

Cơ chế phát lại ARQ



1

Nội dung

- *Cơ chế phát lại dừng và đợi* (Stop-and-Wait ARQ)
- *Cơ chế phát lại theo nhóm* (Go-back-N ARQ)
- *Cơ chế phát lại có lựa chọn* (Selective repeat ARQ)



2

Giới thiệu

- Cơ chế phát lại ARQ (Automatic Repeat Request)
- Khi truyền thông tin trong mạng, thông tin truyền từ phía phát sang phía thu có thể bị **sai lỗi** hoặc **mất**.
- Trong trường hợp thông tin bị **mất**, cần phải thực hiện **truyền lại thông tin**.



3

Giới thiệu (2)

- Với trường hợp thông tin bị sai, có thể sửa sai bằng:
 - Sửa lỗi trực tiếp bên thu: phía thu sau khi phát hiện lỗi có thể sửa lỗi trực tiếp ngay bên thu mà không yêu cầu phải phát lại. Để có thể thực hiện được điều này, thông tin trước khi truyền đi phải được cài các mã sửa lỗi (bên cạnh việc có khả năng phát hiện lỗi, cần có khả năng sửa lỗi).



4

Giới thiệu (3)

- Với trường hợp thông tin bị sai, có thể sửa sai bằng: (cont.)
 - Yêu cầu phía phát truyền lại: phía thu sau khi kiểm tra và phát hiện có lỗi sẽ yêu cầu phía phát truyền lại thông tin.



5

Sửa lỗi trực tiếp bên thu

- Chỉ cần truyền thông tin một lần, không yêu cầu phải truyền lại thông tin trong trường hợp có lỗi.
- Tuy nhiên, số lượng bit thông tin có thể sửa sai phụ thuộc vào số loại mã sửa sai và số bit thông tin thêm vào cho mục đích sửa sai.
- Số bit thông tin thêm vào càng lớn thì số bit có thể sửa sai càng nhiều → hiệu suất thông tin (số bit thông tin hữu ích trên tổng số bit truyền đi) lại thấp



6

Sửa lỗi bằng cách truyền lại:

- Thông tin trước khi phát chỉ cần thêm các bit thông tin phục vụ cho mục đích phát hiện lỗi (số bit thêm vào ít hơn so với trường hợp sửa lỗi) → **hiệu suất truyền thông tin cao hơn** so với trường hợp trên.
- Tuy nhiên, trong trường hợp có lỗi xảy ra với khung thông tin thì toàn bộ khung thông tin phải được truyền lại (giảm hiệu suất truyền tin).



7

Nhận xét

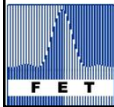
- **Sửa lỗi bằng cách truyền lại** thường được dùng trong môi trường có **tỷ lệ lỗi bit thấp** (truyền dẫn hữu tuyến).
- Sửa lỗi bên thu thường được dùng trong trường hợp môi trường truyền dẫn **có tỷ lệ lỗi bit cao** (vô tuyến). Để có thể đối phó với trường hợp lỗi chùm (burst noise), có thể áp dụng một số cơ chế như ghép xen kẽ thông tin (interleaving).



8

Các cơ chế phát lại

- **Cơ chế phát lại dừng và đợi** (Stop-and-Wait ARQ)
- **Cơ chế phát lại theo nhóm** (Go-back-N ARQ)
- **Cơ chế phát lại có lựa chọn** (Selective repeat ARQ)



9

Cơ chế phát lại dừng và đợi (Stop-and-Wait ARQ)



10

Cơ chế hoạt động

- Phía phát sẽ thực hiện phát **một** khung thông tin **sau** đó **dừng lại**, chờ phía thu báo nhận.
- Phía thu khi **nhận đúng** khung thông tin và xử lý xong sẽ **gửi báo nhận** lại cho phía phát. Phía phát sau khi nhận được báo nhận sẽ phát khung thông tin tiếp theo.
- Phía thu khi nhận khung thông tin và **phát hiện sai** sẽ gửi **báo sai** lại cho phía phát. Phía phát sau khi nhận được **báo sai** sẽ thực hiện **phát lại** khung thông tin



11

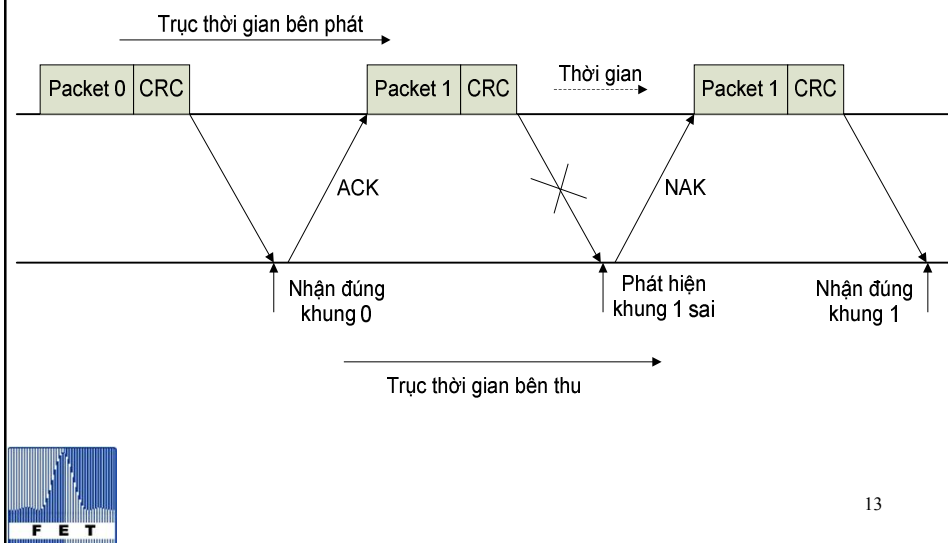
Cơ chế hoạt động (2)

- **Báo nhận** được sử dụng cho khung thông tin đúng và được gọi là **ACK** (viết tắt của chữ Acknowledgement).
- **Báo sai** được sử dụng cho khung thông tin bị sai và được gọi là **NAK** (viết tắt của chữ Negative Acknowledgement).



12

Nguyên tắc hoạt động



Các trường hợp đặc biệt

- Trong trường hợp phía phát không nhận được thông tin gì từ phía thu, phía phát sẽ làm gì?
 - Phía phát không nhận được thông tin từ phía thu trong hai trường hợp:
 - Khung thông tin bị mất, phía thu không nhận được gì và cũng không gửi thông báo cho phía phát.
 - Phía thu đã nhận được đúng khung thông tin và gửi ACK rồi, nhưng ACK bị mất; hoặc phía thu nhận được khung thông tin và phát hiện sai và đã gửi NAK nhưng khung này bị mất.

Các trường hợp đặc biệt (2)

- Trong trường hợp phía phát không nhận được thông tin gì từ phía thu, phía phát sẽ làm gì? (cont.)
 - Để tránh tình trạng phía phát không phát thông tin do chờ ACK (hoặc NAK) từ phía thu, mỗi khi phát một khung thông tin, phía phát sẽ đặt một đồng hồ đếm ngược (time-out) cho khung thông tin đó. Hết khoảng thời gian time-out, nếu phía phát ko nhận được thông tin gì từ phía thu thì nó sẽ chủ động phát lại khung thông tin bị time-out.



15

Các trường hợp đặc biệt (3)

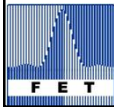
- Trong trường hợp phía phát phải phát lại khung thông tin do time-out, nhưng khung thông tin đó đã được nhận đúng ở phía thu rồi (time-out xảy ra do ACK bị mất), phía thu làm thế nào để có thể phân biệt là khung thông tin này là khung phát lại hay khung thông tin mới?
 - Để có thể phân biệt được các khung thông tin với nhau, cần đánh số khác khung. Trong trường hợp này, chỉ cần dùng một bit để đánh số khung (0 hoặc 1).



16

Các trường hợp đặc biệt (4)

- Trong trường hợp time-out xảy ra do ACK bị mất? (cont.)
 - Để tránh tình trạng các nhầm lẫn giữa các khung thông tin được phát và báo nhận tương ứng, tất cả các khung được truyền đi giữa hai phía phát – thu đều được đánh số (0, 1) luân phiên.
 - Số thứ tự khung thông tin từ phía phát sang phía thu nằm trong trường SN (Sequence Number)
 - Số thứ tự của báo nhận từ phía thu sang phía phát nằm trong trường RN (Request Number).



17

Các trường hợp đặc biệt (5)

- Trong trường hợp time-out xảy ra do ACK bị mất? (cont.)
 - SN là số thứ tự được khởi tạo ở bên phát, trong khi đó, RN là số thứ tự của khung tiếp theo mà phía thu muốn nhận.
 - $RN = SN + 1$ trong trường hợp khung đúng (ứng với ACK),
 - $RN = SN$ trong trường hợp phía thu yêu cầu phát lại do khung sai (ứng với NAK).



18

Các trường hợp đặc biệt (6)

- Trong trường hợp time-out xảy ra do ACK bị mất? (cont.)
 - Trên thực tế, thông tin trao đổi giữa hai điểm thường được truyền theo hai chiều, nghĩa là đồng thời tồn tại hai kênh truyền từ phát đến thu và ngược lại.
 - Trong trường hợp này, khung ACK/NAK (hay trường RN) không cần nằm trong một khung báo nhận độc lập mà có thể nằm ngay trong tiêu đề của khung thông tin được truyền theo chiều từ thu đến phát. Một số giao thức có khung thông tin báo nhận độc lập (ACK/NAK) trong khi một số giao



19

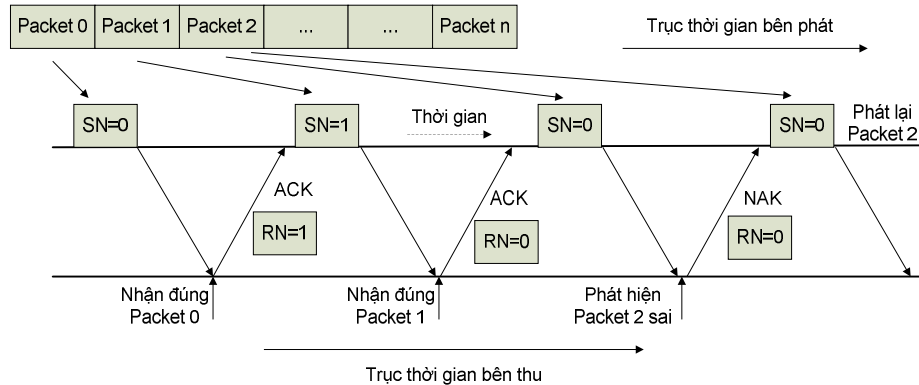
Các trường hợp đặc biệt (6)

- Trong trường hợp time-out xảy ra do ACK bị mất? (cont.)
 - Một số giao thức có khung thông tin báo nhận độc lập (ACK/NAK) trong khi một số giao thức khác lại sử dụng luôn khung thông tin truyền theo chiều ngược lại (từ thu sang phát) để thực hiện báo nhận (hay báo lỗi) cho khung thông tin từ phát sang thu



20

Stop-and-Wait ARQ có sử dụng SN/RN



- Nguyên tắc hoạt động của cơ chế Stop-and-Wait ARQ khi có sử dụng SN và RN.



21

Hiệu suất

- Định nghĩa** – Hiệu suất của việc truyền tin giữa phía phát và thu là tỷ lệ giữa thời gian phía phát cần để phát xong lượng thông tin đó trên tổng thời gian cần thiết để truyền lượng thông tin đó.
- Tổng thời gian cần thiết** ở đây bao gồm thời gian trễ khi truyền tín hiệu từ phát sang thu (và ngược lại) cũng như thời gian xử lý thông tin và thời gian chờ báo nhận từ phía thu.



22

Hiệu suất

- **Định nghĩa** – Hiệu suất của việc truyền tin giữa phía phát và thu là tỷ lệ giữa thời gian phía phát cần để phát xong lượng thông tin đó trên tổng thời gian cần thiết để truyền lượng thông tin đó.

- $$\eta = \frac{T_{\text{phát thông tin}}}{T_{\Sigma}}$$



23

Hiệu suất Stop and Wait ARQ

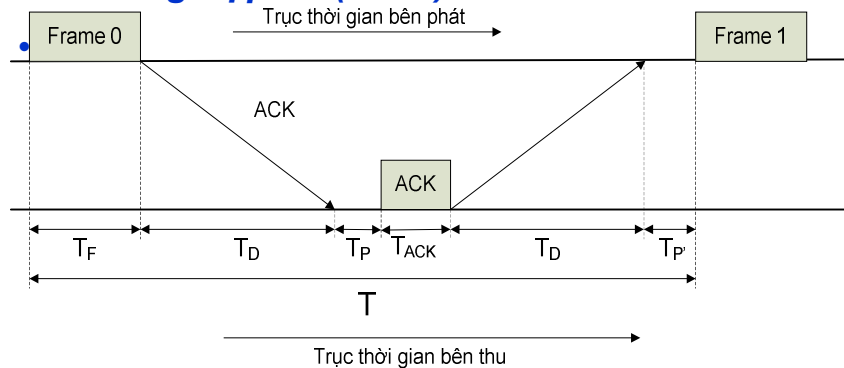
- **Trường hợp 1:**
- Giả thiết môi trường không có lỗi, thông tin truyền từ phía phát sang phía thu chỉ chịu ảnh hưởng của trễ



24

Hiệu suất Stop and Wait ARQ (2)

• Trường hợp 1 : (cont.)



T_F = thời gian phát khung thông tin
 T_D = trễ truyền sóng giữa phía phát và phía thu
 T_P = thời gian xử lý khung thông tin ở phía thu
 T_{ACK} = thời gian phát khung ACK
 $T_{P'}$ = thời gian xử lý khung ACK ở phía phát



25

Hiệu suất Stop and Wait ARQ (3)

- Trường hợp 1: (cont.)
- Thời gian phía phát cần để phát xong khung thông tin là T_F
- Tổng thời gian cần thiết để truyền khung thông tin là $T_{\Sigma} = T_F + T_D + T_P + T_{ACK} + T_D + T_{P'}$.



26

Hiệu suất Stop and Wait ARQ (4)

- **Trường hợp 1: (cont.)**
- Giả sử:
 - Thời gian xử lý khung thông tin T_P và T_P là khá nhỏ nên có thể bỏ qua.
 - Kích thước khung thông tin F lớn hơn khung báo nhận ACK rất nhiều thì có thể bỏ qua cả T_{ACK} .
- Như vậy $T_\Sigma = T_F + 2T_D$.
-



27

Hiệu suất Stop and Wait ARQ (5)

- **Trường hợp 1: (cont.)**
- Hiệu suất truyền:

$$\eta = \frac{T_F}{T_F + 2T_D} = \frac{1}{1 + 2a} \text{ với } a = \frac{T_D}{T_F}$$

$T_D = \frac{d}{v}$ với d là khoảng cách giữa hai trạm phát và thu; v là vận tốc truyền sóng trong môi trường. $v = 3 \cdot 10^8$ m/s khi truyền trong không gian tự do.

$T_F = \frac{L}{R}$ với L là kích thước khung thông tin và R là tốc độ đường truyền



28

Hiệu suất Stop and Wait ARQ (6)

- **Trường hợp 2: có lỗi**
- **Giả sử: Gói thông tin đến phía thu và bị sai. Gói phản hồi không bị sai và mất.**
- Khi truyền thông tin trong môi trường có lỗi, có thể xảy ra trường hợp phải truyền lại khung thông tin (do lỗi), → hiệu suất trong trường hợp này nhỏ hơn trường hợp lý tưởng. Gọi N_R là số khung thông tin phải truyền cho đến khi đúng ($1 \leq N_R \leq \infty$)



29

Hiệu suất Stop and Wait ARQ (7)

- **Trường hợp 2: có lỗi (cont.)**
- Gọi xác suất truyền khung thông tin bị sai là p
- Xác suất để truyền khung thành công ngay lần đầu là $1-p$
- Xác suất để truyền khung đến lần thứ hai mới thành công là $p(1-p)$
- → xác suất để truyền khung đến lần thứ i mới thành công là $p^{i-1}(1-p)$



30

Hiệu suất Stop and Wait ARQ (8)

- *Trường hợp 2: có lỗi (cont.)*

$$N_R = \sum_{i=1}^{\infty} i p^{i-1} (1-p) = \frac{1}{1-p}.$$

- Hiệu suất của phương pháp ARQ dừng và đợi trong trường hợp thực tế:

$$\eta_{\text{reality}} = \frac{\eta_{\text{ideal}}}{N_R} = \frac{1-p}{1+2a}$$



31

Nhận xét

- Hiệu suất của phương pháp truyền theo cơ chế dừng và đợi phụ thuộc vào hệ số $a = \frac{Rd}{vL}$ a càng nhỏ thì hiệu suất càng lớn.
- Ta thấy a sẽ nhỏ khi v.L lớn hoặc khi R.d nhỏ.



32

Nhận xét (2)

$$a = \frac{Rd}{vL}$$

- R nhỏ – đây là điều không mong muốn khi truyền thông tin vì trên thực tế, người ta mong muốn truyền tin với tốc độ đường truyền càng cao càng tốt.
- d nhỏ – tham số khoảng cách giữa phía phát và phía thu thường không thay đổi được do phụ thuộc vào những yêu cầu khách quan bên ngoài.



33

Nhận xét (3)

$$a = \frac{Rd}{vL}$$

- v lớn – vận tốc truyền sóng trong môi trường có các giá trị nhất định và rất khó có thể thay đổi.
- L lớn – có thể tăng kích thước khung để tăng hiệu suất. Tuy nhiên phương pháp này có nhược điểm là thông tin truyền lại sẽ lớn nếu khung thông tin ban đầu bị sai. Cũng vì lý do này mà mỗi môi trường truyền dẫn nhất định sẽ có kích thước khung tối ưu tương ứng



34

Ví dụ

- Tính hiệu suất của phương pháp phát lại theo cơ chế ARQ dừng và đợi cho truyền thông tin. Giả sử khoảng cách là 100 m, vận tốc truyền sóng là $2 \cdot 10^8$ m/s, tốc độ thông tin là 10Mbps và khung có kích thước 500 bits.



35

Ví dụ (2)

$$a = \frac{Rd}{vL} = \frac{10 \cdot 10^6 \cdot 100}{2 \cdot 10^8 \cdot 500} = 0,01, \text{ hiệu suất } \eta = \frac{1}{1+2a} = \frac{1}{1+2 \cdot 0,01} = 98,04\%$$

Như vậy, với thông tin trong mạng LAN, do cự ly nhỏ nên hiệu suất được cải thiện so với trường hợp truyền thông tin vệ tinh.



36

Cơ chế phát lại theo nhóm (Go-back-N ARQ)



37

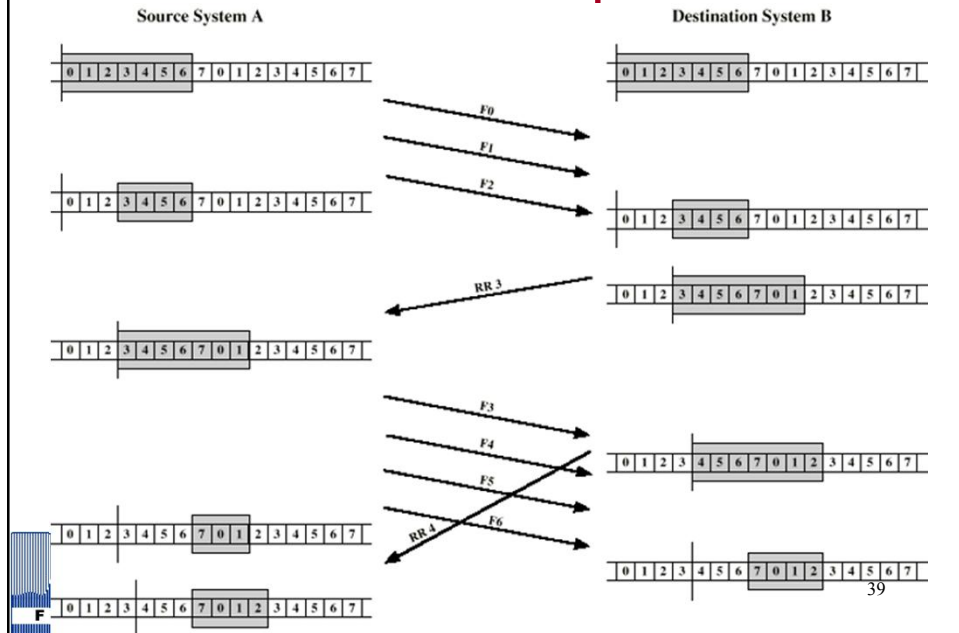
Cơ chế hoạt động

- Phía phát sẽ được phát nhiều hơn một khung thông tin trước khi nhận được báo nhận từ phía thu. Số khung thông tin cực đại mà phía phát có thể phát (ký hiệu là W) được gọi là kích thước cửa sổ. Cơ chế hoạt động này, được gọi là cơ chế cửa sổ trượt (sliding window)



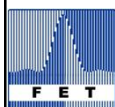
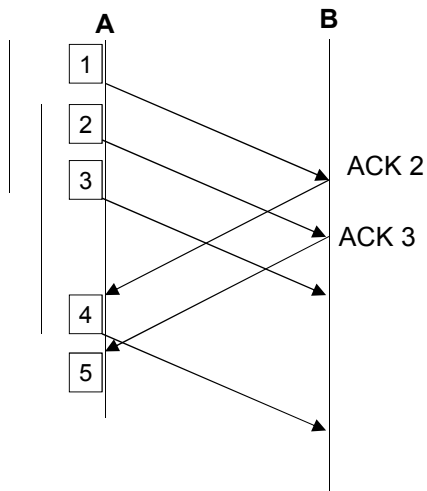
38

Cửa sổ trượt



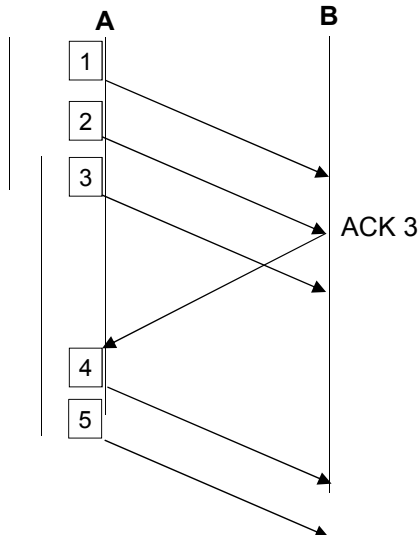
Ví dụ Sliding Windows

- $W=3$



Ví dụ Sliding Windows

- $W=3$



41

Cơ chế hoạt động (2)

- Khi có lỗi xảy ra, phía phát sẽ thực hiện phát lại khung thông tin bị sai và tất cả các khung thông tin khác đã được truyền, tính từ khung bị sai.

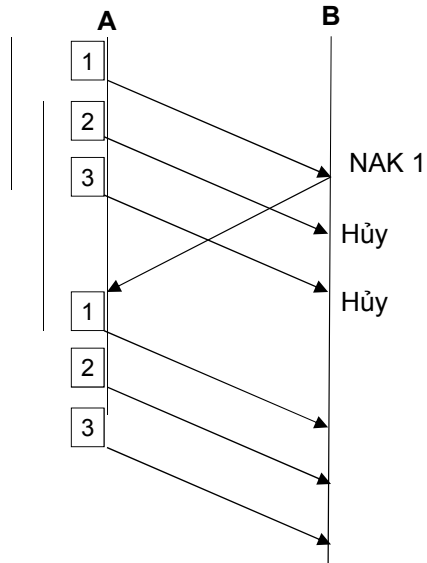


42

Ví dụ Go Back N

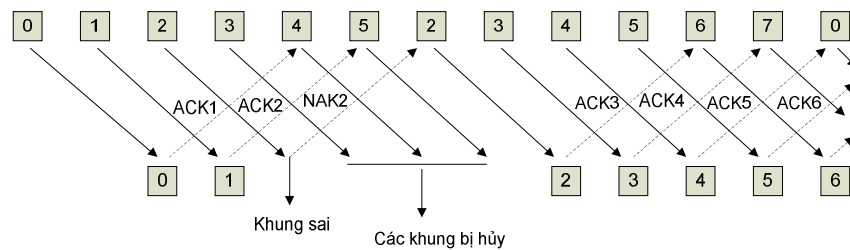
• $W=3$

2



43

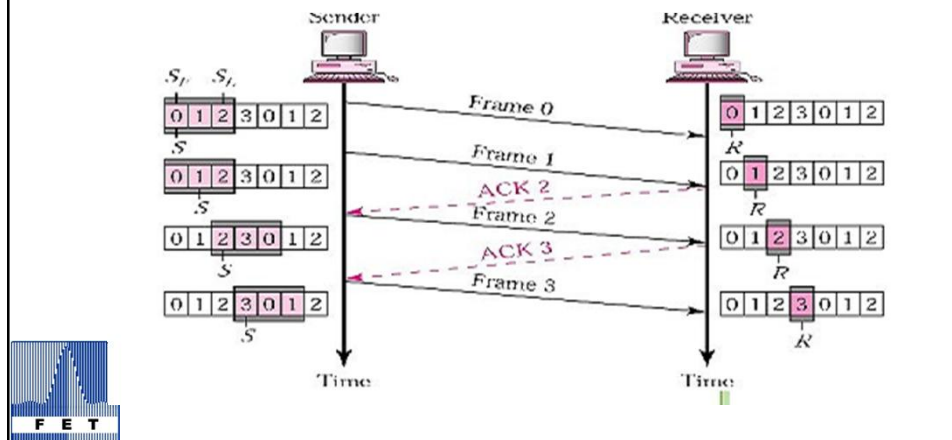
Cơ chế hoạt động (3)



44

ACK tích lũy

- **Cummulative ACK** (nghĩa là các ACK sau cũng đồng thời báo nhận cho các khung trước đó)



Các trường hợp đặc biệt

- Khung thông tin bị lỗi :
 - Khung thông tin bị sai: Phía phát đã phát khung i , phía thu đã thu đúng các khung từ $i - 1$ trở về trước. Lúc này phía thu sẽ gửi $NAK\ i$ ($RN = i$) cho phía phát để báo lỗi cho khung i . Khi phía phát nhận được $NAK\ i$, nó sẽ thực hiện phát lại khung i và tất cả các khung sau i (nếu các khung đó đã được phát).

Các trường hợp đặc biệt (2)

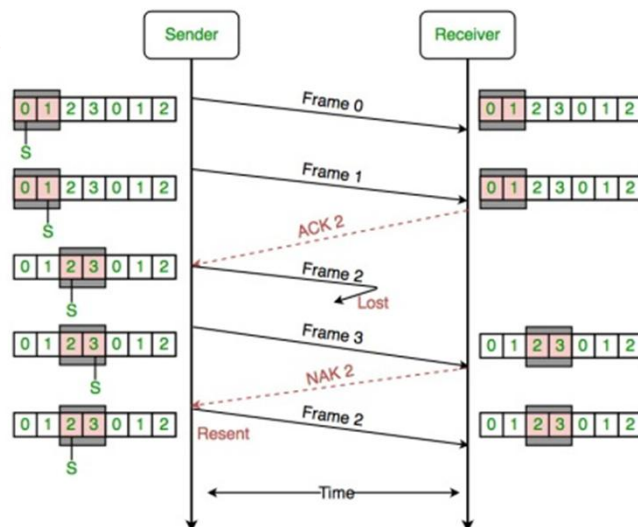
- Khung thông tin bị lỗi : (cont.)
 - Khung thông tin bị mất:
 - Khung thông tin i bị mất trên đường truyền, giả sử phía thu nhận được khung $i+1$, lúc này phía thu thấy các khung đến không theo thứ tự (nhận được $i+1$ trước khi nhận được i) và hiểu rằng khung i đã mất. Phía thu sẽ gửi lại NAK i cho phía phát.



47

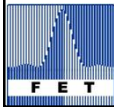
Các trường hợp đặc biệt (3)

Khung thông tin bị mất



Các trường hợp đặc biệt (4)

- Khung thông tin bị lỗi : (cont.)
 - Khung thông tin bị mất (cont.)
 - Khung thông tin i bị mất trên đường truyền và phía phát không gửi thêm khung thông tin nào nữa. Lúc này phía thu không nhận được gì và không gửi lại ACK hay NAK. Phía phát chờ đến time-out của khung thông tin i và thực hiện truyền lại khung này.



49

Các trường hợp đặc biệt (4)

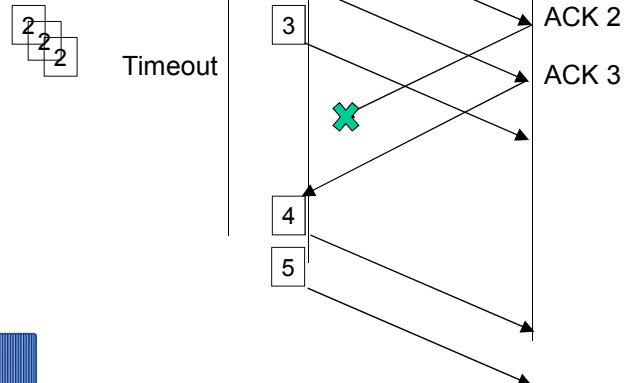
- Khung ACK bị mất:
- Phía thu nhận được khung i và gửi $ACK(i+1)$ về phía phát và ACK này bị mất trên đường truyền.
 - Nếu trước khi time-out của khung i xảy ra, phía phát nhận được $ACK(i+2)$ (hoặc $ACK(i+n)$ với $n > 1$) thì phía phát hiểu rằng khung i đã được nhận.
 - Nếu không, phía phát sẽ phải phát lại khung i (và tất cả các khung sau đó).



50

Ví dụ Sliding Windows

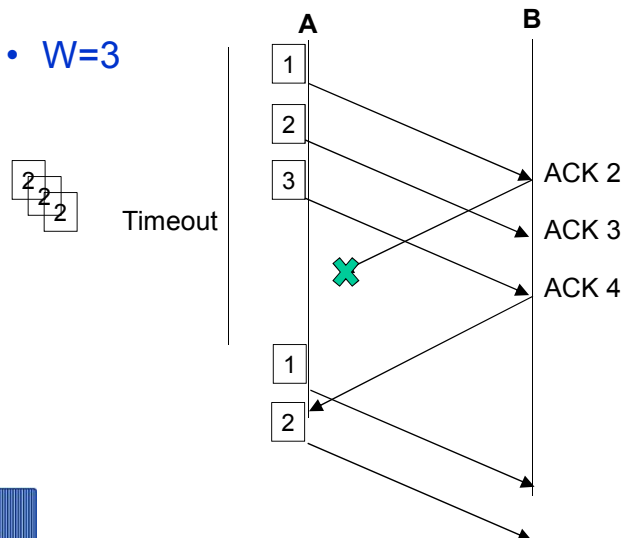
- $W=3$



51

Ví dụ Sliding Windows

- $W=3$



52

Các trường hợp đặc biệt (4)

- Khung NAK bị mất:
 - Khung i bị sai. → Phía thu sẽ không nhận thêm một khung nào sau khung i (và cũng sẽ không gửi báo nhận).
 - Với trường hợp này phía phát bắt buộc phải chờ đến time-out và thực hiện phát lại khung thông tin i .



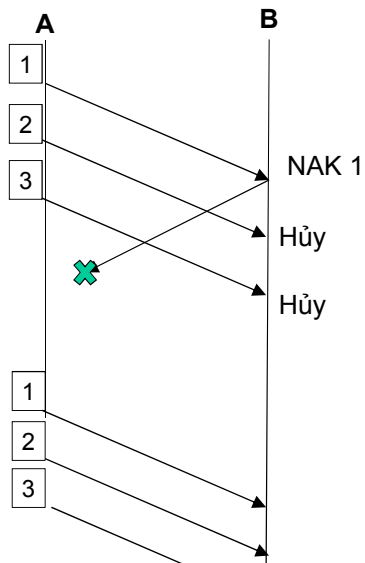
53

Ví dụ Go Back N

- $W=3$

2

Timeout



54

Kích thước cửa sổ

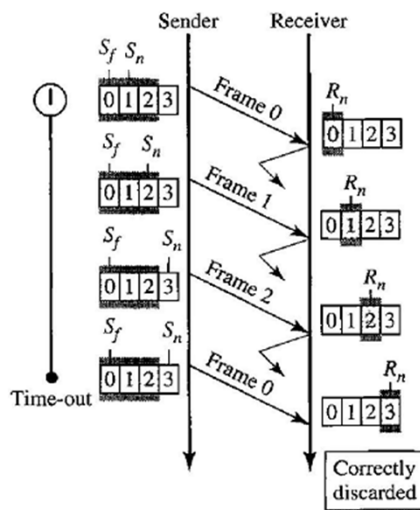
- Để có thể phân biệt các khung trên đường truyền, các khung cần được đánh số thứ tự. Nếu dùng k bit để đánh số thì tổng số khung được đánh số sẽ là 2^k (từ 0 đến $2^k - 1$) và do đó, kích thước cửa sổ tối đa $W_{max} = 2^k$ (về mặt lý thuyết).
- Tuy nhiên thực tế $W_{max} = 2^k - 1$



55

Ví dụ (2)

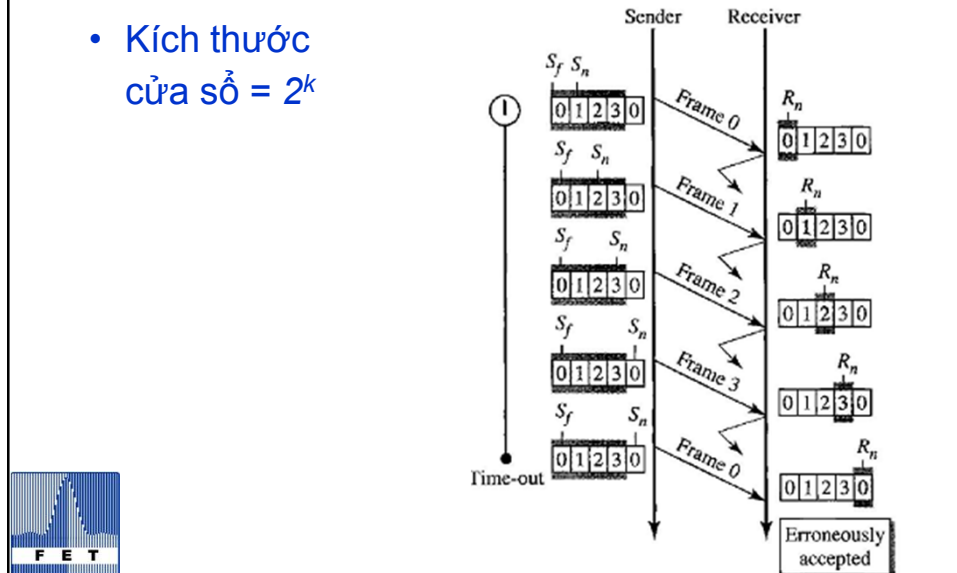
- Kích thước cửa sổ $< 2^k$



56

Ví dụ

- Kích thước cửa sổ = 2^k



Nhận xét

- Trong trường hợp phía thu có khả năng xử lý W khung thông tin thì không cần bộ đệm. Phía thu chỉ nhận và xử lý thông tin theo đúng thứ tự (dựa trên số thứ tự đánh trên các khung)
- Phía thu chuyển các gói thông tin lên lớp cao hơn theo thứ tự

Nhận xét (cont.)

- Phía thu sẽ không nhận khung $i+1$ nếu chưa nhận được khung i . Điều này là nguyên nhân khiến phía thu không cần phải có bộ đệm
- Phía phát phải lưu tối đa là W khung thông tin trong bộ đệm để chờ ACK



59

Hiệu suất Go Back N ARQ

- **Trường hợp 1:** trong điều kiện lý tưởng
- $T_{\Sigma} = T_F + 2T_D$
- Ta thực hiện so sánh T_{Σ} với $W \cdot T_F$
- Nếu $T_{\Sigma} < W \cdot T_F \rightarrow (1 + 2a) < W$

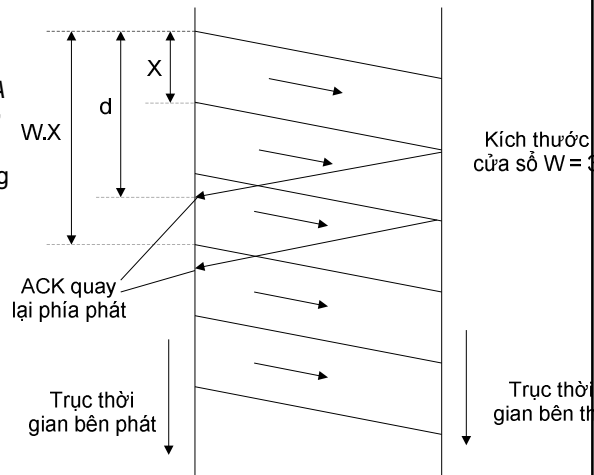


60

Hiệu suất Go Back N ARQ (2)

Nếu $W \geq 2a+1$. Kể từ thời điểm A nhận được báo nhận đầu tiên, cứ mỗi một đơn vị thời gian A phát được một khung thông tin và cũng đồng thời nhận được một báo nhận, như vậy A có thể phát tin liên tục

$$\eta_{window} = 1$$



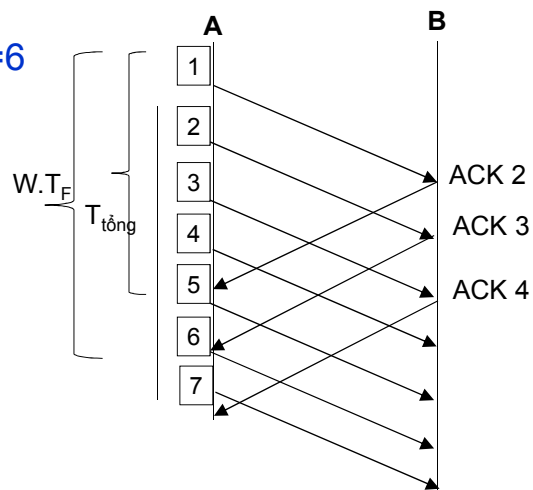
• *Giản đồ thời gian phương pháp cửa sổ trượt, $W > 2a+1$*

61

Ví dụ Sliding Windows

• $W=6$

2

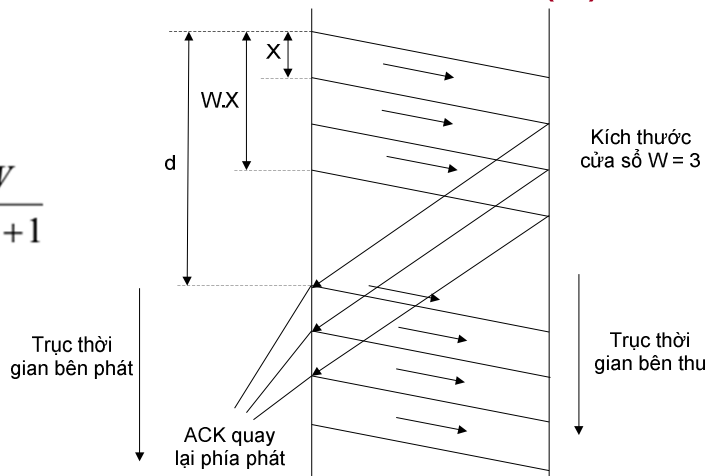


62

Hiệu suất Go Back N ARQ (3)

Nếu $W < 2a+1$:

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

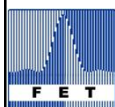
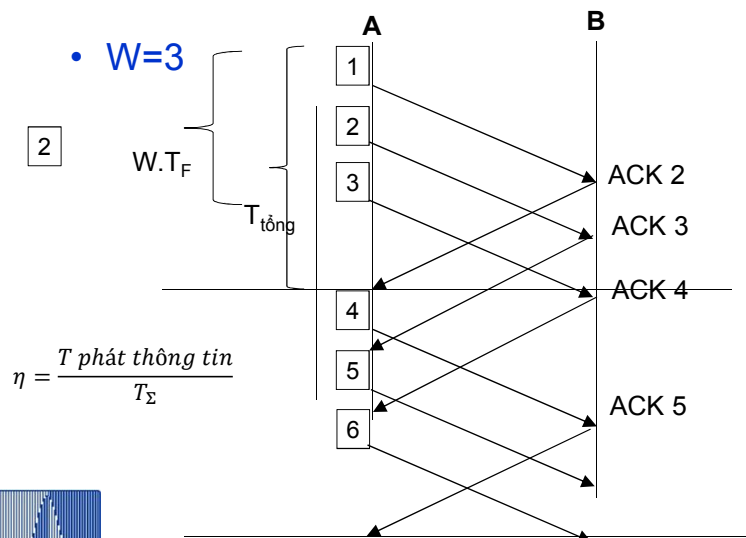


$$\eta = \frac{T_{\text{phát thông tin}}}{T_{\Sigma}} = \frac{W.T_F}{T_F + 2.T_D} = \frac{W}{1+2a}$$

63

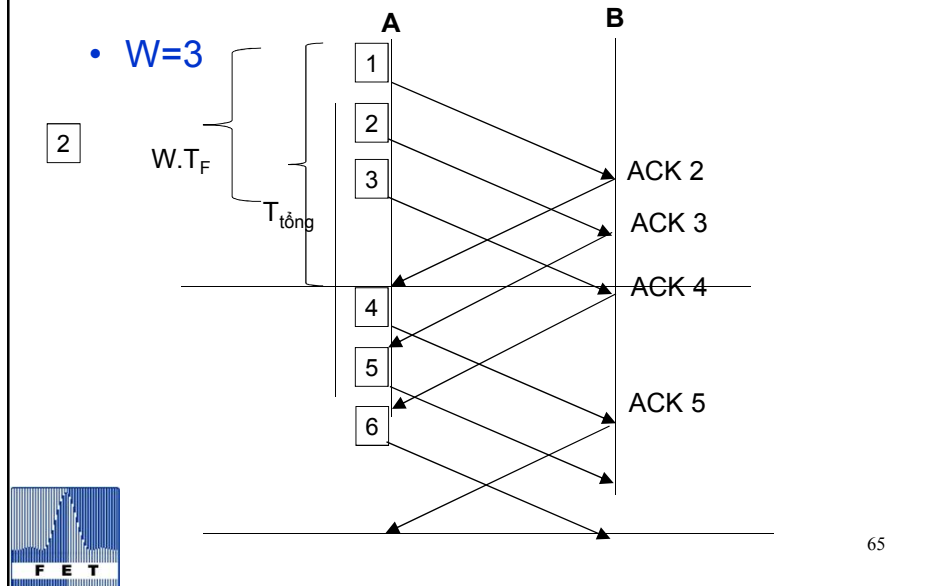
Ví dụ Sliding Windows

• $W=3$



64

Ví dụ Sliding Windows



Hiệu suất Go Back N ARQ (4)

- **Trường hợp 2: có lỗi**
- **Gói thông tin đến phía thu và bị sai. Gói phản hồi không bị sai và mất.**
- N_R là số lần phát trung bình cho đến khi thành công.
- Mỗi khi có lỗi xảy ra, phía phát sẽ phải phát lại K khung (việc xác định K sẽ được tính ở phần sau).



66

Hiệu suất Go Back N ARQ (5)

- **Trường hợp 2: có lỗi (cont.)**
- Xác suất để khung thông tin được truyền đến lần thứ i thì đúng
- $p(i) = p^{i-1}(1-p)$ (trong đó p^{i-1} là xác suất để $i-1$ lần truyền đầu tiên bị sai) và $1-p$ là xác suất để lần truyền thứ i đúng.
- Với trường hợp này, tổng số khung phải truyền lại sẽ là $f(i) = 1 + (i-1).K$ trong đó $(i-1).K$ là tổng số khung phải truyền lại cho $i-1$ lần truyền sai.



67

Hiệu suất Go Back N ARQ (6)

- **Trường hợp 2: có lỗi (cont.)**
- Vậy số khung trung bình cần truyền trong trường hợp truyền đến lần thứ i mới đúng là $N(i) = f(i).p(i)$
- Số khung trung bình cần truyền cho đến khi thành công:

$$N_R = \sum_{i=1}^{\infty} f(i).p^{i-1}(1-p) = \sum_{i=1}^{\infty} [(1-K) + Ki] p^{i-1}(1-p)$$



$$N_R = (1-K) \sum_{i=1}^{\infty} p^{i-1}(1-p) + K \sum_{i=1}^{\infty} i p^{i-1}(1-p)$$

68

Hiệu suất Go Back N ARQ (7)

- Trường hợp 2: có lỗi (cont.)

$$N_R = (1-K) \sum_{i=1}^{\infty} p^{i-1} (1-p) + K \sum_{i=1}^{\infty} i p^{i-1} (1-p)$$

Sử dụng các kết quả sau:

$$\sum_{i=0}^{\infty} r^i = \sum_{i=1}^{\infty} r^{i-1} = \frac{1}{1-r}$$

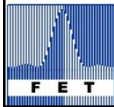
Và:

$$\sum_{i=1}^{\infty} i \cdot r^{i-1} = \frac{1}{(1-r)^2}$$

Ta có:

$$N_R = 1-K + \frac{K}{1-p} = \frac{1-p+Kp}{1-p}$$

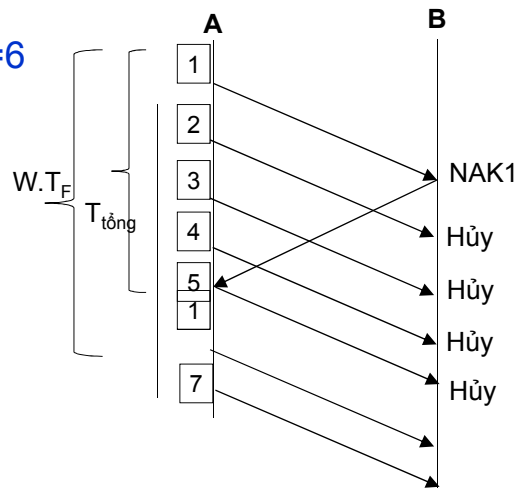
69



Ví dụ Sliding Windows

- W=6

2



70



Hiệu suất Go Back N ARQ (8)

- **Trường hợp 2: có lỗi (cont.)**
- Nếu $W \geq 2a + 1$ thì $K \approx 2a + 1$ – do khi NAK của khung i về thì phía phát đã phát thêm được $\approx 2a + 1$ khung
- Nếu $W < 2a + 1$ thì $K = W$ – do khi NAK của khung i về thì phía phát đã phát xong kích thước cửa sổ (W khung) và đang chờ báo nhận cho khung i để phát tiếp



71

Hiệu suất Go Back N ARQ (9)

- **Trường hợp 2: có lỗi (cont.)**

$$\eta_{Go-back-N} = \frac{1-p}{1+2ap} \text{ khi } W \geq 2a+1$$

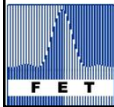
$$\eta_{Go-back-N} = \frac{W(1-p)}{(2a+1)(1-p+Wp)} \text{ khi } W < 2a+1$$



72

Ví dụ 1

- Thực hiện truyền gói từ A đến B. Kích thước gói tin 1000bytes. Trễ lan truyền giữa A và B là 10ms. Tốc độ các đường truyền là 10Mbps
- Tính hiệu suất của quá trình truyền tin với kích thước cửa sổ $W=4$. Giả sử quá trình truyền không lỗi và kích thước gói tin ACK bằng 500bytes.



73

Ví dụ 1 (cont.)

- Thực hiện truyền gói từ A đến B. Kích thước gói tin 1000bytes. Trễ lan truyền giữa A và B là 10ms. Tốc độ các đường truyền là 10Mbps
- Tính hiệu suất của quá trình truyền tin với kích thước cửa sổ $W=4$. Giả sử quá trình truyền không lỗi và kích thước gói tin ACK bằng 500bytes.

- $T_F = \frac{1000 \cdot 8}{10 \cdot 10^6} = 0.8(\text{ms})$

- $T_{ACK} = \frac{500 \cdot 8}{10 \cdot 10^6} = 0.4(\text{ms})$

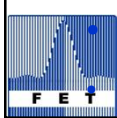


- $T_\Sigma = T_F + 2T_D + T_{ACK} = 21,2(\text{ms})$

74

Ví dụ 2

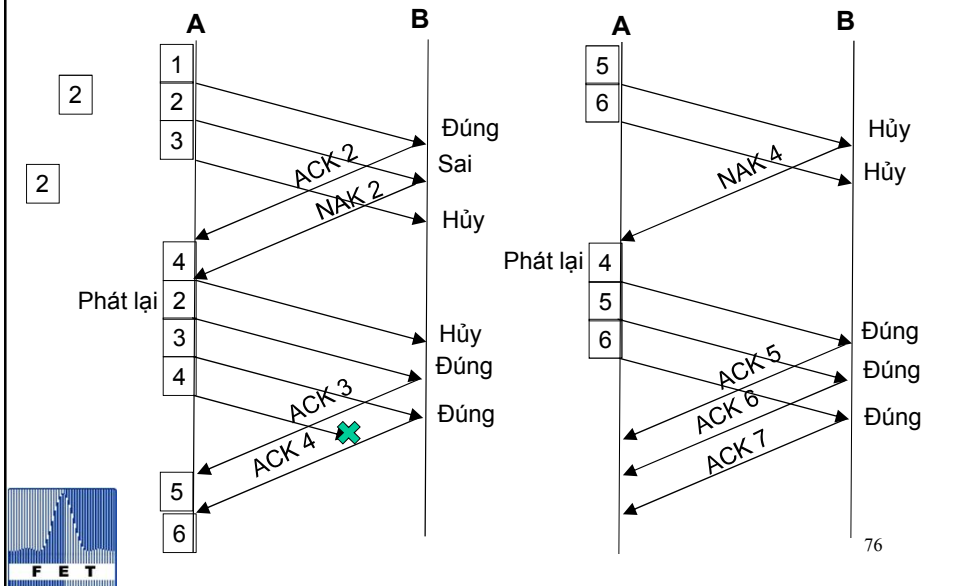
- Thực hiện truyền 6 gói tin từ A đến B sử dụng cơ chế phát lại Go Back N với Kích thước cửa sổ bằng 3.
- Hãy biểu diễn quá trình truyền tin biết gói thứ 2 bị sai, gói thứ 4 bị mất.
- Tính hiệu suất của quá trình truyền tin, biết kích thước gói tin 500bytes. Trễ lan truyền giữa A và B là 10ms. Tốc độ các đường truyền là 1Mbps. Giả sử gói phản hồi có kích thước rất nhỏ không đáng kể. Truyền không lỗi



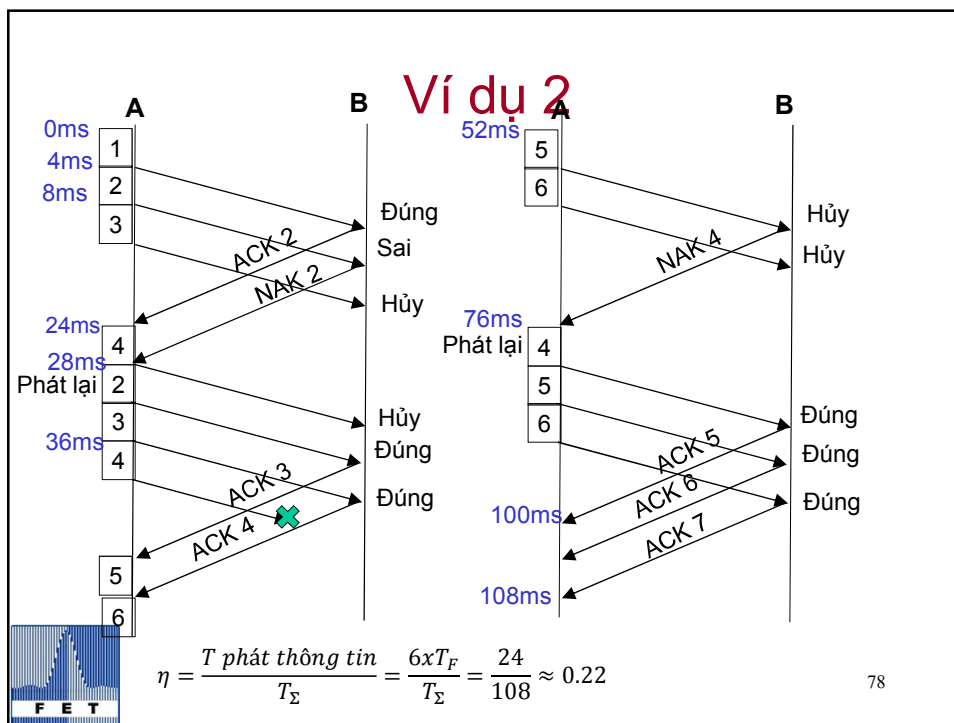
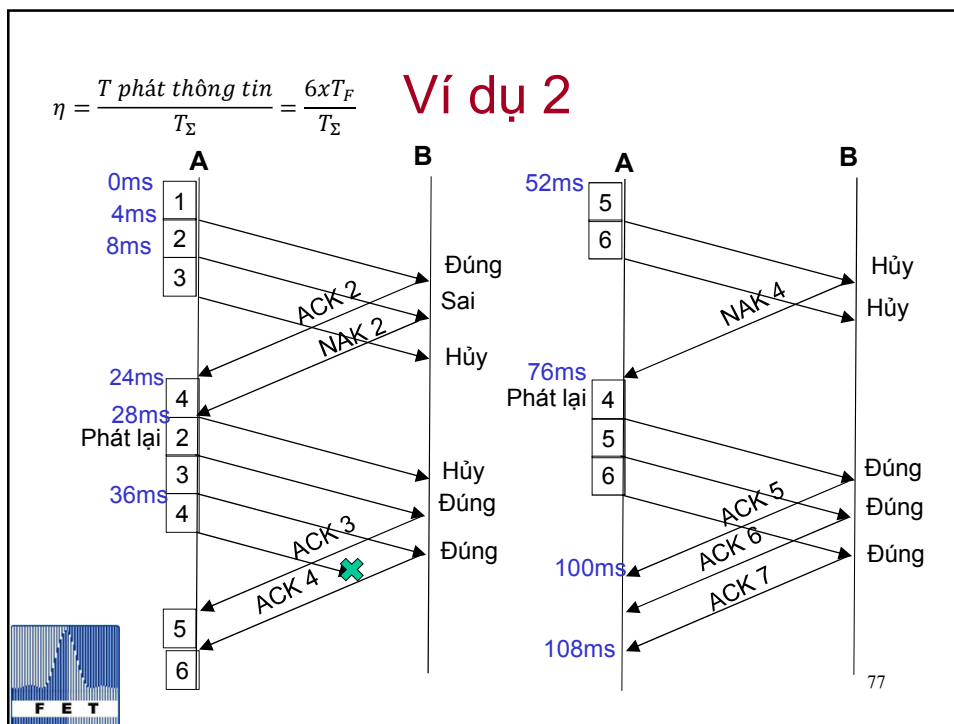
$$T_F = \frac{500 \times 8}{1.10^6} = 4(\text{ms})$$

75

Ví dụ 2



76



Ví dụ 3

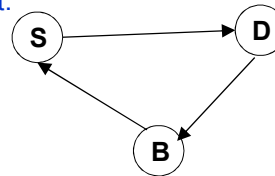
- Nút **S** gửi các gói tin đến D sử dụng cơ chế điều khiển luồng cửa sổ trượt *Go Back N*, kích thước mỗi gói là 1024byte. Trễ truyền lan trên các liên kết (**S**, D), (D, **B**) và (**B**,**S**) lần lượt là lần lượt là 5ms, 3ms, 4ms và tốc độ các đường truyền là 10Mbps
- Tính kích thước cửa sổ để tốc độ truyền đạt lớn nhất. Tính tốc độ đường truyền đạt được trên liên kết. Giả sử kích thước gói tin ACK bằng 0 và truyền không lỗi.



79

Ví dụ 3

- Nút **S** gửi các gói tin đến D , *Go Back N*, kích thước mỗi gói là 1024byte. Trễ truyền lan trên các liên kết (**S**, D), (D, **B**) và (**B**,**S**) lần lượt là lần lượt là 5ms, 3ms, 4ms và tốc độ các đường truyền là 10Mbps
- Tính kích thước cửa sổ để tốc độ truyền đạt lớn nhất. Tính tốc độ đường truyền đạt được trên liên kết.
- $T_F = \frac{1024 \cdot 8}{10 \cdot 10^6} = 0.8192(\text{ms})$
- Để tốc độ đạt cực đại thì $W \cdot T_F \geq T_\Sigma$.
- $T_\Sigma = T_F + T_{SD} + T_{DB} + T_{SD} = 12,8192 \text{ (ms)}$
- $W \geq 15,65$.



80

Cơ chế phát lại có lựa chọn (selective repeat ARQ)



81

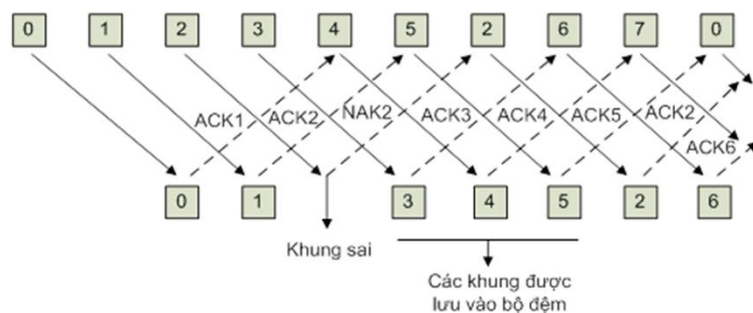
Cơ chế hoạt động

- Dựa trên phương pháp cửa sổ trượt. Phía phát được phép phát tối đa W khung thông tin (kích thước cửa sổ) trước khi nhận được báo nhận.
- Khi có lỗi, phía phát sẽ chỉ thực hiện phát lại khung thông tin bị lỗi mà không cần phát lại tất cả các khung khác sau khung lỗi nếu như các khung đó không bị sai. Cơ chế này giúp tăng hiệu quả sử dụng đường truyền so với cơ chế Go-back-N.



82

Nguyên tắc hoạt động



83

Nhận xét

- Do phía phát chỉ thực hiện **phát lại các khung bị lỗi** → các khung đến phía thu **có thể không theo thứ tự** như khi được phát đi ở phía phát
- → Phía thu **phải có khả năng xử lý các khung thông tin không theo thứ tự**.
- Do các khung thông tin phải được đưa lên lớp trên theo đúng thứ tự → **phía thu phải có bộ đệm để lưu tạm các khung thông tin** trong khi chờ các khung **bị mất hoặc lỗi** được phát lại.



84

Nhận xét (cont.)

- Phía thu phải thực hiện báo nhận cho tất cả các khung thông tin mà nó nhận đúng. Các khung thông tin không được báo nhận trong khoảng thời gian time-out tương ứng sẽ được coi là bị mất hoặc lỗi
- Trong trường hợp phía thu nhận được một khung thông tin sai, phía thu có thể gửi NAK để báo lỗi và yêu cầu truyền lại khung đó (selective reject)



85

Kích thước cửa sổ

- Để có thể phân biệt các khung trên đường truyền, các khung cần được đánh số thứ tự. Nếu dùng k bit để đánh số thì tổng số khung được đánh số sẽ là 2^k (từ 0 đến $2^k - 1$) và do đó, kích thước cửa sổ tối đa $W_{max} = 2^k$ (về mặt lý thuyết).
- Tuy nhiên thực tế $W_{max} = 2^{k-1}$ (Go Back N $W_{max} = 2^{k-1}$)



86

Hiệu suất của cơ chế selective repeat ARQ

- Trường hợp 1: lý tưởng

$$\eta_{window} = \frac{W}{2a+1} \text{ khi } W < 2a+1$$

$$\eta_{window} = 1 \text{ khi } W \geq 2a+1$$



87

Hiệu suất của cơ chế selective repeat ARQ(2)

- Trường hợp 2: có lỗi
- **Gói thông tin đến phía thu và bị sai. Gói phản hồi không bị sai và mất.**
- Gọi N_R là số khung thông tin phải truyền cho đến khi đúng ($1 \leq N_R \leq \infty$)
- Do bản chất của việc truyền lại trong selective repeat hoàn toàn tương tự như trong phương pháp dừng và đợi nên với cách tính tương tự



88

Hiệu suất của cơ chế selective repeat ARQ (3)

- Trường hợp 2: có lỗi
- **Gói thông tin đến phía thu và bị sai. Gói phản hồi không bị sai và mất.**
- Gọi N_R là số khung thông tin phải truyền cho đến khi đúng ($1 \leq N_R \leq \infty$).

$$\eta_{selective-repeat} = \frac{\eta_{window}}{N_R}$$



89

Hiệu suất của cơ chế selective repeat ARQ (4)

- Trường hợp 2: có lỗi (cont.)
- Do bản chất của việc truyền lại trong selective repeat hoàn toàn tương tự như trong phương pháp dừng và đợi nên với cách tính tương tự

$$N_R = \frac{1}{1-p}.$$



90

Hiệu suất của cơ chế selective repeat ARQ (5)

- Trường hợp 2: có lỗi (cont.)

$$\eta_{\text{selective-repeat}} = \frac{W(1-p)}{2a+1} \text{ khi } W < 2a+1$$

$$\eta_{\text{selective-repeat}} = 1-p \text{ khi } W \geq 2a+1$$



91

Đánh giá

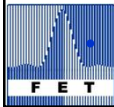
- Cơ chế selective repeat cho hiệu suất cao hơn so với Go-back-N.
- Tuy nhiên, cơ chế selective repeat hoạt động phức tạp hơn phía thu phải có khả năng xử lý các khung thông tin đến phía thu không theo thứ tự. Ngoài ra, phía thu cần phải có bộ đệm để có thể lưu tạm thời các khung thông tin này.



92

Ví dụ 1

- Thực hiện truyền 4 gói tin từ A đến B sử dụng cơ chế phát lại Selective Repeat với Kích thước cửa sổ bằng 3.
- Hãy biểu diễn quá trình truyền tin biết gói thứ 2 bị sai, gói thứ 4 bị mất.
- Tính hiệu suất của quá trình truyền tin, biết kích thước gói tin 500bytes. Trễ lan truyền giữa A và B là 5ms. Tốc độ các đường truyền là 1Mbps. Giả sử gói phản hồi có kích thước rất nhỏ không đáng kể.
Timeout = 30ms



93