

Chương 5: Điều khiển liên kết dữ liệu

- Điều khiển luồng.
- Kiểm soát lỗi.

5.1 Cấu hình đường liên kết dữ liệu

✓ Khái niệm:

Cấu hình đường liên kết dữ liệu là phương thức để kết nối hai hay nhiều thiết bị truyền dữ liệu với nhau.

✓ Phân loại: Có hai cấu hình liên kết cơ bản

Cấu hình điểm – điểm

Cấu hình đa điểm

5.1 Cấu hình đường liên kết dữ liệu

Cấu hình điểm – điểm

- Cung cấp kết nối được dành riêng cho hai thiết bị
- Toàn dung lượng kênh truyền được dùng cho truyền dẫn giữa hai thiết bị
- Hầu hết đều dùng dây cáp để kết nối hai điểm

Cấu hình đa điểm

- Kết nối có nhiều hơn hai thiết bị trên cùng một kênh truyền
- Dung lượng kênh được chia sẻ theo thời gian

5.2 Điều khiển luồng dữ liệu

- Tổng quan về điều khiển luồng
- Khái niệm điều khiển luồng dữ liệu
- Phương pháp dừng và đợi (stop and wait)
- Phương pháp cửa sổ trượt (sliding window)

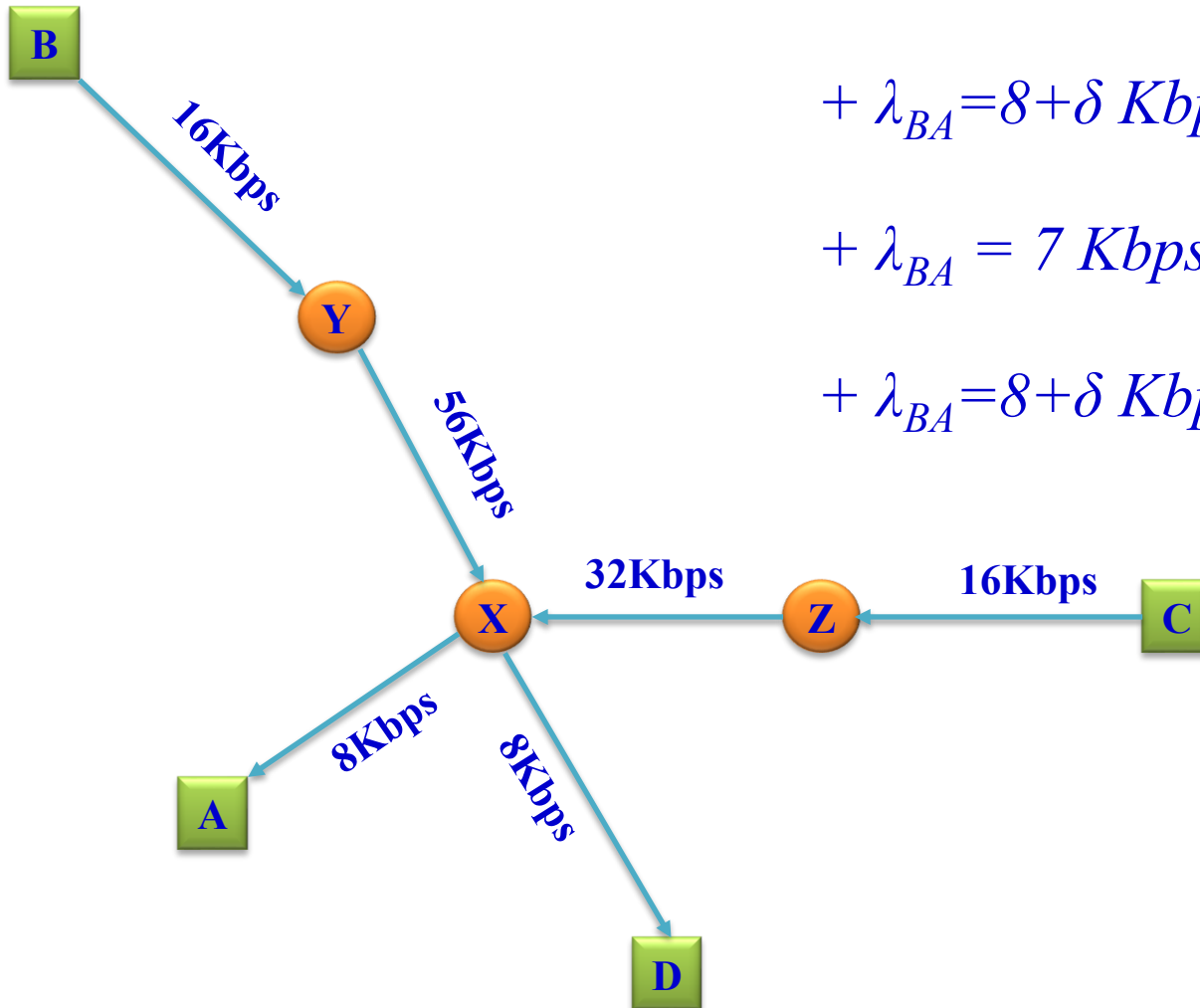
5.2.1 Tổng quan về điều khiển luồng

+ $\lambda_{BA} = 7 \text{ Kbps}$ và $\lambda_{CD} = 0$

+ $\lambda_{BA} = 8 + \delta \text{ Kbps}$, ($\delta > 0$) và $\lambda_{CD} = 0$

+ $\lambda_{BA} = 7 \text{ Kbps}$ và $\lambda_{CD} = 7 \text{ Kbps}$.

+ $\lambda_{BA} = 8 + \delta \text{ Kbps}$ và $\lambda_{CD} = 7 \text{ Kbps}$.



5.2.2 Khái niệm điều khiển luồng dữ liệu

- Khái niệm:

Điều khiển luồng là cơ chế nhằm đảm bảo việc truyền tin bên phát không vượt quá khả năng xử lý của bên thu.

- Phân loại: Có 2 kỹ thuật điều khiển luồng:

- Điều khiển luồng theo kiểu dừng và đợi (Stop and wait).
- Điều khiển luồng theo kiểu cửa sổ trượt (Sliding window).

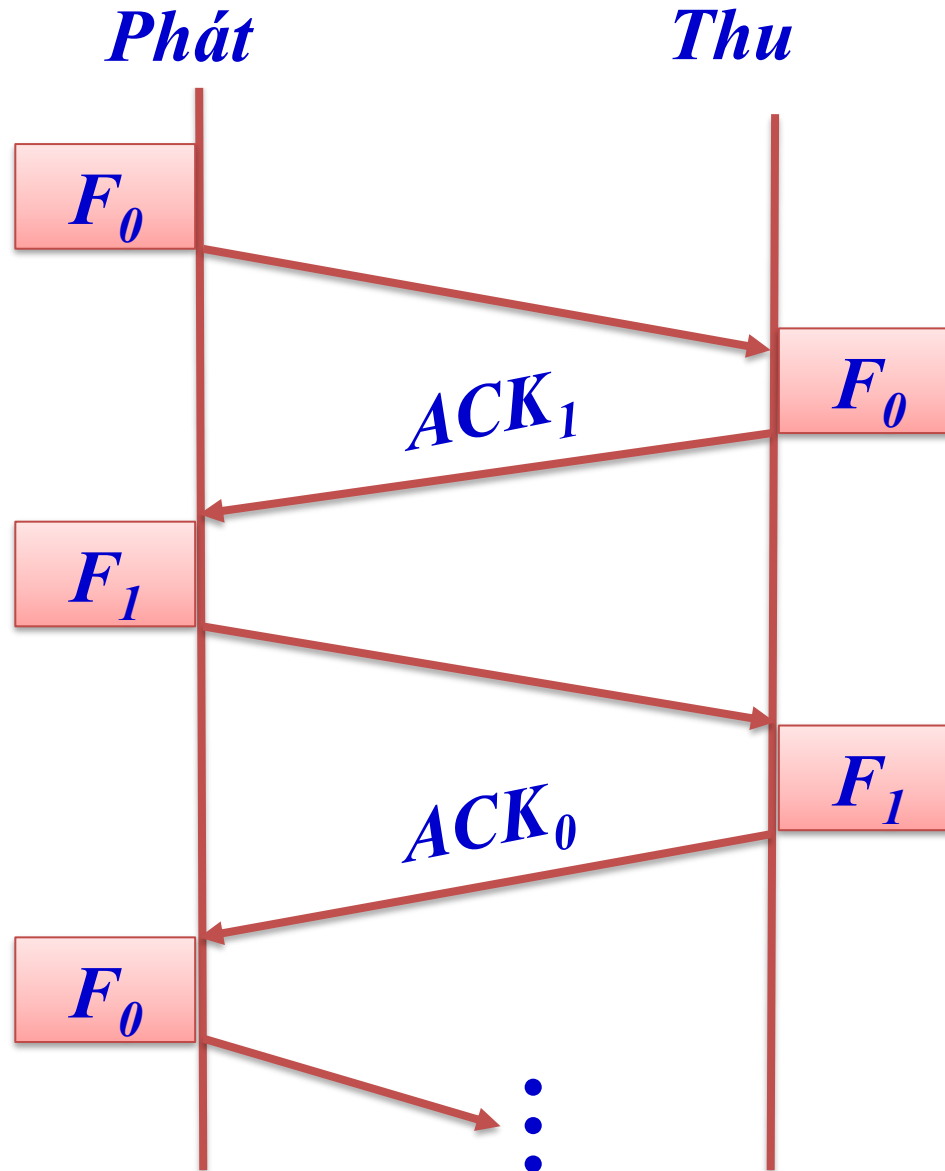
5.2.3 Phương pháp dừng và đợi (stop and wait)

a. Hoạt động



- Phía phát, phát 1 khung tin sau đó dừng lại, và đợi báo nhận
- Khi phía thu nhận được 1 khung tin sẽ gửi lại cho phía phát 1 báo nhận ACK
- Khi phía phát nhận ACK, sẽ phát phát khung tin tiếp theo sau đó dừng lại và đợi báo nhận từ phía thu.
- Quá trình truyền được diễn ra tương tự cho đến khi phía phát phát hết khung tin.

5.2.3 Phương pháp dừng và đợi (stop and wait)



5.2.3 Phương pháp dừng và đợi (stop and wait)

b. Hiệu suất: η_{saw}

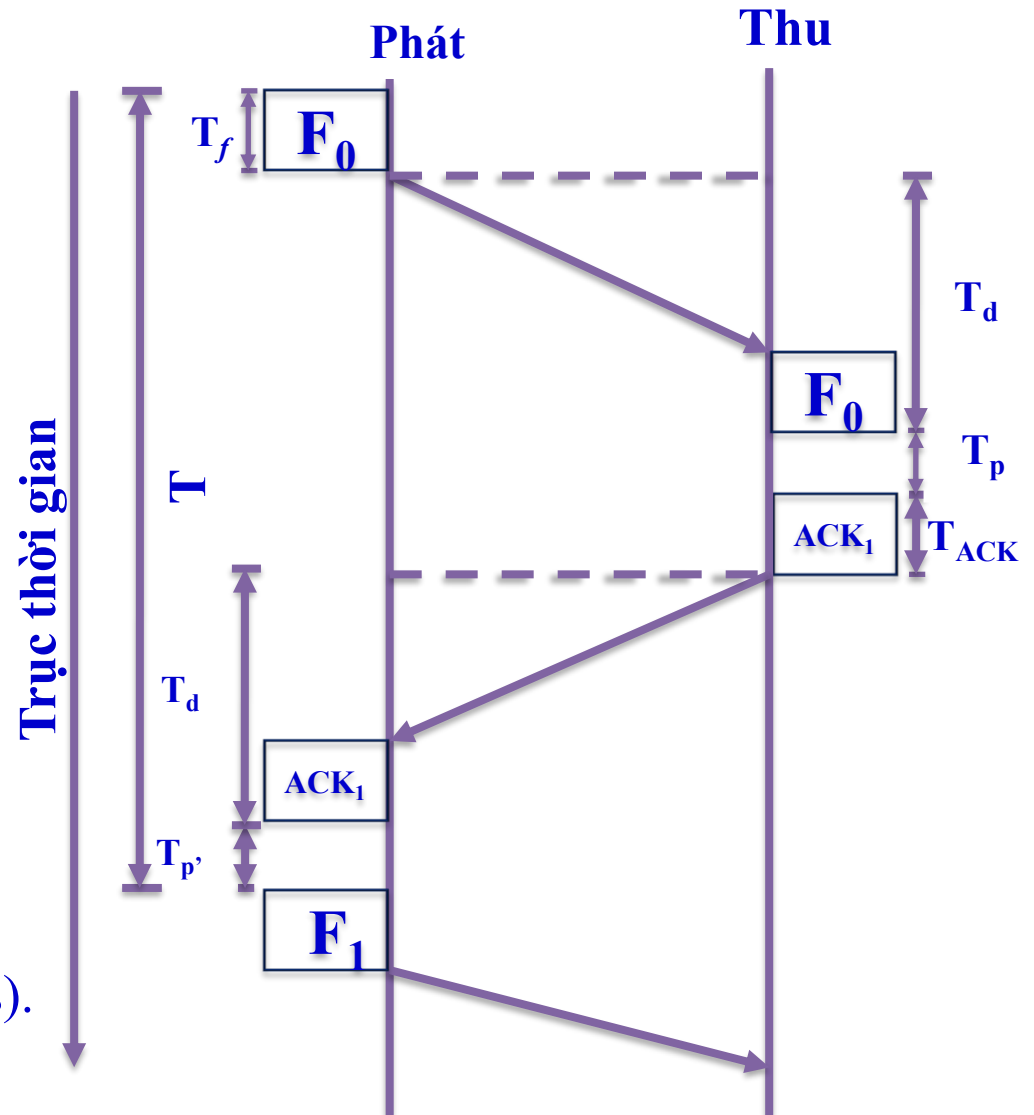
$$\eta_{saw} = \frac{T_f}{T} = \frac{T_f}{T_f + 2T_d + T_p + T_{ACK} + T_{p'}}$$

$$\eta_{saw} = \frac{T_f}{T_f + 2T_d} = \frac{1}{1 + 2a}$$

$$a = \frac{T_d}{T_f} \text{ Với: } T_f = \frac{l}{R}; \quad T_d = \frac{d}{v} \Rightarrow a = \frac{dR}{vl}$$

Trong đó:

- l là độ dài khung tin (bít)
- R tốc độ truyền tin qua kênh (bps)
- d là cự ly truyền giữa 2 trạm (m)
- v là vận tốc truyền sóng điện từ (m/s).



5.2.3 Phương pháp dừng và đợi (stop and wait)

1. Tính hiệu suất kỹ thuật điều khiển luồng theo kiểu dừng và đợi cho tuyến truyền thông tin vệ tinh. Giải thiết khoảng cách từ vệ tinh tới mặt đất là 36.000 Km, tốc độ truyền tin là 56 Kbps, khung có kích thước là 4000 bits.
2. Tính hiệu suất kỹ thuật điều khiển luồng theo kiểu dừng và đợi trong mạng LAN với khoảng cách giữa 2 trạm là 100 m, tốc độ truyền tin là 10 Mbps, khung có kích thước là 500 bits.

5.2.4 Phương pháp cửa sổ trượt (sliding window)

a. Hoạt động.



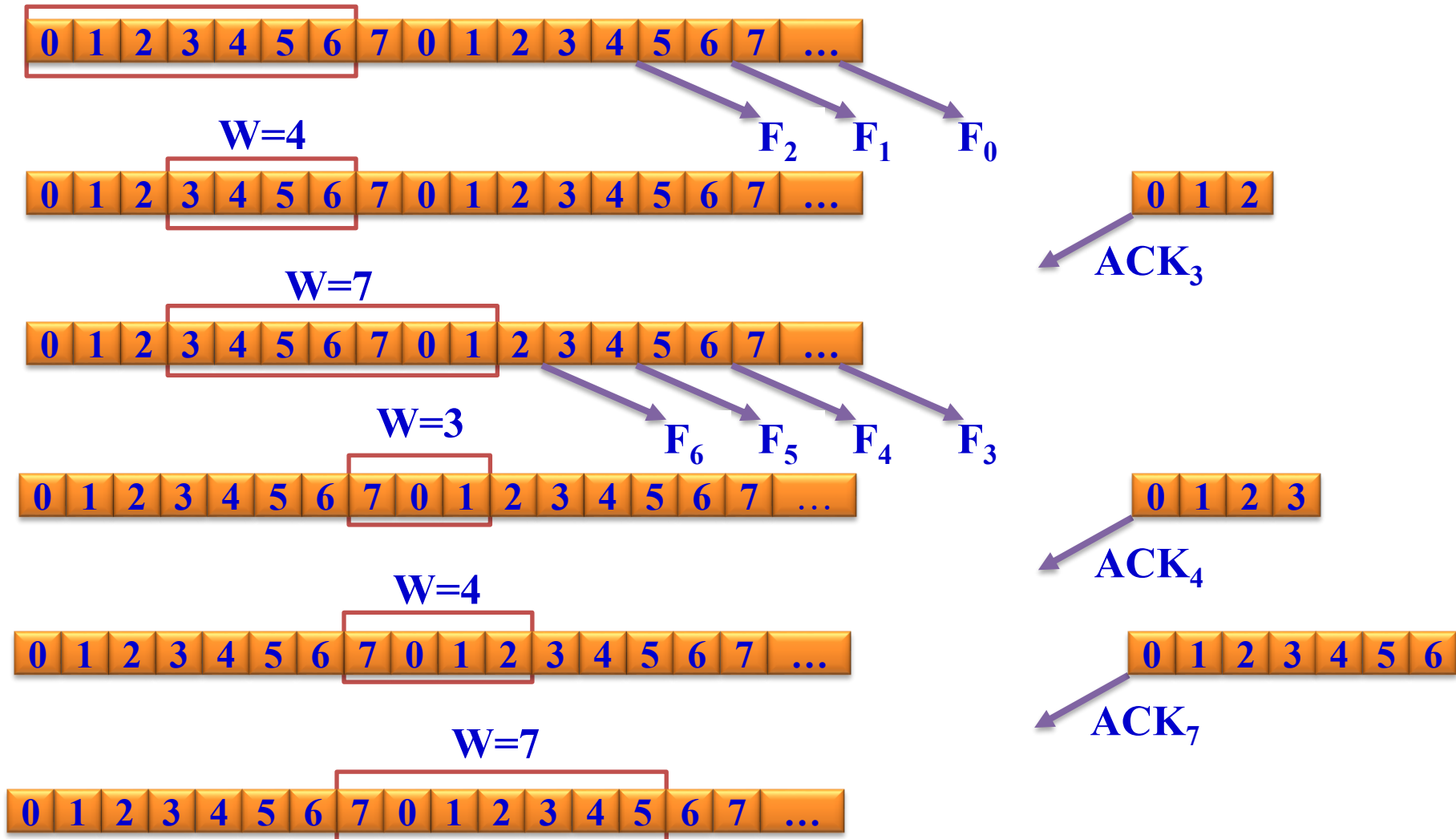
- Bên phát phát liên tiếp W khung tin trước khi được nhận báo nhận.
- Phát xong 1 khung tin, kích thước cửa sổ giảm 1 ($W-1$)
- Nhận được báo nhận ACK kích thước cửa sổ tăng lên 1 ($W+1$)
- $W > 0$: tiếp tục phát tin. $W = 0$: dừng phát tin.
- Do phía phát được phép phát nhiều hơn 1 khung tin nên cần có cơ chế đánh số thứ tự cho các khung tin. Dùng **k bit** để đánh số thứ tự cho các khung tin thì: $0 \leq W \leq 2^k - 1$

5.2.4 Phương pháp cửa sổ trượt (sliding window)

Ví dụ: $k=3$, $W=7$

Phát
 $W=7$

Thu



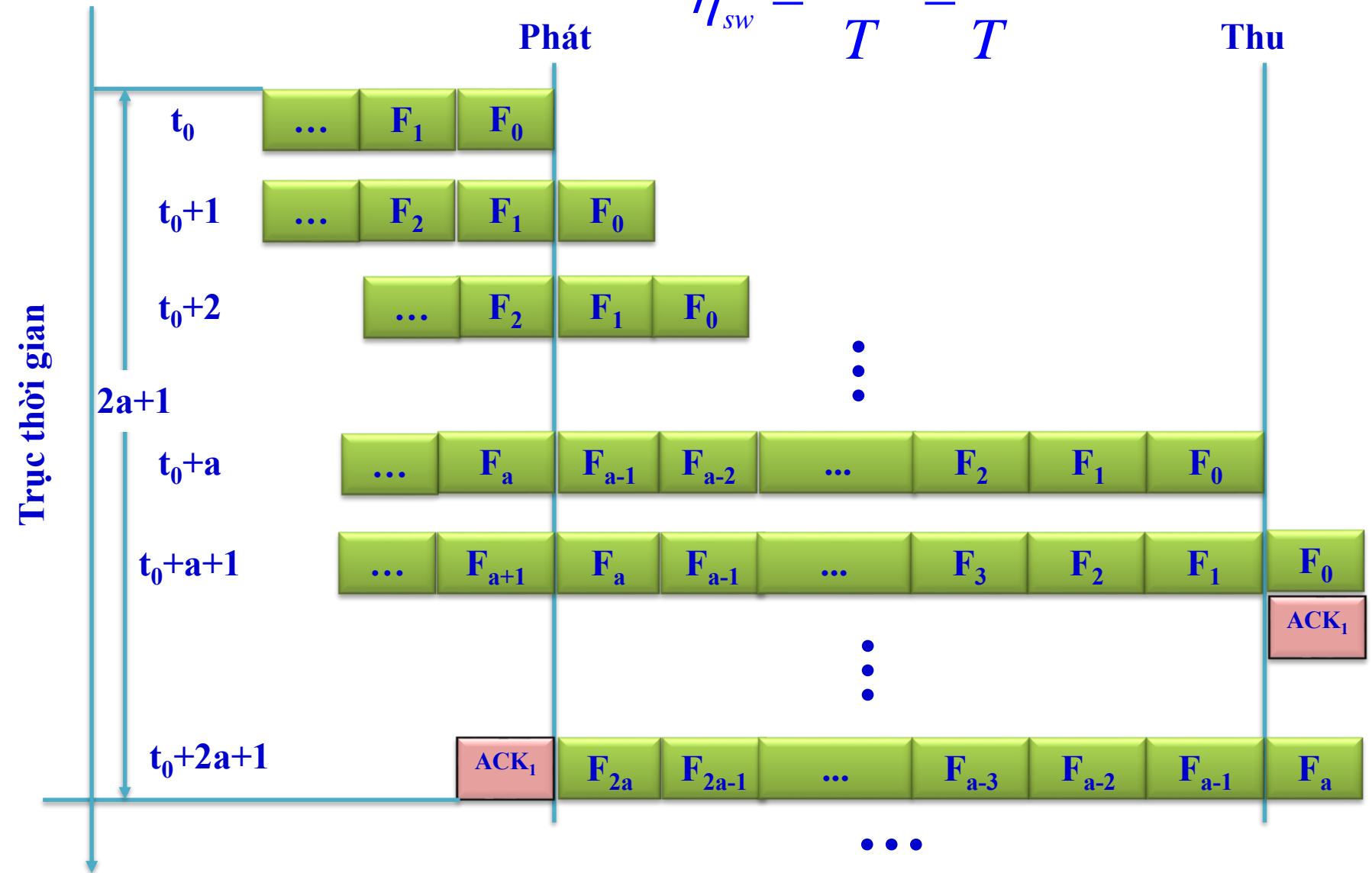
5.2.4 Phương pháp cửa sổ trượt (sliding window)

b. Hiệu suất: η_{sw}

- Chuẩn hóa thời gian:
 - Thời gian phát 1 khung tin $T_f = 1$ đơn vị thời gian (1 giây).
 - Thời gian trễ truyền dẫn $T_d = a$ đơn vị thời gian (a giây).

5.2.3 Phương pháp cửa sổ trượt (sliding window)

$$\eta_{sw} = \frac{nT_f}{T} = \frac{n}{T}$$



5.2.4 Phương pháp cửa sổ trượt (sliding window)

b. Hiệu suất



- Nếu $W < 2a + 1$: Bên phát đã phát hết W khung tin nhưng ACK_1 vẫn chưa nhận được. Lúc này : $\eta_{sw} = \frac{W}{2a+1}$
- Nếu $W \geq 2a+1$: Bên phát chưa phát hết W khung tin nhưng đã nhận được ACK_1 . Bên phát vẫn tiếp tục phát tin mà không dừng. Chu trình chỉ hoàn thành khi $W=0$. Trường hợp này ta có: $\eta_{sw} = 1$
- Vậy
$$\eta_{sw} = \begin{cases} \frac{W}{2a+1} & \text{Nếu: } W < 2a+1 \\ 1 & \text{Nếu: } W \geq 2a+1 \end{cases}$$

5.3 Kiểm soát lỗi

- Khái niệm kiểm soát lỗi
- Phương pháp phát hiện lỗi
- Các kỹ thuật yêu cầu tự động phát lại

5.3.1 Khái niệm kiểm soát lỗi

- Là thực hiện việc điều khiển luồng trong môi trường có lỗi.
- Muốn kiểm soát lỗi thì trước tiên phải: phát hiện lỗi → sửa lỗi.



5.3.2 Phương pháp phát hiện lỗi



- Dùng phương pháp kiểm tra mã dư vòng CRC
 - Bên phát: giả sử thông báo bên phát $M(x)$ (dạng nhị phân)
 - + Bước 1: Chuyển đa thức sinh $G(x)$ có bậc n sang dạng nhị phân
 - + Bước 2: $\frac{M(x) \cdot x^n}{G(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{G(x)}$ tìm dư (sử dụng phép XOR)
 - + Bước 3: Tính:

$$T(x) = M(x) \cdot x^n + R(x)$$

$T(x)$ chính là thông báo cần phát đi.

5.3.2 Phương pháp phát hiện lỗi

- Bên thu: Giả sử chuỗi bit thu được là $T'(x)$

+ Bước 1: Tính

$$\frac{T'_x}{G_x} = Q'_x + \frac{R'_x}{G_x}$$

+ Bước 2: Tính $R'(x)$

Nếu $R'(x) = 0$ thì $T(x)$ là không bị sai.

Nếu $R'(x) \neq 0$ thì $T(x)$ nhận được là bị sai.

5.3.2 Phương pháp phát hiện lỗi

1. Giả sử 2 bên sử dụng đa thức sinh $G(x) = x^5 + x^4 + x^2 + 1$. Được sử dụng trong việc kiểm tra lỗi. Hãy tính chuỗi bit phát đi nếu thông báo cần truyền là 1010.1010.1010.
2. Giả sử 2 bên sử dụng đa thức sinh $G(x) = x^5 + x^4 + x^2 + 1$. Được sử dụng trong việc kiểm tra lỗi. Hãy kiểm tra chuỗi bit 1010.1010.1010.01010 nhận được ở bên thu

Ví dụ 1: Tính chuỗi bit phát đi

$$M(x) = 101010101010$$

110101

+ Bước 1: $G(x) = x^5 + x^4 + x^2 + 1$ bậc $n=5$

+ Bước 2: Tính $\frac{M \cdot x^n}{G(x)}$ sử dụng phép tính XOR lấy dư.

$$M(x) \cdot x^n = 101010101010.100000$$

$$= 10101010101000000$$

$$\begin{array}{r}
 \oplus \begin{array}{r} 101010101010000000 \\ 110101 \end{array} \quad \left| \begin{array}{r} 110101 \end{array} \right. \\
 \hline
 \oplus \begin{array}{r} 111111 \\ 110101 \end{array} \\
 \hline
 \oplus \begin{array}{r} 101001 \\ 110101 \end{array} \\
 \hline
 \oplus \begin{array}{r} 111000 \\ 110101 \end{array} \\
 \hline
 \oplus \begin{array}{r} 110110 \\ 110101 \end{array} \\
 \hline
 \oplus \begin{array}{r} 110000 \\ 110101 \end{array} \\
 \hline
 1010
 \end{array}$$

$$R(x) = 1010$$

+ Bước 3: Tính $T(x)$

$$T(x) = M(x).x^n + R(x)$$

$$= 10101010101000000 + 1010$$

$$= 10101010101001010$$

$T(x)$ chính là thông báo cần phát đi.

Ví dụ 2: kiểm tra chuỗi bit bên thu

$$T'(x) = 10101010101001010$$

110101

$$+ G(x) = x^5 + x^4 + x^2 + 1 \text{ bậc } n=5$$

+ Tính $\frac{T' \cdot x}{G(x)}$ sử dụng phép tính XOR lấy phần dư.

$$\begin{array}{r}
 \oplus \begin{array}{r} 10101010101001010 \\ 110101 \end{array} \quad \left| \begin{array}{r} 110101 \end{array} \right. \\
 \hline
 \oplus \begin{array}{r} 111111 \\ 110101 \end{array} \\
 \hline
 \oplus \begin{array}{r} 101001 \\ 110101 \end{array} \\
 \hline
 \oplus \begin{array}{r} 111000 \\ 110101 \end{array} \\
 \hline
 \oplus \begin{array}{r} 110110 \\ 110101 \end{array} \\
 \hline
 \oplus \begin{array}{r} 110101 \\ 110101 \end{array} \\
 \hline
 00
 \end{array}$$

$R(x) = 0$: chuỗi bit nhận được bên thu là đúng

5.3.3 Các kỹ thuật yêu cầu tự động phát lại

- ARQ dừng và đợi (Stop and Wait ARQ)
- ARQ trở lại N (Go back N ARQ)
- ARQ phát lại có lựa chọn (Selective repeat ARQ)

5.3.3.1 ARQ dừng và đợi

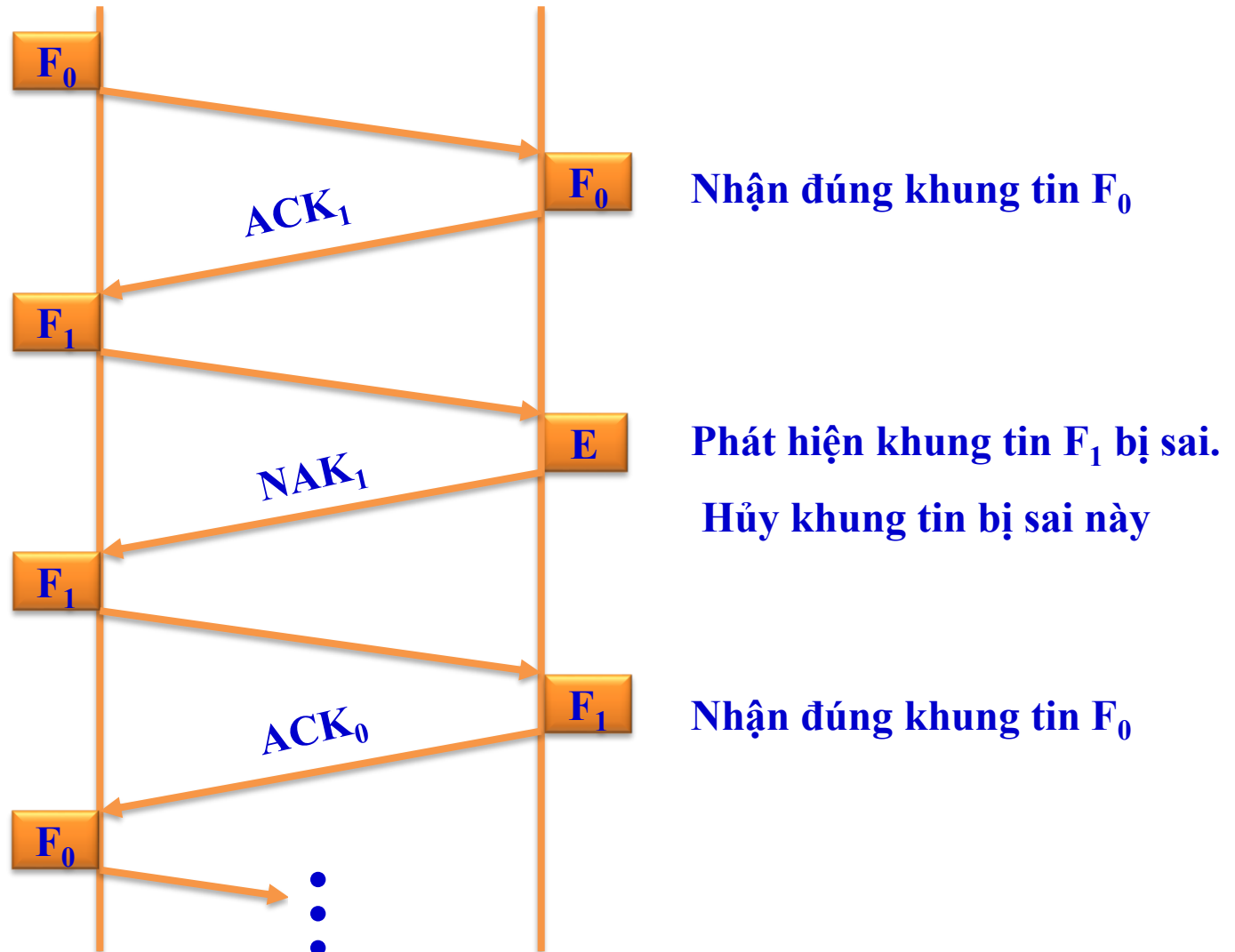
a. Hoạt động

Dựa trên nguyên lý của kỹ thuật điều khiển luồng theo kiểu dừng và đợi:

- Khi không có lỗi, phía thu gửi ACK bình thường cho phía phát.
- Khi nhận được 1 khung tin bị sai, phía thu sẽ gửi cho phía phát 1 NAK, đồng thời hủy khung tin bị sai vừa nhận được.
- Khi nhận được NAK phía phát thực hiện phát lại khung tin đã phát trước đó.

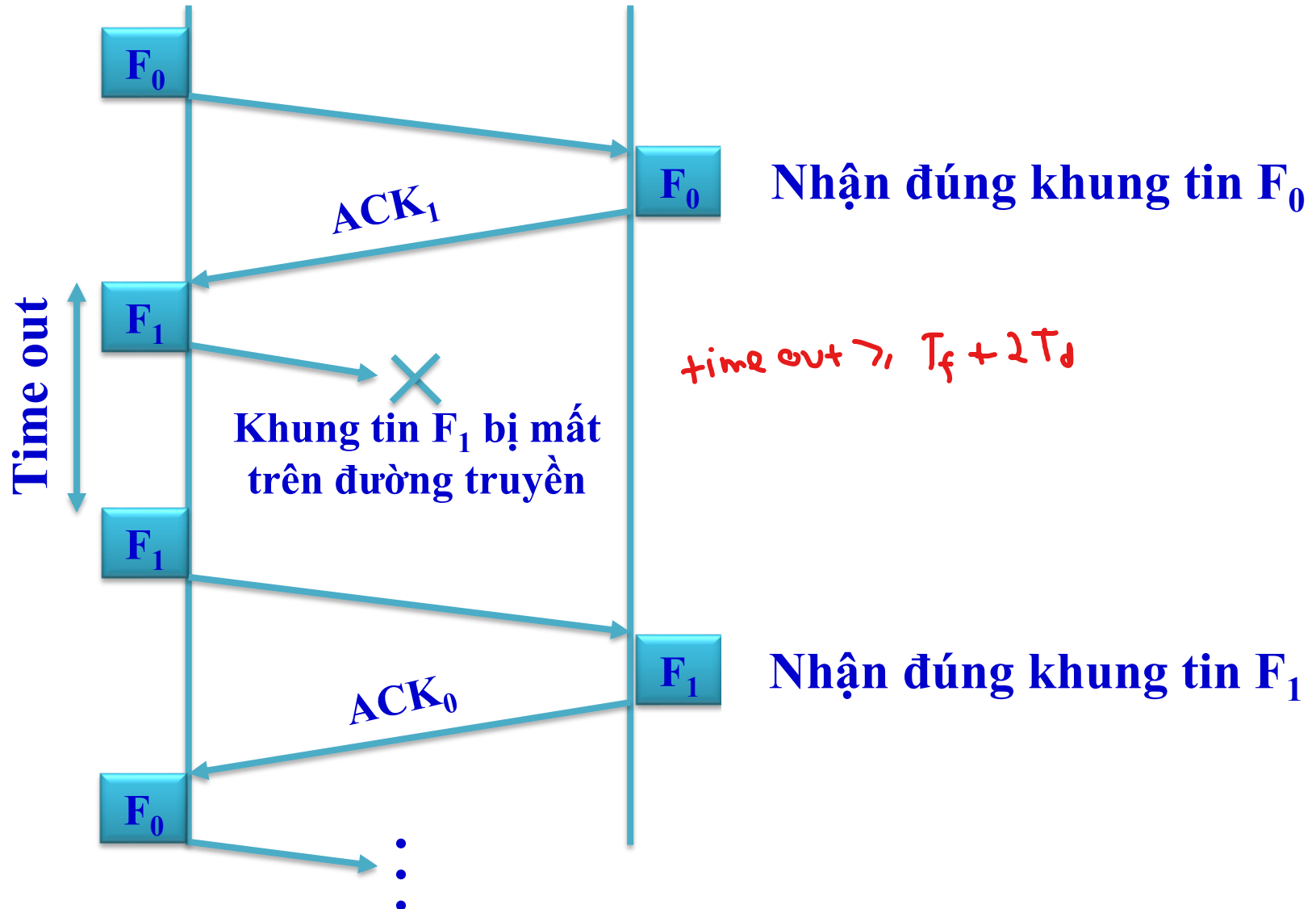
5.3.3.1 ARQ dừng và đợi

Khung tin nhận được bị lỗi



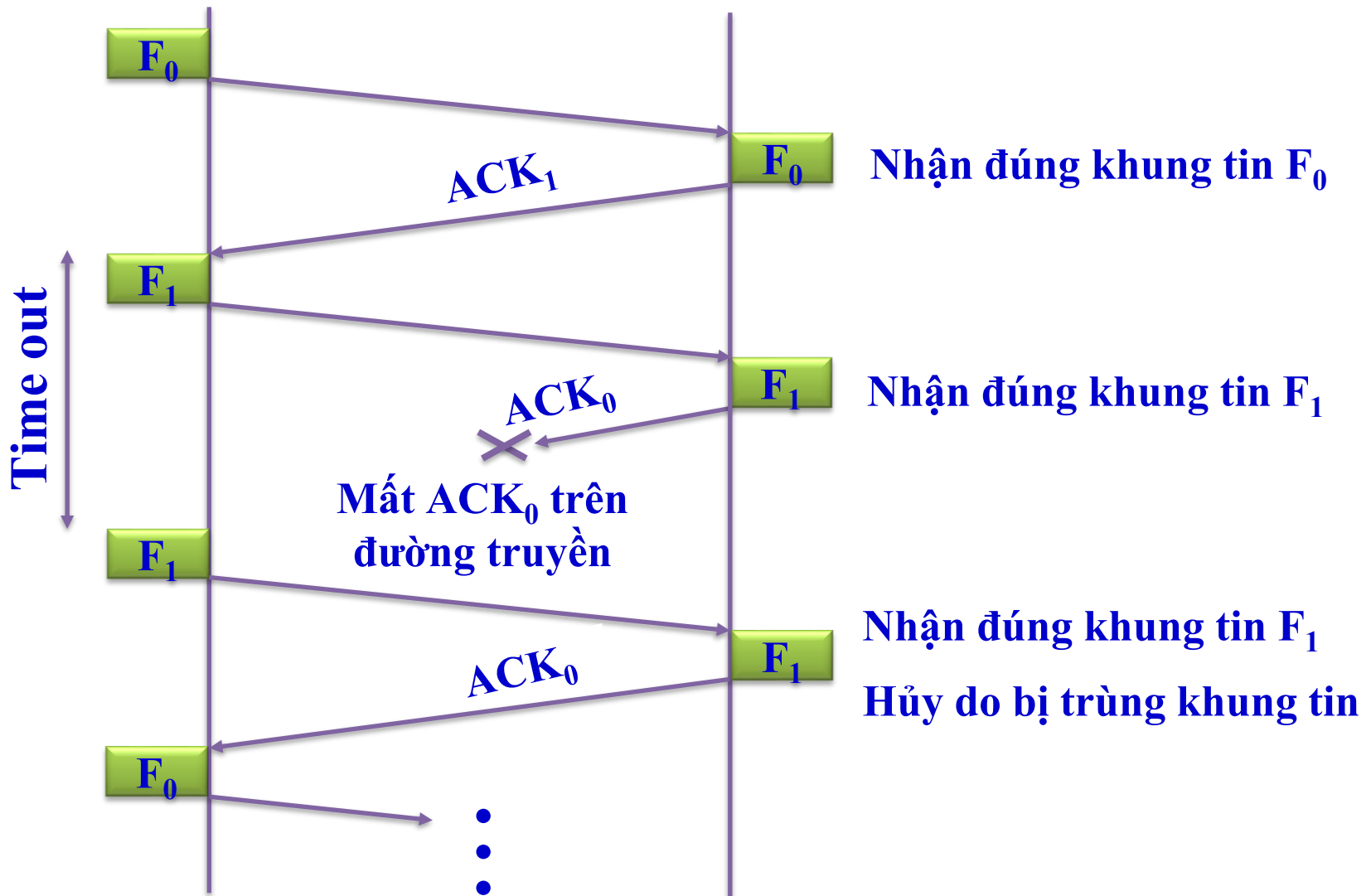
5.3.3.1 ARQ dừng và đợi

Mất khung tin trên đường truyền



5.3.3.1 ARQ dừng và đợi

Mất ACK trên đường truyền



5.3.3.1 ARQ dừng và đợi

Mất NAK trên đường truyền



5.3.3.1 ARQ dừng và đợi

b. Hiệu suất. $\eta_{\text{SAW-ARQ}}$

- Gọi P_b là xác suất lỗi bit $0 \leq P_b \leq 1$.
- Gọi P_f là xác suất lỗi khung tin: $P_f \approx l \cdot P_b$, với l là độ dài khung tin.
- Gọi N_r ($1 \leq N_r \leq \infty$) là số khung tin trung bình phải truyền cho đến khi thành công.

$$\text{BER} = \frac{k}{N}$$

k: tổng bit lỗi
N: tổng bit truyền

$$N \rightarrow \infty \Rightarrow P_b \rightarrow \text{BER}$$

$$P_b \approx \text{BER}$$

$$\eta_{\text{thực tế}} = \frac{\eta_{\text{lý tưởng}}}{N_r} \Rightarrow \eta_{\text{SAW-ARQ}} = \frac{\eta_{\text{SAW}}}{N_r} = \frac{1}{1 + 2a \cdot N_r}$$

5.3.3.1 ARQ dừng và đợi

Tính N_r :

- Giả sử cần truyền khung tin đến lần thứ i mới thành công ($1 \leq i \leq \infty$)
- Xác suất truyền đúng khung tin ở lần i : $P(i) = P_f^{i-1} (1 - P_f)$ ⓘ
- Số khung tin phải truyền cho đến lần thứ i là $f(i) = i$ (khung tin).
- Ta có:
$$N_r = \sum_{i=1}^{\infty} f(i)P(i) = \sum_{i=1}^{\infty} i \cdot p_f^{i-1} (1 - p_f) = \frac{1}{1 - P_f}$$
- vậy:

$$\eta_{\text{SAW-ARQ}} = \frac{1 - P_f}{1 + 2a}$$



5.3.3.2 ARQ trở lại N

a. Hoạt động

Dựa trên nguyên lý kỹ thuật điều khiển luồng theo kiểu cửa sổ trượt

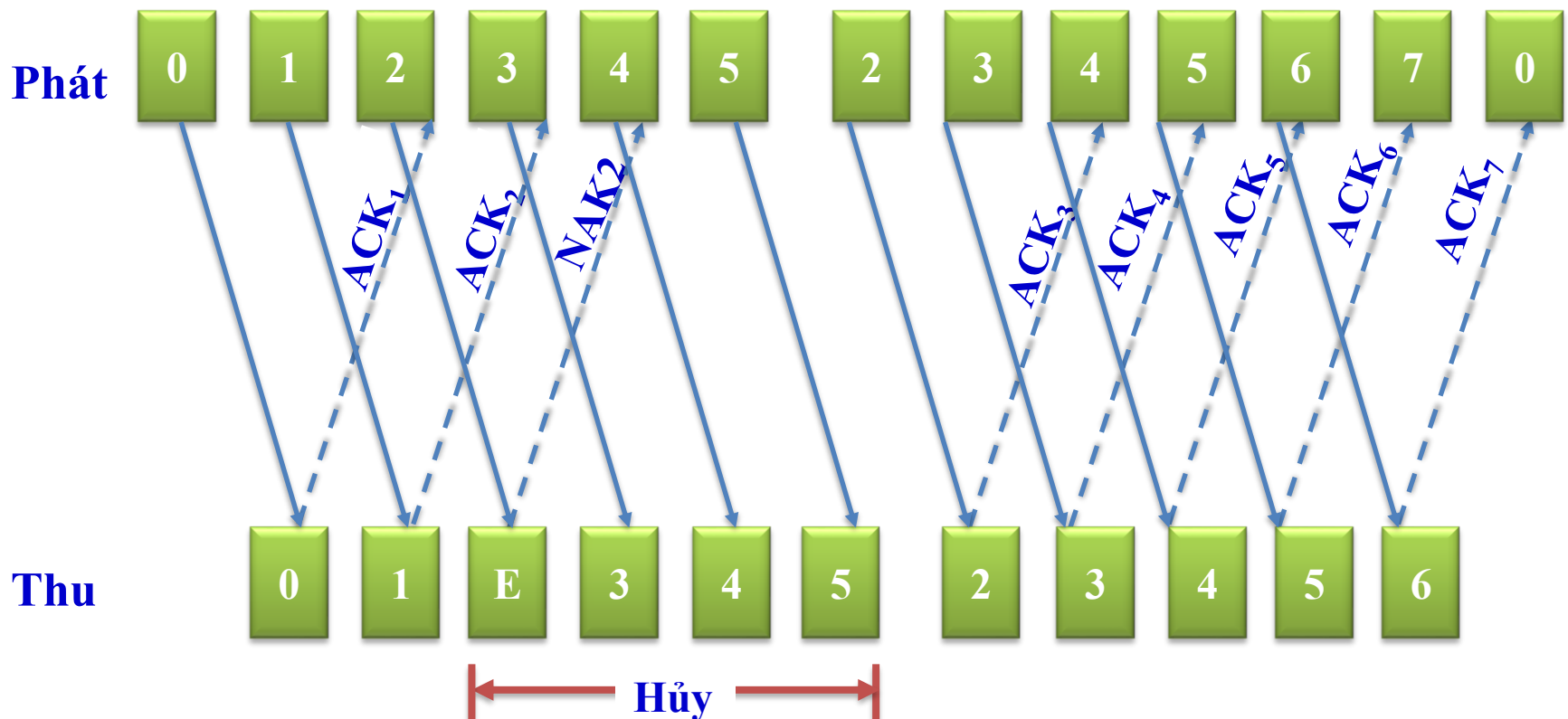
- Khi không có lỗi phía thu gửi ACK bình thường cho phía phát.
- Khi phía thu phát hiện 1 khung tin nào đó bị sai thì phía thu sẽ gửi 1 NAK, đồng thời hủy tất cả các khung tin tính từ khung tin bị sai trở đi.
- Khi phía phát nhận được NAK sẽ thực hiện phát lại các khung tin tính từ khung tin vừa phát tính từ khung tin bị sai.

5.3.3.2 ARQ trở lại N

Dùng $k=3$ bit để đánh số thứ tự cho các khung tin, $W=6$

Trường hợp 1: Lỗi khung tin

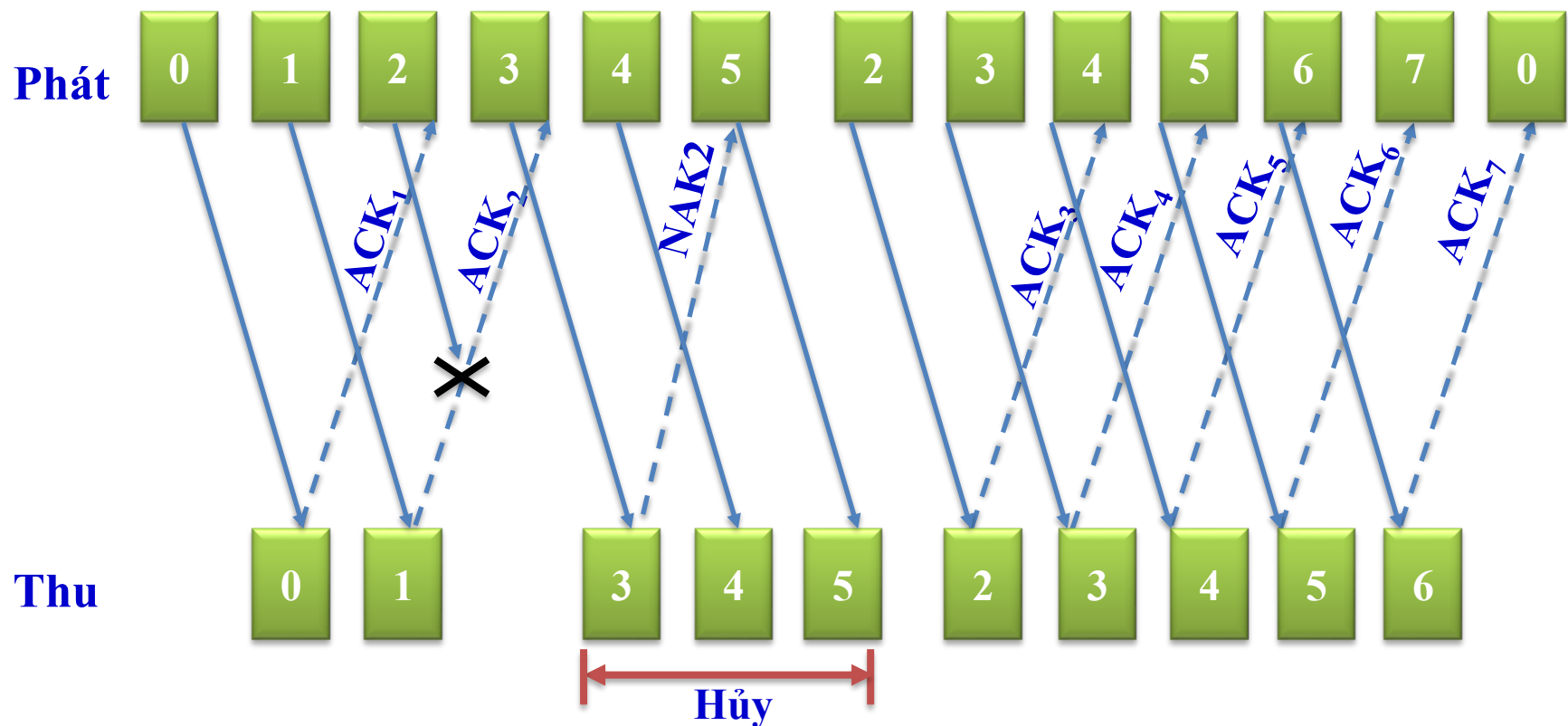
Khung tin thứ i bị lỗi và phía thu nhận đúng khung tin $i-1$ trở về trước.



5.3.3.2 ARQ trở lại N

Trường hợp 1: Lỗi khung tin

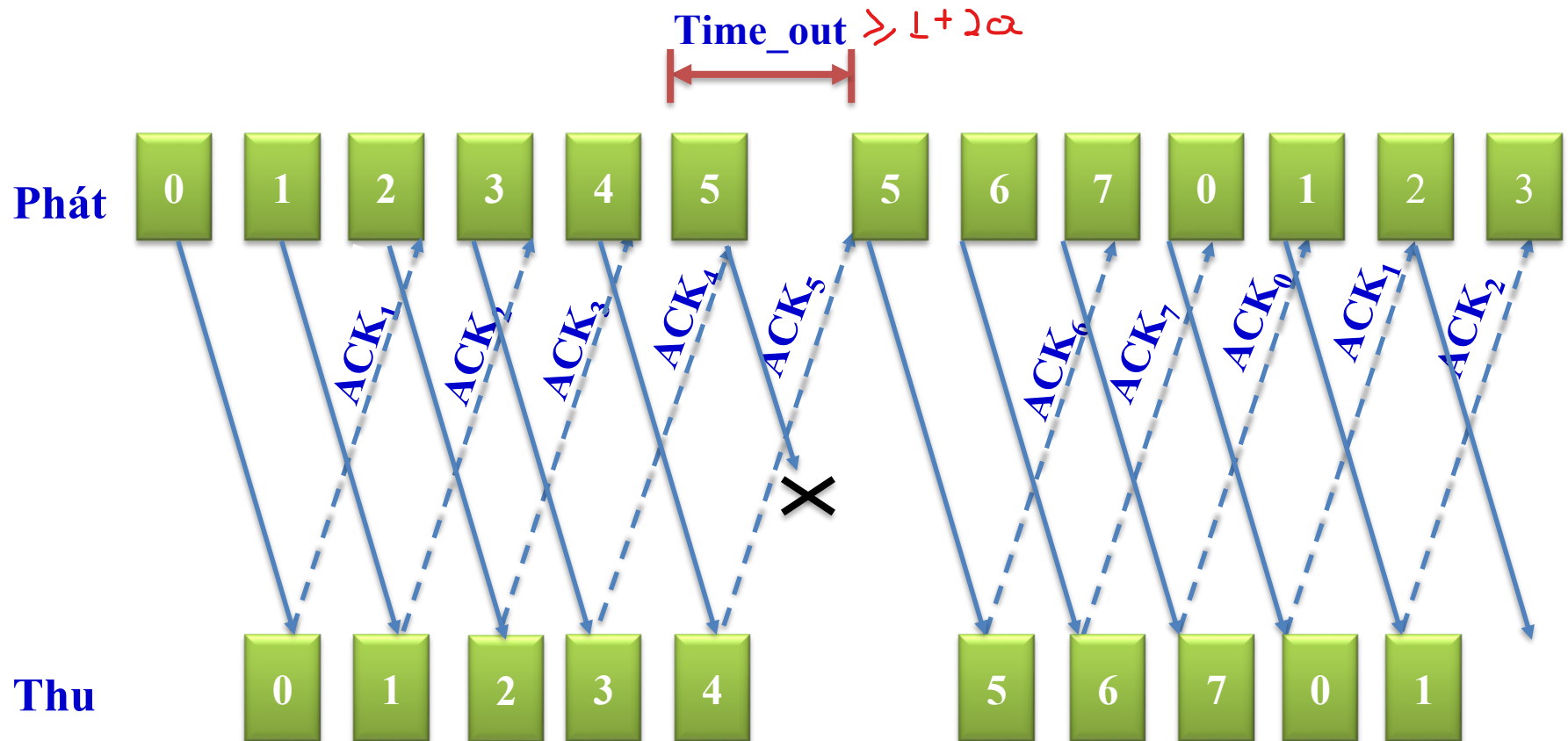
Khung tin i bị mất trên đường truyền và khung tin $i+1$ đã nhận được



5.3.3.2 ARQ trở lại N

Trường hợp 1: Lỗi khung tin

Khung tin i bị mất trên đường truyền và phía phát không phát thêm khung tin nào nữa.



5.3.3.2 ARQ trở lại N

- Trường hợp 2: ACK bị mất trên đường truyền.

Phía thu gửi ACK_{i+1} để báo nhận đúng cho khung tin i và ACK_{i+1} bị mất trên đường truyền.

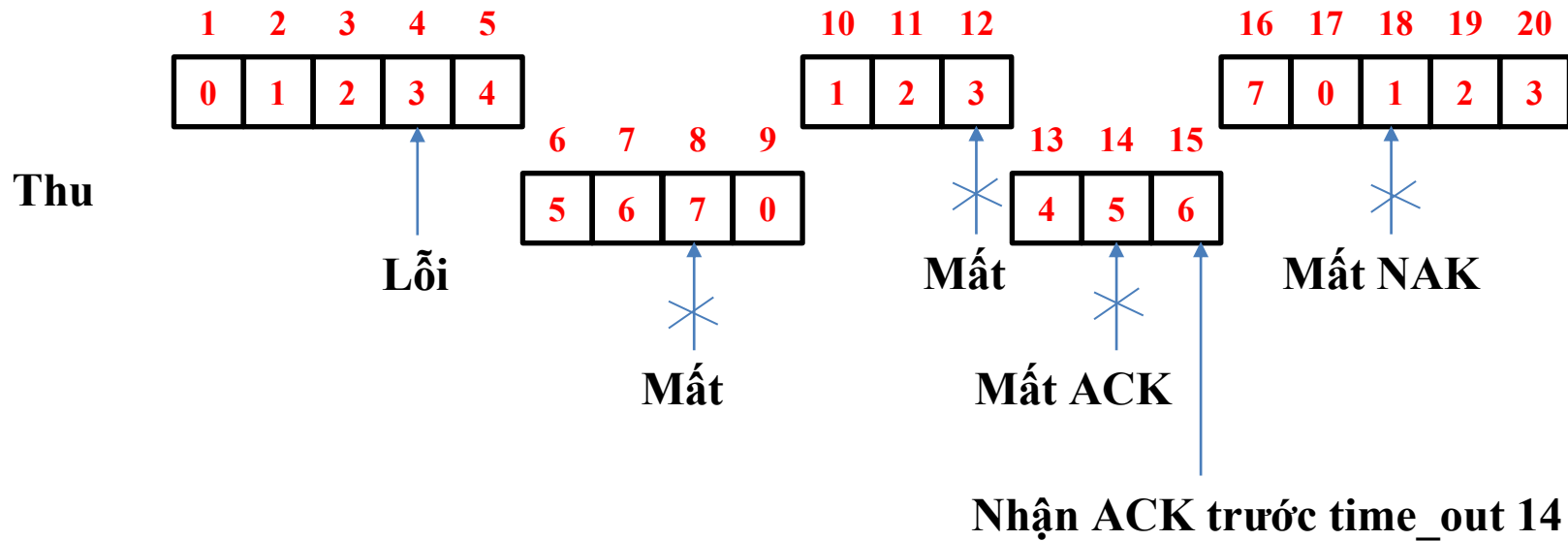
- Trường hợp 3: NAK bị mất trên đường truyền.

Phía thu gửi NAK_i để báo lỗi cho khung tin i và NAK_i bị mất trên đường truyền.

Ví dụ: Thực hiện quá trình truyền tin sau theo phương pháp ARQ trở lại N

$k = 3$ bit, $W = 7$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Phát	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3



5.3.3.2 ARQ trở lại N

b. Hiệu suất

$$\eta_{GBN_ARQ} = \begin{cases} \frac{W}{(2a+1)N_r} & \text{Nếu: } W < 2a+1 \\ \frac{1}{N_r} & \text{Nếu: } W \geq 2a+1 \end{cases}$$

- N_r là số khung tin phải truyền cho đến khi truyền thành công ($1 \leq N_r \leq \infty$)
- P_f là xác suất truyền lỗi khung tin ($0 \leq P_f \leq 1$)
- Giả sử khi truyền lỗi phía phát phải truyền lại k khung tin ($1 \leq k \leq W$)

5.3.3.2 ARQ trở lại N

- Giả sử truyền đến lần thứ i mới thành công ($1 \leq i \leq \infty$).
- Số khung tin phải truyền cho đến lần thứ i là: ?

$$f_i = (i-1)k + 1$$

đầu lỗi
truyền lại 1 khung

- Xác suất truyền đúng ở lần thứ i là:

$$P(i) = P_f^{i-1} (1 - P_f)$$

- $\Rightarrow N_r = \sum_{i=1}^{\infty} f_i P(i) = \sum_{i=1}^{\infty} [(i-1)k + 1] P_f^{i-1} (1 - P_f)$?

$$N_r = 1 - k + \frac{k}{1 - P_f}$$

5.3.3.2 ARQ trở lại N

Tính k:

- Giả sử phía phát luôn đủ dữ liệu để phát và chỉ dừng lại khi $W=0$.
- Nếu $W < 2a+1$: Khi phía phát phát xong W khung thì NAK (ACK) mới đến được bên phát, do đó: $k = W$.
- Nếu $W \geq 2a+1$: Khi NAK(ACK) đến được bên phát thì bên phát phát đi $\approx 2a+1$ khung. Do đó: $k \approx 2a+1$.

Vậy

$$N_r = \begin{cases} \frac{1 - P_f + W \cdot P_f}{1 - P_f}; W < 2a + 1 \\ \frac{1 + 2a \cdot P_f}{1 - P_f}; W \geq 2a + 1 \end{cases}$$
$$\eta_{GBR-ARQ} = \begin{cases} \frac{W}{1 + 2a} \frac{1 - P_f}{1 - P_f + W \cdot P_f}; W < 2a + 1 \\ \frac{1 - P_f}{1 + 2a P_f}; W \geq 2a + 1 \end{cases}$$

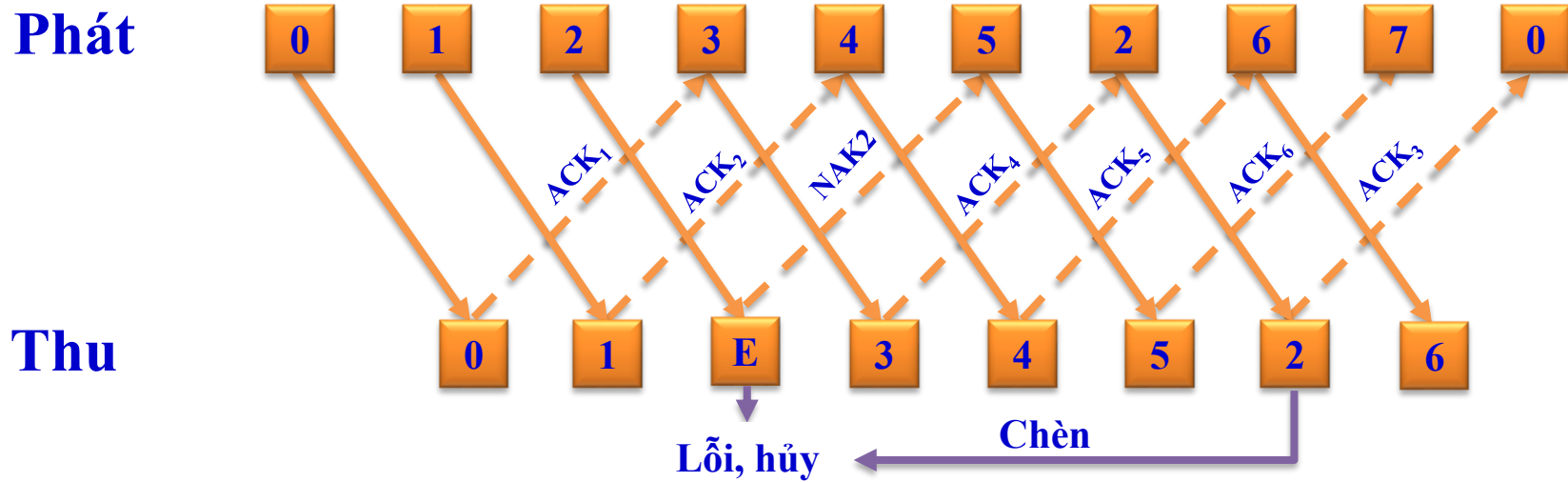
5.3.3.4 ARQ phát lại có lựa chọn

a. Hoạt động.

- Dựa trên nguyên lý điều khiển luồng theo kiểu cửa sổ trượt.
- Khi không có lỗi phía thu gửi ACK bình thường cho phía phát.
- Khi phía thu phát hiện 1 khung tin sai, sẽ gửi 1 NAK báo lỗi khung tin bị sai đó đồng thời hủy khung tin bị sai vừa nhận được.
- Phía phát nhận được NAK sẽ phát lại khung tin có số hiệu tương ứng khung tin vừa nhận được.

5.3.3.4 ARQ phát lại có lựa chọn

Ví dụ: dùng $k = 3$ bit để đánh số thứ tự cho các khung tin. $W=6$



5.3.3.4 ARQ phát lại có lựa chọn

b. hiệu suất η_{SR_ARQ}

- Tính tương tự kỹ thuật ARQ trở lại N thay k=1.
- Ta có: $N_r = \frac{1}{1 - P_f}$
- Vậy: $\eta_{SR_ARQ} = \begin{cases} \frac{(1 - P_f)}{1 + 2a} & \text{Nếu } W < 1 + 2a \\ 1 - P_f & \text{Nếu } W \geq 1 + 2a \end{cases}$

5.4 Điều khiển liên kết dữ liệu dùng giao thức HDLC

* Tự nghiên cứu tài liệu

5.4.1 Đặc tính của giao thức HDLC

5.4.2 Cấu trúc khung tin HDLC

5.4.3 Hoạt động của giao thức HDLC