کنترل خط داده
Data Link

لایه فیزیکی (اول) فقط ارسال داده را بر عهده دارد ولی کنترل خط ارتباطی، آدرس گیرنده و فرستنده و تشخیص خطا به عهده لایه دوم است.

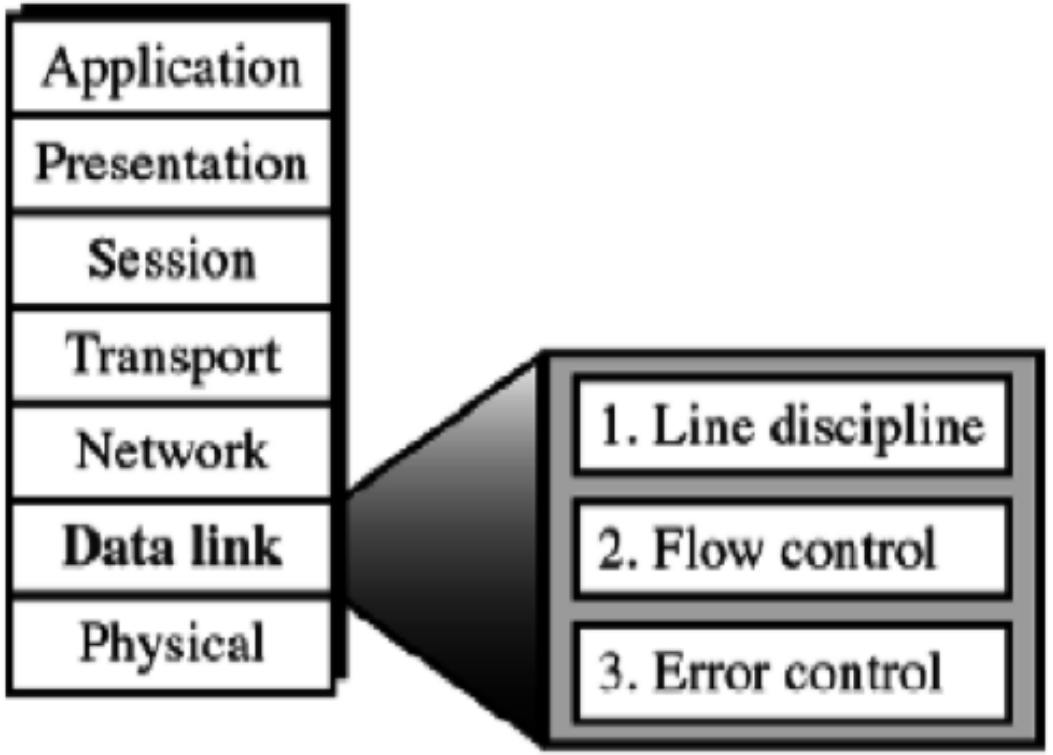
در لایه دوم به هر واحد داده که باید ارسال و دریافت شد **فریم** گفته می‌شود.

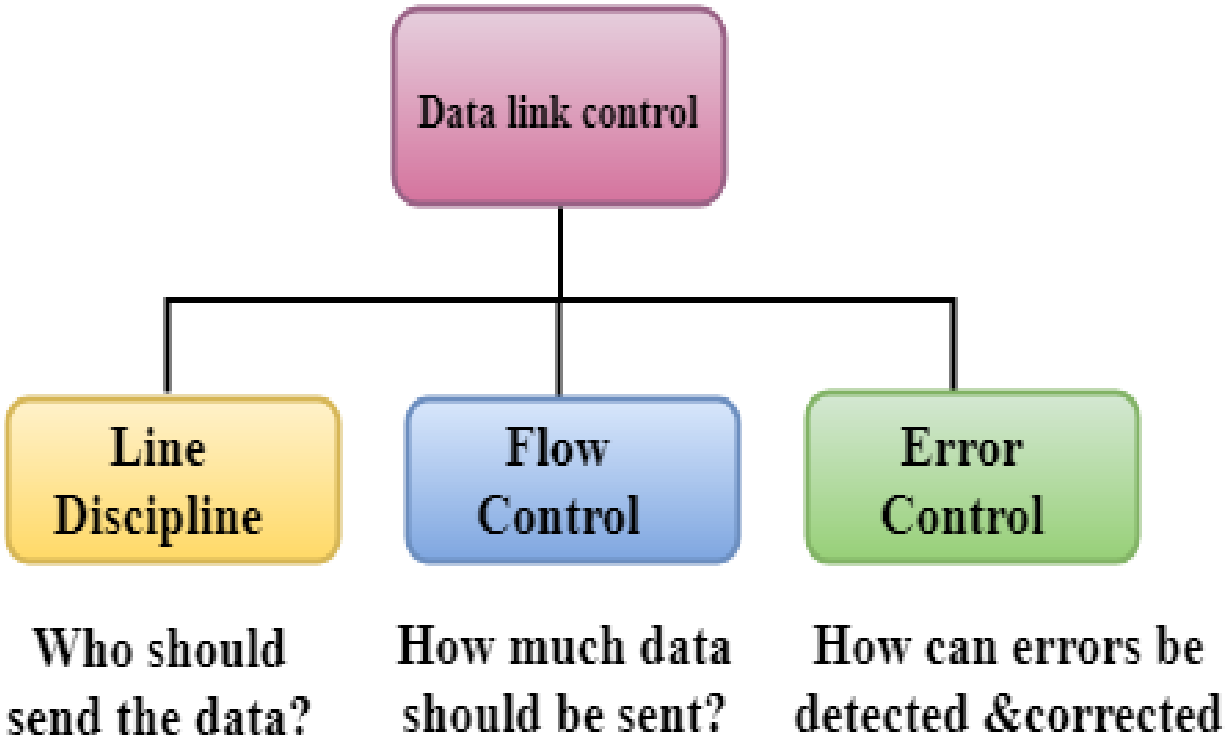
وظایف مهم لایه:

Line Discipline:کنترل آماده بودن طرف مقابل جهت دریافت داده.

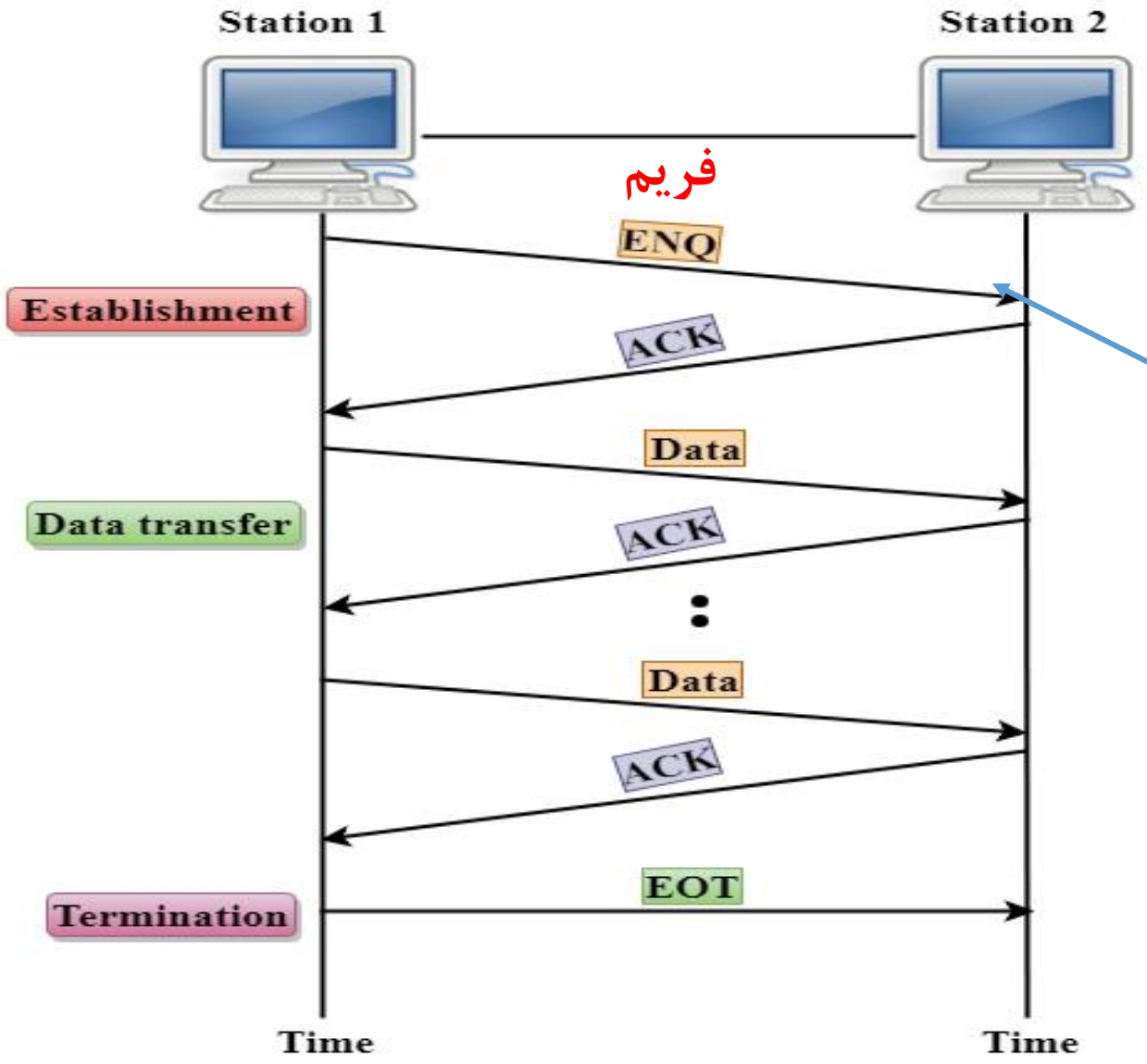
Flow Control: کنترل جریان، حجم و سرعت ارسال داده.

Error Control: کشف خطای رخ داده در هنگام انتقال داده و تصحیح آن.


Application
Presentation
Session
Transport
Network
Data link
Physical
1. Line discipline
2. Flow control
3. Error control


Data link control
Line Discipline
Flow Control
Error Control
Who should send the data?
How much data should be sent?
How can errors be detected &corrected

Line Discipline



اطمینان از آماده بودن طرف مقابل جهت دریافت یا ارسال داده.

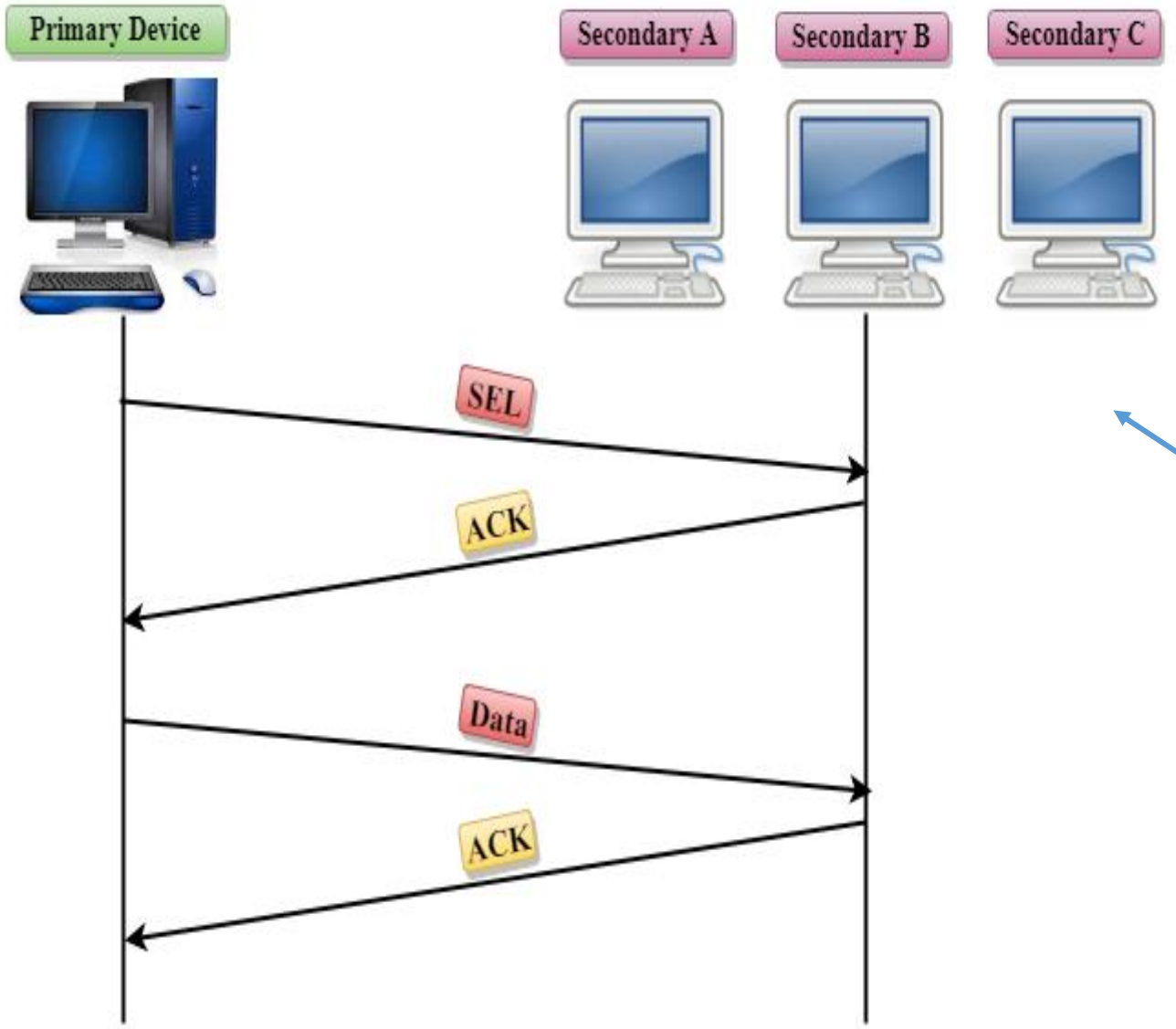
دو روش:

1. END/ACK
2. Poll/select

ENQ: Enquiry

EOT: END-of-Transmission.

Line Discipline



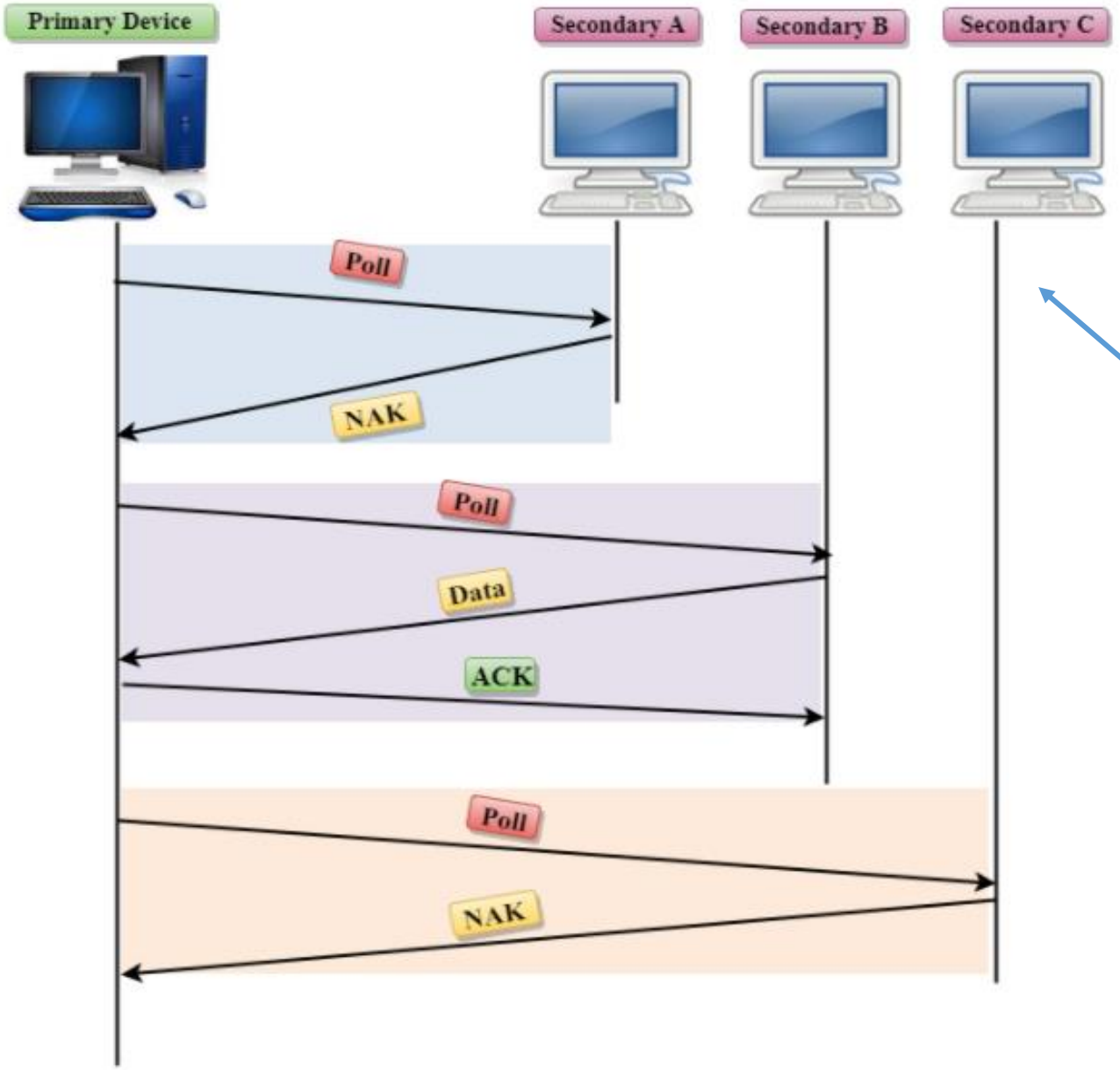
اطمینان از آماده بودن طرف مقابل جهت دریافت یا ارسال داده.

دو روش:

1. END/ACK
2. Poll/select

فرستنده داده poll می‌کند.

Line Discipline



اطمینان از آماده بودن طرف مقابل جهت دریافت یا ارسال داده.

دو روش:

1. END/ACK
2. Poll/select

گیرنده داده poll می‌کند.

به دلایل بعدی، اندازه یک فریم نمی‌تواند بزرگ باشد:

- پهنای باند زیادی اشغال می‌شود.
- چنانچه در مسیر دچار خطا شود، دوباره باید کل فریم ارسال گردد.
- بافر گیرنده ممکن است که ظرفیت دریافت فریم به این بزرگی را نداشته باشد.

لذا جهت رفع مشکلات فوق باید طول فریم را محدود کنیم و سپس فریم‌ها را بصورت متوالی ارسال کنیم.

Flow Control: کنترل جریان

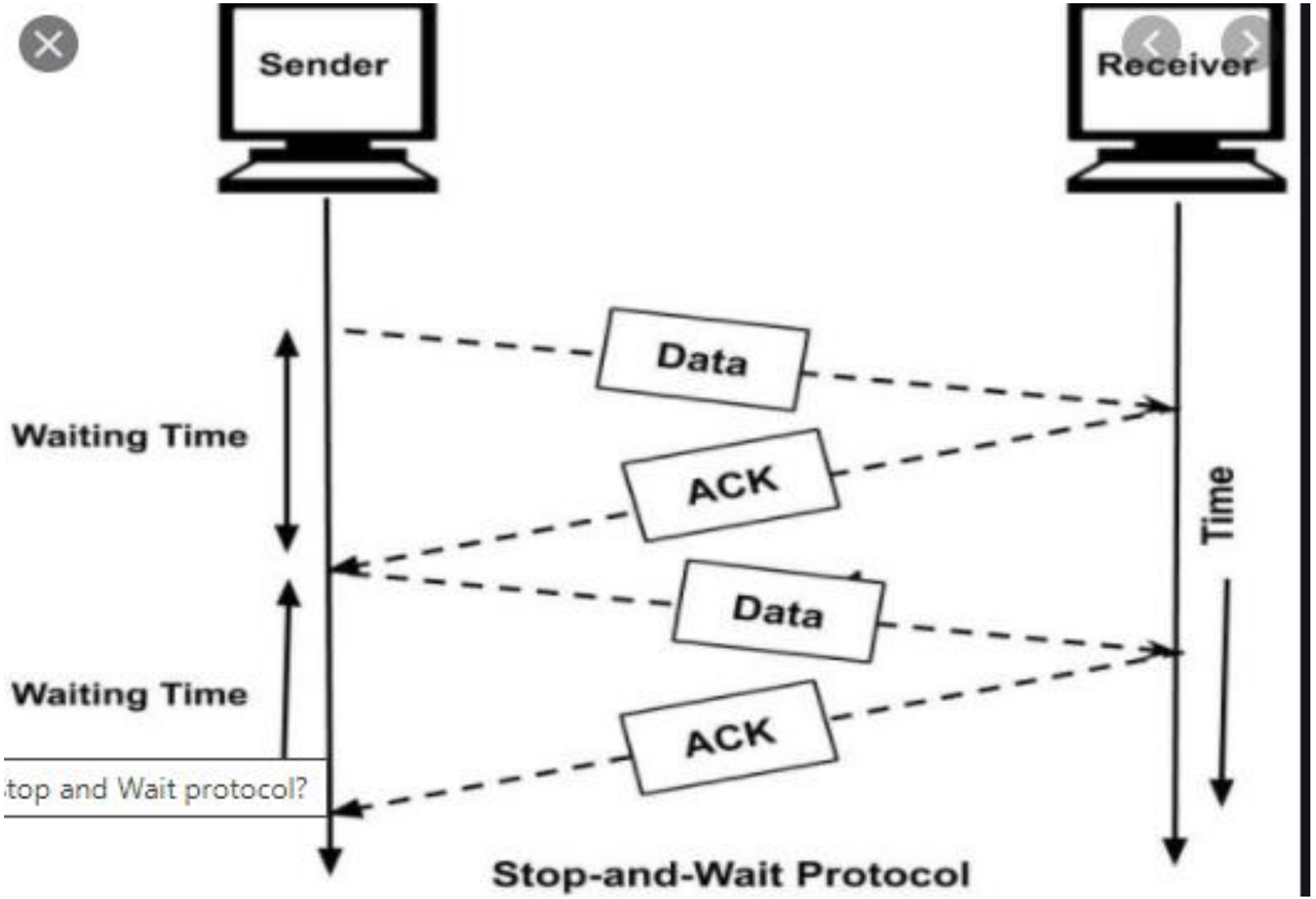
به دو روش انجام می‌شود:

1. Stop & Wait
2. Sliding Window

در روش اول فرستنده با ارسال هر فریم منتظر دریافت تایید آن گیرنده شده تا بتواند فریم بعدی را ارسال کند.

در روش دوم نیازی به رسیدن تایید از گیرنده به ازای ارسال هر فریم نیست و به اندازه پنجره، فرستنده قادر است فریم‌ها را ارسال کند.

Stop & Wait


Sender
Receiver
Data
ACK
Data
ACK
Waiting Time
Waiting Time
Time
top and Wait protocol?
Stop-and-Wait Protocol

Stop & Wait

T_{PD}: زمان تاخیر انتشار، زمان تاخیری است که داده از مبداء به مقصد می‌رسد.

T_{frame}: زمان ارسال کل فریم در مبدا از بیت اول تا آخر.

T_D: زمان تاخیر فریم.

U: درصد کارآیی خط.

n: تعداد کل فریم ارسالی.

$$T_D = n\left(2T_{PD} + T_{Frame}\right)$$

$$U = \frac{nT_{Frame}}{n\left(2T_{PD} + T_{Frame}\right)}$$

Stop & Wait

a: نسبت تاخیر انتشار به زمان ارسال فریم.

$$a = \frac{T_{PD}}{T_{Frame}}$$

آنگاه:

$$U = \frac{1}{1+2a}$$

و اگر d برابر با فاصله فرستنده و گیرنده و v سرعت انتشار (نور) باشد آنگاه:

$$T_{PD} = \frac{d}{v}$$

Stop & Wait

و اگر L برابر با طول فریم (بیت) و R نرخ ارسال داده باشد آنگاه:

$$T_{frame} = \frac{L}{R}$$

مثال) اگر مودمی 56^{kbps} داشته باشیم، طول هر فریم 4000^{bit} مسافت ماهواره 36000^{km} باشد مقدار a و u را حساب کنید.

$$T_P = \frac{36000}{3*10^8} = 270ms \qquad a = \frac{270}{71} \cong 3.8$$

$$T_{Frame} = \frac{4000}{56K} \cong 71ms \qquad U = \frac{1}{1+2a} = 0.12$$

کارآیی Stop & Wait

L	R	d	$T\_(frame)$	$T\_(PD)$	a	U	
4.000	56.000	36.000.000	0.071	0.12	1.7	0.23	ماهواره
500	100.000	100	0.005	0.0000003	0.00006	0.999	شبکه محلی
500	9600	100	0.052	0.0000003	0.00001	0.999	مدم
500	9600	50.000	0.052	0.0002	0.004	0.992	مدم

سرعت امواج برابر با V = 300.000.000

برای فواصل زیاد، راندمان پایین است.

مشکلات فریم در انتقال:

۱ – گم شدن در کانال.

۲ – خراب شده یا تغییر کردن داده.

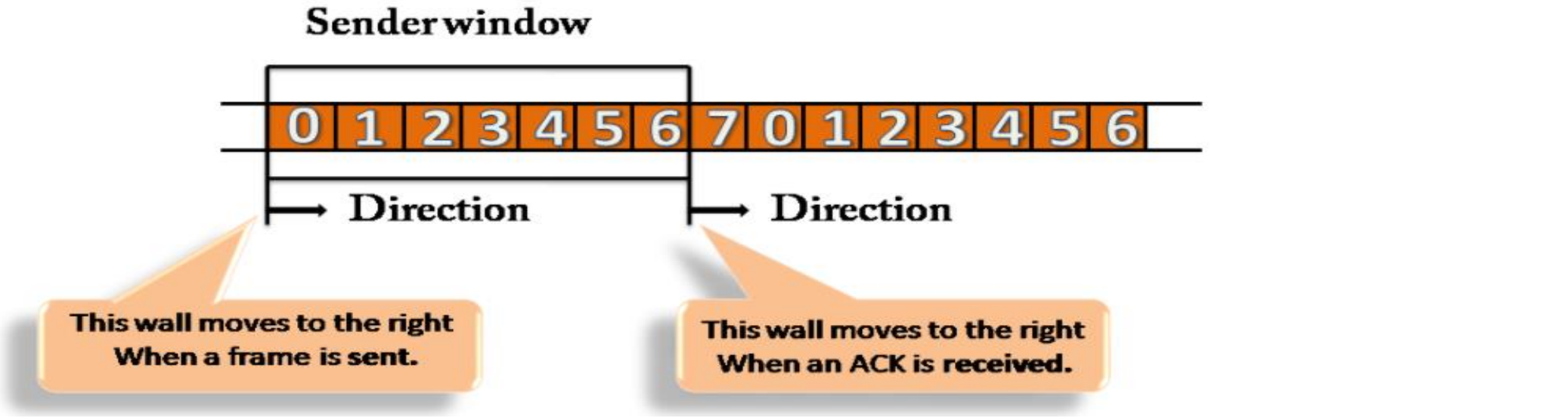
Sliding Window

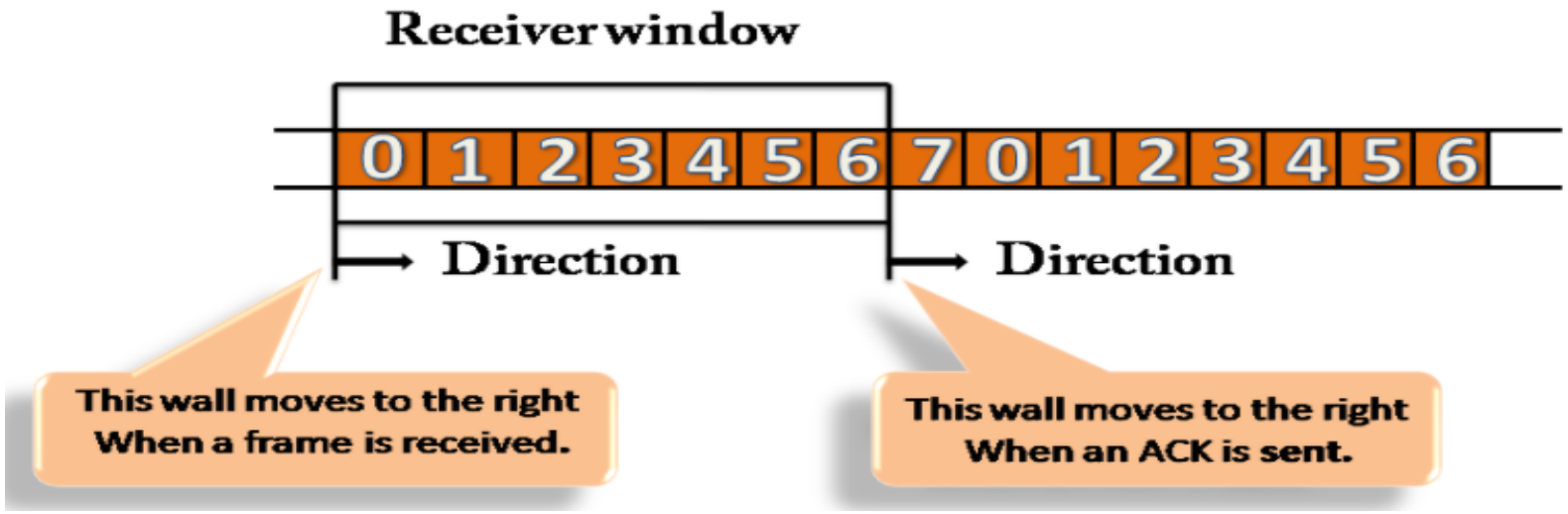
پنجرهٔ لغزنده:

با توافق طرفین **تعداد** مشخصی از فریم‌ها ارسال می‌شود. فرستنده هر فریم را که ارسال می‌کند یک کپی از آن در بافر خود **نگهداشته** تا اعلام آن را از گیرنده بگیرد.

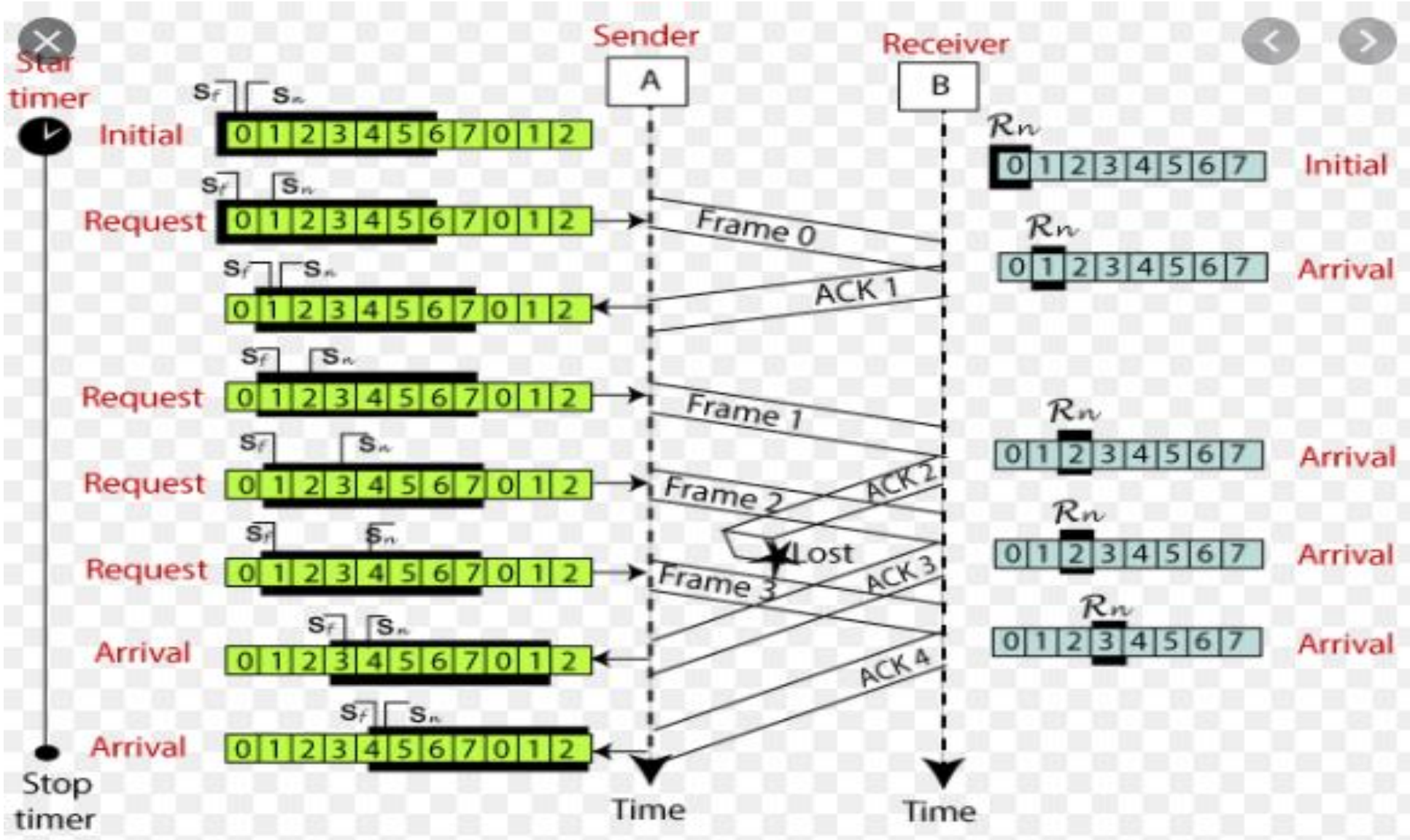
گیرنده در زمان **مناسب** با ارسال یک پیغام به فرستنده گزارش می‌دهد که مثلا تا فریم خاصی را بدون مشکل دریافت کرده و دوباره فرستنده فریم‌های جدید را تا **تکمیل** شدن ظرفیت بافر ارسال می‌کند و این کار ادامه می‌یابد.

Sliding Window: 3 Bit Windows





Sliding Window: 3 Bit Windows



کنترل خطا: Error Control

دو نوع خطای فریم:

۱ – گم شدن فریم در کانال.

۲ – خراب شده یا تغییر فریم داده.

تشخیص خطا در Stop & Wait:

سه حالت فرستنده پس از ارسال یک فریم:

۱ – دریافت ACK و ارسال فریم بعدی.

۲ – دریافت NACK و ارسال مجدد فریم قبلی.

۳ – عدم دریافت هر گونه اعلامی و رخ‌داد تایم‌اوت و ارسال مجدد فریم قبلی (راه‌اندازی تایمر).

تشخیص (کنترل) خطا در Stop & Wait

چنانچه یک فریم **دوبار** ارسال شود گیرنده متوجه آن نمی‌شود و داده در گیرنده دچار خطا شده.

برای رفع این مشکل یک **بیت** را در فریم، به عنوان شناسه فریم قرار داده و به ترتیب صفر و یک می‌شود.

بنابراین درصورت دریافت دو فریم با شماره **یکسان**، متوجه تکراری بودن فریم می‌شود.

تشخیص (کنترل) خطا در Sliding Window

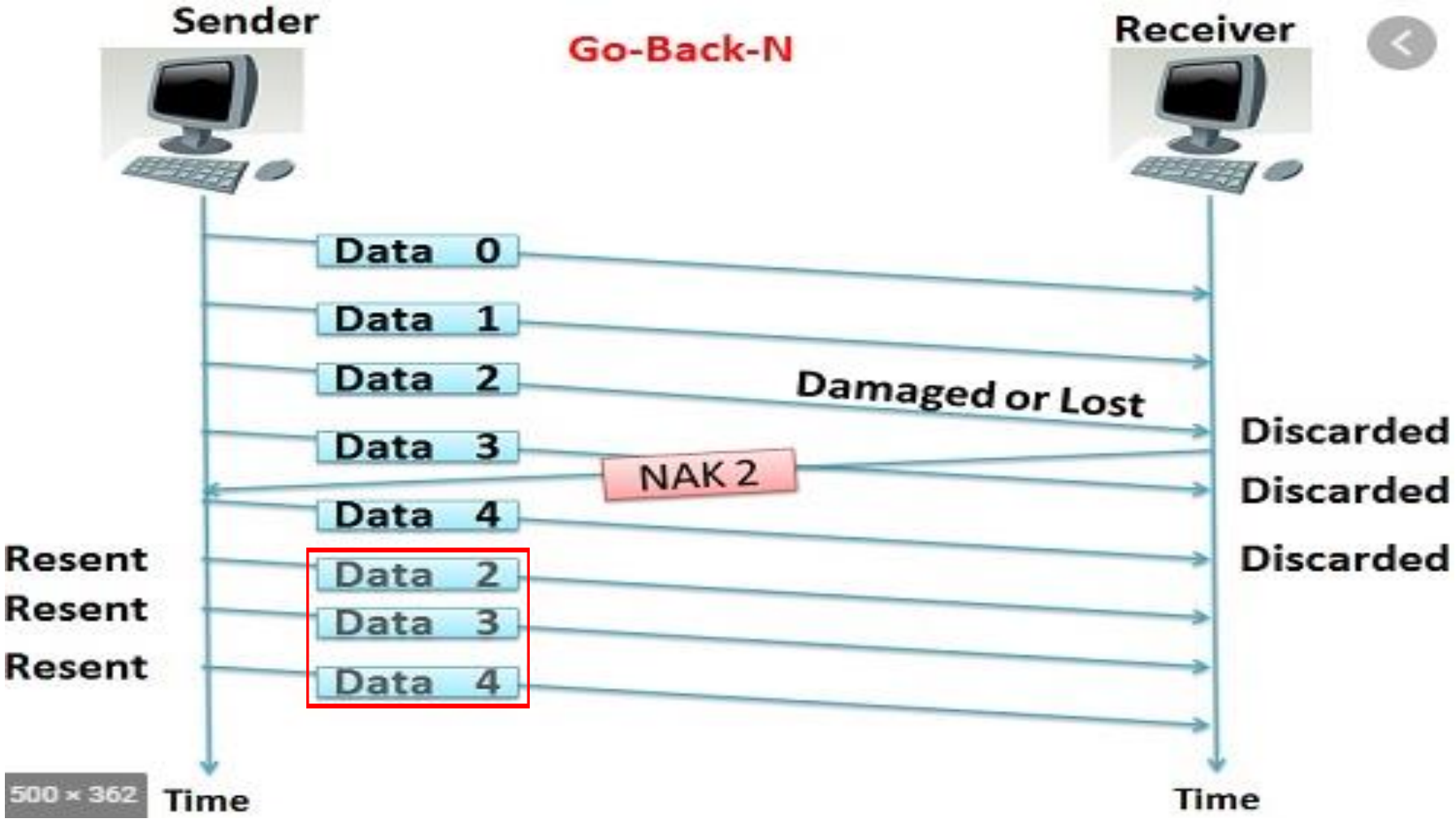
دو روش دارد:

در هر دو روش اگر یک فریم خراب یا گم شد، گیرنده به محض دریافت فریمی که شماره آن با ترتیب در حال دریافت هماهنگ نباشد، یک فریم NACK با شماره فریمی که نرسیده است ارسال می‌کند. بنابراین فرستنده **مجدد** ارسال خواهد کرد.

1 - Go Back n

2 - Selective Repeat.

تشخیص (کنترل) خطا در Sliding Window
دو روش دارد: Go Back n



تشخیص (کنترل) خطا در Sliding Window

1 - Go Back n

کلیه فریم‌های دریافتی پس از فریم گم یا خراب شده، دورانداخته شده و مجدد ارسال فریم‌ها از فریم خراب شده انجام می‌شود.

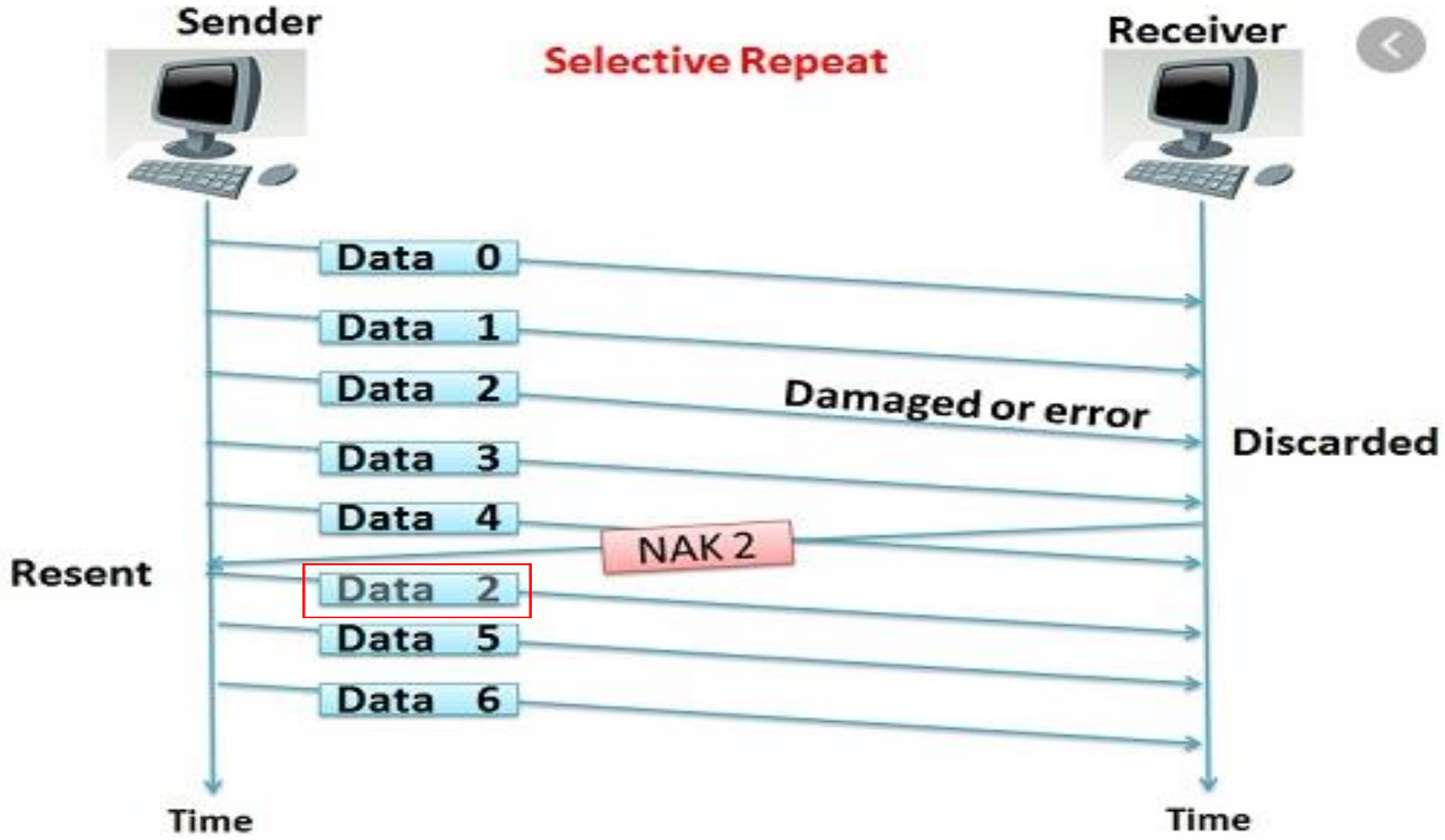
طول پنجره برابر است با:

$2^n - 1$

که n تعداد بیت شماره توالی Sequence number فریم‌ها است.

تشخیص (کنترل) خطا در Sliding Window

دو روش دارد: Selective Repeat



تشخیص (کنترل n-1) خطا در Sliding Window

دو روش دارد:

2 - Selective Repeat:

بر خلاف روش قبلی **تنها** فریم خراب یا گم شده مجددا ارسال می شود.

نظم فریم‌ها در گیرنده بهم خورده بنابراین باید فریم‌ها در گیرنده مجدد مرتب شوند.

طول پنجره برابر است با:

$$2^{n-1}$$

یعنی برابر با نصف Sequence number است.

Sliding Window

کارآیی خط برابر است با:

که N اندازه پنجره و P احتمال **خراب** شده فریم است.

1 – Stop & Wait

$$U = \frac{1-p}{1+2a}$$

2 - Selective Repeat

$$\begin{cases} U = 1-p & \mathrm{N} >= 2\mathrm{a} + 1 \\ U = \dfrac{N(1-p)}{1+2a} & \mathrm{N} < 2\mathrm{a} + 1 \end{cases}$$

Sliding Window

کار آیی خط برابر است با:

3 - Go Back n

$$\begin{cases} U = \dfrac{1-p}{1+2ap} & \mid \; N >= 2a + 1 \\ U = \dfrac{N(1-p)}{(1+2a)(1-p+NP)} & \mid \; N < 2a + 1 \end{cases}$$

P = Frame length * BER

که BER احتمال خراب شدن بیت است.

مثال

برای یک با خط مشخصات زیر، کارآیی هر سه روش را محاسبه و مقایسه نمایید؟

$N = 8 , a = 0.9 , P = 0.001$