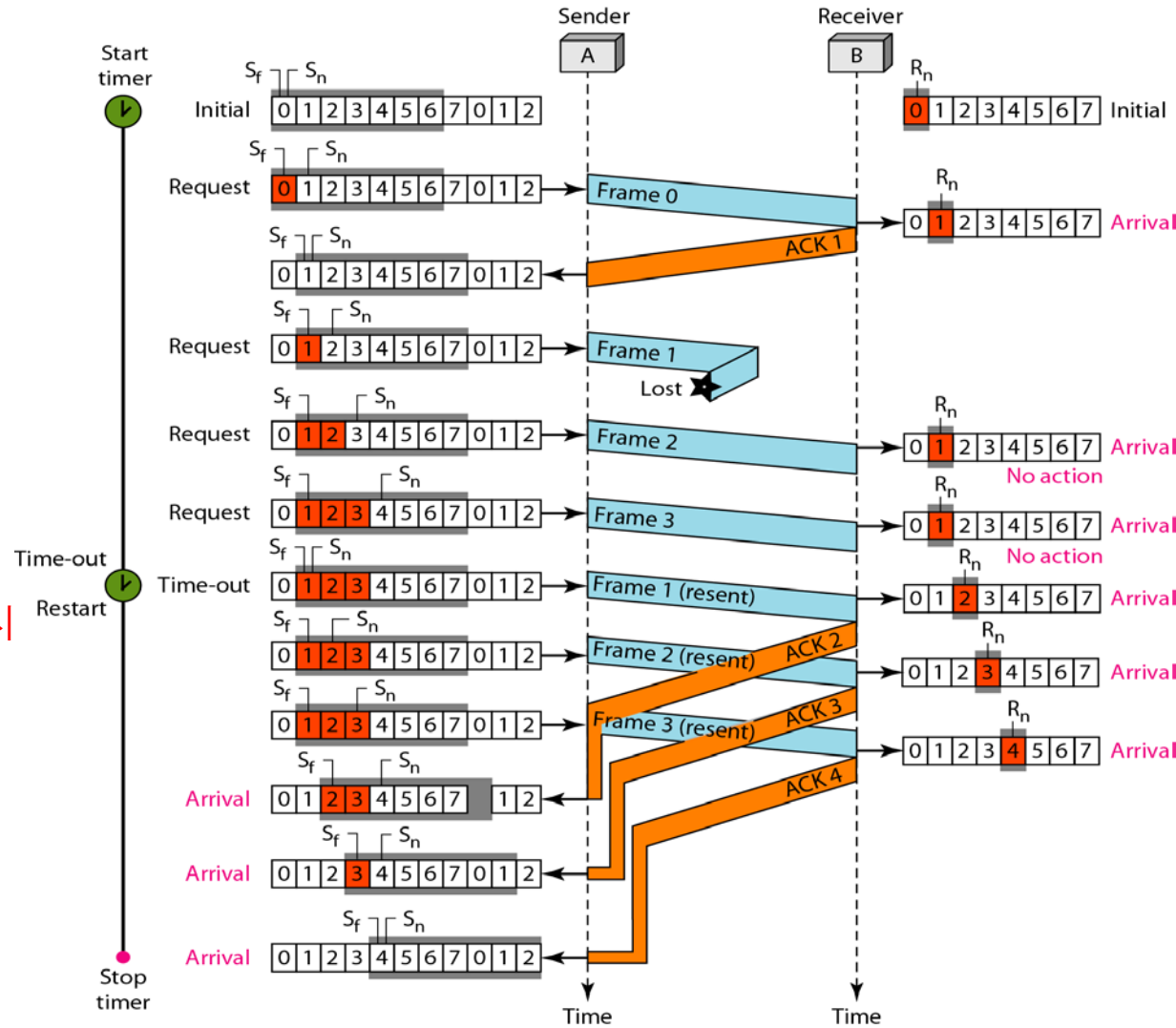
Go-Back ARQ에서 수신측에서 적당한 응답 신호가 오면  
송신측 윈도우는 1칸 이상 밀려갈 수 있다.



# Go-Back-N 프로토콜

예제) 순서 번호 크기 : 8(0 → 7)  
송신 윈도우 크기 : 7

- 프레임 1번 유실
- 수신측은 프레임 2, 3번은 무시
- 타이머 종료 후 1번부터 다시 보냄
- 그래서 Go-Back- N ARQ라 함



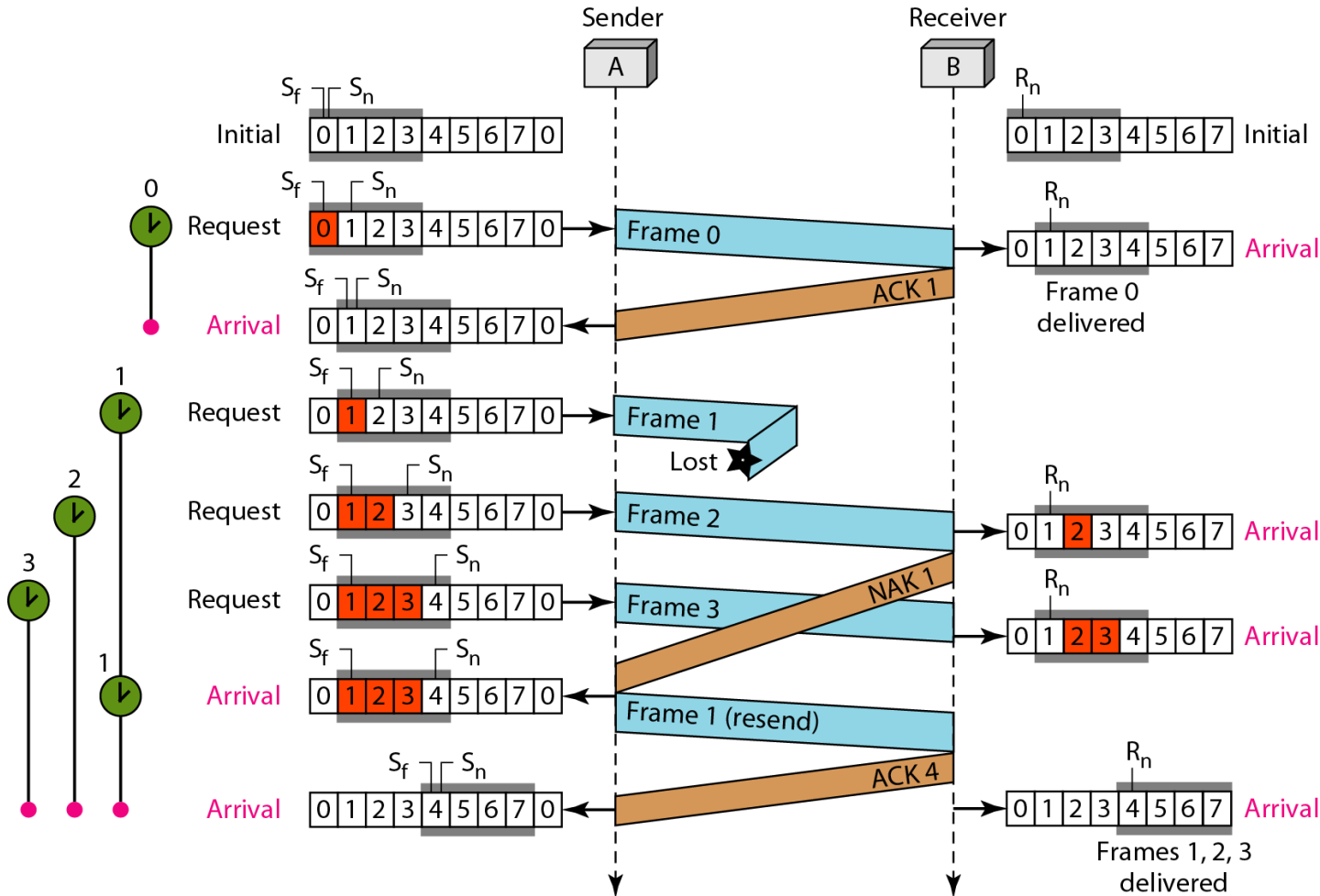
# Selective Repeat ARQ

프레임 1의 손실

프레임 2를 수신하면

프레임 1에 대한 NAK

프레임 1만 재전송



## 2절. 슬라이딩 윈도우 프로토콜

### ● 잡음 채널에서의 오류 및 흐름 제어 정리

- Stop and Wait ARQ(Automatic Repeat reQuest)
  - 송신측 윈도우 창 크기 : 1
  - 수신측 윈도우 창 크기 : 1
  - 하나의 프레임에 대한 ACK 신호 확인
- Go Back-N ARQ(Automatic Repeat reQuest)
  - 송신측 윈도우 창 크기 : 최대  $2^n-1$
  - 수신측 윈도우 창 크기 : 1
  - 연속 전송 방법 : 송신측에서 잘못된 프레임 이후부터 다시 전송
- Selective Retransmission ARQ(Automatic Repeat reQuest)
  - 송신측 윈도우 창 크기 : 최대  $2^n-1$
  - 수신측 윈도우 창 크기 : 최대  $2^n-1$
  - 연속 전송 방법 : 송신측에서 잘못된 프레임만 다시 전송

### ◆ TCP 프로토콜에서의 흐름 제어

- 세그먼트의 순서를 맞추기 위해 임시 버퍼에 저장하는 기능이 있으므로 Selective Retransmission ARQ 기법을 이용함

