

Data Link Control Flow and Error Control

Лекц 11

Өгөгдлийн урсгалын ба алдааны удирдлага

Агуулга:

Data link layer-н үндсэн үүрэг, ажиллагаа

- Өгөгдлийн урсгалыг удирдах Flow control арга:
 - Simplest protocol
 - Stop-and-Wait flow control protocol
 - Sliding Window protocol
- Backward error correction арга:
 - Stop-and Wait ARQ protocol
 - Go-back-N ARQ protocol
 - Selective-Repeat ARQ protocol

Data link layer

- Data link control**-framing, flow and error control
- Media access control**- how to share link

Өгөгдлийн урсгалын удирдлага

Data Link Control

```
graph TD; A[Data Link Control] --> B[Flow Control]; A --> C[Error Control];
```

Flow Control

Error Control

Flow control- өгөгдлийн урсгалын хяналт гэдэг нь үүсгүүр, хүлээн авуурын хоорондох өгөгдөл бүрэн дамжигдах дараалал, багцуудыг солилцох дарааллыг зохицуулна. Өөрөөр хэлбэл илгээгчийн өгөгдөл илгээхээс өмнө хүлээн авагчаас баталгааны мэдээлэл авна гэсэн үг.

Error control = Detection + Correction

*Алдаа илрүүлэгдэнэ, дахин
дамжсуулагдана.*

*Фреймийн дамжсууллын дарааллын
протоколыг Automatic Repeat Request
процесст тулгуурлах (ARQ) протокол
гэнэ. Энэ протокол нь фреймийг алдаанд
өртөхөөс хамгаалах зорилгоор нэгж
багцуудын дамжсуулалд дараалал
тогтоож өгдөг.*

Data link control

- Data link control нь протоколуудын тусламжтайгаар сувгийг хянаж фреймийг зөв дамжуулах үүрэгтэй.
- Протокол болгон өөр өөрийн үүрэг зориулалттай ажиллана.
- Үндсэн 6 протокол ажиллах ба тэдгээрийг ямар орчинд ажиллахаас хамааран дараах ангилалд авч үздэг.

Protocols:

- **Шуугиангүй сувгийн үед:**
 - Simplest protocol-(Энгийн нэг чиглэлийн протокол)
 - Stop and Wait protocol-(Зогсолт хүлээлтйн арга)
 - Sliding window protocol-(Шилжих цонхны арга)
- **Шуугиантай сувгийн үед:**
 - Stop and wait ARQ,
 - Go-back-N ARQ,
 - Selective-Repeat ARQ protocol

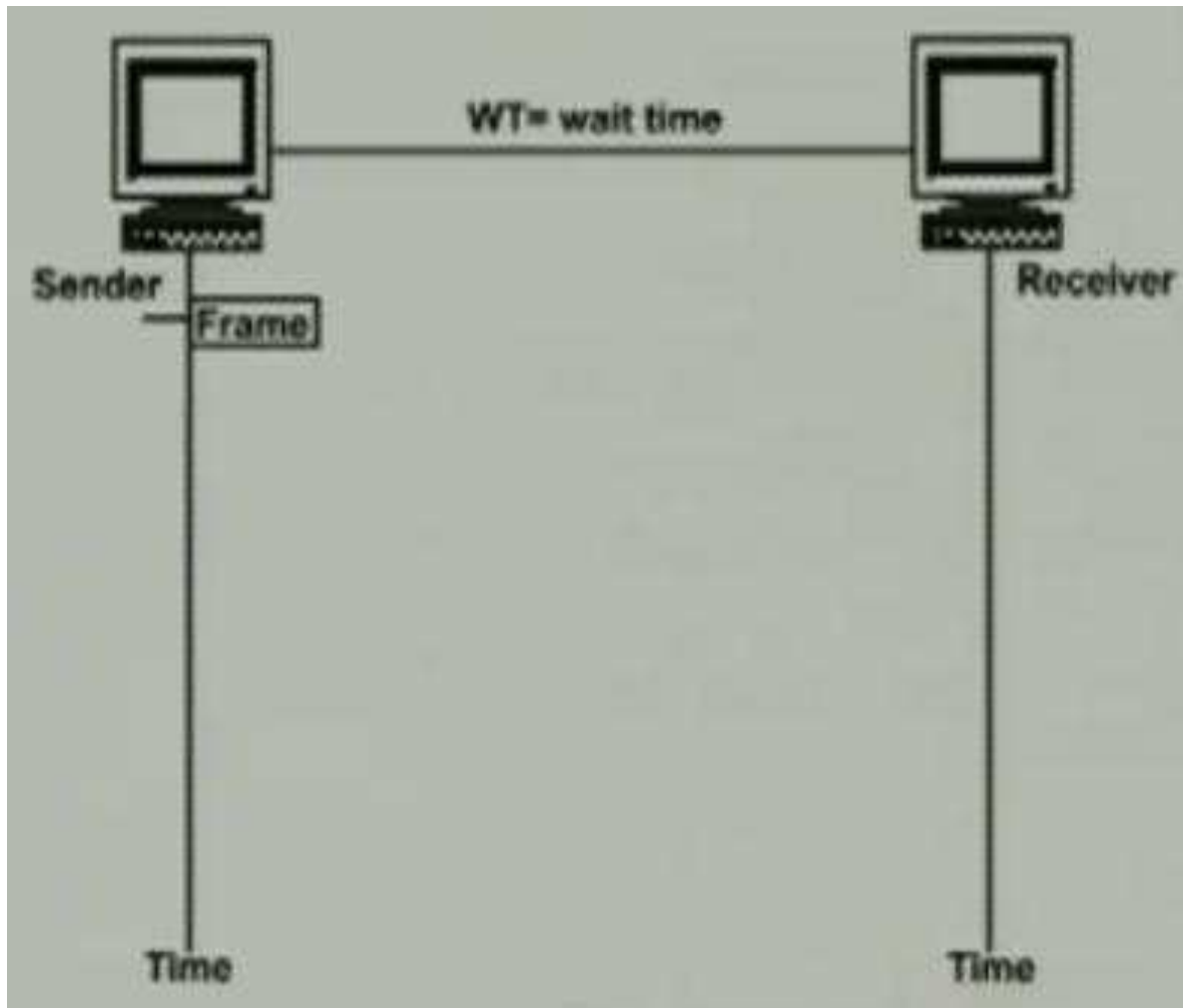
Өгөгдлийн урсгалыг удирдах

Stop-and-Wait (Зогсолт-хүлээлтийн) протокол

Өгөгдлийн урсгалыг удирдах хамгийн энгийн арга.

- Илгээгч төхөөрөмж өгөгдлийн фреймийг илгээнэ.
- Фрейм илгээгдсэний дараа хүлээн авагчаас илгээгдсэн фреймийн баталгааны мэдээлэл (ACK) авснаар фреймийг алдаагүй илгээсэнд тооцно.
- Илгээгч төхөөрөмж хүлээн авагч төхөөрөмжөөс ACK хүлээн авснаар дараагийн фреймийг илгээнэ.

Өгөгдлийн урсгалыг удирдах *Stop-and-Wait* протокол



Өгөгдлийн урсгалыг удирдах

Stop-and-Wait протоколын үед шугам ашиглалт

- Дамжууллын хугацаа (Transmission time): Фреймийг дамжуулах хугацаагаар тооцоологдоно.
- Тархалтын хугацаа (Propagation time) : Битийн илгээгчээс хүлээн авагчид хүрэх хугацаагаар тодорхойлогдоно
- Шугам ашиглалт нь коэффициент 'а'-аар тооцоологдоно.

$$a = \text{Propagation time} / \text{Transmission time}$$

$a > 1$: Фреймийн эхний бит хүлээн авагчид ирэхээс өмнө илгээгч төхөөрөмж фреймийг бүрэн дамжуулна.

$a < 1$: Илгээгч төхөөрөмж фреймийг бүрэн илгээхээс өмнө фреймийн эхний бит хүлээн авагчид очно.

Шугам ашиглалтын тооцоо : $U = 1/1+2a$

Цонхын хэмжээ: $N=2^m-1$

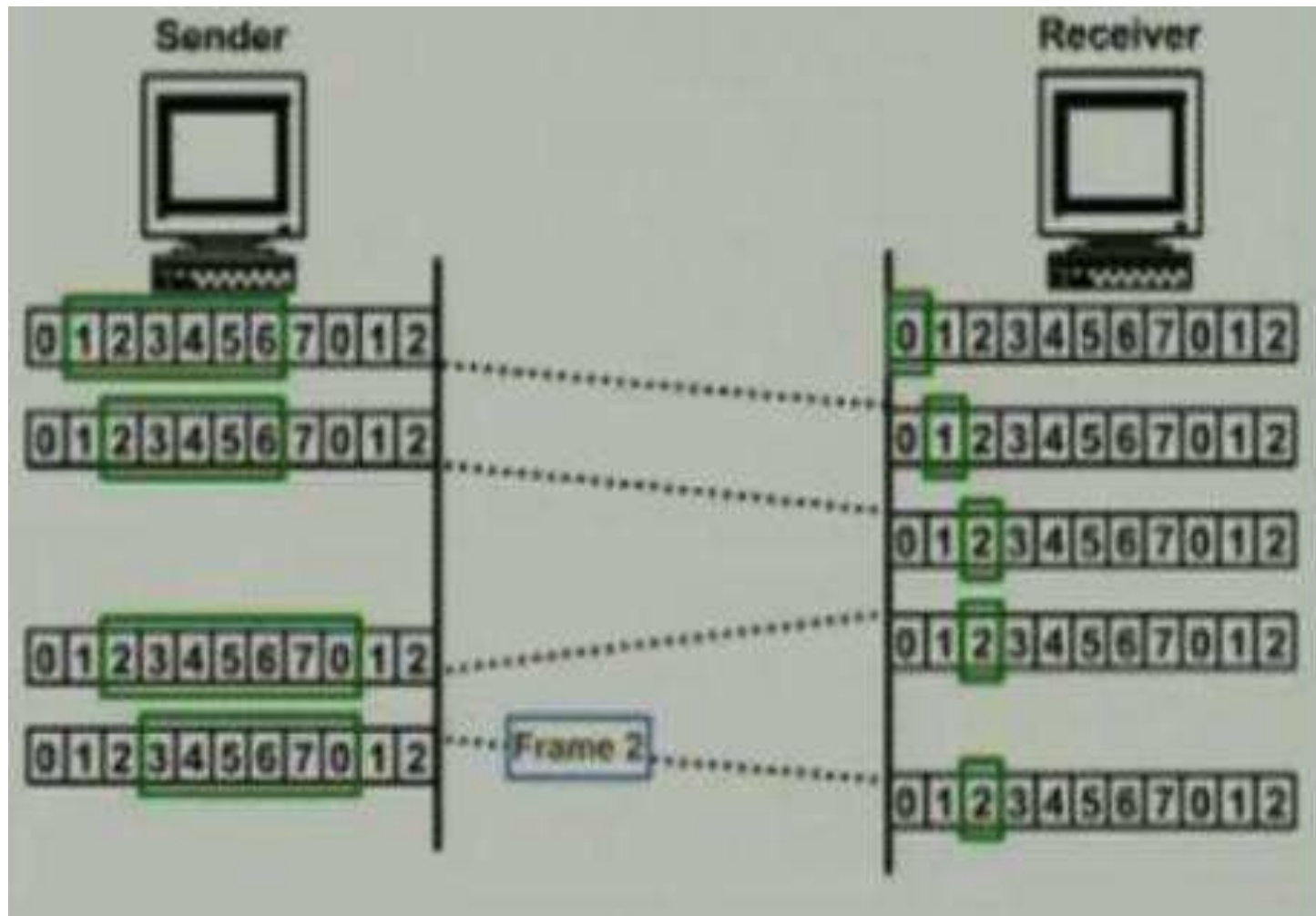
Sliding-window протокол(Sender)

- Фреймүүдийг багц болгож, дугаарлагдсан фреймүүдийг Full-duplex горимоор илгээнэ.
- Дарааллын дугаар нь фреймийн талбар болох ба тодорхой хэмжээтэй байна.
- Хэрэв фреймийн дарааллын дугаарыг илэрхийлэх толгой мэдээлэл нь m битийн урттай бол дарааллын дугаар нь хамгийн ихдээ $[0; 2^m-1]$ байна.
- Илгээгч төхөөрөмж зөвшөөрөгдөх дарааллын дугаараар фреймүүдийг цонхонд зохион байгуулна. (send window)
- Send window-ийн хэмжээ хамгийн ихдээ 2^m-1 байна.
- Илгээгч төхөөрөмж цонхны хэмжээгээр буфферлэнэ.

Sliding-window протокол(Receiver)

- Хүлээн авагчийн цонхны хэмжээ нэг фрейм байна.
- Хүлээн авагч дараагийн фреймийг хүссэн баталгааны фрейм илгээнэ. Энэ нь мөн тухайн дугаараас эхлэн дараагийн **N** хүртэлх фреймийг хүлээн авах боломжтойг илэрхийлнэ.
- АСК нь мөн олон фреймийн баталгаа болно. Хүлээн авагч 2, 3, 4-р фреймийг авч, фрейм 4-ийн баталгааны мэдээллээр илгээгч 5 дахь фреймийг илгээнэ.
- Хүлээн авагчийн буфферлэх хэмжээ **1** байна.

Sliding-window протокол



Өгөгдлийн урсгалыг удирдах
Sliding-window протоколын үед шугам ашиглалт

$a = \text{Propagation time} / \text{Transmission time}$

$N = \text{ЦОНХНЫ ХЭМЖЭЭ}$

Шугам ашиглалтын тооцоо :

$N > 2a + 1$ үед $U = 1$

$N < 2a + 1$ үед $U = N/2a$

Error Control- For noisy channel

- Багц холболттой өгөгдлийн сүлжээний замчлалын аргаас үл хамаарч, хүлээн авах хэсэгт үүсгүүрээс илгээгдсэн өгөгдөл дарааллаараа хүлээн авагдах зарчимтай.
- Фреймийг алдаанаас нь хамаарч хаягдсан фрейм (*lost frame*), бит алдаатай фрейм (*damaged frame*) гэж 2 ангилна.
 - *lost frame*-хүлээн авах хэсэгт дамжигдаж ирэлгүй хаягдсан байдаг.
 - *damaged frame*-хүлээн авуурт фреймийн зарим битүүд инверслэгдэж, алдаанд өртсөн байдаг.

Error control механизм -For noisy channel

Өгөгдлийн урсгалын алдааг илрүүлэх механизм. Алдааны удирдлага нь ARQ-аар хэрэгжинэ.

Үндсэн 3 ARQ протокол :

-Stop-and-Wait ARQ Зогсолт хүлээлтийн ARQ протокол

-Go-Back-N ARQ N рүү буцах холболттой ARQ протокол

-Selective-Repeat ARQ Сонгох давталттай ARQ протокол

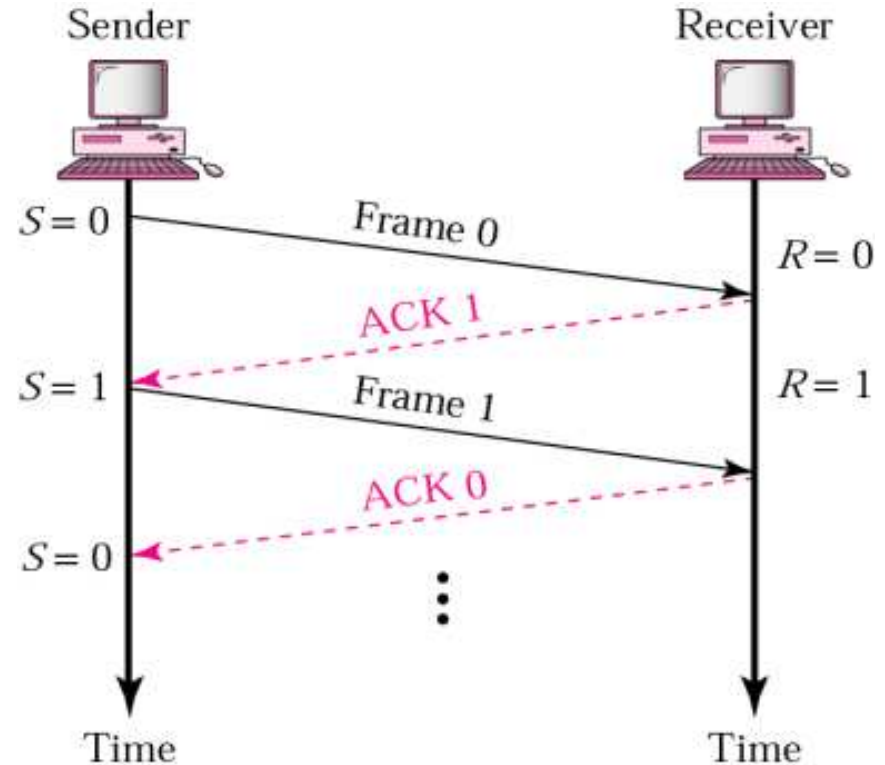
Stop-and-Wait ARQ

- *Илгээгч төхөөрөмж нь дамжуулсан фреймийнхээ бататгал дохиог хүлээн авах хүртэл хүлээлтийн горимд оршдог ба энэ хугацаанд дараагийн болон өөр фреймийг дамжуулахгүй.*
- *Өгөгдлийн фрейм ба АСК нь 0, 1-ээр хувьсаж дугаарлагдана.*
- *Sender: $S = \text{Sent frame number}$*
- *Receiver: $R = \text{Next frame number}$*

Stop-and-wait ARQ

Дарааллын дугаар:

- Modulo-2 схем ашиглах буюу фрейм ба ACK мэдээлэл нь 0, 1-ээр хувьсаж дугаарлагдана.
- Sender: **S = Sent frame number**
- Receiver: **R = Next frame number**
- Frame 0** ирсэн бол **ACK 1**
- Frame 1** ирсэн бол **ACK 0**



Stop-and-Wait ARQ

Фрейм дамжилтын 4 төлөв:

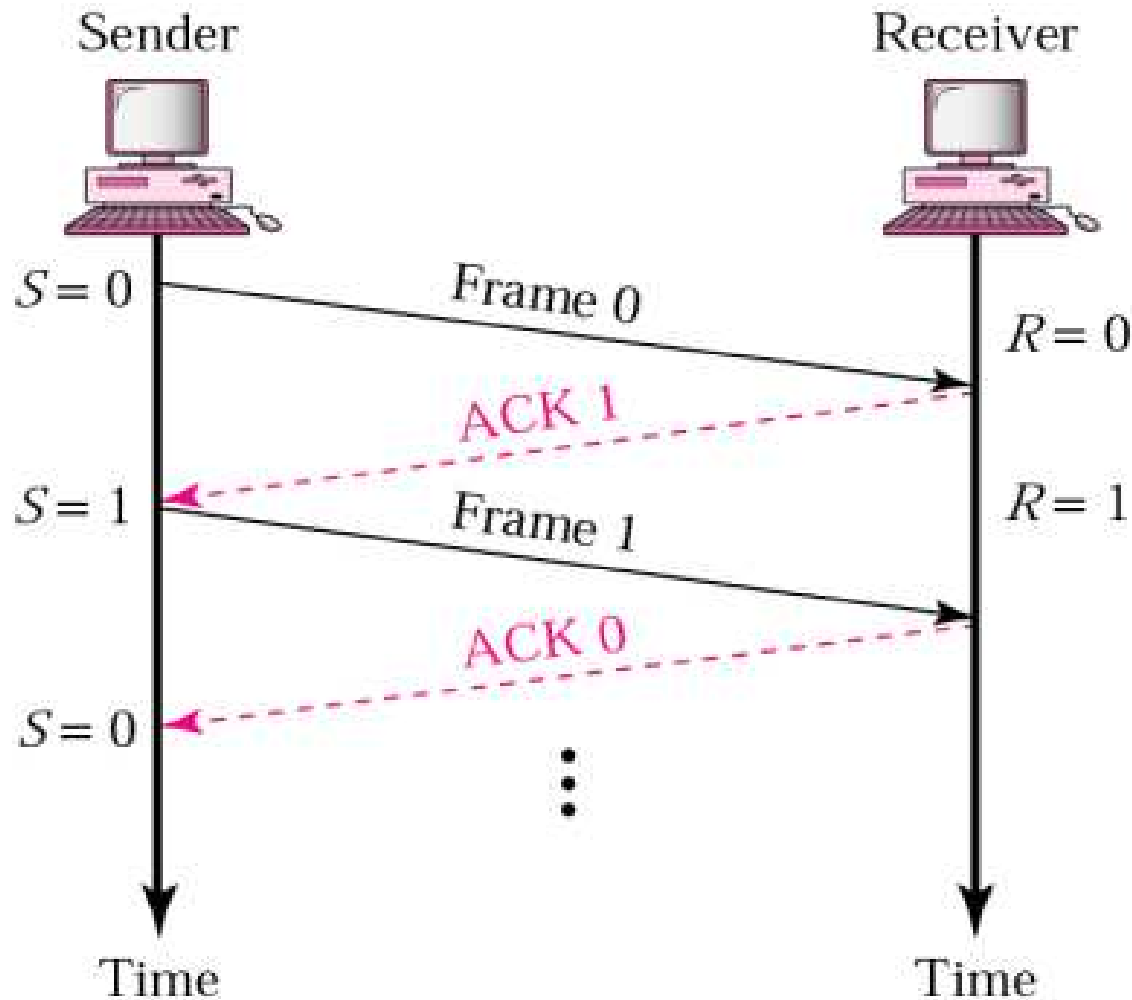
1.Normal

2.Frame Lost

3.ACK Lost

4.ACK Delay

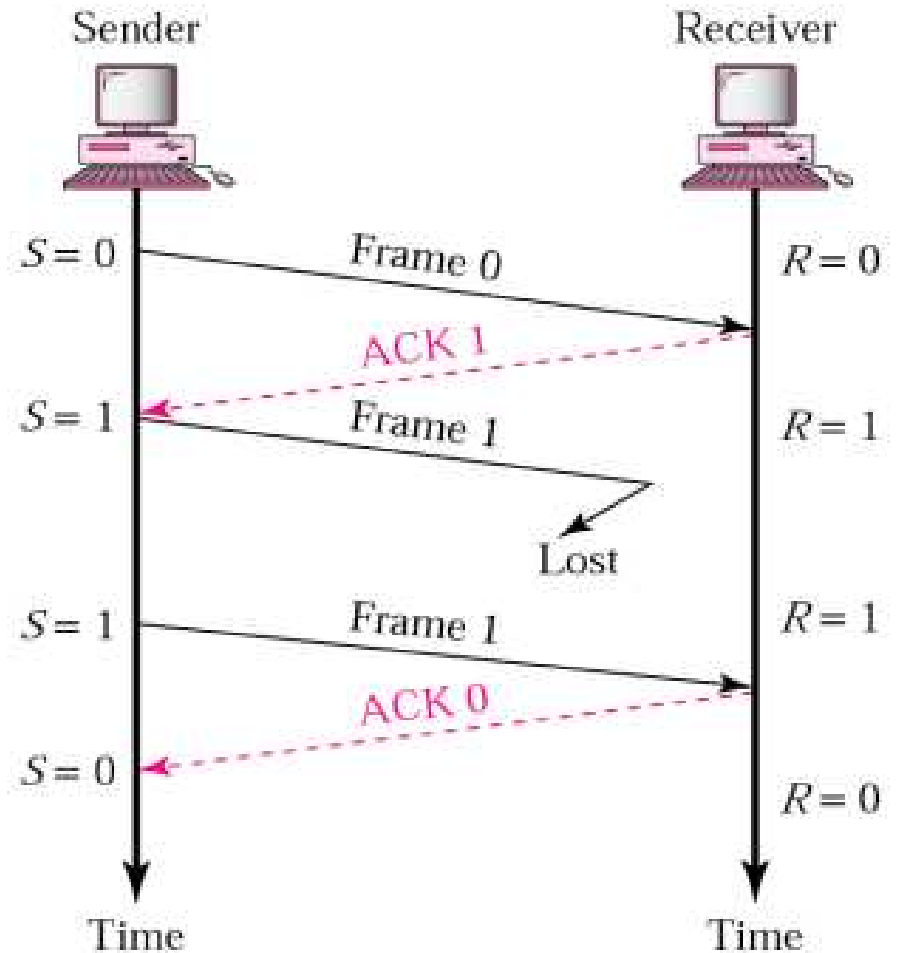
Stop-and-Wait ARQ, Normal



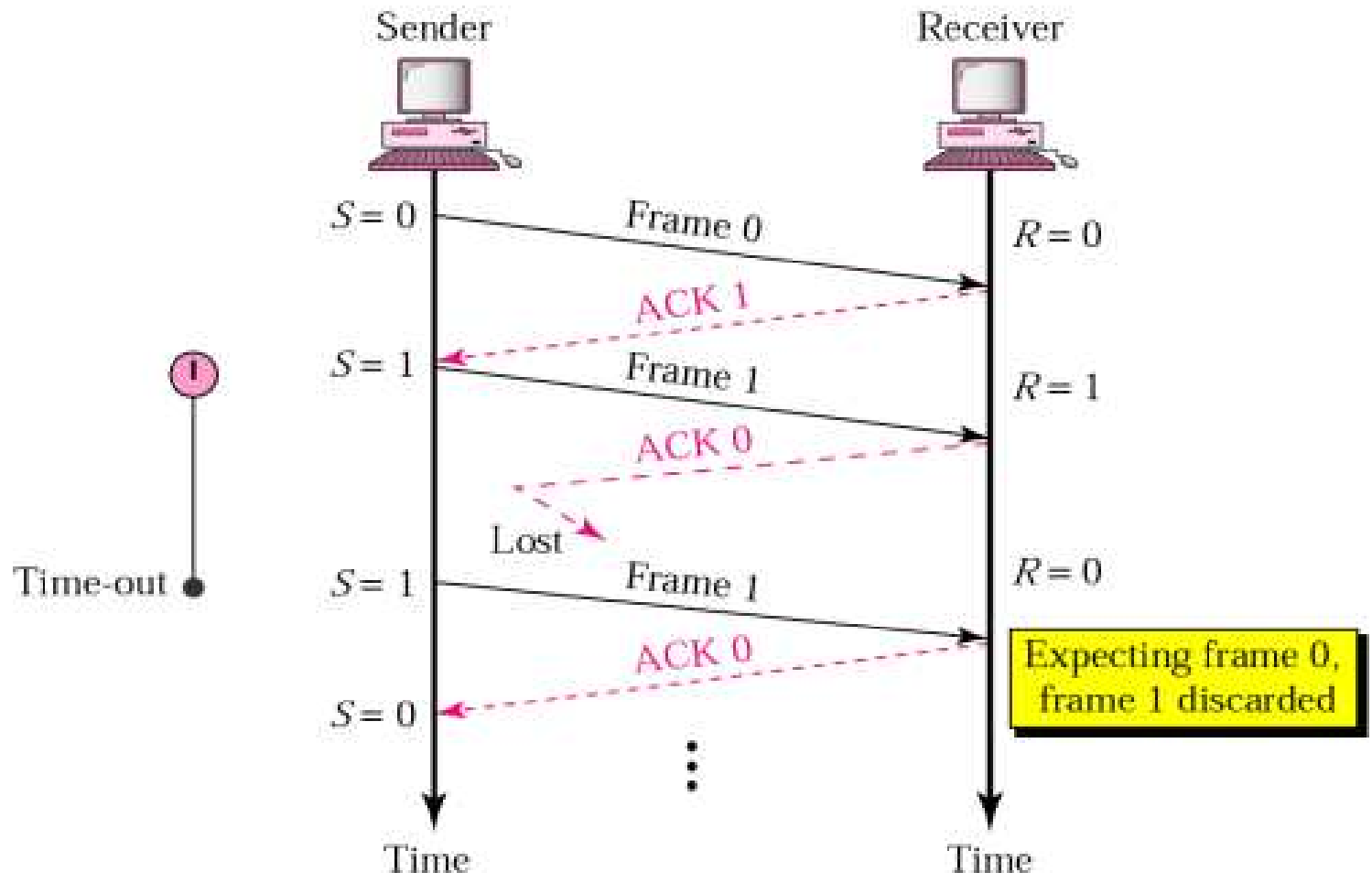
Stop-and-Wait ARQ, Lost Frame

-Илгээгч ба хүлээн авагч нь тодорхой хурдны хязгаартай

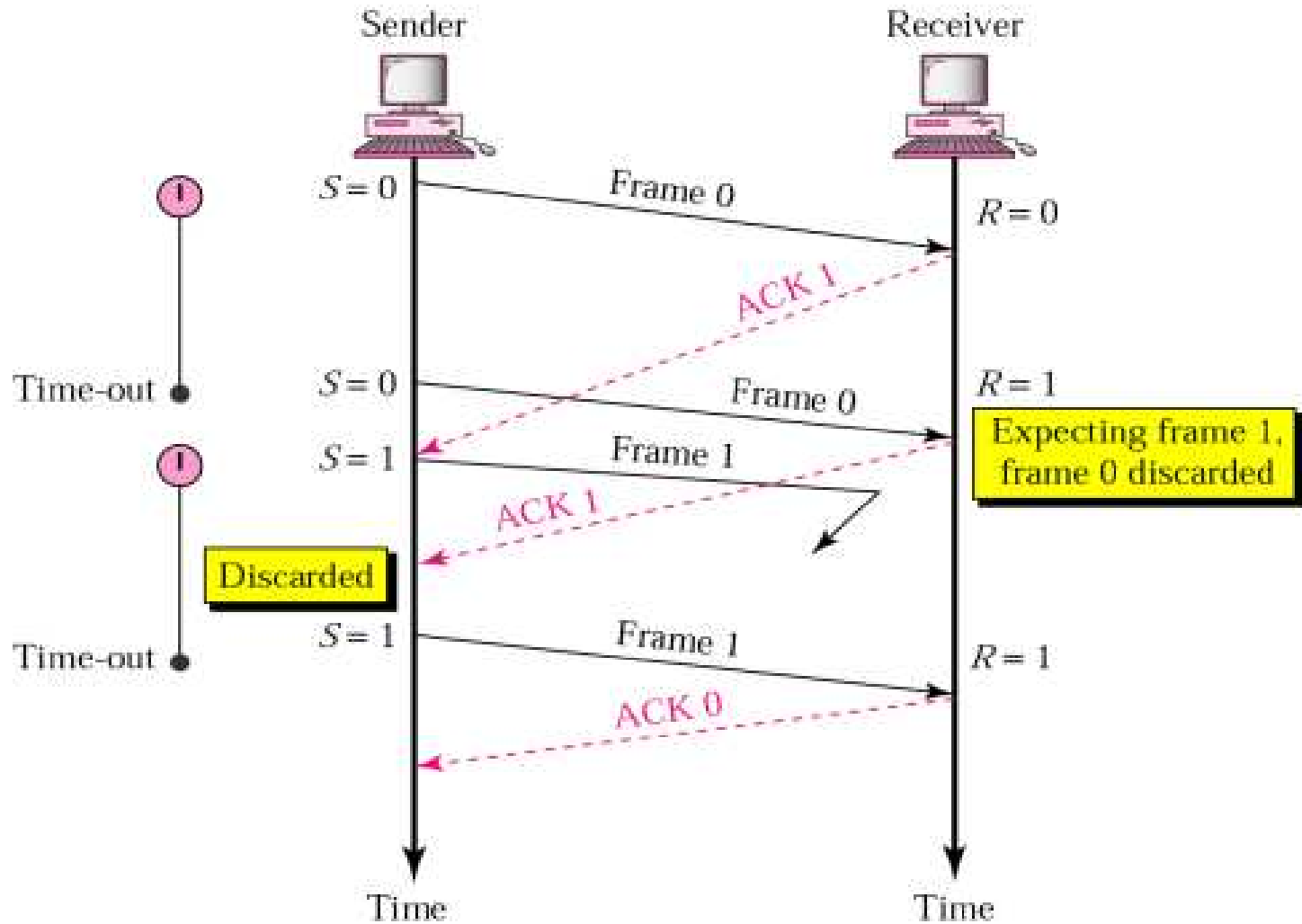
-Илгээгч ба хүлээн авагч нь тодорхой санах ойн хязгаартай



Stop-and-Wait ARQ, Lost ACK



Stop-and-Wait ARQ, Delayed ACK



Stop-and-Wait ARQ
протокол нь фреймийн
давхардлаас сэргийлж
фреймүүдийг дугаарлана.

*АСК саатаж очвол хүлээн
авагчид ирэх дараагийн
фрейм таслагдана.*

Stop-and-Wait ARQ

- Давуу тал :

- Маш энгийн, хялбар ажиллагаатай.

- Буфферлэх хэмжээ бага , зөвхөн нэг фрейм

- Дарааллын дугаар зөвхөн нэг битээр дүрслэгдэнэ.

- Дутагдал :

- Тархалтын хугацаа ихсэх тусам шугам ашиглалт муудна.

Go-Back-N ARQ

Go-Back-N ARQ протокол нь тодорхой дарааллаар фреймүүдийг илгээнэ. Фрейм алдагдвал алдагдсан фреймээс хойших фреймүүдийг дахин дамжуулна.

Go-back-N ARQ

- Өгөгдлийн урсгалыг удирдах **Sliding-window** аргад суурилна.
- Үндсэн зарчим :
 - Илгээгч төхөөрөмж фреймүүдийг тодорхой дарааллаар илгээнэ.
 - Баталгааны мэдээлэл нь цонхны хэмжээгээр тодорхойлогдоно.
 - Фрейм алдаагүй бол хүлээн авагч АСК илгээнэ.
 - Фрейм гээгдсэн, алдаатай ирсэн бол илгээгч төхөөрөмж дараагийн фреймүүдийг алдагдсан фрейм засагдтал татгалзана.
 - Илгээгч төхөөрөмж алдагдсан фреймийн баталгааны мэдээллийг аваад алдагдсан фреймээс хойших фреймүүдийг дахин илгээнэ.

Go-back-NARQ

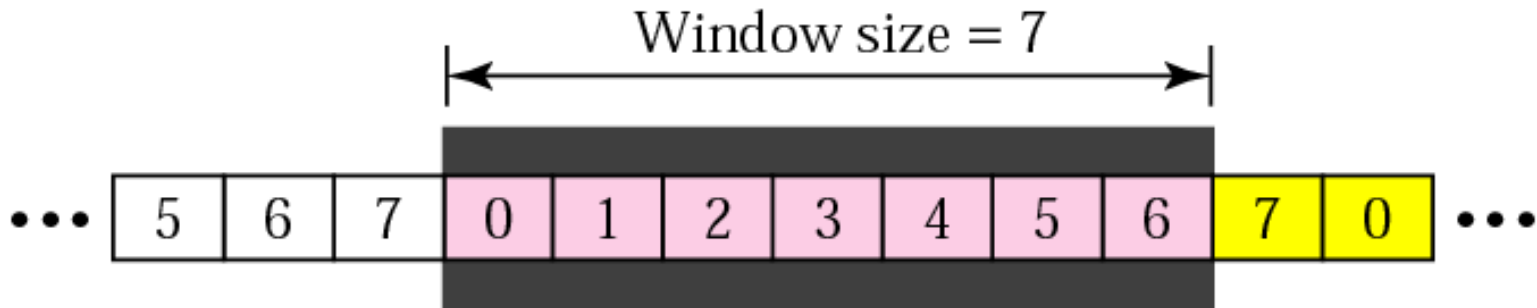
- **Дарааллын дугаар** : Илгээгч төхөөрөмж нь фреймүүдийг тодорхой дараалалд авч үзнэ.
- **Sequence Number = m bit**
- **Sequence Number Range [0; 2^m-1]**

Цонхын хэмжээ:

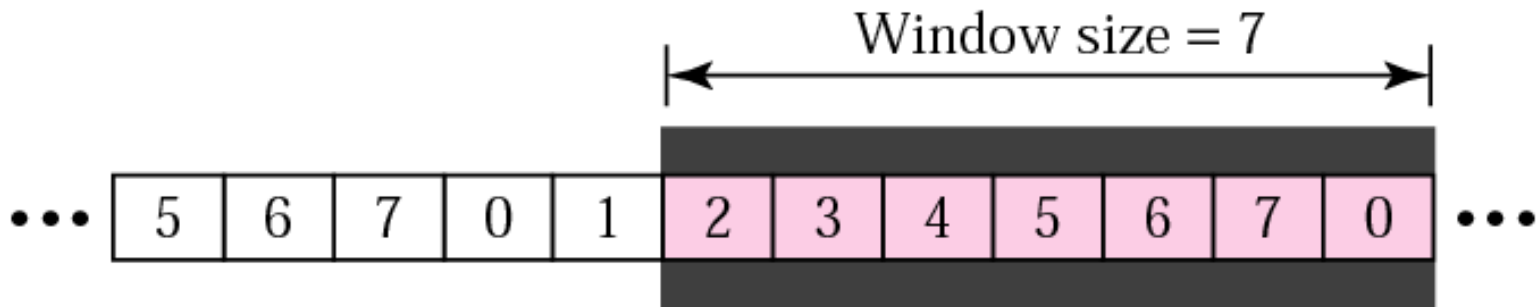
$$N=2^m-1$$

Go-Back-N ARQ протоколын илгээгч талын цонхны хэмжээ нь 2^m -ээс бага байна, хүлээн авагчийн цонхны хэмжээ ямагт **1** байна.

Sender sliding window

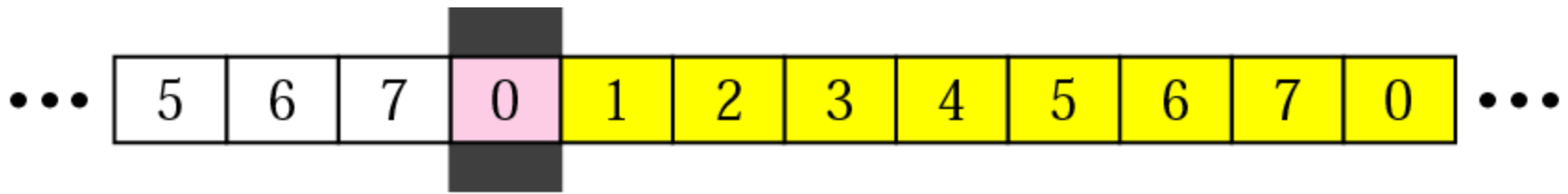


a. Before sliding

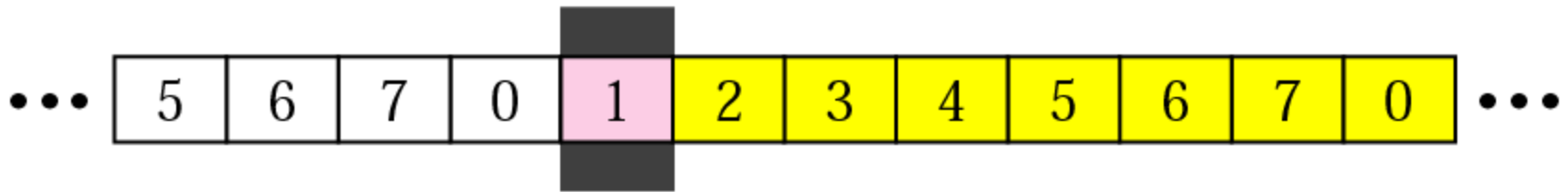


b. After sliding two frames

Receiver sliding window

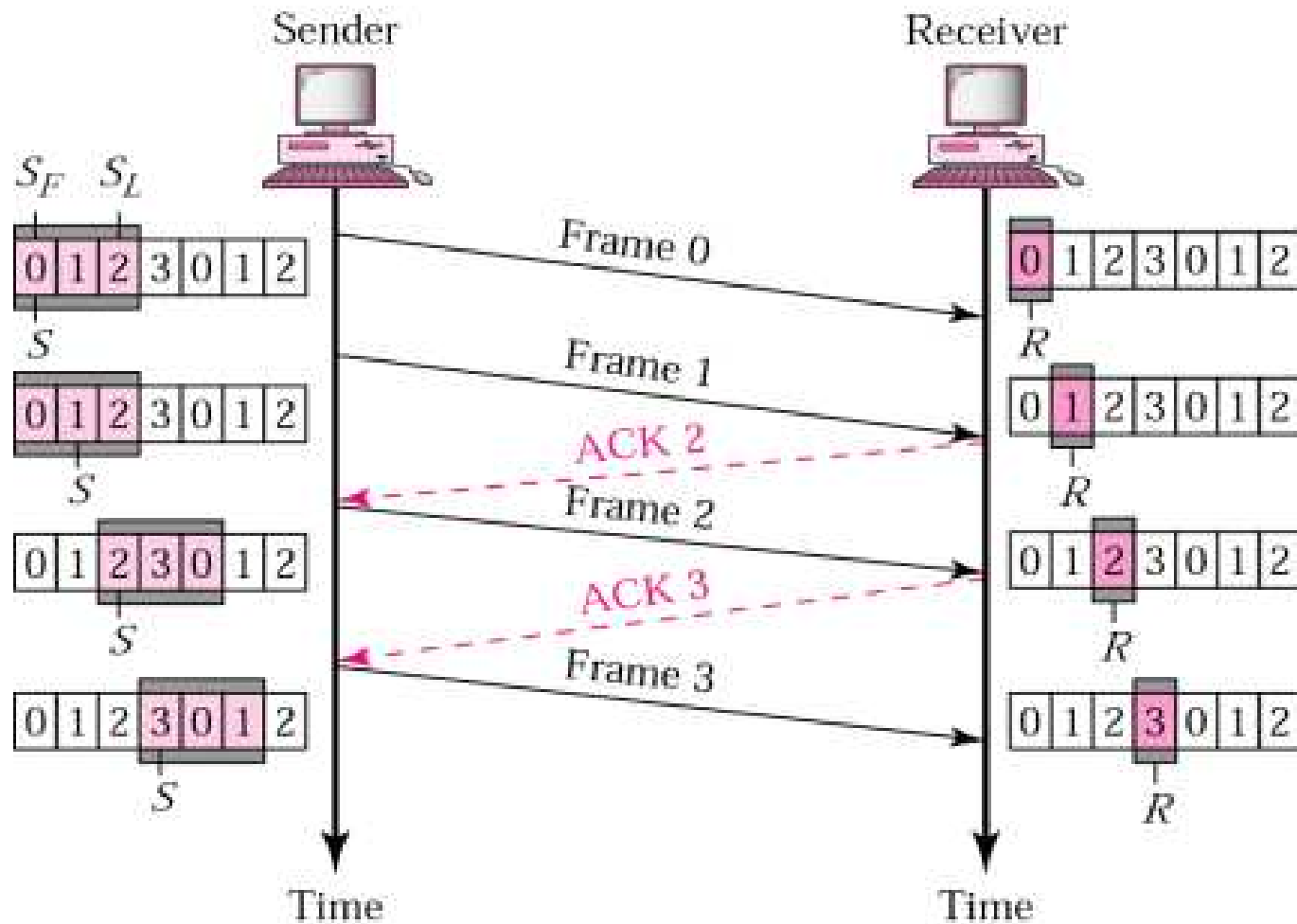


a. Before sliding

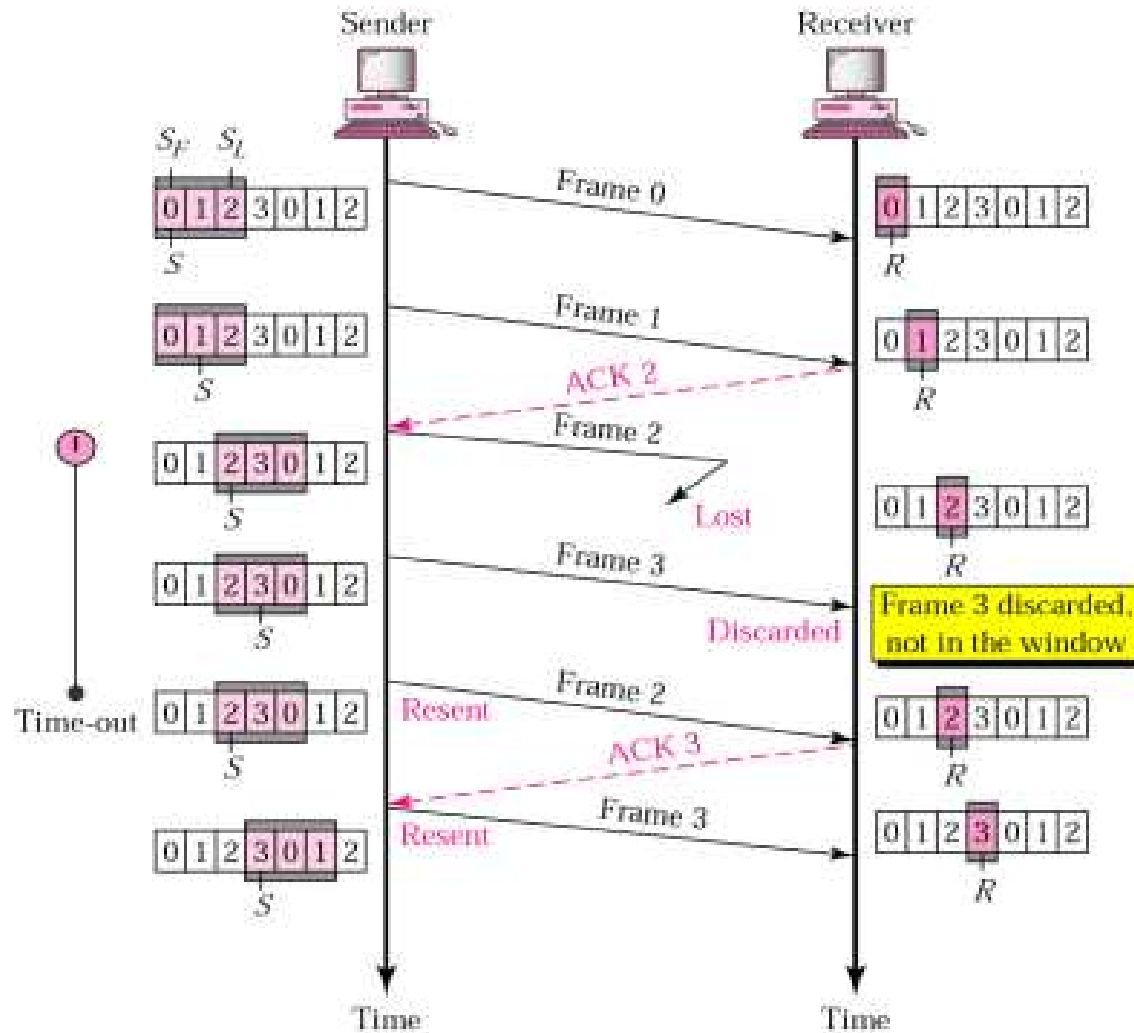


b. After sliding

Go-Back-N ARQ, Normal operation



Go-Back-N ARQ, Lost Frame



Selective-Repeat ARQ

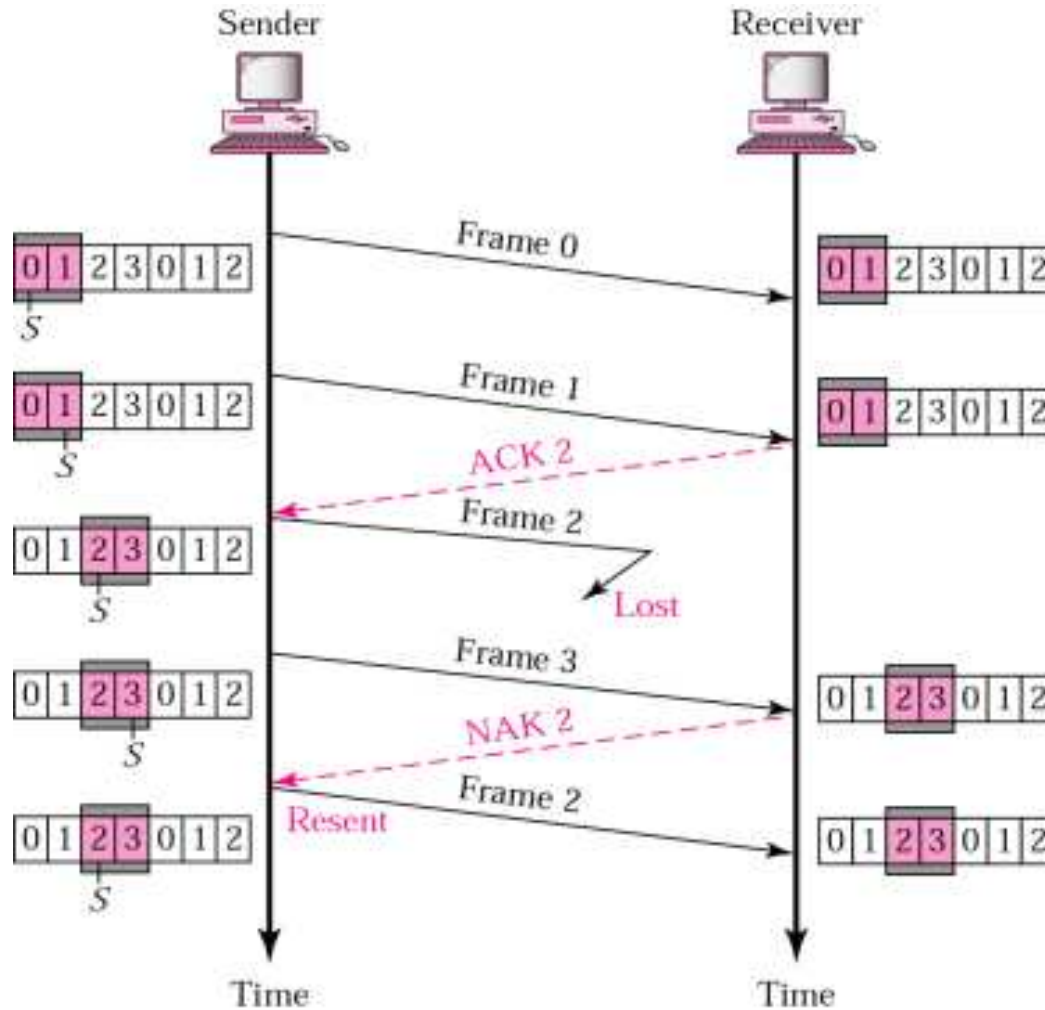
Selective-Repeat ARQ протокол нь тодорхой дарааллаар фреймүүдийг илгээнэ. Фрейм алдагдвал зөвхөн алдагдсан фреймийг дахин дамжуулна.

Selective-Repeat ARQ

Өгөгдлийн урсгалыг удирдах **Sliding-window** аргад суурилна.

- Үндсэн зарчим :
 - Илгээгч төхөөрөмж фреймүүдийг тодорхой дарааллаар илгээнэ.
 - Баталгааны мэдээлэл нь цонхны хэмжээгээр тодорхойлогдоно.
 - Фрейм алдаагүй бол хүлээн авагч АСК илгээнэ.
 - Фрейм гээгдсэн, алдаатай ирсэн бол илгээгч төхөөрөмж **NAK (Negative Acknowledgement)** мэдээлэл буцаах ба илгээгч зөвхөн алдагдсан фреймийг дахин дамжуулна.
 - Хүлээн авагч алдагдсан фрейм засагдтал фреймүүдийг хадгалах ба алдаа засагдсан үед зөв дараалалд оруулна.

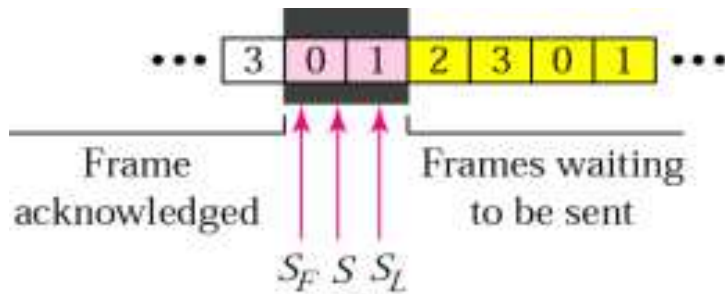
Selective Repeat ARQ, Lost Frame



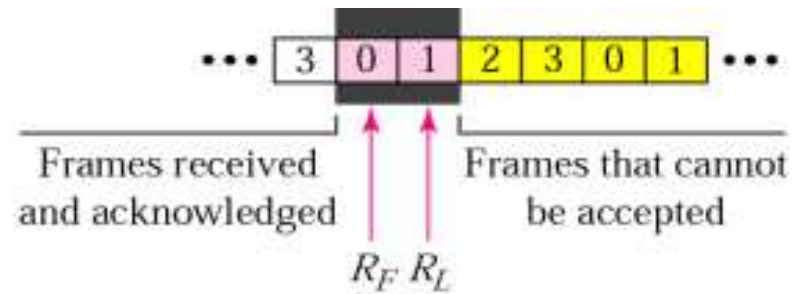
Selective-Repeat ARQ: Window size

-Send and Receive Window нь ижил байна.

SF, S, SL, RF, RL хувьсагчтай.



a. Sender window



b. Receiver window

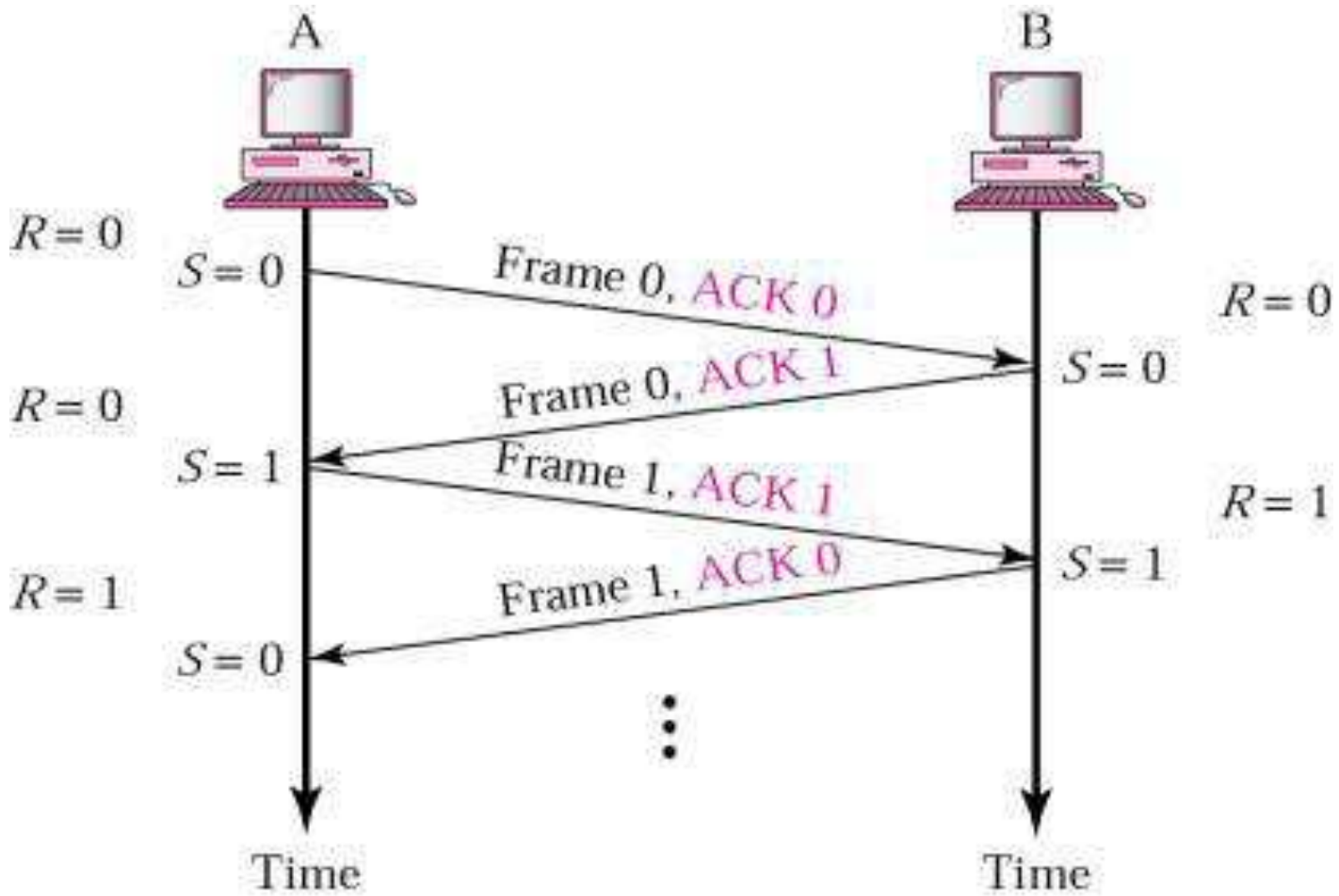
Selective-Repeat ARQ

- *Sender and Receive Window* нь ижил байна.
Цонхын хэмжээ: $N=2^m-1$
- Энэ протокол нь фрейм гэмтсэн, хаягдсан үед *Negative Acknowledgement (NACK)*-ийг буцаана.

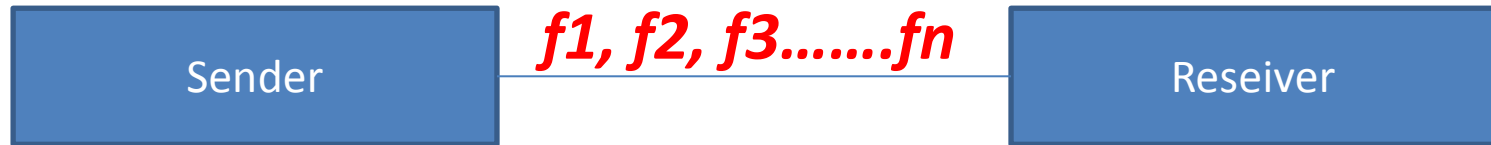
Piggybacking

- Бодит амьдралд Data Link Protocol-ууд нь өгөгдлийн нэг чиглэлд биш хоёр чиглэлд(bidirectional) өгөгдлийн урсгалыг удирдаж байдаг.
- Энэ тохиолдолд өгөгдөл ба өгөгдлийн урсгалыг удирдах мэдээлэл болох ACK, NAK нь хоёр чиглэлд дамжигдана.
- Өгөгдөл солилцож байгаа төхөөрөмжүүд харгалзан хоёр цонхтой байна: **send window**, **receive window**

Bidirectional Transmission - Piggybacking



Шугам ашиглалтын тооцоо



$$T = n * T_f$$

$$T_f = T_{prop} + T_{frame} + T_{proc} + T_{prop} + T_{ack} + T_{proc}$$

$$T_{proc} = T_{ack} = 0 \Rightarrow T = n(2T_{prop} + T_{frame})$$

Шугам ашиглалтын тооцоо

Frame control bit < Data frame bit

**Мэдээллийн битүүдийг дамжуулах хурдаас
хамааруулан сүлжээний шугам
ашиглалтын тооцоог гаргана.**

$$**U = (n * T_{frame}) / [n(2T_{prop} + T_{frame})] =**
= T_{frame} / (2T_{prop} + T_{frame})$$

Шугам ашиглалтын тооцоо

- **Зурвас саатлын үржвэр (Bandwidth delay product)** нь шугамын багтаамж болон битийн төхөөрөмж хооронд дамжих хугацаагаар тодорхойлогдоно.
- **Зурвас саатлын үржвэр = Шугамын хурд* Битийн төхөөрөмж хооронд дамжих хугацаа (RRT – Round Trip Time)**



Анхаарал тавьсанд баярлалаа