

# Điều khiển luồng và chống tắc nghẽn



1

## Nội dung

- Giới thiệu
- Tính công bằng
- Cơ chế phát lại
- Điều khiển luồng và tránh tắc nghẽn theo phương pháp cửa sổ
- Điều khiển luồng và chống tắc nghẽn dựa trên băng thông



2

## Giới thiệu

- Trong trao đổi thông tin, khi phía phát truyền dữ liệu đến phía thu:
  - Dữ liệu đầu tiên được lưu trong bộ đệm phía thu.
  - Dữ liệu trong bộ đệm này sau khi được xử lý và chuyển lên các lớp phía trên thì sẽ được xóa đi, để dành bộ đệm cho các dữ liệu kế tiếp.



3

## Giới thiệu(2)

- Trên thực tế trao đổi thông tin trong mạng, có thể xảy ra tình trạng phía phát truyền dữ liệu với tốc độ cao hơn khả năng xử lý của phía thu, dẫn đến bộ đệm của phía thu sẽ đầy dần và bị tràn.
- Trong trường hợp này, phía thu không thể nhận thêm các gói dữ liệu từ phía phát dẫn đến việc phía phát phải thực hiện truyền lại dữ liệu, gây lãng phí băng thông trên đường truyền.



4

## Giới thiệu(3)

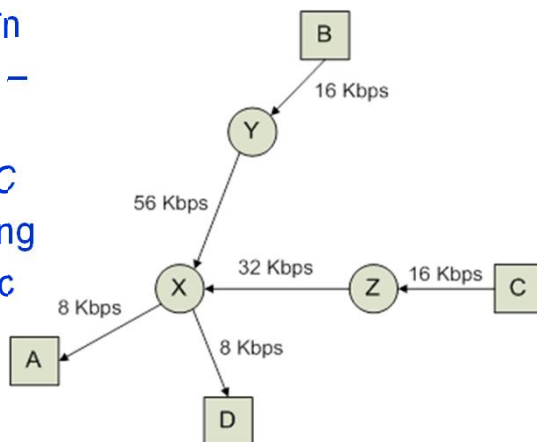
- Nhằm giảm thiểu việc phải truyền lại thông tin vì mất gói do tràn hàng đợi
- → cần có cơ chế thực hiện kiểm soát và điều khiển lưu lượng thông tin đi đến một thiết bị/mạng. Chức năng này được thực hiện bởi kỹ thuật điều khiển luồng và kiểm soát tắc nghẽn.



5

## Ví dụ

- hai kết nối từ B đến A (theo đường B – Y – X – A, tốc độ  $\lambda_{BA}$  Kbps) và từ C đến D (theo đường C – Z – X – D, tốc độ  $\lambda_{CD}$  Kbps).

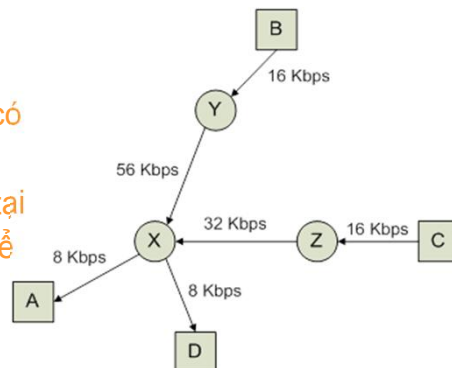


6

## Ví dụ(2)

- Giả thiết hệ thống mạng không được kiểm soát:

- Tất cả các gói tin đều có thể truy cập tài nguyên của mạng, và bộ đệm tại các nút X, Y và Z có thể được sử dụng bởi bất kỳ gói tin nào.

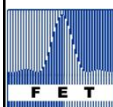
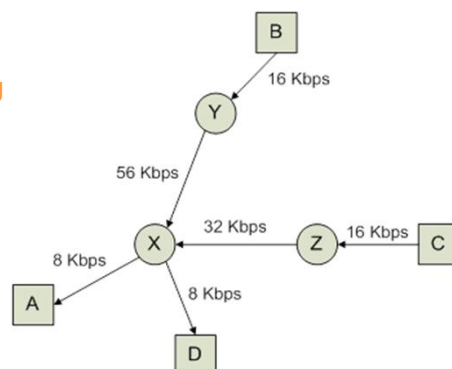


7

## Ví dụ(3)

- Giả thiết môi trường truyền không có lỗi,

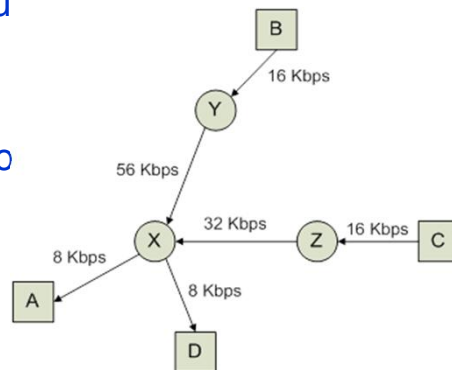
- các gói tin không bị sai nhưng vẫn có thể phải được truyền lại nếu nó bị nút mạng hủy do không còn dung lượng bộ đệm để lưu gói tin tạm thời trước khi xử lý. Giả thiết khi gói tin bị mất vì không được lưu trong bộ đệm thì nút phát nó sẽ thực hiện phát lại nhằm đảm bảo việc truyền tin tin cậy. hai kết nối từ B đến A (theo đường B – Y – X – A, tốc độ  $\lambda_{AB}$  Kbps)



8

## Ví dụ (4)

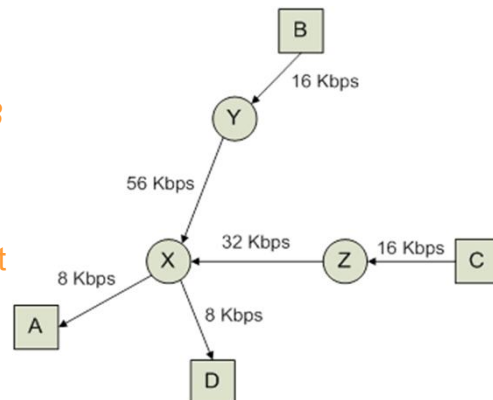
- Giả thiết khi gói tin bị mất vì không được lưu trong bộ đệm thì nút phát nó sẽ thực hiện phát lại nhằm đảm bảo việc truyền tin tin cậy.



9

## Ví dụ (5)

- Trường hợp 1:  
 $\lambda_{BA}=7\text{kbps}$  và  $\lambda_{CD} = 0$ 
  - không xảy ra tắc nghẽn vì lưu lượng từ B đến A sẽ được mạng trung chuyển hết.
  - Tốc độ thông tin đến nút A chính bằng tốc độ thông tin nút B đưa vào mạng, các đường B-Y, Y-X và X-A đều có tốc độ 7 Kbps.



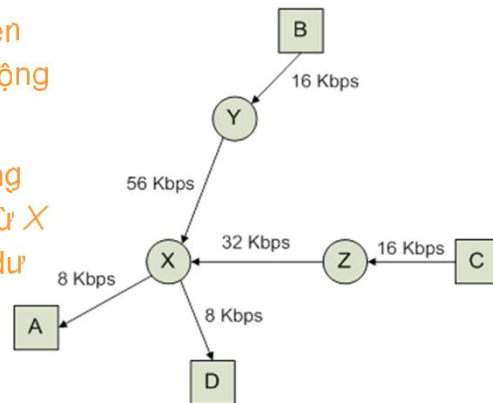
10

## Ví dụ (6)

- Trường hợp 2:

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

- Tốc độ thông tin từ B đến A lớn hơn tốc độ hoạt động của đường từ X đến A.
- Vì lý do này, tốc độ thông tin từ Y đến X lớn hơn từ X đến A, lượng thông tin dư thừa sẽ phải được lưu trong bộ đệm của X.



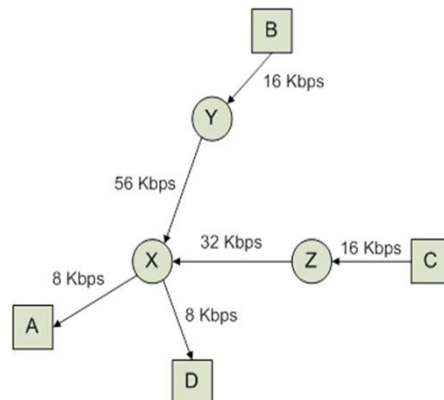
11

## Ví dụ (7)

- Trường hợp 2: (cont.)

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

- Bộ đệm của X sẽ dần bị đầy và tràn dẫn đến các gói thông tin từ Y đến sẽ không được lưu và bị hủy. Vì bộ đệm của Y lưu lại các gói tin chưa được báo nhận (để truyền lại) nên bộ đệm của Y cũng dần bị đầy và tràn.



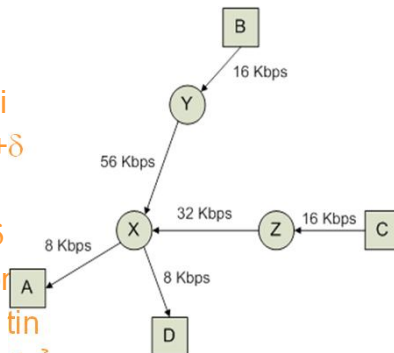
12

## Ví dụ (8)

- Trường hợp 2: (cont.)

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

- Nút  $X$  có thể chuyển 8 Kbps khi lưu lượng đầu vào của nó là  $8 + \delta$  Kbps ( $X$  hủy  $\delta$  Kbps). Lúc này, đường  $Y - X$  sẽ có tốc độ  $8 + 2\delta$  Kbps (trong đó  $8 + \delta$  Kbps là thông tin từ  $B$  đến và  $\delta$  Kbps là thông tin phát lại). Nhưng vì nút  $X$  chỉ có thể truyền 8 Kbps nên nó hủy  $2\delta$  Kbps và  $Y$  lại phải truyền lại lượng thông tin này.



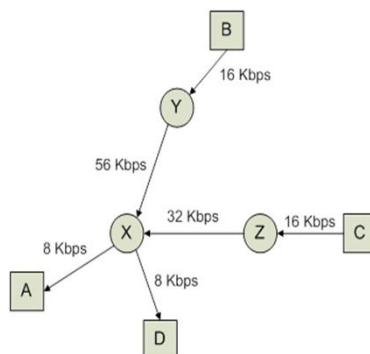
13

## Ví dụ (9)

- Trường hợp 2: (cont.)

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

- Quá trình này cứ tiếp diễn và cuối cùng đường nối  $Y - X$  sẽ hoạt động với tốc độ 56 Kbps. Tương tự như vậy, đường liên kết từ  $B$  đến  $Y$  cũng sẽ hoạt động với tốc độ 16 Kbps (bao gồm cả các gói mới và các gói được phát lại)



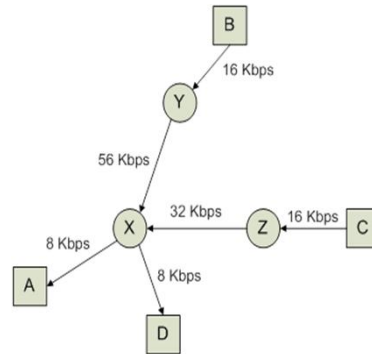
14

## Ví dụ (10)

- Trường hợp 2: (cont.)

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

- Quá trình này cứ tiếp diễn và cuối cùng đường nối  $Y - X$  sẽ hoạt động với tốc độ 56 Kbps. Tương tự như vậy, đường liên kết từ  $B$  đến  $Y$  cũng sẽ hoạt động với tốc độ 16 Kbps (bao gồm cả các gói mới và các gói được phát lại)



15

## Ví dụ (11)

- Để giải quyết vấn đề này:

- Xây dựng hệ thống mạng có khả năng đáp ứng tốc độ của thông tin từ  $X$  đến  $A$  ( $8 + \delta$  Kbps) nhằm đáp ứng với yêu cầu về tốc độ của  $B$  – giải pháp này chỉ thực sự khả thi và hiệu quả khi tốc độ phát tin của  $B$  là ổn định trong một thời gian dài, nếu không hiệu quả sử dụng tài nguyên rất thấp nếu xây dựng hệ thống mạng có khả năng đáp ứng lưu lượng lớn nhưng lại chỉ hoạt động với các yêu cầu trao đổi lưu lượng nhỏ.



16



## Ví dụ (12)

- Để giải quyết vấn đề này:(cont.)
  - Giới hạn tốc độ truyền tin của  $B$  xuống còn 8 Kbps – phương án này khả thi khi yêu cầu truyền tin của  $B$  trong phần lớn thời gian  $< 8$  Kbps và tốc độ vượt 8 Kbps chỉ diễn ra trong thời gian ngắn.
  - Trong hai phương án này, trên thực tế người ta sử dụng phương án 2 với sự hỗ trợ của các giao thức mạng.

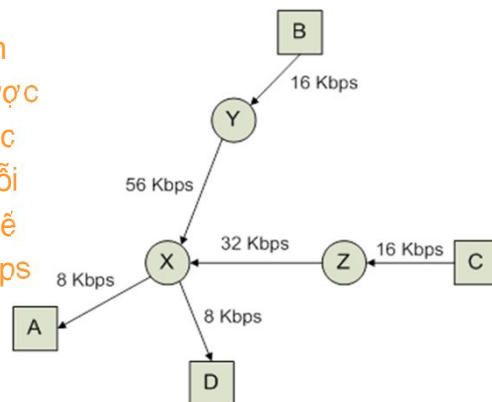


17

## Ví dụ (13)

- Trường hợp 3:  $\lambda_{BA}=7\text{kbps}$   
và  $\lambda_{CD} = 7\text{kbps}$

- → không xảy ra tắc nghẽn trong mạng. Thông tin được chuyển đến  $A$  và  $D$  với tốc độ 7Kbps cho mỗi nút. Mỗi liên kết trong mạng sẽ hoạt động với tốc độ 7Kbps

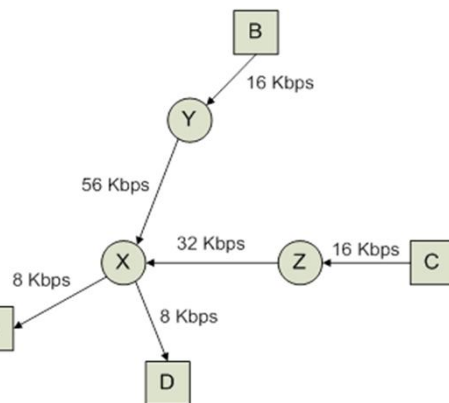


18

## Ví dụ (14)

- Trường hợp 4:  $\lambda_{BA} = (8 + \delta)$  kbps và  $\lambda_{CD} = 7$  kbps.

- đường đi từ C đến D có đủ dung lượng (tốc độ) để đáp ứng yêu cầu cho kết nối C – D; tuy nhiên yêu cầu truyền thông tin trên đường B – A vượt quá khả năng xử lý của tuyến truyền này

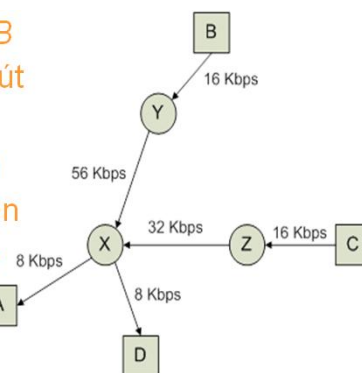


19

## Ví dụ (15)

- Trường hợp 4:  $\lambda_{BA} = (8 + \delta)$  kbps và  $\lambda_{CD} = 7$  kbps (cont.)

- Trong trường hợp này, hai kết nối B – A và C – D chia sẻ bộ đệm của nút X. Lưu lượng thông tin từ B đến A làm tràn bộ đệm của X,  $\rightarrow$  thông tin từ B và C khi đến X đều bị hủy. Hiện tượng này xảy ra đối với tất cả các gói tin (cả B và C) cho dù nguyên nhân là do B.  $\rightarrow$  nút Y và Z cũng bị tràn bộ đệm và tất cả các đường liên kết sẽ hoạt động với tốc độ cực đại của chúng.

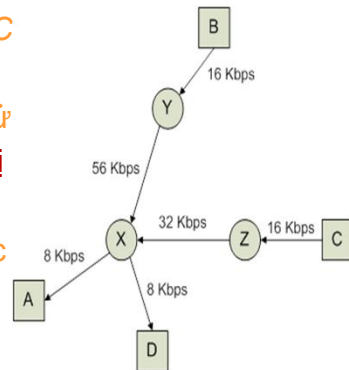


20

## Ví dụ (16)

- Trường hợp 4:  $\lambda_{BA}=(8+ \delta)$  kbps và  $\lambda_{CD} = 7kbps$  (cont.)

– Do trước khi chuyển gói tin từ  $B$  và  $C$  đến  $A$  và  $D$  tương ứng, nút  $X$  phải lưu các gói tin này vào bộ đệm để xử lý nên trong trường hợp bộ đệm  $X$  bị tràn,  $X$  sẽ phải hủy các gói tin này. Do tốc độ thông tin  $Y - X$  gấp đôi tốc độ thông tin  $Z - X$  (khi các liên kết này hoạt động với tốc độ đỉnh) nên số lượng gói tin từ  $Y$  đến  $X$  sẽ gấp đôi từ  $Z$  đến  $X$ .

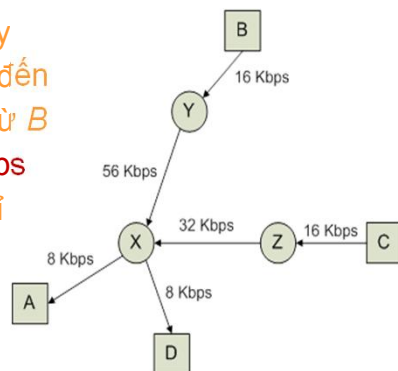


21

## Ví dụ (17)

- Trường hợp 4:  $\lambda_{BA}=(8+ \delta)$  kbps và  $\lambda_{CD} = 7kbps$  (cont.)

– Nói một cách khác,  $X$  sẽ hủy (hay chấp nhận) các gói tin từ  $Y$  và  $Z$  đến theo tỷ lệ 2:1. Lúc này thông tin từ  $B$  đến  $A$  hoạt động với tốc độ 8 Kbps trong khi thông tin từ  $C$  đến  $D$  chỉ hoạt động với tốc độ 4 Kbps.



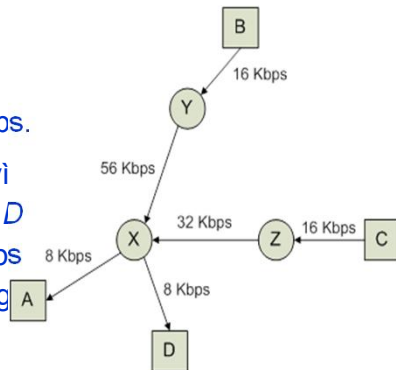
22

## Ví dụ (18)

Trường hợp 4:  $\lambda_{BA} = (8 + \delta)$  kbps và  $\lambda_{CD} = 7$  kbps (cont.)

– So với trường hợp 3, ta thấy:

- Thông lượng tổng cộng của mạng giảm từ 14 Kbps xuống còn 12 Kbps.
- Nút C bị đối xử không công bằng vì tốc độ truyền thông tin của nó đến D bị giảm từ 7 Kbps xuống còn 4 Kbps trong khi nút B không bị ảnh hưởng nhiều (giảm từ  $8 + \delta$  Kbps xuống 8 Kbps) dù nguyên nhân gây ra tắc nghẽn lại là do nút B.



23

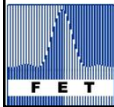
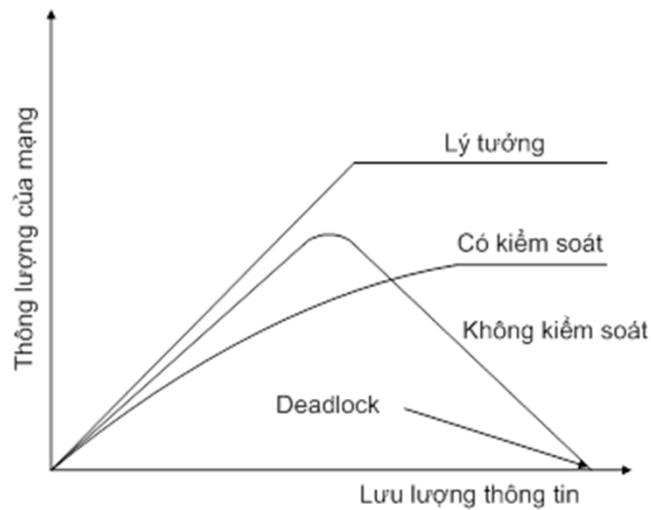
## Ví dụ (19)

- Để giải quyết vấn đề này, người ta có thể dành một phần dung lượng bộ đệm tại X cho các gói tin từ C đi đến.
- Việc dành trước tài nguyên này có vẻ như trái ngược với nguyên tắc của chuyển mạch gói khi tài nguyên trong mạng được chia sẻ bởi tất cả các nút và người dùng.
- Tuy nhiên, trên thực tế người ta có thể đánh đổi điều này để đảm bảo tính công bằng ở trong mạng.



24

## Thông lượng của mạng



25

## Điều khiển luồng

- **Định nghĩa – Điều khiển luồng** là cơ chế nhằm đảm bảo việc truyền thông tin của phía phát **không vượt quá** khả năng xử lý của phía thu.



26

## Điều khiển luồng (2)

- Điều khiển luồng được chia làm hai loại.
  - Điều khiển luồng giữa hai nút đầu cuối (end-to-end): nhằm đảm bảo nút nguồn (nơi khởi tạo phiên thông tin) thực hiện truyền thông tin không vượt quá khả năng xử lý của nút đích (nơi kết thúc phiên thông tin).
  - Điều khiển luồng giữa hai nút trong mạng (hop-by-hop): là việc thực hiện điều khiển luồng giữa hai nút liên tiếp trên đường đi từ nguồn đến đích.



27

## Chống tắc nghẽn

- **Định nghĩa** – **Chống tắc nghẽn** là cơ chế kiểm soát thông tin đi vào mạng nhằm đảm bảo tổng lưu lượng thông tin đi vào mạng không vượt quá khả năng xử lý của toàn mạng



28

## Chống tắc nghẽn (2)

- Chống tắc nghẽn được chia làm hai loại:
  - **Điều khiển truy nhập mạng** (network access): kiểm soát và điều khiển lượng thông tin có thể đi vào trong mạng.
  - **Điều khiển cấp phát bộ đệm** (buffer allocation): là cơ chế thực hiện tại các nút mạng nhằm đảm bảo việc sử dụng bộ đệm là công bằng và tránh việc không truyền tin được do bộ đệm của tất cả các nút bị tràn (deadlock).



29

## Chống tắc nghẽn (3)

- **Chống tắc nghẽn** liên quan đến việc kiểm soát thông tin trên toàn mạng. Trong khi **điều khiển luồng** là việc kiểm soát thông tin giữa hai đầu cuối cụ thể.
- Hai kỹ thuật này có điểm **tương đồng** là phải giới hạn lưu lượng thông tin nhằm tránh khả năng quá tải của hệ thống đích.
- Do tính chất gắn kết của hai khái niệm này, đa phần các tài liệu đều sử dụng lẫn (hoặc kết hợp) các khái niệm điều khiển luồng (flow control) và điều khiển tắc nghẽn (congestion control).



30

## Nhiệm vụ của điều khiển luồng và chống tắc nghẽn

- **Tối ưu hóa thông lượng sử dụng của mạng:**
  - Trong trường hợp thông tin chỉ truyền giữa hai người dùng, việc tối ưu hóa tốc độ truyền tin không cần đặt ra. Tuy nhiên, trong một hệ thống mạng với sự tham gia trao đổi thông tin của nhiều nút mạng, việc tối ưu hóa thông lượng của hệ thống mạng phức tạp hơn nhiều.



31

## Nhiệm vụ của điều khiển luồng và chống tắc nghẽn (2)

- **Giảm trễ gói khi đi qua mạng:**
  - Với người sử dụng, trễ gói từ đầu cuối đến đầu cuối càng nhỏ càng tốt.
  - Tuy nhiên, điều khiển luồng (ở lớp mạng) không nhằm thực hiện điều đó. Điều khiển luồng chỉ đảm bảo trễ của gói tin khi đi qua mạng nằm ở một mức chấp nhận được thông qua việc giới hạn số lượng gói tin đi vào mạng (và do đó, giảm trễ hàng đợi). → điều khiển luồng không có tác dụng với những ứng dụng đòi hỏi trễ nhỏ trong khi lại truyền trên hệ thống hạ tầng tốc độ thấp.



32



## Nhiệm vụ của điều khiển luồng và chống tắc nghẽn (3)

- **Giảm trễ gói khi đi qua mạng:** (cont.)

- Trong trường hợp này, việc đáp ứng yêu cầu của người sử dụng chỉ có thể được thực hiện thông qua việc nâng cấp hệ thống hay sử dụng các giải thuật định tuyến tối ưu hơn.
- Mục đích chính của việc giảm trễ gói là để giảm sự lãng phí tài nguyên khi phải truyền lại gói. Việc truyền lại có thể do: (1) hàng đợi của các nút mạng bị đầy dẫn đến gói thông tin bị hủy và phải truyền lại; (2) thông tin báo nhận quay trở lại nút nguồn quá trễ khiến phía phát cho rằng thông tin truyền đi đã bị mất và phải truyền lại



33

## Nhiệm vụ của điều khiển luồng và chống tắc nghẽn (4)

- **Đảm bảo tính công bằng cho việc trao đổi thông tin trên mạng:**

- Đảm bảo tính công bằng trong trao đổi thông tin là một trong những yếu tố tiên quyết của kỹ thuật mạng.
- Việc đảm bảo tính công bằng cho phép người sử dụng được dùng tài nguyên mạng với cơ hội như nhau.
- Trong trường hợp người sử dụng được chia thành các nhóm với mức độ ưu tiên khác nhau thì bảo đảm tính công bằng được thực hiện đối với các người dùng trong cùng một nhóm.



34

## Nhiệm vụ của điều khiển luồng và chống tắc nghẽn (5)

- **Đảm bảo tránh tắc nghẽn trong mạng:**
  - Tắc nghẽn là hiện tượng thông lượng của mạng giảm và trễ tăng lên khi lượng thông tin đi vào mạng tăng.
  - Điều khiển luồng cung cấp cơ chế giới hạn lượng thông tin đi vào mạng nhằm tránh hiện tượng tắc nghẽn kể trên. Có thể hình dung điều khiển luồng như hoạt động của cảnh sát giao thông trên đường phố vào giờ cao điểm.



35

## Tính công bằng

- **Định nghĩa – Tính công bằng** là khả năng **đảm bảo** cho các người dùng, các ứng dụng **khác nhau** được sử dụng tài nguyên mạng với cơ hội **như nhau**.
- Đảm bảo tính công bằng là một trong những tiêu chí hàng đầu của kỹ thuật mạng.



36

## Tính công bằng về mặt băng truyền

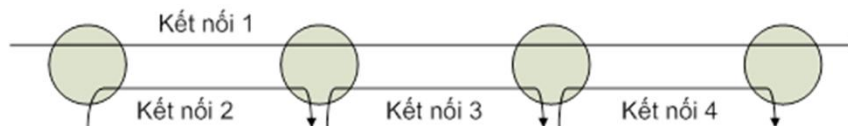
- *Định nghĩa – Tính công bằng về mặt băng truyền* thể hiện ở khả năng chia sẻ băng truyền công bằng cho tất cả người dùng hoặc kết nối.



37

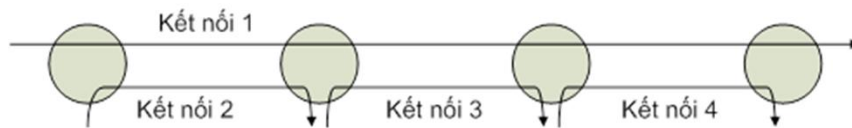
## Ví dụ

- Liên kết giữa các nút có tốc độ 1Mbps.



38

## Ví dụ (2)

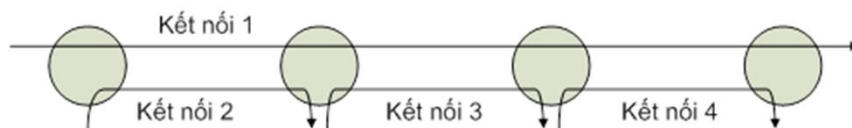


- Liên kết giữa các nút có tốc độ 1Mbps.
- **Cách 1:** Thông lượng của mạng sẽ đạt cực đại (bằng 3Mbps) nếu các kết nối 2, 3 và 4 được sử dụng toàn bộ 1 Mbps bằng thông và kết nối 1 không được cung cấp lượng bằng thông nào cả  
→ Không công bằng



39

## Ví dụ (3)

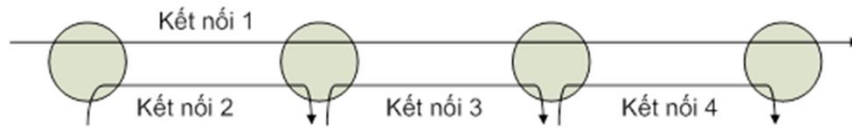


- Liên kết giữa các nút có tốc độ 1Mbps.
- **Cách 2:** Nếu cung cấp lượng tài nguyên mạng (bằng thông) cho tất cả các kết nối là như nhau, lúc ấy các kết nối 2, 3, 4 sẽ được sử dụng 0,75Mbps và kết nối 1 sử dụng 0,25 Mbps (và được sử dụng trên toàn bộ đường truyền)



40

### Ví dụ (4)



- Liên kết giữa các nút có tốc độ 1Mbps.
- **Cách 3:** Một khái niệm khác của tính công bằng là cho mỗi kết nối sử dụng 0,5Mbps băng thông. Lúc này tổng thông lượng của mạng sẽ là 2Mbps.



41

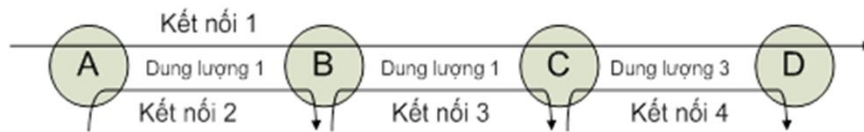
### **Mô hình công bằng cực đại – cực tiểu (max-min fairness)**

- Một trong những vấn đề khó khăn nhất của thực hiện điều khiển luồng và kiểm soát tắc nghẽn là **đảm bảo tính công bằng** cho các kết nối hoặc người dùng khi xảy ra tắc nghẽn. Khái niệm **tính công bằng** thể hiện ở chỗ các kết nối, người dùng được sử dụng tài nguyên mạng với cơ hội như nhau.



42

## Ví dụ 1

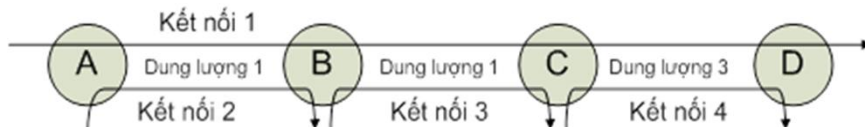


- đường nối  $A - B$  và  $B - C$  có dung lượng 1 và đường nối  $C - D$  có dung lượng 3. Kết nối 1 đi qua tất cả các nút  $A, B, C, D$ ; kết nối 2 đi qua  $A, B$ ; kết nối 3 đi qua  $B, C$ ; kết nối 4 đi qua  $C, D$ .



43

## Ví dụ 1(2)



- Tốc độ của các kết nối 1, 2 và 3 đều là  $1/2$  để đảm bảo các kết nối này sử dụng băng thông trên các đường  $A - B$  và  $B - C$  là công bằng.
- Tuy nhiên, trên đường liên kết  $C - D$ , mặc dù nó được chia sẻ bởi kết nối 1 và kết nối 4, tuy nhiên băng thông của kết nối 4 có thể đạt đến  $5/2$  vì kết nối 1 chỉ sử dụng hết  $1/2$  mà thôi.



44

## Nhận xét

- Như vậy, tính công bằng không chỉ đơn thuần là **chia sẻ băng thông bình đẳng** cho các kết nối/ người dùng trên tất cả các phân vùng trong mạng mà nó được hiểu và sử dụng mềm dẻo trong từng trường hợp cụ thể.
- Việc sử dụng tài nguyên mạng hiệu quả nhất có thể trong khi vẫn có thể đảm bảo được tính công bằng cho các kết nối được thực hiện bởi cơ chế điều khiển luồng cực đại – cực tiểu (max–min flow control). Cơ chế này được xây dựng trên mô hình công bằng cực đại – cực tiểu (max-min fairness).



45

## Nguyên tắc hoạt động

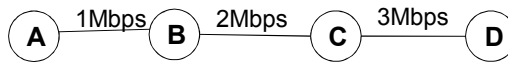
- Sau khi người dùng với **yêu cầu ít nhất về tài nguyên** đã được đáp ứng công bằng, **các tài nguyên còn lại** được tiếp tục phân chia (một cách công bằng) cho những người dùng còn lại.
- Trong nhóm người dùng này, **tài nguyên lại được phân chia** sao cho người dùng có yêu cầu ít nhất được đáp ứng, và quá trình cứ tiếp tục đến hết. Nói một cách khác, việc cấp phát tài nguyên mạng cho một người dùng **không** được làm ảnh hưởng đến tài nguyên đã cấp các người dùng khác với yêu cầu ít hơn i.



46

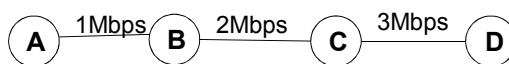
## Ví dụ 1 Min-max fairness

- Kết nối 1: A → D
- Kết nối 2: A → B
- Kết nối 3: B → C
- Kết nối 4: C → D



47

## Ví dụ 1 Min-max fairness (2)



- AB: C1, C2:  $\frac{1}{2} = 0,5(Mbps)$
- BC: C1, C3:  $\frac{2}{2} = 1(Mbps)$
- CD: C1, C4:  $\frac{3}{2} = 1,5(Mbps)$

- Kết nối 1: A → D
- Kết nối 2: A → B
- Kết nối 3: B → C
- Kết nối 4: C → D

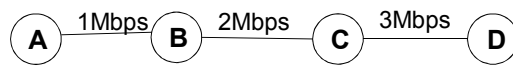
→ Ấn định C1, C2 bằng 0,5Mbps



48



## Ví dụ 1 Max-min fairness (2)

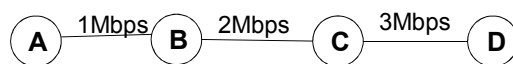


- AB: C1, C2:  $\frac{1}{2} = 0,5(Mbps)$
  - BC: C1, C3:  $\frac{2}{2} = 1(Mbps)$
  - CD: C1, C4:  $\frac{3}{2} = 1,5(Mbps)$
- Ấn định C1, C2 bằng 0,5Mbps
- BC: C3:  $2 - \frac{1}{2} = 1,5(Mbps)$
  - CD: C4:  $3 - \frac{1}{2} = 2,5(Mbps)$
- Ấn định C3 bằng 1,5Mbps



49

## Ví dụ 1 Max-min fairness (3)



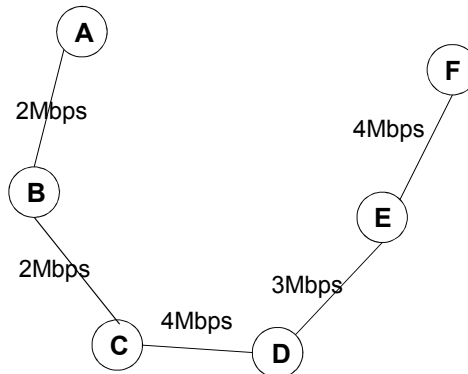
- BC: C3:  $2 - \frac{1}{2} = 1,5(Mbps)$
  - CD: C4:  $3 - \frac{1}{2} = 2,5(Mbps)$
- Ấn định C3 bằng 1,5Mbps
- CD: C4:  $3 - \frac{1}{2} = 2,5(Mbps)$
- Ấn định C4 bằng 2,5Mbps



50

## Ví dụ 2 Max-min fairness

- Kết nối 1: A → C
- Kết nối 2: B → C
- Kết nối 3: A → D
- Kết nối 4: B → E
- Kết nối 5: C → F
- Kết nối 6: A → F
- Kết nối 7: D → E
- Kết nối 8: E → F



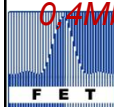
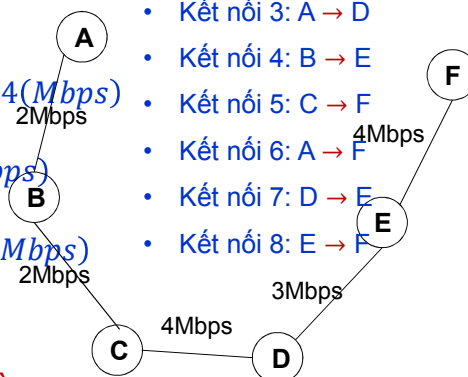
51

## Ví dụ 2 Max-min fairness (2)

- AB: C1, C3, C6:  $\frac{2}{3}$  (Mbps)
- BC: C1, C2, C3, C4, C6:  $\frac{2}{5} = 0,4$  (Mbps)
- CD: C3, C4, C5, C6:  $\frac{4}{4} = 1$  (Mbps)
- DE: C4, C5, C6, C7:  $\frac{3}{4} = 0,75$  (Mbps)
- EF: C5, C6, C8:  $\frac{4}{3}$  (Mbps)

→ Ấn định C1, C2, C3, C4, C6 bằng 0,4Mbps

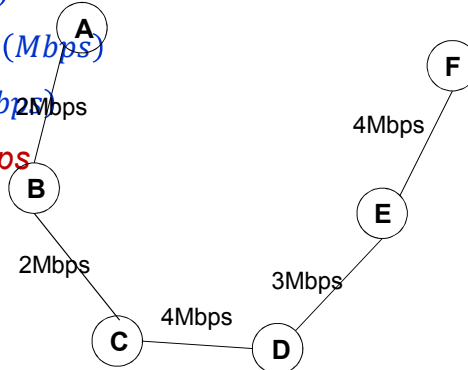
- Kết nối 1: A → C
- Kết nối 2: B → C
- Kết nối 3: A → D
- Kết nối 4: B → E
- Kết nối 5: C → F
- Kết nối 6: A → F
- Kết nối 7: D → E
- Kết nối 8: E → F



52

## Ví dụ 2 Max-min fairness (2)

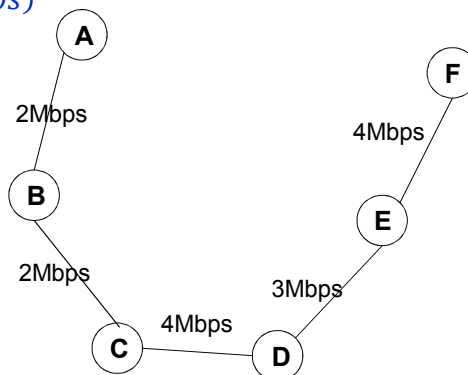
- CD: C5:  $4 - 0,4 \times 3 = 2,8(Mbps)$
  - DE: C5, C7:  $(3 - 0,4 \times 2) : 2 = 1,1(Mbps)$
  - EF: C5, C8:  $(4 - 0,4) : 2 = 1,8(Mbps)$
- Ấn định C5, C7 bằng 1,1Mbps



53

## Ví dụ 2 Max-min fairness (2)

- EF: C8:  $(4 - 0,4 - 1,1) = 2,5(Mbps)$
- Ấn định C8 bằng 2,5Mbps



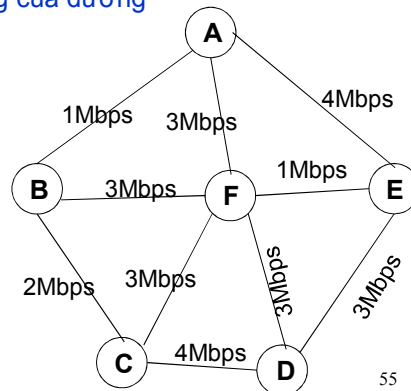
54

## Ví dụ 3 Max-min fairness

- Giả sử chọn giá cho mỗi đường truyền theo

luật sau:  $C_i = \frac{1}{C_i}$ . Trong đó  $c_i$  là giá của đường vật lý  $i$ ,  $C_i$  là dung lượng của đường truyền đó.

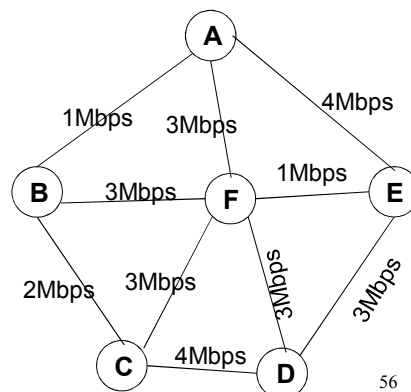
- Kết nối 1: B → A
- Kết nối 2: B → E
- Kết nối 3: B → D
- Kết nối 4: C → E
- Kết nối 5: C → F
- Kết nối 6: A → F
- Kết nối 7: D → E
- Kết nối 8: F → E



55

## Ví dụ 3 Max-min fairness (2)

- Kết nối 1: B → A: B - F - A
- Kết nối 2: B → E: B - F - A - E
- Kết nối 3: B → D: B - F - D
- Kết nối 4: C → E: C - D - E
- Kết nối 5: C → F: C - F
- Kết nối 6: A → F: A - F
- Kết nối 7: D → E: D - E
- Kết nối 8: F → E: F - A - E

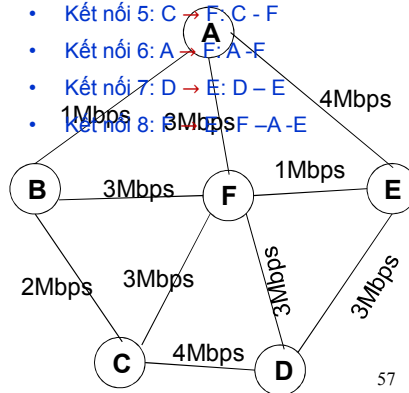


56

## Ví dụ 3 Max-min fairness (2)

- BF: C1,C2,C3
- FA
- AE
- FD
- CD
- DE
- CF
- AF

- Kết nối 1: B  $\rightarrow$  A: B - F - A
- Kết nối 2: B  $\rightarrow$  E: B - F - A - E
- Kết nối 3: B  $\rightarrow$  D: B - F - D
- Kết nối 4: C  $\rightarrow$  E: C - D - E
- Kết nối 5: C  $\rightarrow$  F: C - F
- Kết nối 6: A  $\rightarrow$  E: A - F
- Kết nối 7: D  $\rightarrow$  E: D - E
- Kết nối 8: B  $\rightarrow$  F: B - F - A - E



57

