

CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.1. Cấu hình đường liên kết dữ liệu

5.2. Điều khiển luồng dữ liệu

5.3. Kiểm soát lỗi

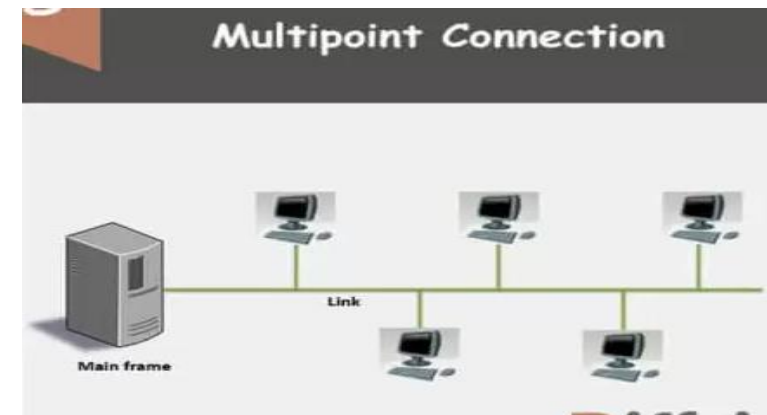
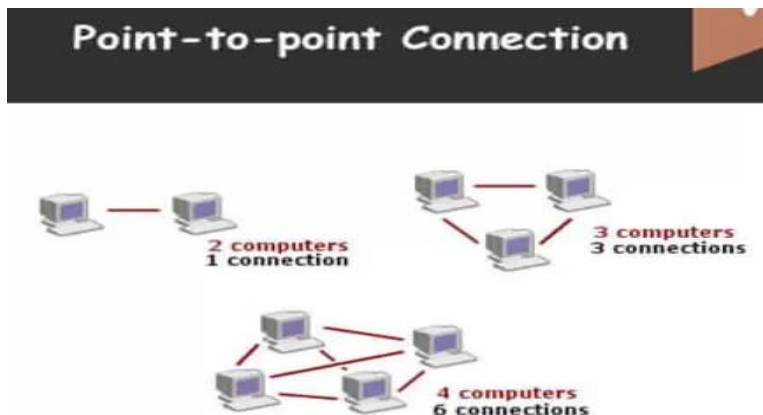
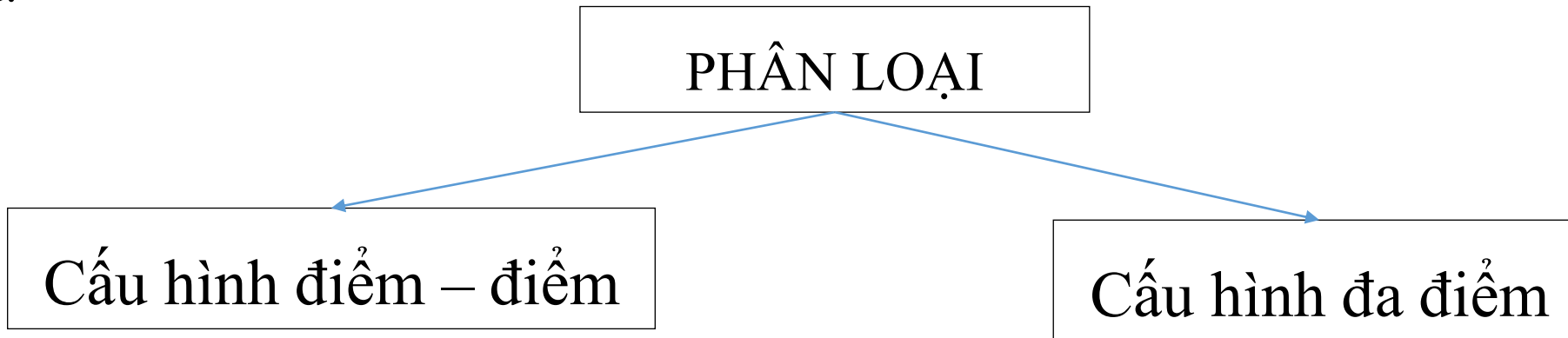
5.4. Điều khiển liên kết dữ liệu dùng giao thức HDLC

CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.1. Cấu hình đường liên kết dữ liệu

5.1.1 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.

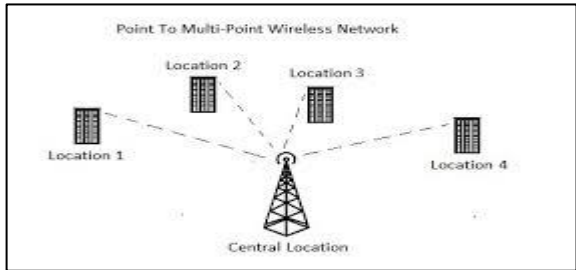


CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.1. Cấu hình đường liên kết dữ liệu

5.1.2 So sánh giữa điểm - điểm và đa điểm

Cơ sở để so sánh	Điểm - điểm	Đa điểm
Liên kết	Có liên kết chuyên dụng giữa hai thiết bị.	Liên kết được chia sẻ giữa nhiều hơn hai thiết bị.
Dung lượng kênh	Toàn bộ dung lượng của kênh được dành riêng cho hai thiết bị được kết nối.	Dung lượng của kênh được chia sẻ tạm thời giữa các thiết bị được kết nối với liên kết.
Máy phát và máy thu	Có một máy phát duy nhất và một máy thu duy nhất.	Có một máy phát duy nhất và nhiều máy thu.
Ví dụ	Role khung, sóng mang, X.25, v.v.	Role khung, vòng mã thông báo, Ethernet, ATM, v.v.



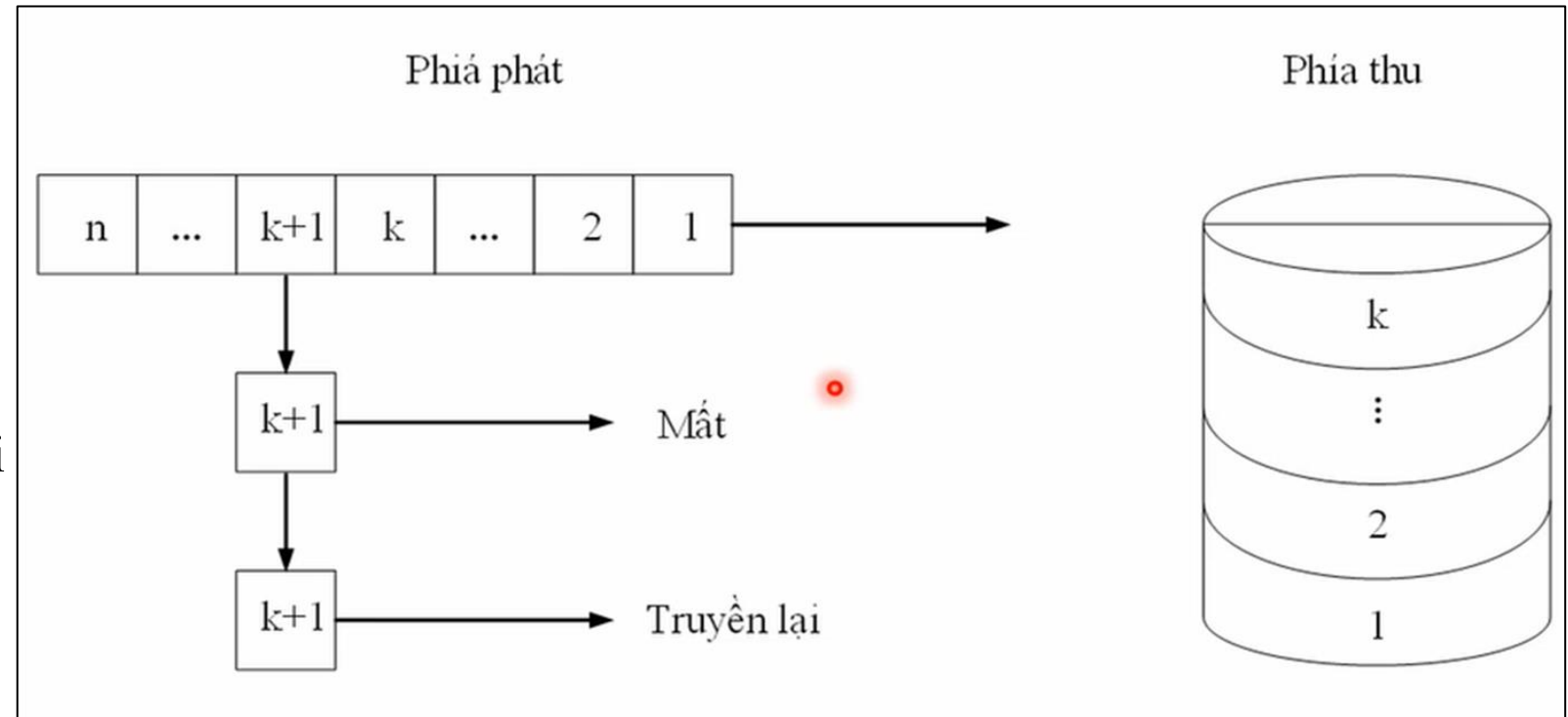
5.2. Điều khiển luồng dữ liệu

5.2.1 Giới thiệu

ĐIỀU KIỆN LUỒNG DỮ LIỆU?

❖ Giả thuyết:

- Mạng không kiểm soát.
- Môi trường truyền không có lỗi.
- Khi gói tin bị mất, phía phát phải thực hiện phát lại.



- Là kỹ thuật nhằm đảm bảo bên phát không làm tràn dữ liệu bên nhận
- Là kỹ thuật nhằm hạn chế tắc nghẽn và mất mát thông tin

CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.2. Điều khiển luồng dữ liệu

5.2.2 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



Điều khiển luồng theo kiểu dừng và đợi
(Stop and wait)

Điều khiển luồng theo kiểu cửa sổ trượt
(Sliding window).

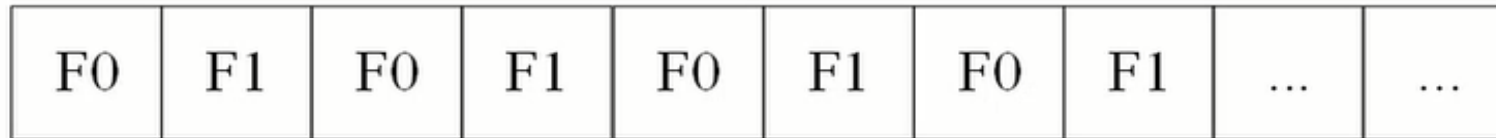
CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.2. Điều khiển luồng dữ liệu

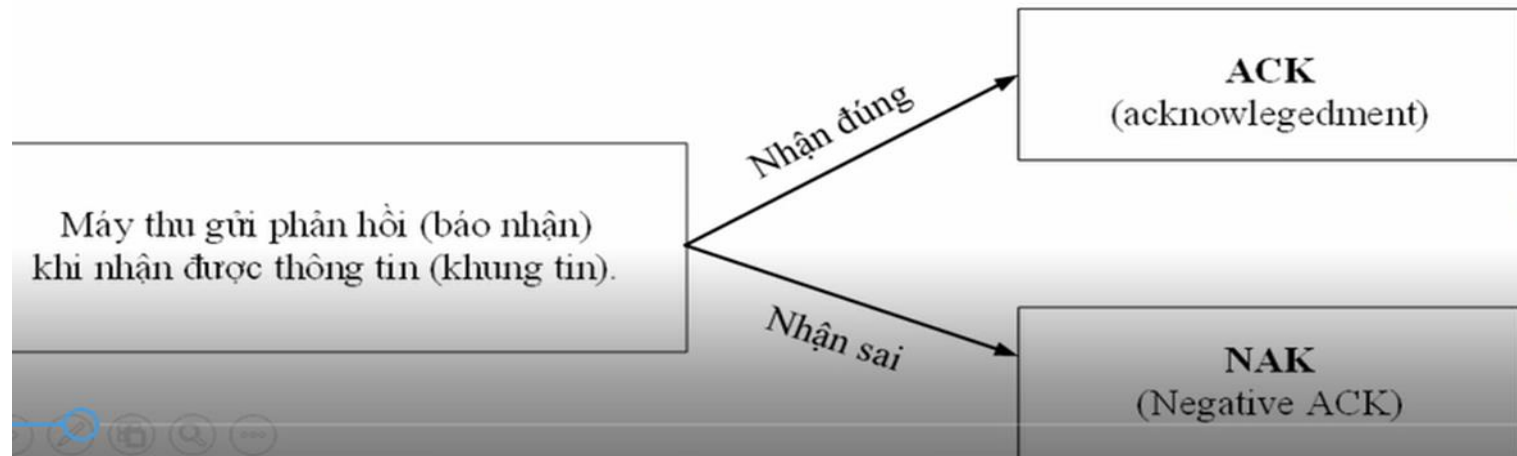
5.2.3. Điều khiển luồng dừng và đợi (*Stop and wait*)

a. Giới thiệu

Cấu trúc thông tin: Thông tin được chia thành các khung tin, dung 1 bit để đánh số TT khung



Cách báo nhận thông tin ở máy thu:

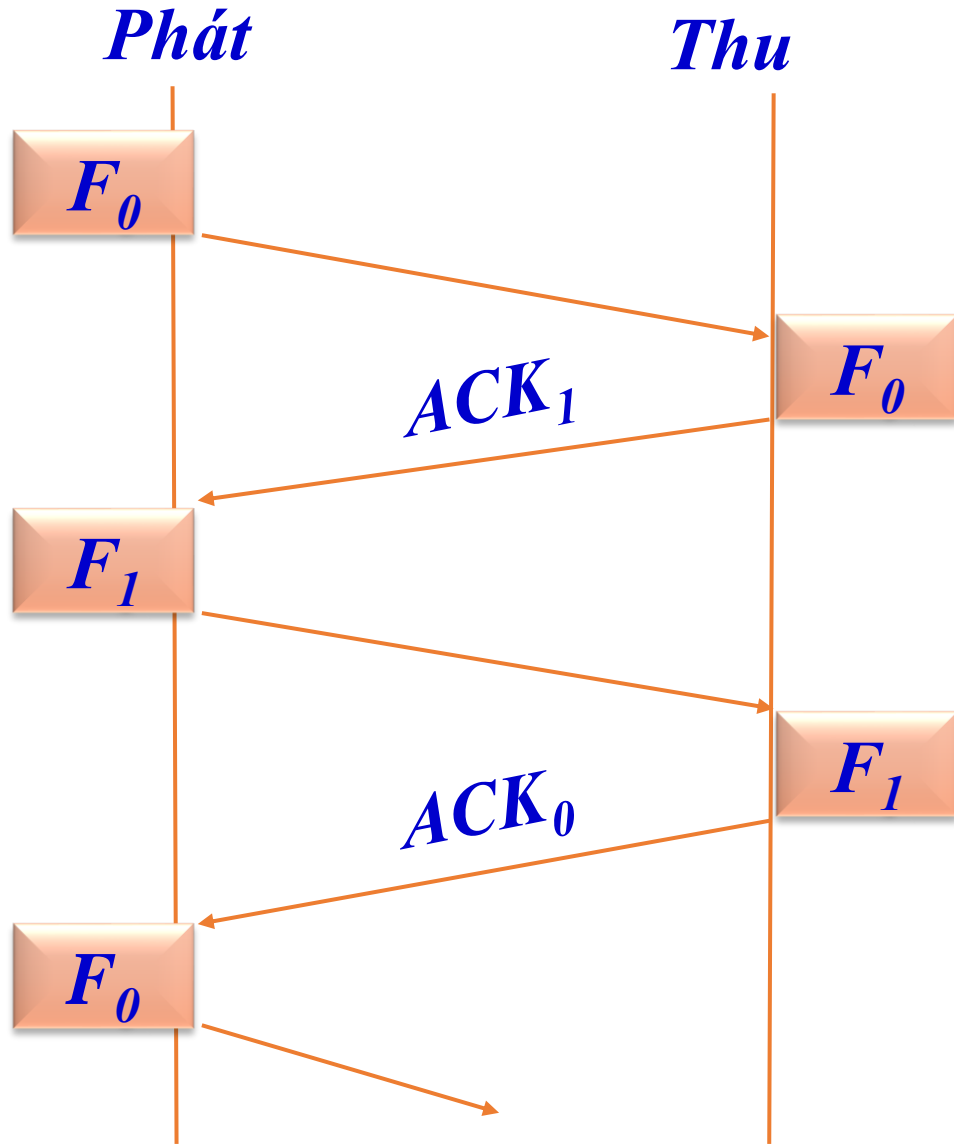


CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.2. Điều khiển luồng dữ liệu

5.2.3. Điều khiển luồng dừng và đợi (Stop and wait)

b. Nguyên tắc 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.

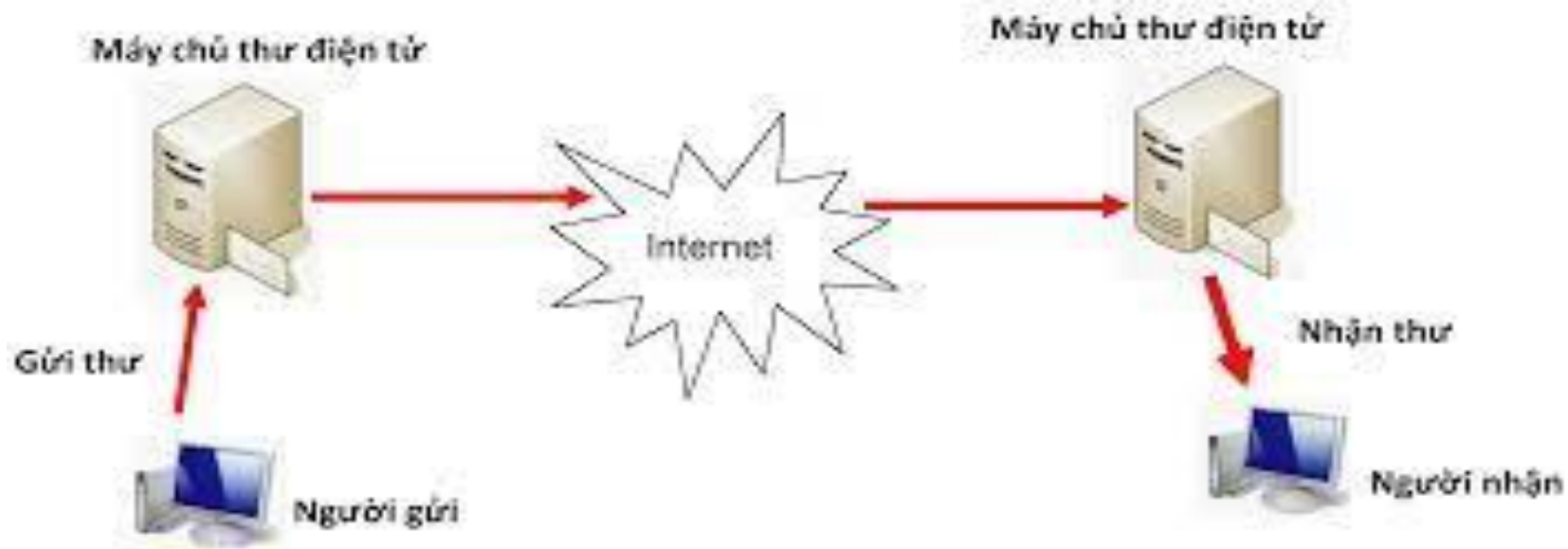
CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.2. Điều khiển luồng dữ liệu

5.2.3. Điều khiển luồng dừng và đợi (Stop and wait)

c. Hiệu suất η_{saw}

Tỉ lệ thời gian phía phát PHÁT XONG (T_f) lượng thông tin trên tổng thời gian cần thiết để TRUYỀN HẾT (T) (tính từ khi bắt đầu phát tin đến khi nhận được tin đó) lượng thông tin đó



5.2. Điều khiển luồng dữ liệu

5.2.3. Điều khiển luồng dừng và đợi (Stop and wait)

c. Hiệu suất η_{saw}

T_f : Thời gian **phát xong** một khung tin

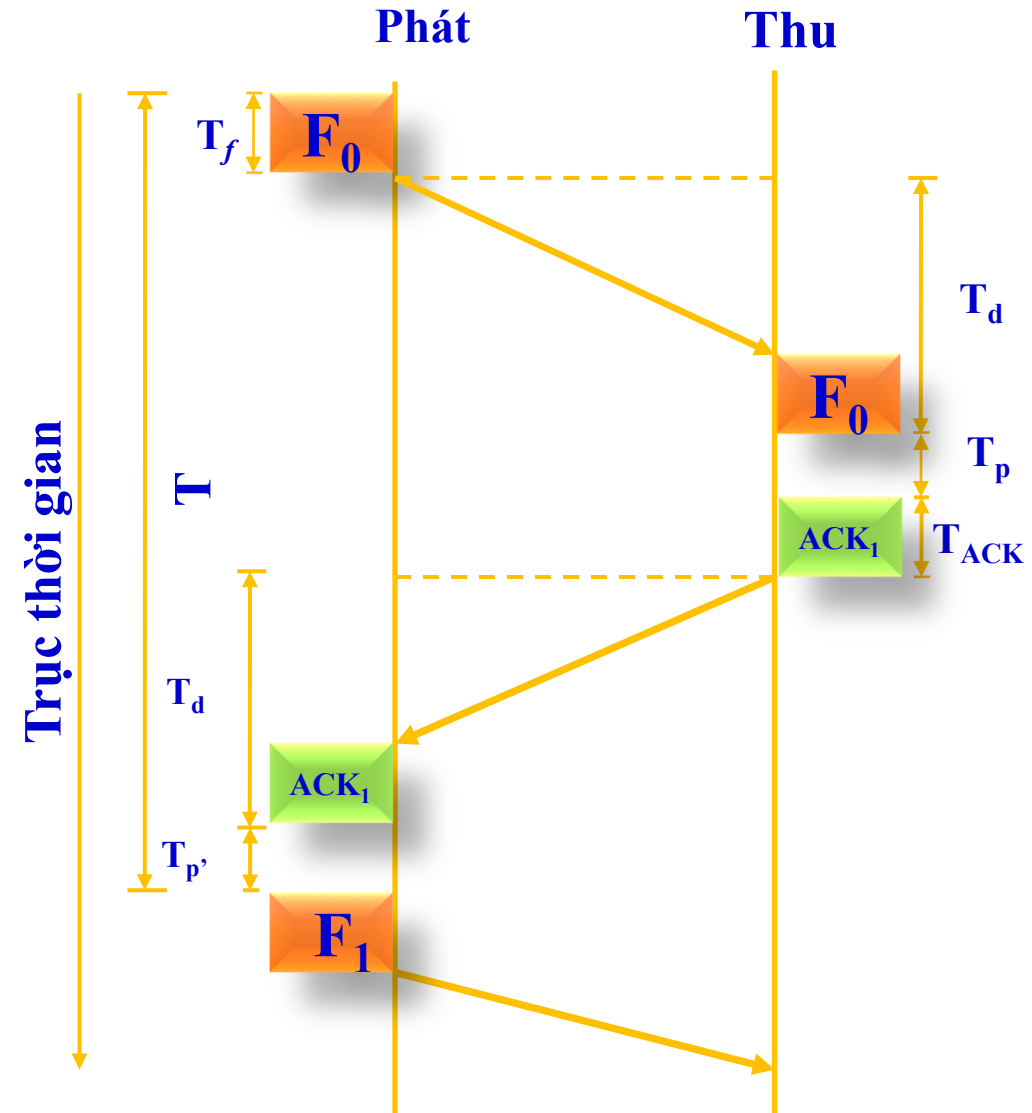
T_d : Thời gian trễ truyền dẫn một khung tin từ phát đến thu

T_p : Thời gian xử lý một khung tin

T_{ACK} : Thời gian truyền một ACK

$T_{p'}$: Thời gian xử lý một ACK

T : Tổng thời gian **truyền hết** một khung tin



CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.2. Điều khiển luồng dữ liệu

5.2.3. Điều khiển luồng dừng và đợi (Stop and wait)

c. Hiệu suất η_{saw}

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

T_f : Thời gian **phát xong** một khung tin

T : Tổng thời gian **truyền hết** một khung tin

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

$$a = \frac{T_d}{T_f} \quad \text{Vi: } T_f = \frac{l}{R}; \quad T_d = \frac{d}{v} \Rightarrow a = \frac{d.R}{v.l}$$

Lưu ý

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) ($c = 3.10^8\text{m/s}$; $v = 2.10^8\text{m/s}$).

$$\eta_{saw} = \frac{1}{1 + 2 \frac{d.R}{v.l}}$$

BÀI TẬP VỀ NHÀ

BT 5.1 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, vận tốc truyền sóng trong không khí là $3 \times 10^8 \text{ m/s}$, tốc độ truyền tin là 56 Kbps, khung có kích thước là 4000 bits.

BT 5.2 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, vận tốc truyền sóng trên cáp đồng là $2 \times 10^8 \text{ m/s}$, tốc độ truyền tin là 10 Mbps, khung có kích thước là 500 bits.

CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.2. Điều khiển luồng dữ liệu

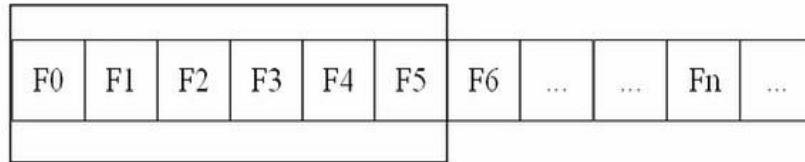
5.2.4. Điều khiển luồng cửa sổ trượt (sliding window)

a. Giới thiệu

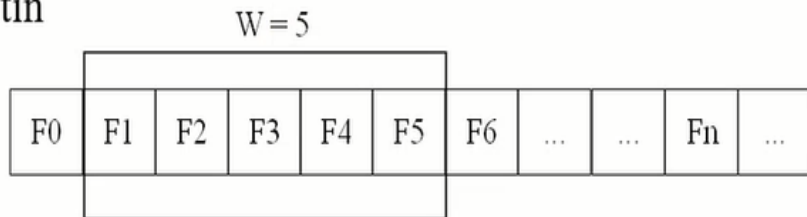
Sử dụng k bit đánh STT khung tin



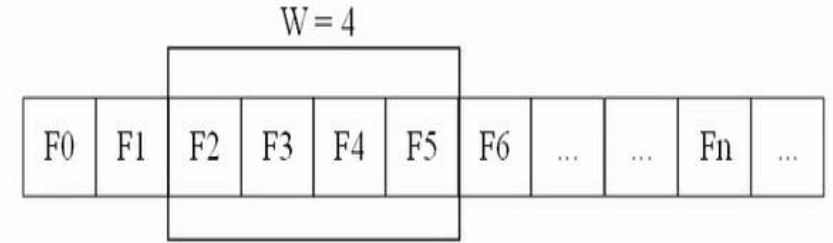
Chọn kích thước cửa sổ $W = 6$



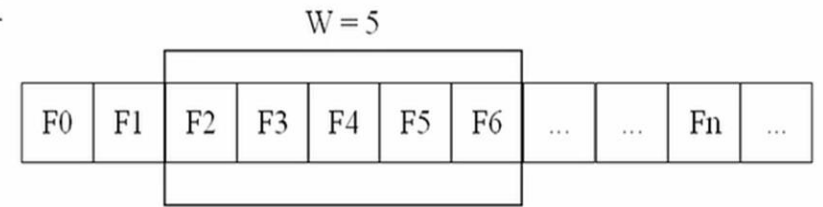
Phát 1 khung tin



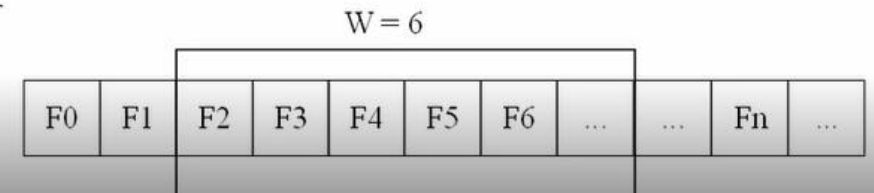
Phát 2 khung tin



Nhận 1 ACK



Nhận 2 ACK



CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

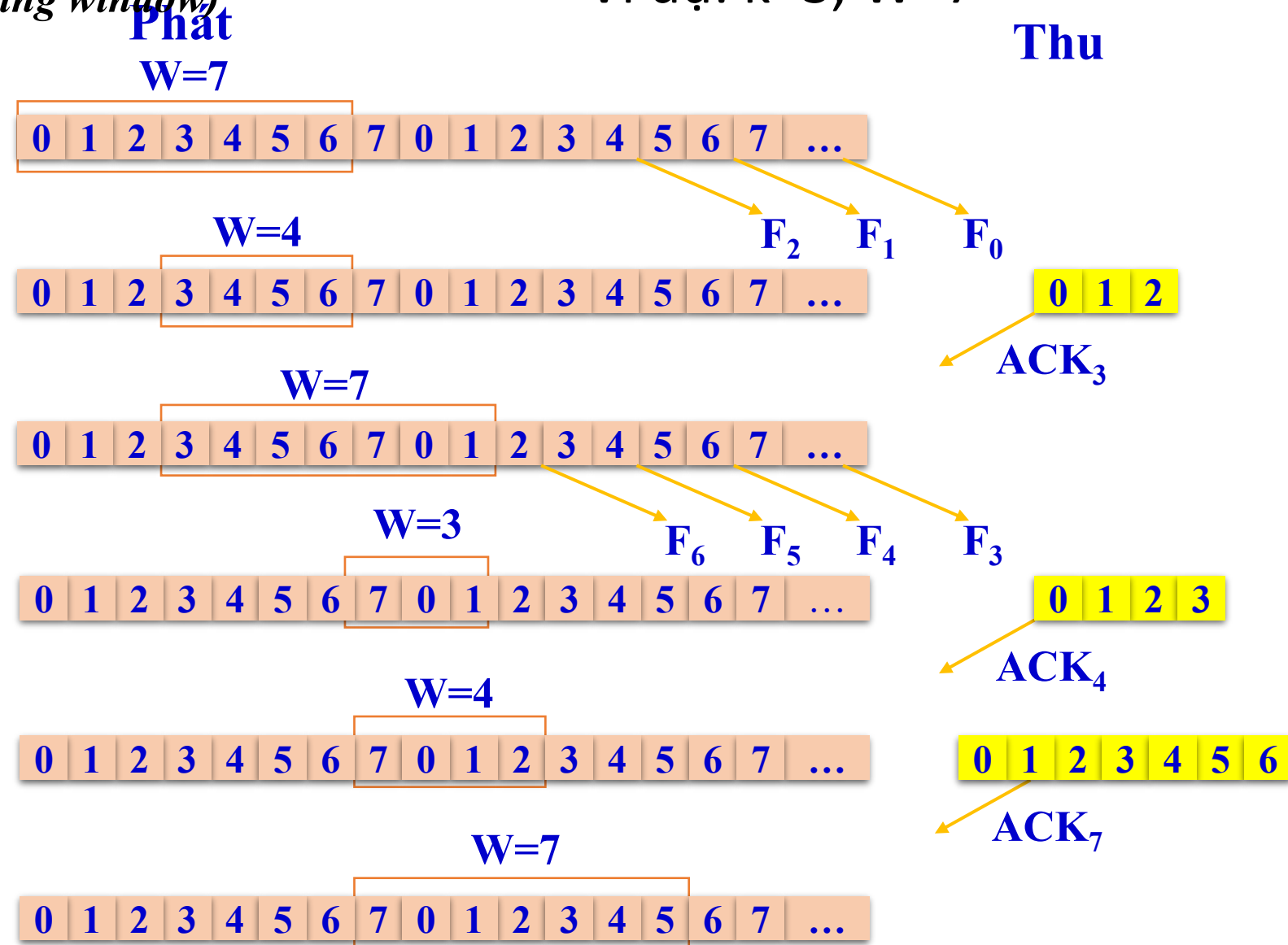
5.2. Điều khiển luồng dữ liệu

5.2.4. Điều khiển luồng cửa sổ trượt (sliding window)

• Ví dụ: $k=3$, $W=7$

b. Nguyên tắc 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: $0 \leq W \leq 2^k - 1$???



CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.2. Điều khiển luồng dữ liệu

5.2.4. Điều khiển luồng cửa sổ trượt (sliding window)

c. Hiệu suất η_{sw}

- Theo điều khiển luồng dừng và đợi:

$$a = \frac{T_d}{T_f}$$

- Chuẩn hóa thời gian:

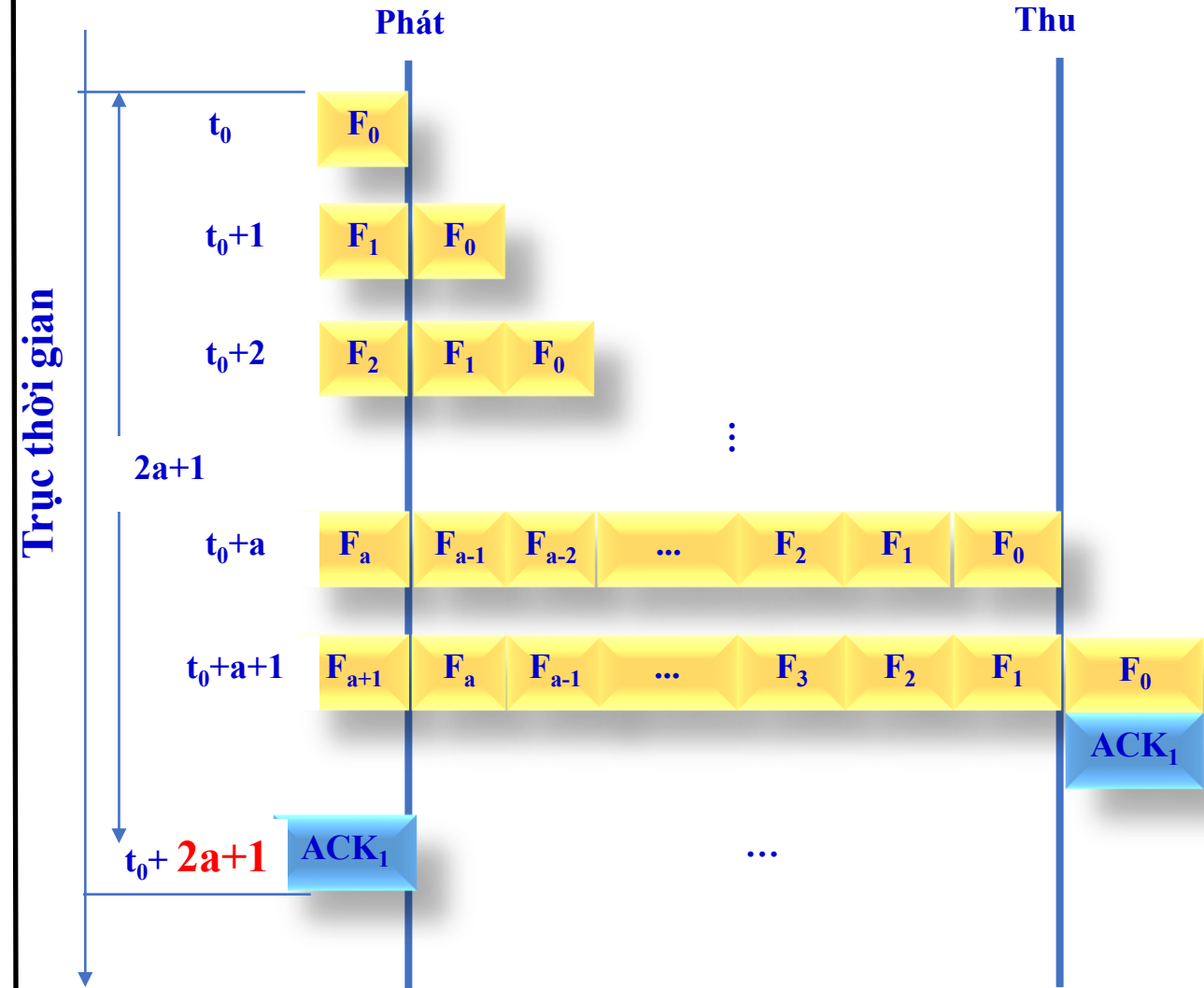
-Thời gian phát một khung tin $T_f = 1$ đơn vị thời gian (1 giây).

-Thời gian trễ truyền dẫn $T_d = a$ đơn vị thời gian (a giây).

- Gọi t_0 là thời điểm phía phát phát khung tin đầu tiên F_0 .

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

n: Số khung được phát đi trong thời gian T



CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.2. Điều khiển luồng dữ liệu

5.2.4. Điều khiển luồng cửa sổ trượt (sliding window)

c. Hiệu suất η_{sw}

- Nếu $W < 2a + 1$: Bên phát đã phát hết W khung tin nhưng ACK_1 vẫn chưa nhận được: $n = W$

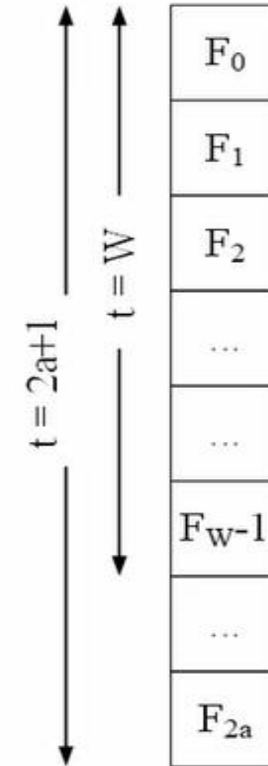
$$\eta_{sw} = \frac{W}{2a+1}$$

- 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

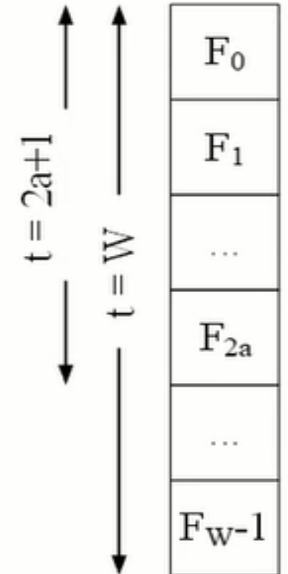
thành khi $W=0$: $n = 2a+1$

$$\eta_{sw} = 1$$

$W < 2a + 1$



$W \geq 2a + 1$



$$\eta_{sw} = \begin{cases} \frac{W}{2a+1} & \text{Neu: } W < 2a+1 \\ 1 & \text{Neu: } W \geq 2a+1 \end{cases}$$

CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.2. Điều khiển luồng dữ liệu

TỔNG KẾT

Nội dung	Stop and wait	Sliding window
Đặc điểm	Hiệu quả kém vì chỉ có một khung tin được truyền tại một thời điểm	Hiệu quả cao vì cho phép truyền nhiều khung tin cùng một lúc trên kênh truyền
Độ tin cậy	Cao	
Hiệu suất	Thấp	Cao

CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.2 Phương pháp phát hiện lỗi

- Dùng phương pháp kiểm tra mã dư vòng CRC
- Nguyên tắc:

Bên phát:

- + Bước 1: Chọn thông báo cần phát đi $M(x)$
- + Bước 2: Chọn đa thức sinh $G(x)$ có bậc n
- + Bước 3: Tính $\frac{M(x) \cdot x^n}{G(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{G(x)}$ lấy phần dư (XOR)
- + Bước 4: Tính $T(x) = M(x) \cdot x^n + R(x)$

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

Bên thu:

- + Bước 1: Chuỗi bit thu được là $T'(x)$
- + Bước 2: Tính

$$\frac{T'(x)}{G(x)} = Q'(x) + \frac{R'(x)}{G(x)}$$

- + Bước 3: Kiểm tra dư $R'(x)$

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

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

VÍ DỤ 5.1

Sử dụng đa thức sinh $G(x) = x^5 + x^4 + x^2 + 1$ trong việc kiểm tra lỗi. Hãy tính chuỗi bit phát đi nếu thông báo cần truyền là 1010.1010.1010.

VÍ DỤ 5.2

Sử dụng đa thức sinh $G(x) = x^5 + x^4 + x^2 + 1$ trong việc kiểm tra lỗi. Hãy tính chuỗi bit 1010101010101001010 nhận được ở bên thu

BÀI TẬP VỀ NHÀ

BT 5.3 Chuỗi bit bên phát truyền đi 1101011011 sử dụng đa thức sinh $G(x) = x^4 + x + 1$ trong việc kiểm tra lỗi. Hãy tìm chuỗi bit phát đi.

BT 5.4 Chuỗi bit nhận được bên thu 1110111011101101110 sử dụng đa thức sinh $G(x) = x^5 + x^4 + x^2 + 1$ trong việc kiểm tra lỗi. Hãy kiểm tra chuỗi bit nhận được đúng/sai?

BT 5.5 Dữ liệu cần truyền là 110101, sử dụng phương pháp kiểm tra mã dư vòng CRC, đa thức sinh $x^5 + x^4 + x^2 + 1$. Đa thức nào tương ứng với chuỗi bit được truyền?

CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.1 Khái niệm

- 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.



CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (*ARQ-Automatic Repeater reQuest*)

- 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)

CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ dừng và đợi (Stop and Wait ARQ)

Nguyên tắc 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.

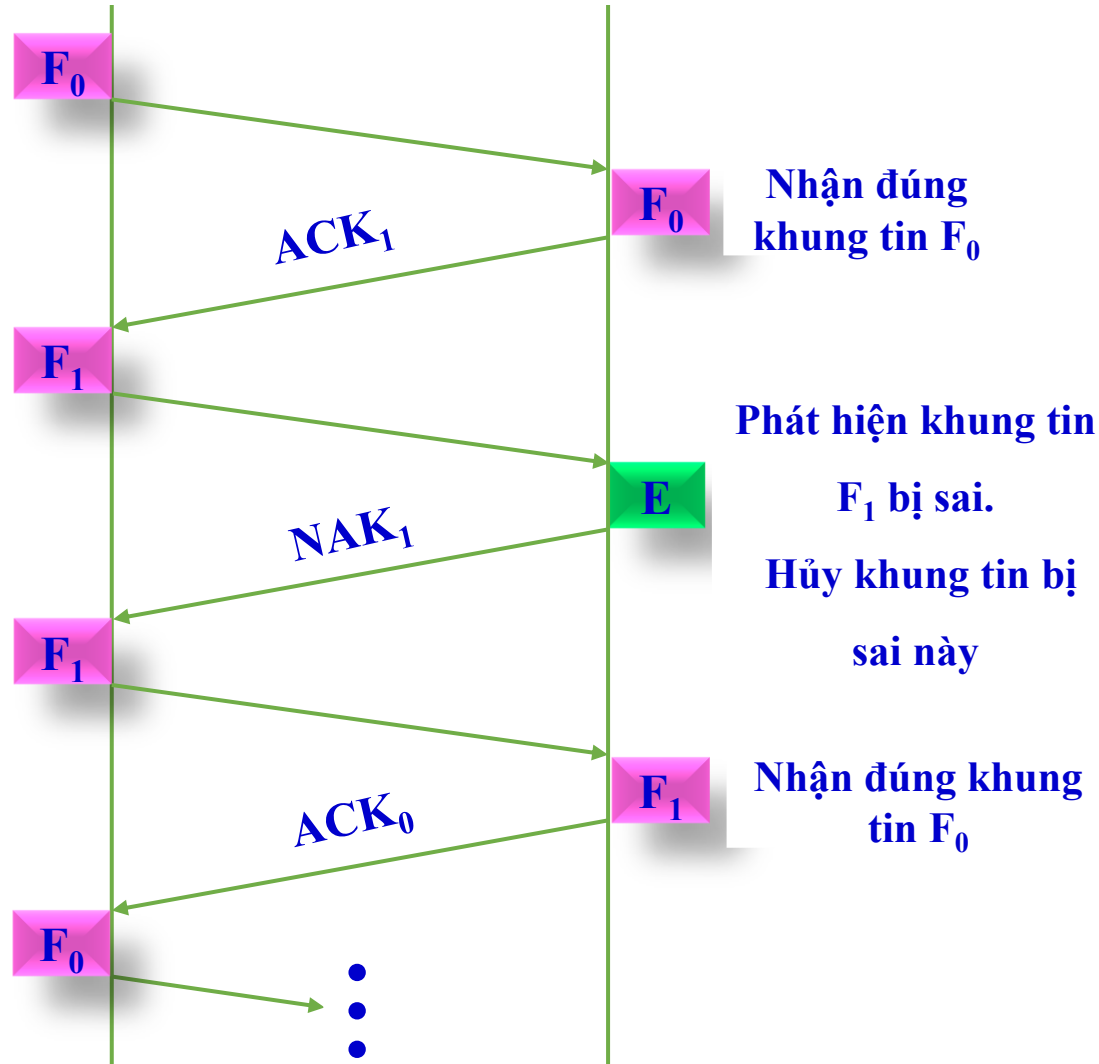
CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

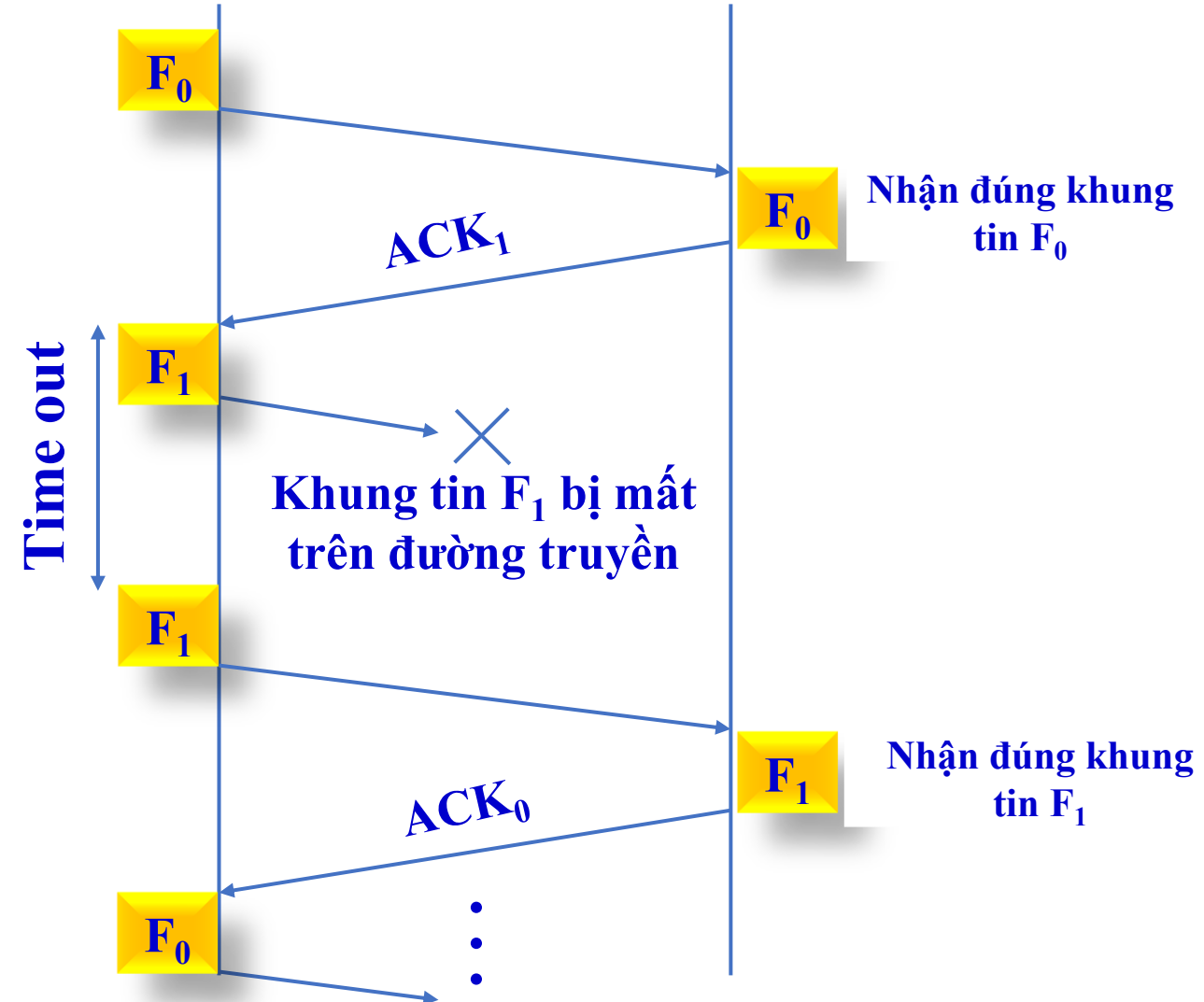
5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ dừng và đợi (Stop and Wait ARQ)

TH1: Khung tin nhận được bị lỗi



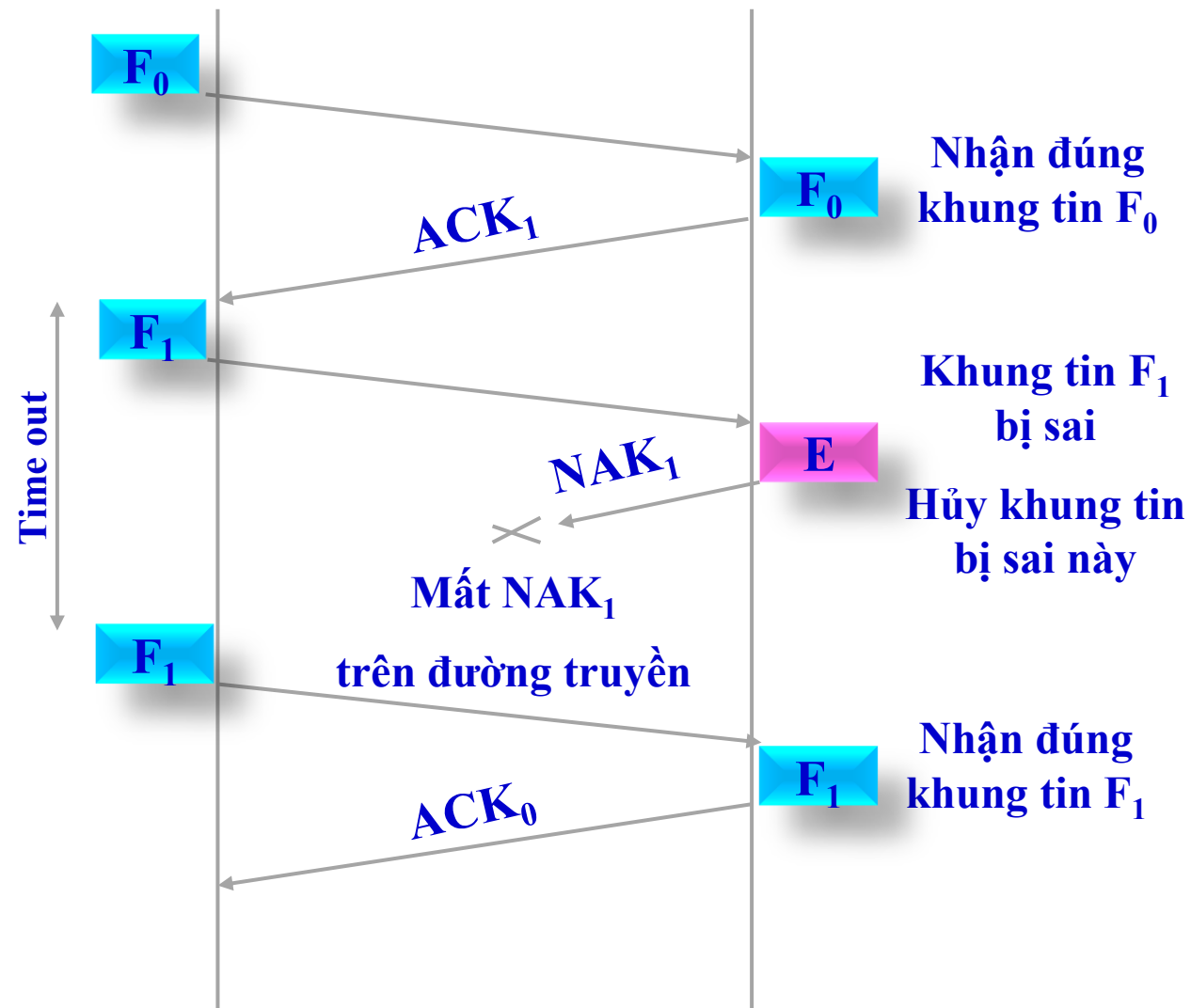
TH2: Mất khung tin trên đường truyền



5.3. Kiểm soát lỗi

ARQ dừng và đợi (Stop and Wait ARQ)

TH4: Mất NAK trên đường truyền



CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ dừng và đợi (Stop and Wait ARQ)

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.
- Nếu gọi N_r ($1 \leq N_r \leq \infty$) là số khung tin trung bình phải truyền cho đến khi truyền thành công.
- Hiệu suất thực tế: $\eta_{\text{thực tế}} = \frac{\eta_{\text{lý tuong}}}{N_r}$
- Do đó: $\eta_{\text{SAWARQ}} = \frac{\eta_{\text{SAW}}}{N_r} = \frac{1}{1 + 2a \cdot N_r}$

Tính N_r :

- Giả sử phía phát cần truyền khung tin 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: $N_r = \sum_{i=1}^{\infty} f(i) P(i) = \frac{1}{1 - P_f}$
- vậy: $\eta_{\text{SAW-ARQ}} = \frac{1 - P_f}{1 + 2a}$

VÍ DỤ 5.3

Tính hiệu suất hoạt động của kỹ thuật ARQ dừng và đợi khi cho các thông số sau: đường truyền giữa hai trạm có dài 1000 m, tốc độ truyền dữ liệu của đường truyền 20 Mb/s, tốc độ truyền sóng điện từ trên đường dây $2 \cdot 10^8$ m/s, tỉ lệ lỗi bit là $4 \cdot 10^{-10}$, kích thước khung tin là 250 byte.

BÀI TẬP VỀ NHÀ

BT 5.6 Tính tỉ số giữa thời gian trễ truyền dẫn trên thời gian phát tin khi cho thông số sau: đường truyền giữa hai trạm có chiều dài 1000 m, tốc độ truyền dữ liệu của đường truyền 10 Mb/s, tốc độ truyền sóng điện từ trên đường dây $2 \cdot 10^8$ m/s, tỉ lệ lỗi bit $4 \cdot 10^{-8}$, kích thước khung tin 250 byte.

BT5.7 Tính hiệu suất hoạt động của kỹ thuật Stop and Wait - ARQ khi cho các thông số sau: Tốc độ của Modem 56 Kbps và độ trễ truyền dẫn 10 ms kích thước khung tin là 512 Byte; tỉ lệ lỗi bit là 10^{-4} .

CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ trở lại N (Go back N ARQ)

Nguyên tắc 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.

CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ trở lại N (Go back N ARQ)

- **Trường hợp 1:** Lỗi khung tin: 3 khả năng xảy ra.
 - Khả năng 1: Khung tin thứ i bị lỗi và phía thu nhận đúng khung tin $i-1$ trở về trước.
 - Khả năng 2: Khung tin i bị mất trên đường truyền và khung tin $i+1$ đã nhận được ở bên thu.
 - Khả năng 3: Khung tin i bị mất trên đường truyền và phía phát không phát thêm 1 khung tin nào nữa.

CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

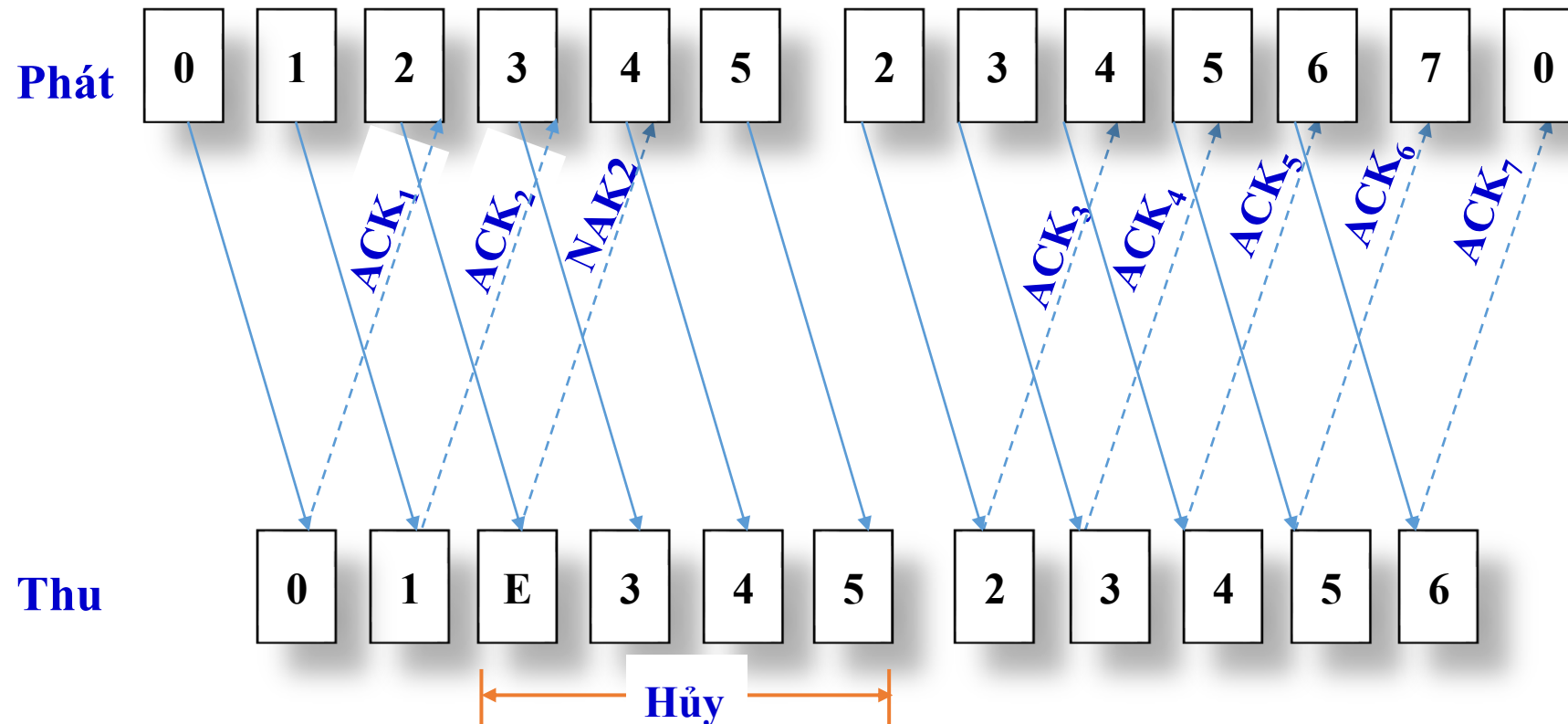
5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ trở lại N (Go back N ARQ)

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

Trường hợp 1: Lỗi khung tin

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



CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

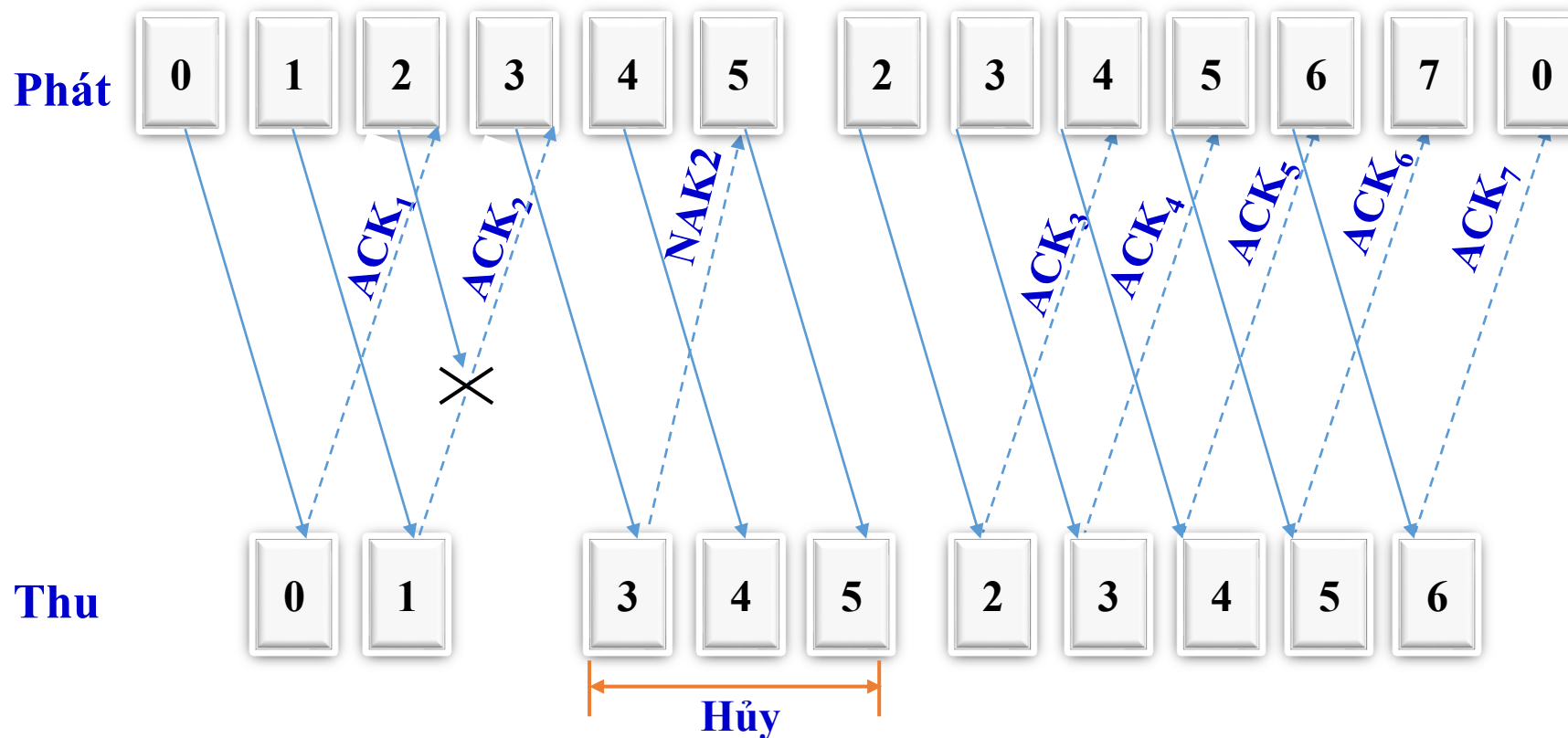
5.4. Kiểm soát lỗi

5.4.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ trở lại N

Trường hợp 1: Lỗi khung tin

Khả năng 2: Khung tin i bị mất trên đường truyền và khung tin $i+1$ đã nhận được



CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

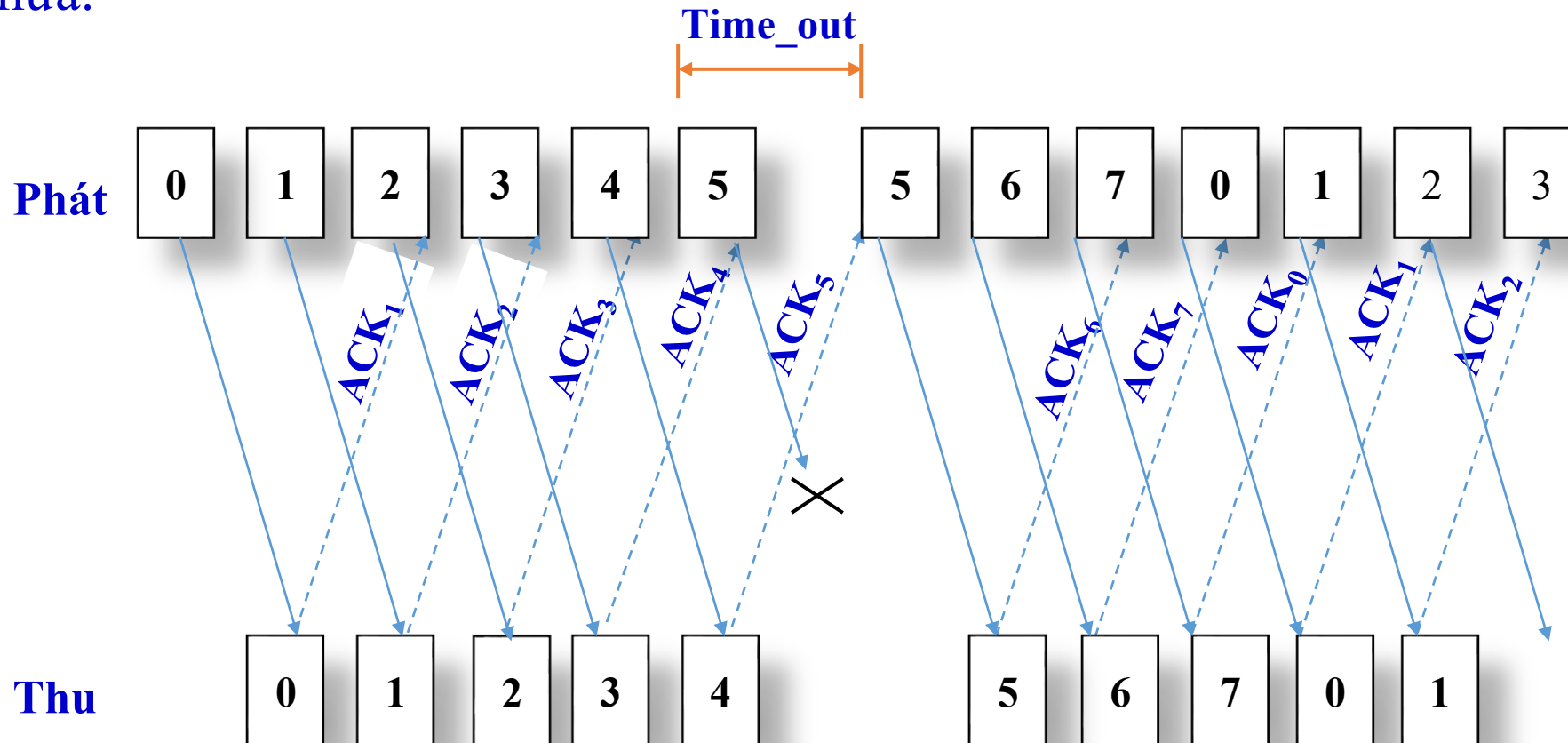
5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ trở lại N

Trường hợp 1: Lỗi khung tin

Khả năng 3: Khung tin i bị mất trên đường truyền và phía phát không phát thêm khung tin nào nữa.



CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ trở lại N (Go back N ARQ)

- **Trường hợp 2:** ACK bị mất trên đường truyền. Có 2 khả năng xảy ra.

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

- Khả năng 1: Trước time-out của khung tin xảy ra mà bên phát nhận được ACK_{i+n} ($n \geq 2$).
- Khả năng 2: Sau time-out của khung tin xảy ra mà bên phát không nhận được ACK_{i+n} ($n \geq 2$) nào.

CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

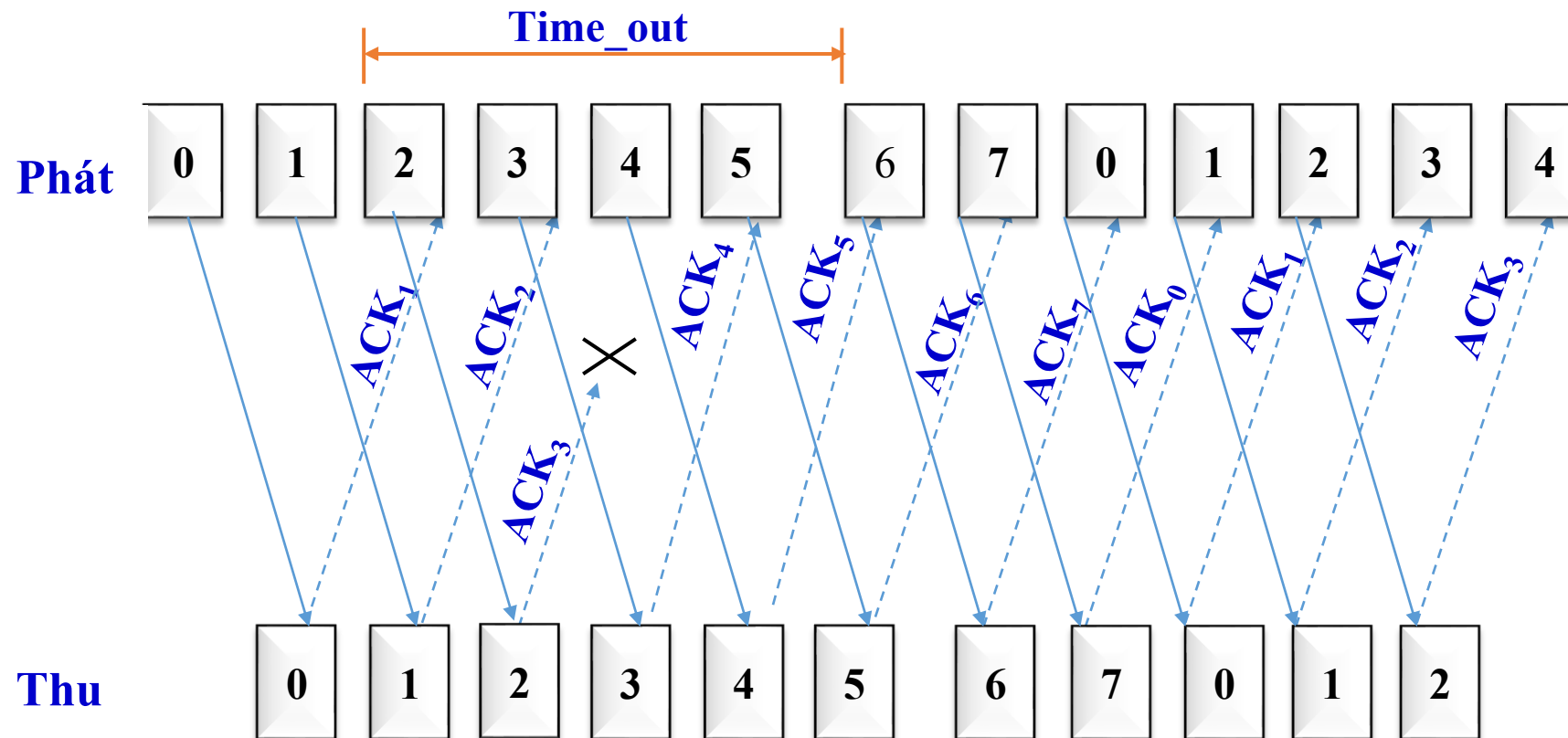
5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ trở lại N

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

Khả năng 1: Bên phát nhận được ACK_{i+n} ($n \geq 2$) trước `time_out` của khung tin



CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

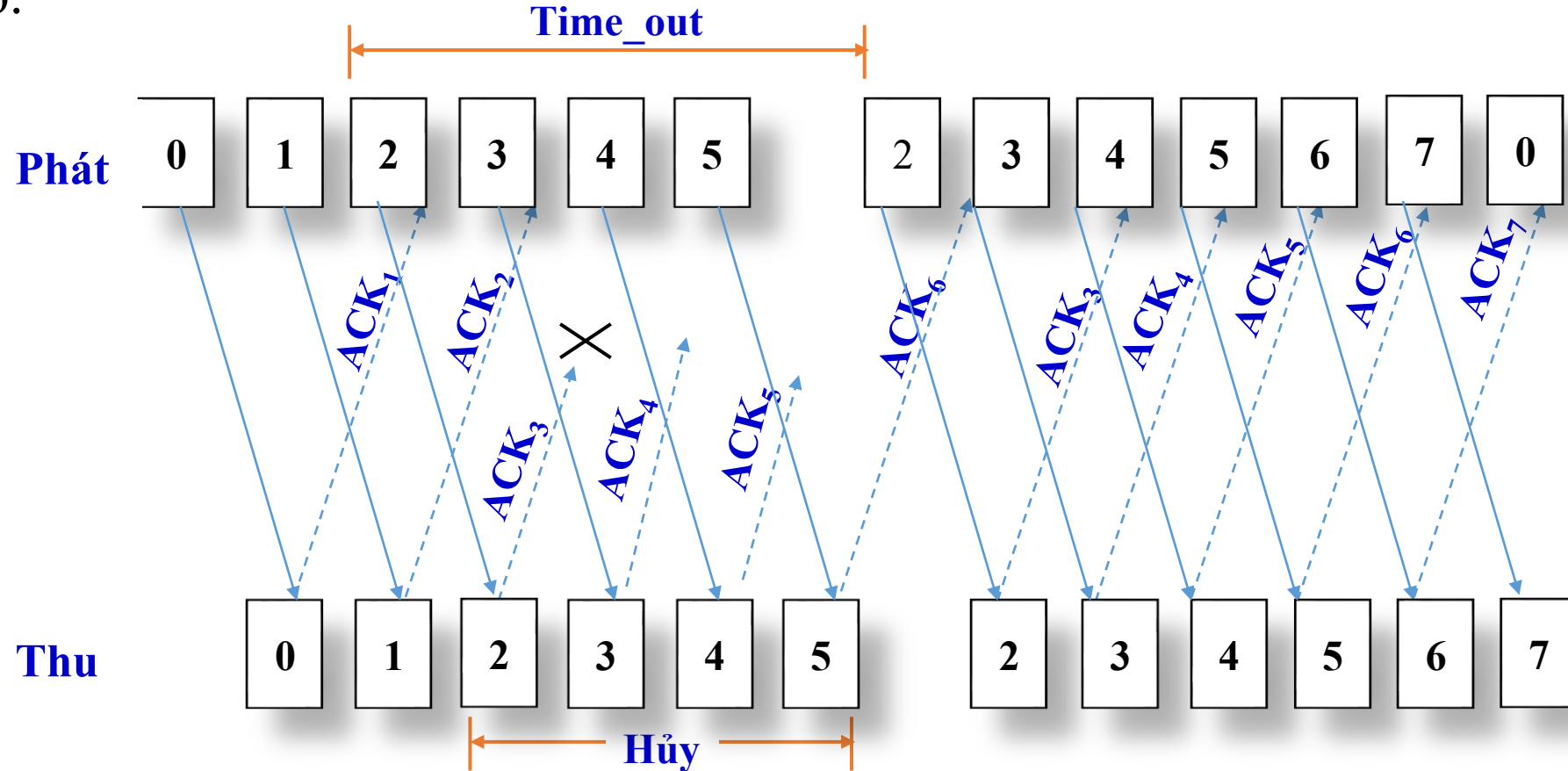
5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ trở lại N

Trường hợp 2: ACK bị mất trên đường truyền

Khả năng 2: Sau time-out của khung tin xảy ra mà bên phát không nhận được ACK_{i+n} ($n \geq 2$) nào.



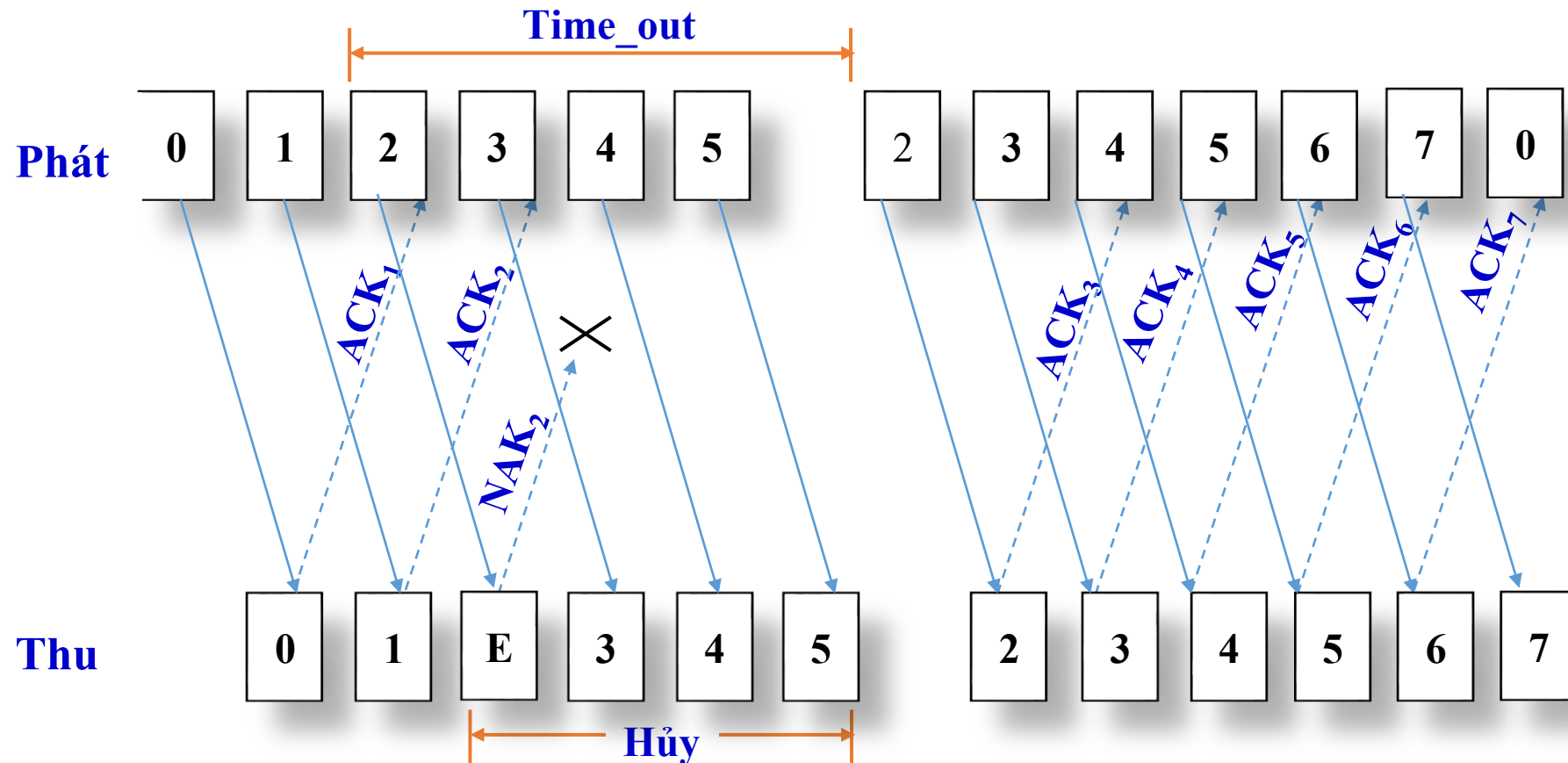
CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ trở lại N

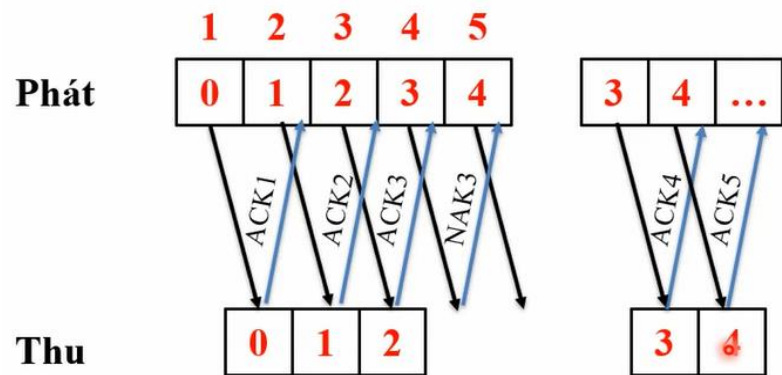
Trường hợp 3: NAK bị mất trên đường truyền



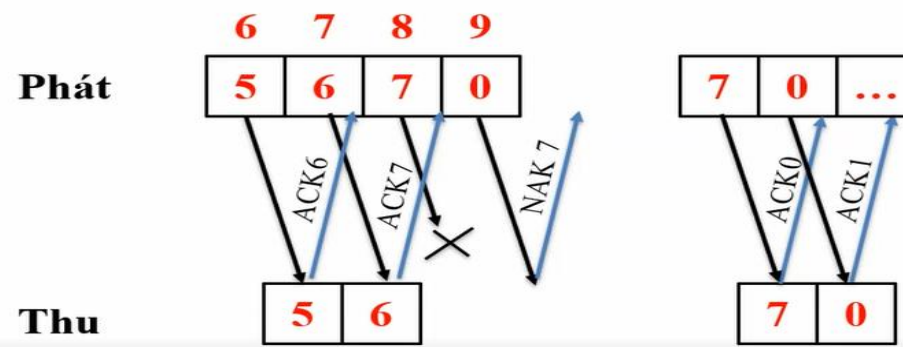
VÍ DỤ 5.3

Khi truyền theo ARQ trở lại N thực hiện truyền tin cho các trường hợp lỗi xảy ra sau đây. Hãy vẽ và giải thích các trường hợp.

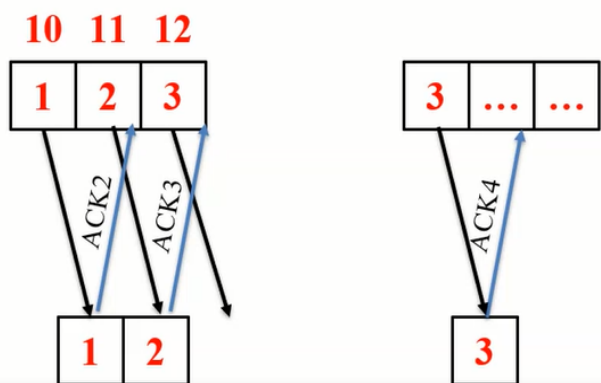
$k = 3 \text{ bit}, W = 7$



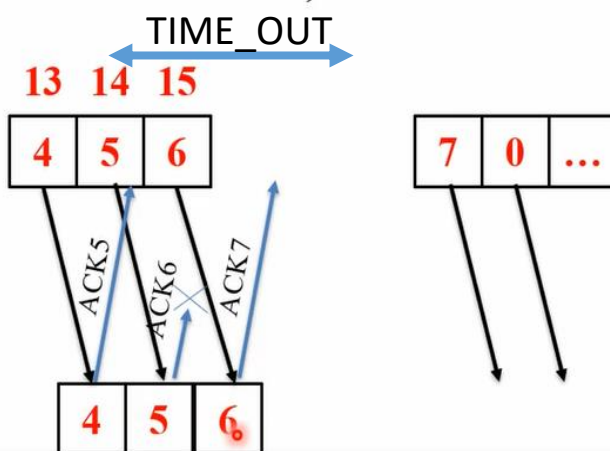
$k = 3 \text{ bit}, W = 7$



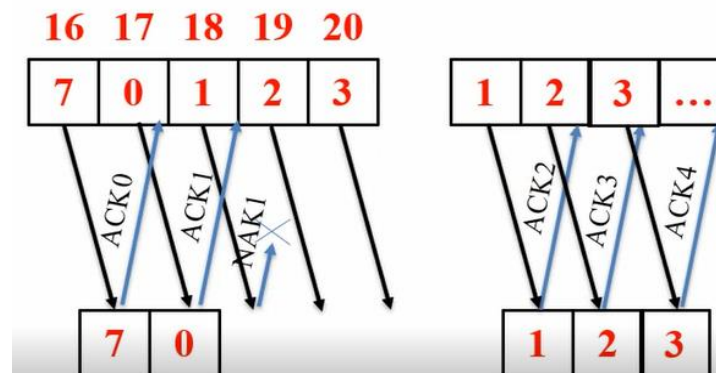
$k = 3 \text{ bit}, W = 7$



$k = 3 \text{ bit}, W = 7$



$k = 3 \text{ bit}, W = 7$



CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ trở lại N (Go back N ARQ)

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

- N_r là số khung tin phải truyền cho đến khi truyền thành công ($1 \leq N_r \leq \infty$)
- Gọi P_f là xác suất 1 khung tin bị lỗi ($0 \leq P_f \leq 1$)
- Khi có lỗi phía phát sẽ thực hiện phát lại k khung tin ($1 \leq k \leq W$).
- Giả sử truyền đến lần thứ i mới thành công ($1 \leq i \leq \infty$).
- Số khung tin phải truyền lại cho đến lần thứ i là: $f_i = (i-1)k + 1$
- Xác suất truyền đúng ở lần thứ i là: $P(i) = P_f^{i-1}(1 - P_f)$

$$N_r = \sum_{i=1}^{\infty} f_i P(i) = \sum_{i=1}^{\infty} [(i-1)k + 1] P_f^{i-1}(1 - P_f) = 1 - k + \frac{k}{1 - P_f} \quad \text{c/m}$$

CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

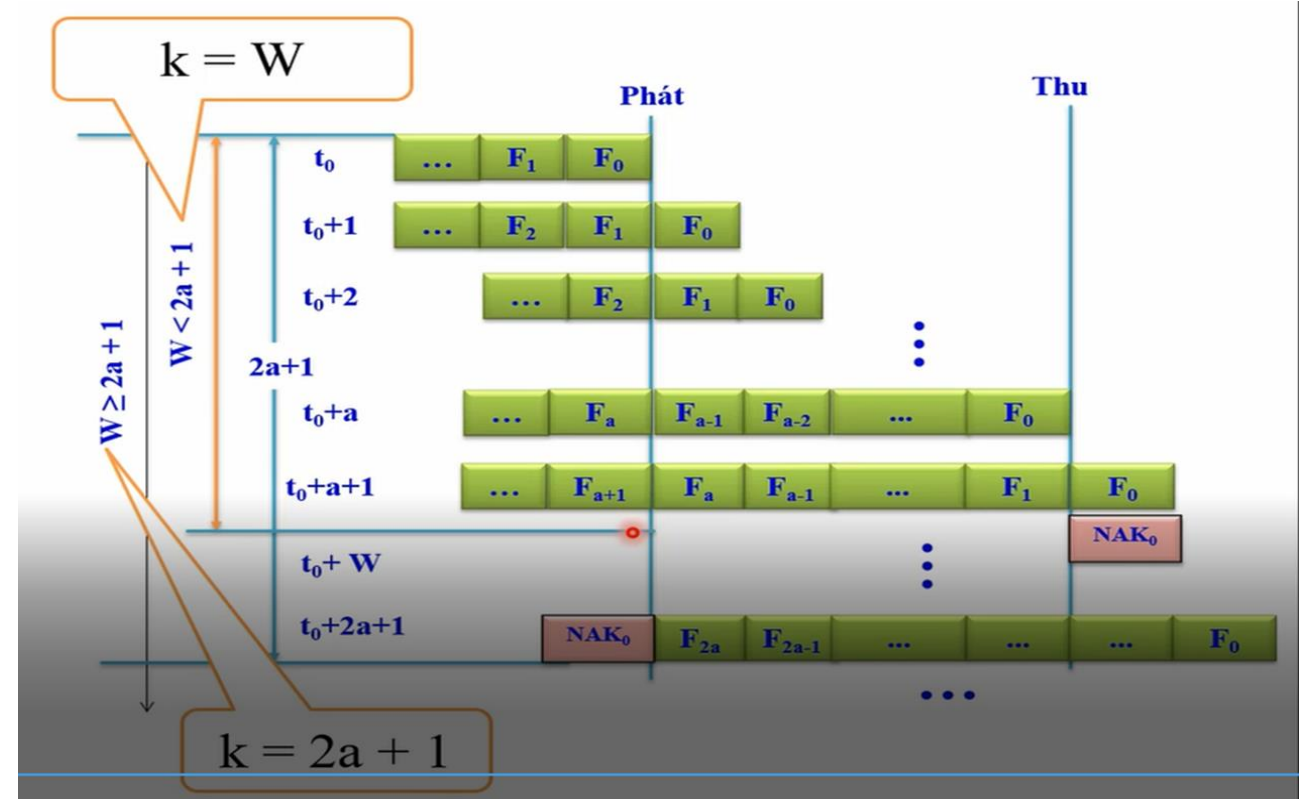
5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

Hiệu suất: $\eta_{GBR-ARQ}$

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: $k \approx 2a+1$.

ARQ trở lại N



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

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

VÍ DỤ 5.3

Tính hiệu suất hoạt động của kỹ thuật ARQ trở lại N với kích thước cửa sổ là 10. Một kênh truyền hữu tuyến có tốc độ truyền 30 Mbps có cự ly truyền giữa hai trạm là 200 Km, tỉ lệ lỗi bit $BER = 4 \cdot 10^{-6}$, kích thước khung tin là 250 byte.

CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ phát lại có lựa chọn (Selective repeat ARQ)

Nguyên tắc 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.

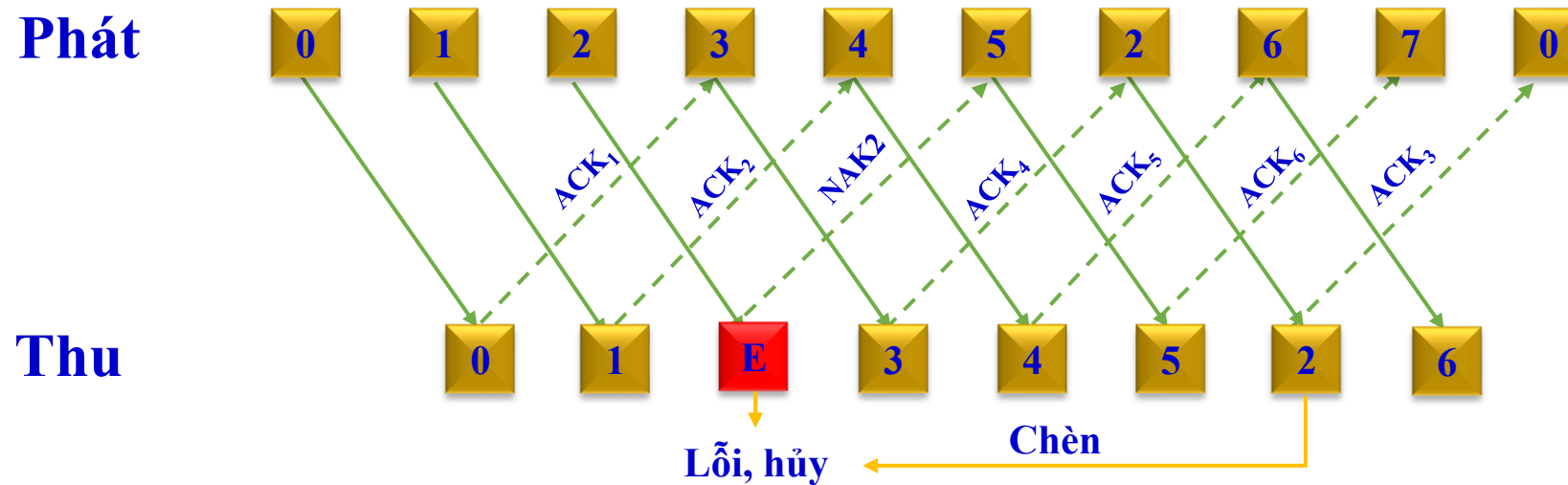
CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ phát lại có lựa chọn (Selective repeat ARQ)

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



CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

5.3. Kiểm soát lỗi

5.3.3 Các kỹ thuật tự động phát lại (ARQ)

ARQ phát lại có lựa chọn (Selective repeat ARQ)

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:

$$\eta_{SR_ARQ} = \begin{cases} \frac{(1 - P_f)}{1 + 2a} & \text{Neu } W < 1 + 2a \\ 1 - P_f & \text{Neu } W > 1 + 2a \end{cases}$$

Cải thiện hiệu suất, thêm kỹ thuật chèn

VÍ DỤ 5.4

Tính hiệu suất hoạt động của kỹ thuật ARQ phát lại có lựa chọn với kích thước cửa sổ là 10. Một kênh truyền hữu tuyến có tốc độ truyền 30 Mbps có cự ly truyền giữa hai trạm là 200 Km, tỉ lệ lỗi bit $BER = 4 \cdot 10^{-6}$, kích thước khung tin là 250 byte.

BÀI TẬP VỀ NHÀ

BT 5.8

Tính hiệu suất hoạt động của kỹ thuật ARQ trở lại N với kích thước cửa sổ là 7. Một kênh truyền hữu tuyến có tốc độ truyền 30 Mbps có cự ly truyền giữa hai trạm là 200 Km, tỉ lệ lỗi bit $BER = 4 \cdot 10^{-6}$, kích thước khung tin là 125 byte.

BT 5.9

Tính hiệu suất hoạt động của kỹ thuật ARQ phát lại có lựa chọn với kích thước cửa sổ là 9. Một kênh truyền hữu tuyến có tốc độ truyền 30 Mbps có cự ly truyền giữa hai trạm là 200 Km, tỉ lệ lỗi bit $BER = 4 \cdot 10^{-6}$, kích thước khung tin là 125 byte.

5.5. Điều khiển liên kết dữ liệu dung giao thức HDLC (High-Level Data Link Control)

5.5.1 Đặc điểm của giao thức HDLC

- Giao thức HDLC là giao thức liên kết dữ liệu mức cao, tầng 2-liên kết dữ liệu
- HDLC là giao thức chuẩn hóa quốc tế theo quy chuẩn ISO dung cho liên kết điểm –điểm và đa điểm
- Hỗ trợ hoạt động ở chế độ trong suốt, song công hoàn toàn, **là giao thức hướng bit**
- Dùng trong các mạng đa điểm và các mạng máy tính
- **Hoạt động ở chế độ half –duplex và full-duplex**
- Liên kết điểm nối điểm hoặc đa điểm
- Điều khiển lỗi “continuous RQ”
- Hiệu quả và độ tin cậy cao
- Truyền dẫn đồng bộ

5.5. Điều khiển liên kết dữ liệu dung giao thức HDLC (High-Level Data Link Control)

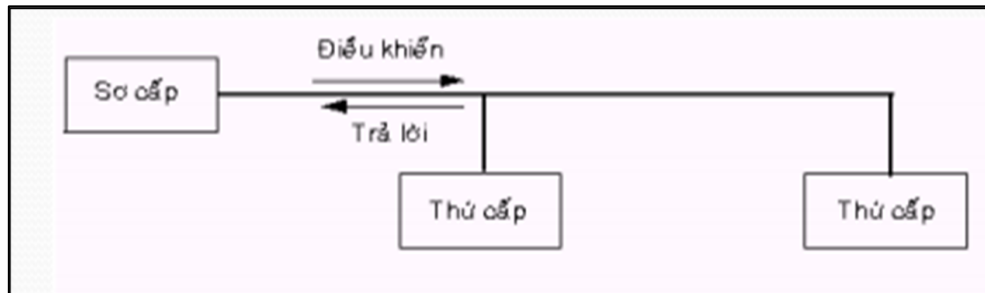
5.5.1 Cấu hình mạng giao thức HDLC

HDLC được định nghĩa 3 loại trạm:

- Trạm sơ cấp: Kiểm tra các thao tác trên đường nối. Frame do sơ cấp cung cấp là các frames **điều khiển**
- Trạm thứ cấp: Hoạt động dưới sự điều khiển của sơ cấp. Frame do trạm thứ cấp phát ra là **trả lời**
- Trạm tổ hợp: tổ hợp của sơ cấp và thứ cấp vừa có thể phát ra điều kiện và **trả lời**.

HDLC được định nghĩa 2 cấu hình:

- Không đối xứng: dụng trong điểm –điểm và đa điểm. Cấu hình gồm 1 sơ cấp và 1 thứ cấp, sử dụng full duplex hoặc haf duplex
- Đối xứng: dụng trong điểm –điểm và đa điểm. Cấu hình gồm 2 tổ hợp, sử dụng full duplex hoặc half duplex

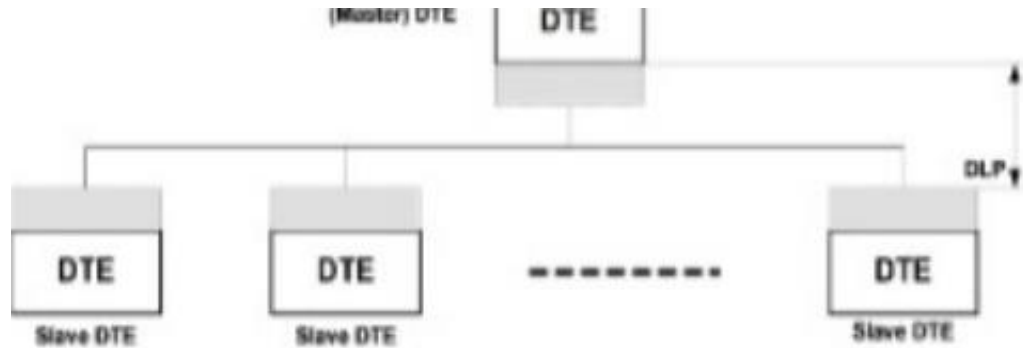


CHƯƠNG 5: ĐIỀU KHIỂN LIÊN KẾT DỮ LIỆU

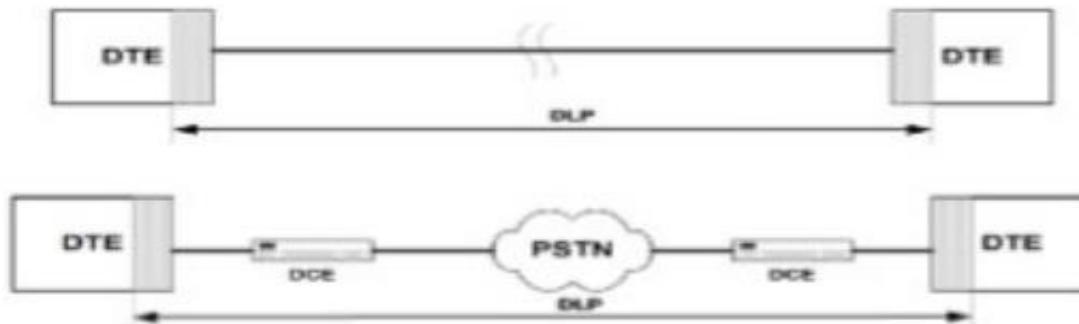
TỰ ĐỌC

5.5. Điều khiển liên kết dữ liệu dung giao thức HDLC (High-Level Data Link Control)

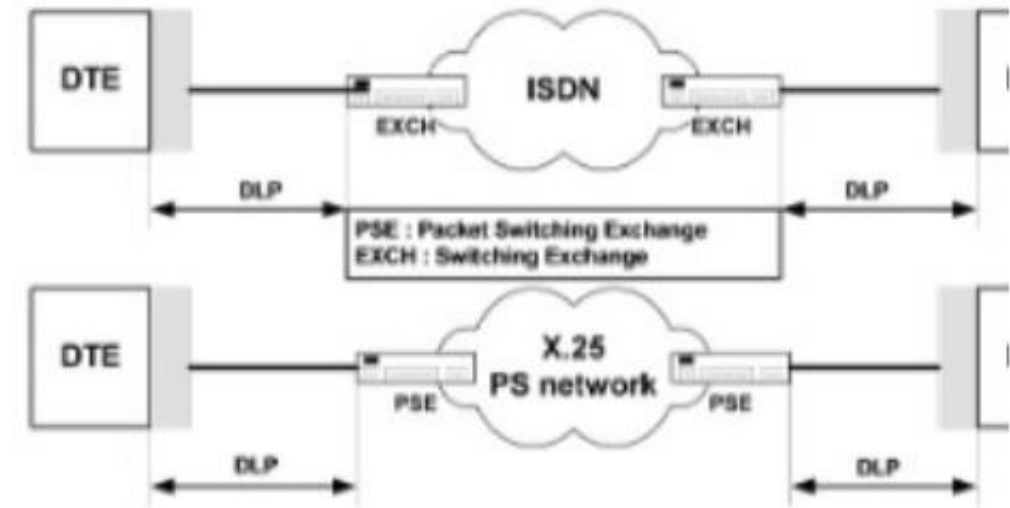
5.5.2 Cấu hình của giao thức HDLC



Điểm-nối-điểm với một sơ cấp và một thứ cấp



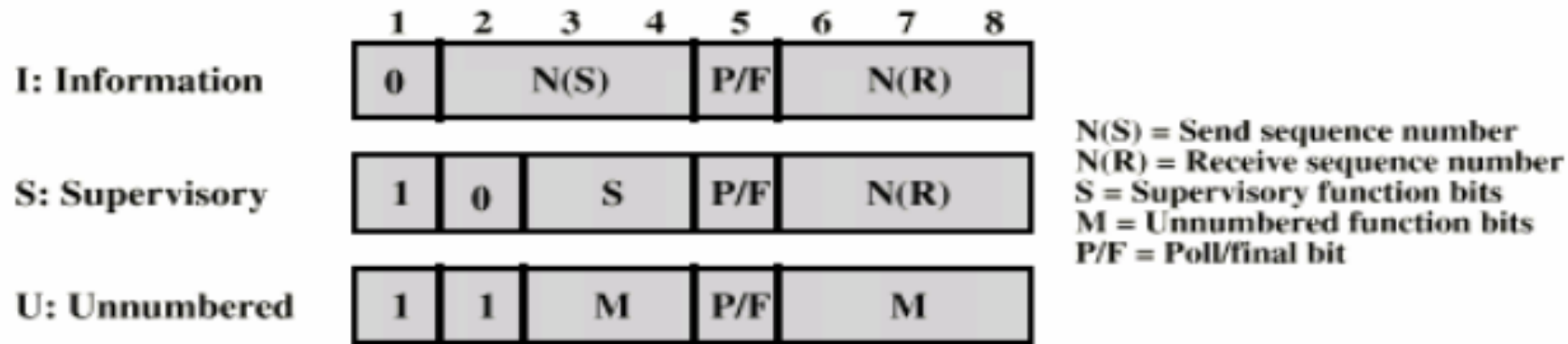
Điểm-nối-điểm với hai sơ cấp và hai



Đa điểm với một sơ cấp và nhiều thứ cấp

5.5. Điều khiển liên kết dữ liệu dung giao thức HDLC (High-Level Data Link Control)

5.5.3 Các loại khung HDLC thông qua trường điều khiển

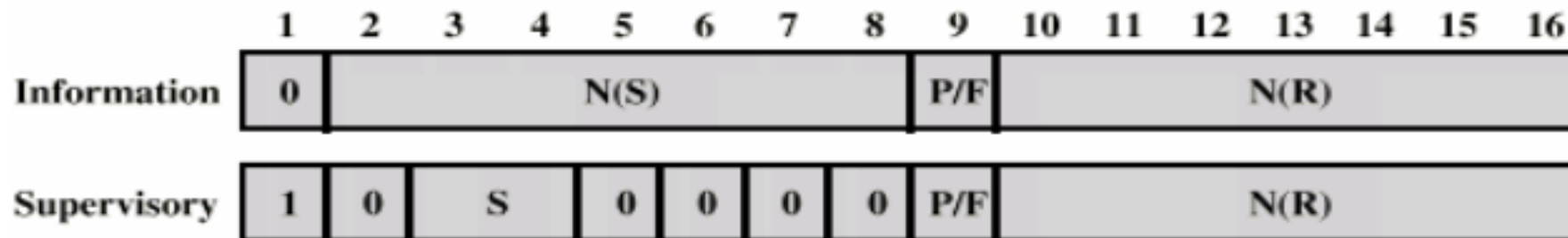


(c) 8-bit control field format

I-Frame: Mang thông tin hoặc số liệu

S-Frame: Dùng điều khiển luồng và điều khiển lỗi

U-Frame: Dùng thiết lập liên kết hoặc xóa kết nối

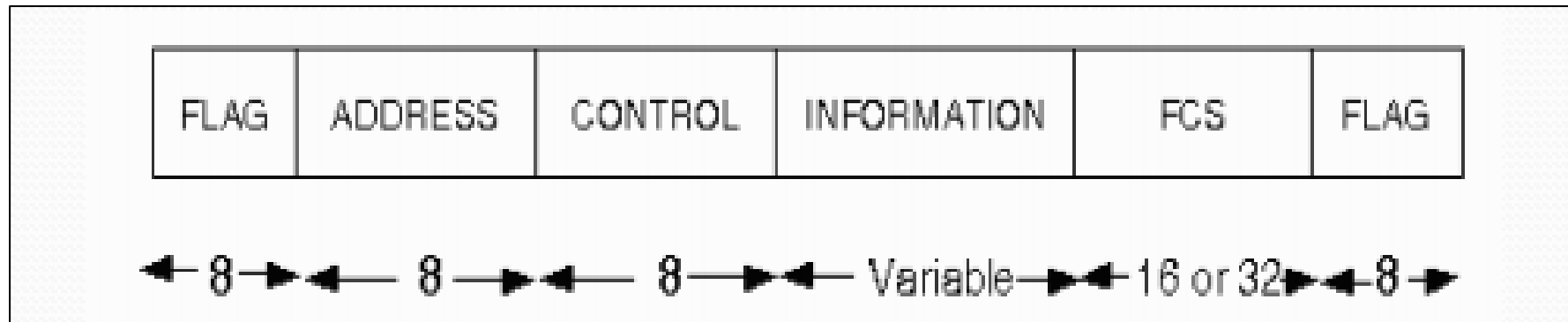


(d) 16-bit control field format

5.5. Điều khiển liên kết dữ liệu dung giao thức HDLC (High-Level Data Link Control)

5.5.2 Cấu trúc khung tin HDLC

- Tất cả thông tin truyền đều trong frame và một frame đơn giản sắp xếp cho tất cả loại dữ liệu và sự trao đổi điều khiển



- Flag: 8 bits (01111110)
- ADD: một byte. (Trong DHLC mở rộng vùng Add có nhiều byte)
- Control: 8, 16 bits. (Trong DHLC mở rộng vùng C có 16 bits)
- FCS (Frame check Se quence): 16 hoặc 32 bits tùy yêu cầu sử dụng CRC
- Vùng Flag, Add, Control trước dữ liệu được coi là header. Vùng FCS, Flag sau dữ liệu được coi là phần kết thúc.