

# BÀI TẬP LỚN MÔN CƠ SỞ TRUYỀN SỐ LIỆU

Dành cho SV chuyên ngành ĐTVT – Trường ĐHBK Hà nội

Giảng viên: TS. Trần Thị Ngọc Lan, Email: latranth@gmail.com

## Mục đích

Trong môn Cơ sở Truyền số liệu, sinh viên đã làm quen với phương pháp đánh giá hoạt động của một hệ thống thông tin bằng phương pháp phân tích toán học, đặc biệt là các mô hình liên quan đến hệ thống hàng đợi đơn, mạng hàng đợi, cơ sở cho các cơ chế điều khiển luồng và định tuyến trong mạng. Trong phần bài tập lớn, sinh viên sẽ được làm quen với một phương pháp khác để đánh giá hiệu năng, đó là phương pháp mô phỏng. Bài tập lớn này có một số mục đích sau:

Kiểm nghiệm các kết quả phân tích, đánh giá hệ thống khi dùng phương pháp phân tích toán học và phương pháp mô phỏng.

Làm quen với công cụ mô phỏng OMNET++ – công cụ mô phỏng mạng thông dụng nhất hiện nay.

Phát triển kỹ năng làm việc theo nhóm.

Phát triển kỹ năng làm việc độc lập.

## Phương thức chấm điểm

Bài tập lớn: 30%

Thi cuối kỳ: 70%

## Hướng dẫn thực hiện

Sinh viên chia thành nhóm, mỗi nhóm tối đa 05 người. Các nhóm phải làm việc độc lập với nhau.

Trong mỗi nhóm, mỗi sinh viên phải được phân công một công việc cụ thể, không trùng lặp với công việc của sinh viên khác; các thành viên trong nhóm tự phân công công việc với nhau.

Sau khi thực hiện, mỗi nhóm viết một báo cáo gửi cho cô giáo.

Hạn nộp: Trước khi kết thúc học kỳ 3 tuần.

- Hard copy ( báo cáo nộp cho cô vào buổi học)

- Softcopy ( báo cáo + toàn bộ folder của project) gửi vào địa chỉ

[latranth@gmail.com](mailto:latranth@gmail.com)

Báo cáo phải có các nội dung sau:

- o Họ tên của các sinh viên theo nhóm.

- o Nhiệm vụ của từng sinh viên trong bài tập lớn.

- o Mô tả quá trình thực hiện bài tập lớn.

- o Kết quả cuối cùng: đưa ra kết quả cuối cùng dưới dạng số, đồ thị, nói rõ số lần thí nghiệm, thời gian chạy mô phỏng, đặc biệt quan trọng là kết luận rút ra từ các kết quả thu được.

- p Phần code hay file ( nếu có chỉnh sửa với nguyên gốc)

## Phân công các nhóm

Bài 1 : Nhóm 1,

Bài 2: Nhóm 2, Nhóm 12

Bài 3: Nhóm 3, Nhóm 21

Bài 4 : Nhóm 4, Nhóm 20

Bài 5: Nhóm 5, Nhóm 15

Bài 6: Nhóm 6, Nhóm 17

Bài 7 : Nhóm 7, Nhóm 16

Bài 8: Nhóm 8, Nhóm 18

Bài 9: Nhóm 9, Nhóm 19

Bài 10: Nhóm 10, Nhóm 14

Bài 11: Nhóm 11, Nhóm 13

## Bài 1: So sánh hiệu năng giữa 2 hệ thống hàng đợi M/M/m và M/D/m.

Tạo ra kịch bản mô phỏng với một hàng đợi đơn bất kỳ lượng gói phát ra từ nguồn và gửi đến đích. Chiều dài hàng đợi là vô tận. Cho hai hàng đợi:

Trường hợp 1 – Hàng đợi M/M/m: Nguồn phát ra các gói với tốc độ tới tuân theo phân bố Poisson với tham số  $\lambda=30$  (gói/s). Trạm phục vụ phục vụ các gói với tốc độ phục vụ tuân theo phân bố Poisson, với tốc độ phục vụ  $\mu=50$  (gói/s).

o Trường hợp 2 – Hàng đợi M/D/m: Nguồn phát ra các gói với tốc độ tới tuân theo phân bố Poisson với tham số  $\lambda=30$  (gói/s). Trạm phục vụ phục vụ các gói với tốc độ phục vụ cố định, tải:  $\mu=50$  (gói/s)..

1. Với  $m=1$ ,

1.1. Sử dụng kiến thức về lý thuyết hàng đợi đã được học, tính toán các tham số của hàng đợi như:  $N$ ,  $N_q$ ,  $T$ ,  $T_q$  trong các trường hợp ở trên với  $m=1$ .

1.2. So sánh các tham số hàng đợi trong hai trường hợp. Nếu giữ cho  $\lambda=30$  cố định, vẽ đồ thị  $N$ ,  $N_q$ ,  $T$ ,  $T_q$  phụ thuộc vào  $\mu$ .

1.3. Tạo ra hai kịch bản mô phỏng tương ứng với hai trường hợp ở trên Chạy mô phỏng trong thời gian 5s.

o Vẽ đồ thị trễ  $\tau$  cho từng gói và độ dài hàng đợi tức thời  $n_q(t)$ .

o Tính các tham số trung bình  $N$ ,  $N_q$ ,  $T$ ,  $T_q$ , so sánh với các kết quả tính toán trong 1.1.

1.4. Tương tự như 1.3, nhưng tuy nhiên chạy mô phỏng trong khoảng thời gian 200s. Có nhận xét gì về các kết quả thu được từ 1.3 và 1.4?

2. Với  $m=4$

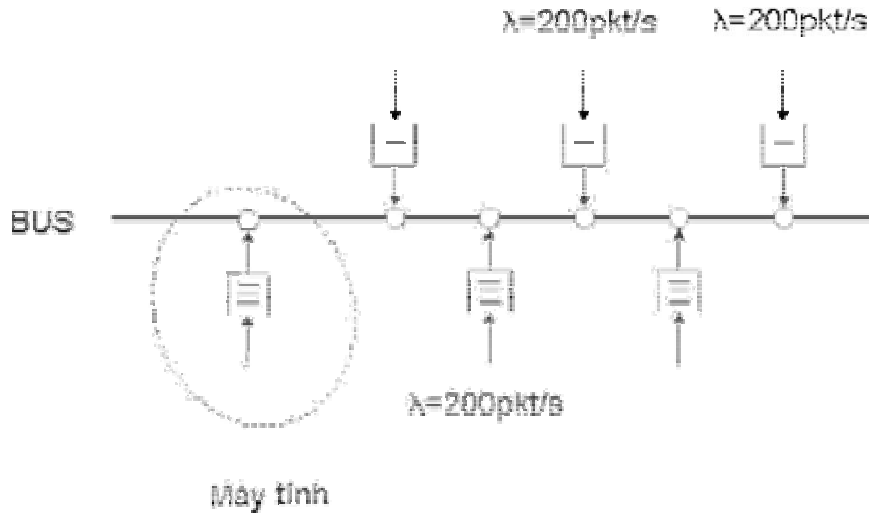
Tạo ra hai kịch bản mô phỏng tương ứng với hai trường hợp ở trên Chạy mô phỏng trong thời gian 5s và trong thời gian 200s..

+ Vẽ đồ thị trễ  $\tau$  cho từng gói và độ dài hàng đợi tức thời  $n_q(t)$ .

+ Vẽ đồ thị trễ  $\tau$  cho gói có trễ lớn hơn 0.05s

+ Hãy tính số gói có trễ lớn hơn 0.02s và nhỏ 0.1s ( cho trường hợp 1). So sánh với lý thuyết.

## Bài 2: Đo hiệu năng của mạng Ethernet



Mạng Ethernet với tốc độ 10Mbit/s, sử dụng cấu hình kênh truyền bus (coaxial cable). Trễ truyền dẫn 100ms. Biết rằng bộ đệm card mạng của các máy tính đều liên tục có các gói được gửi đến với tốc độ như nhau  $\lambda=200$  gói/s, tuân theo phân bố Poisson. Độ dài của gói Ethernet là 1500byte (Hình vẽ).

2.1 Chạy mô phỏng dùng Omnet trong khoảng thời gian 200s. Đánh giá và vẽ đồ thị tổng dung lượng băng thông bị chiếm trên bus khi truyền gói  $b(t)$  và tốc độ mất gói  $e(t)$  (tính bằng gói/s) khi số máy tính nối mạng là:

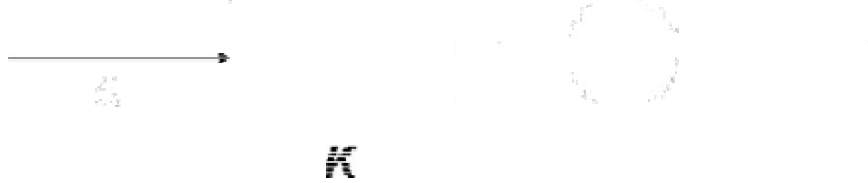
- 3 máy
- 6 máy
- 8 máy
- 10 máy.

Giả thiết mỗi máy  $x$  sẽ phát gói đến một đích là máy  $y$  bất kỳ (do sinh viên tự chọn).

2.2. Lặp lại mô phỏng trên trong trường hợp trễ truyền dẫn 1s. Có nhận xét gì so với trường hợp đầu tiên?

2.3. Lặp lại mô phỏng cho 10 máy, trễ truyền dẫn 100ms, thay đổi độ dài gói. Đánh giá kết quả.

### Bài 3: Đo hiệu năng của hàng đợi M/M/N/K



Cho hàng đợi đơn M/M/N/K với độ dài hàng đợi là K .

3.1. Sử dụng kiến thức hàng đợi đã học để tính xác suất gói lỗi  $P_e$ ,  $N$ ,  $N_q$ ,  $T$ ,  $T_q$ . Các tham số hàng đợi như sau: tốc độ trung bình của gói đến hàng đợi

$\lambda=50$  gói/s; tải  $\rho=0,8$ ; độ dài hàng đợi  $K=4$ ,  $N=1$

3.2. Dùng OMNET++ thiết lập một kịch bản mô phỏng cho hàng đợi với các tham số đã cho trong 3.1.

- o Tính các tham số hiệu năng như trên với thời gian chạy mô phỏng 200s.
- o Vẽ đồ thị tốc độ mất gói  $e(t)$  (tính bằng gói/s) và độ dài hàng đợi tức thời

$n_q(t)$ .

- o So sánh và kết luận so với kết quả tính toán trong 3.1.

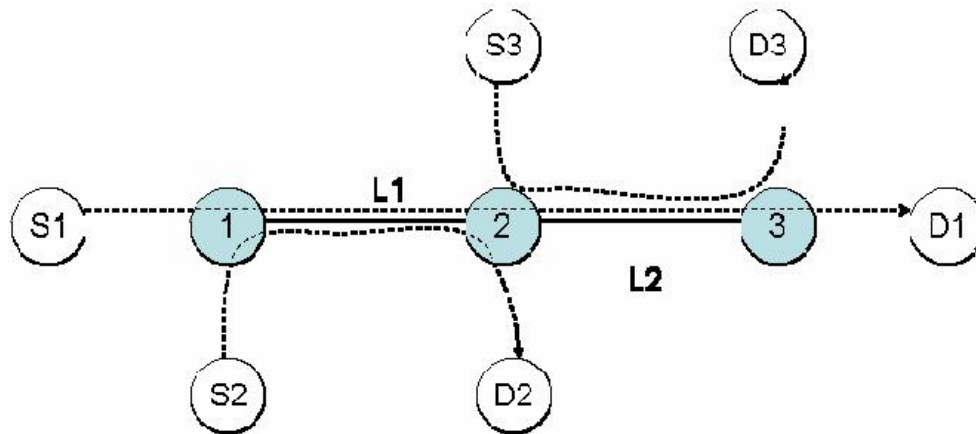
3.3. Tương tự như 3.2, tuy nhiên với tham số  $\rho=1$ .

3.4. Tương tự như 3.2, tuy nhiên với  $K=8$  và  $K=10$ . Có kết luận gì về các kết quả thu được?

3.5. Giả sử hàng đợi trên có xác suất mất gói là 20%. Hãy lựa chọn giá trị K thích hợp. Với giá trị K vừa tìm được hãy chạy mô phỏng. So sánh kết quả với tính toán lý thuyết.

3.6. Với  $N=3$ ,  $\lambda=40$  gói/s,  $\mu= 50$  (gói/s),  $K=0$ . Hãy vẽ đồ thị tốc độ mất gói. và so sánh với kết quả tính toán.

#### Bài 4: Bảng thông công bằng giữa các luồng



Cho một mạng gồm 3 nút như hình vẽ. Nút 1, 2, 3 là các hàng đợi đơn hoạt động theo nguyên tắc FIFO với độ lớn hàng đợi  $K=8$  gói. Có 3 luồng dữ liệu được gửi qua mạng tương ứng là  $(S1, D1)$ ,  $(S2, D2)$  và  $(S3, D3)$ . Trong đó  $S_i$  là nguồn phát dữ liệu còn  $D_i$  là đích.

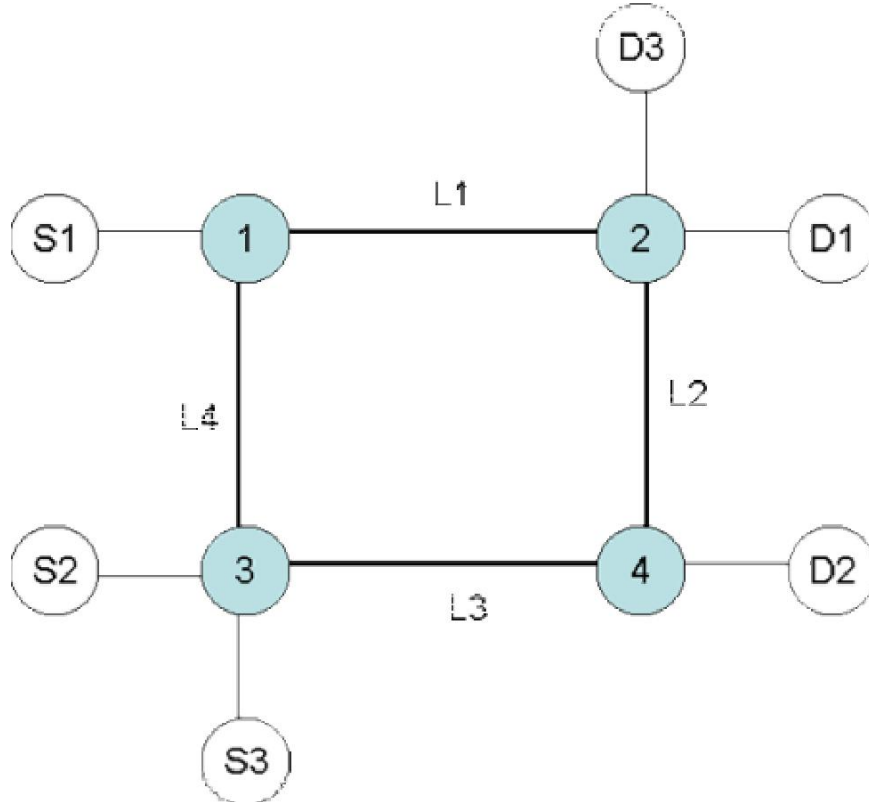
Đường nối  $L1$  có dung lượng là 2MB/s trễ lan truyền 120ms; đường  $L2$  có dung lượng 0,6Mb/s, trễ lan truyền 50ms. Các nguồn  $S_i$  đều phát gói với độ dài cố định là 125byte, khoảng thời gian giữa các gói tuân theo phân bố Poisson.

4.1. Giả thiết bảng thông đối đa tổng cộng mà các luồng được chiếm trên một kênh truyền vật lý là bằng 70% dung lượng kênh truyền. Tính tốc độ  $\lambda_{S1}$ ,  $\lambda_{S2}$ ,  $\lambda_{S3}$  (kbit/s) để 3 luồng trên chia sẻ băng thông kênh truyền theo nguyên lý công bằng cực đại - cực tiểu (max - min fairness).

4.2. Dùng kịch bản mô phỏng mạng trên với tốc độ các luồng  $\lambda_{S1}$ ,  $\lambda_{S2}$ ,  $\lambda_{S3}$  đã được tính toán trong 4.1. Chạy mô phỏng trong 300s.

4.3. Vẽ đồ thị băng thông  $r_i(t)$  mà các luồng  $(S1, D1)$ ,  $(S2, D2)$  và  $(S3, D3)$  sử dụng. Vẽ đồ thị tốc độ mất gói  $e_i(t)$  của 3 luồng  $(S1, D1)$ ,  $(S2, D2)$  và  $(S3, D3)$  tại nút 3.

**Bài 5: Đo băng thông của nhiều luồng lưu lượng gửi qua một mạng gồm nhiều nút.**



Cho một mạng gồm 4 nút như hình vẽ. Nút 1, 2, 3, 4 là các hàng đợi đơn hoạt động theo nguyên tắc FIFO với độ lớn hàng đợi  $K=5$  gói. Có 3 luồng dữ liệu được gửi qua mạng tương ứng là  $(S1, D1)$ ,  $(S2, D2)$  và  $(S3, D3)$ . Trong đó  $S_i$  là nguồn phát dữ liệu còn  $D_i$  là đích. Các nguồn  $S_i$  đều phát gói với độ dài cố định là 200byte, khoảng thời gian giữa các gói tuân theo phân bố Poisson với tốc độ trung bình:  $\lambda_{S1}=600\text{kb/s}$ ,  $\lambda_{S2}=400\text{kb/s}$ ,  $\lambda_{S3}=600\text{kb/s}$ .

Các đường nối giữa các nút mạng  $L1, L2, L3, L4$  đều có dung lượng bằng nhau và bằng 2Mb/s.

5.1. Dùng kịch bản mô phỏng để mô phỏng mạng trên. Chạy mô phỏng trong vòng 100s, tại thời gian  $t=50\text{s}$ , đường liên kết  $L3$  bị đứt, tại thời gian  $t=100\text{s}$ , đường  $L3$  lại trở lại hoạt động bình thường.

5.2. Vẽ đồ thị băng thông  $r_i(t)$  mà các luồng  $(S1, D1)$ ,  $(S2, D2)$  và  $(S3, D3)$  sử dụng. Vẽ đồ thị lưu lượng tổng cộng  $C_i(t)$  tại liên kết  $L1, L4$  và  $L3$ .

5.3. Vẽ đồ thị tốc độ mất gói  $e(t)$  tại liên kết  $L1$ .

### Bài 6: Định tuyến

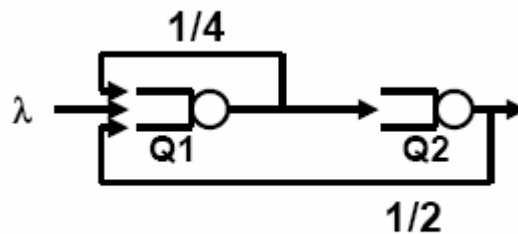
1. Xây dựng topology mạng gồm 10 nút có bậc trung bình bằng 3.2. Mỗi liên kết có dung lượng 600Mbps và giả sử có khoảng cách được chọn ngẫu nhiên trong khoảng từ 1 đến 10.
2. Mạng có 06 yêu cầu kết nối từ một nút nguồn đến một nút đích (nút nguồn và nút đích được chọn ngẫu nhiên) với băng thông yêu cầu trong khoảng từ 300Mbps đến 500Mbps.
3. Hãy so sánh đường đi được chọn bởi cách định tuyến đường ngắn nhất và cách thực hiện định tuyến cường bức. Cách chọn đường đi ngắn nhất có thỏa mãn điều kiện về mặt băng thông không??

### Bài 7: Mạng hàng đợi

Tạo ra kịch bản mô phỏng cho mạng hàng đợi nối tiếp gồm 5 hàng đợi Q1, Q2, Q3, Q4, Q5. Các hàng đợi này đều có chiều dài hàng đợi là vô tận. Số server phục vụ cho Q1, Q3, Q5 bằng 2 và cho Q2 và Q4 bằng 1. Nguồn phát ra các gói với tốc độ tới tuân theo phân bố Poisson với tham số  $\lambda=30$  (gói/s). Trạm phục vụ phục vụ các gói với tốc độ phục vụ tuân theo phân bố Poisson, với tốc độ phục vụ lần lượt là  $\mu_1=30$  (gói/s),  $\mu_2=50$  (gói/s),  $\mu_3=25$  (gói/s),  $\mu_4=45$  (gói/s),  $\mu_5=30$  (gói/s),

1. Hãy chạy kịch bản mô phỏng trên cho khoảng thời gian 5s và 200s. Tính toán các tham số của hàng đợi như:  $N$ ,  $T$  và  $N_q$ ,  $T_q$  của từng hàng đợi, số lượng gói TB, Trễ trung bình trong mạng hàng đợi. So sánh với kết quả mô phỏng.
2. Hãy tính số lượng gói phát đi được đến đích.
3. Giả sử tốc độ phục vụ của tất cả các hàng đợi là  $\mu$  và giữ giá trị  $\lambda=30$  (gói/s). Thời gian truyền gói là 200s. Hãy lựa chọn tốc độ phục vụ  $\mu$  (nhỏ nhất có thể) sao cho số gói được truyền đi là lớn nhất.
4. Giả sử hàng đợi 2 có chiều dài hàng đợi  $K=5$  các hàng đợi khác vẫn có độ dài bằng vô cùng. Các thông số khác giữ nguyên. Hãy tính toán các tham số của hàng đợi như:  $N$ ,  $T$  và  $N_q$ ,  $T_q$  của từng hàng đợi. So sánh với kết quả mô phỏng trong thời gian 200s.

### Bài 8: Mạng hàng đợi



Cho mạng hàng đợi như trên hình vẽ. Nguồn phát ra các gói với tốc độ tới tuân theo phân bố Poisson với tham số  $\lambda=30$  (gói/s). Trạm phục vụ phục vụ các gói với tốc độ phục vụ tuân theo phân bố Poisson, với tốc độ phục vụ lần lượt là  $\mu_1=80$  (gói/s),  $\mu_2=50$  (gói/s)

1. Hãy chạy kịch bản mô phỏng trên cho khoảng thời gian 5s và 200s. Tính toán số lượng gói TB, Trễ trung bình trong mạng hàng đợi. So sánh với kết quả mô phỏng.



2. Giả sử hàng đợi 1 có chiều dài hàng đợi  $K=4$  các hàng đợi khác vẫn có độ dài bằng vô cùng. Các thông số khác giữ nguyên. Hãy tính toán các tham số của hàng đợi như:  $N$ ,  $T$  và  $N_q$ ,  $T_q$  của từng hàng đợi, và tốc độ gói đến đích. So sánh với kết quả mô phỏng trong thời gian 200s.

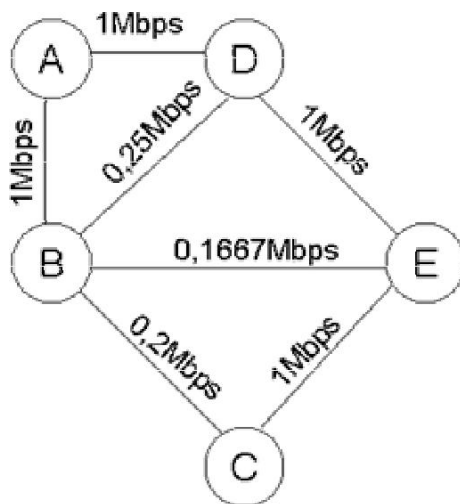
**Bài 9: Kiểm tra giao thức định tuyến theo trạng thái liên kết (link state routing).**

Cho mạng như trên hình vẽ. Các đường truyền vật lý nối giữa các nút mạng đều có trễ lan truyền là 5ms. Đặt giao thức định tuyến là trạng thái liên kết (link state routing). Gửi các gói UDP từ nút A đến nút E với tốc độ 100 gói/s (chiều dài một gói UDP lấy giá trị mặc định).

Việc truyền gói từ A đến E bắt đầu từ thời gian 1s. Mô phỏng kết thúc ở thời gian 500s. Tại thời gian 100s có một đường kết nối vật lý bị đứt.

- Kết nối đứt là AD
- Kết nối đứt là DE

Trong 2 trường hợp trên thì các gói sẽ đi theo đường nào? Giải thích?



## Bài 10: Điều khiển luồng sử dụng TCP

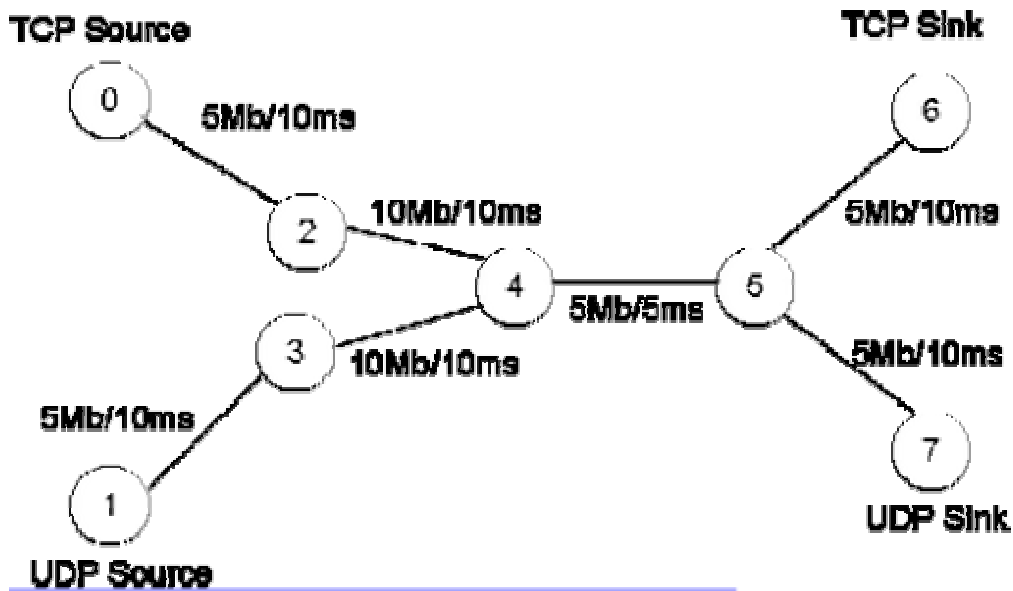
Tạo ra một mạng cần mô phỏng sử dụng OMNET giống như trên hình vẽ. Tạo ra 2 kết nối TCP và UDP sử dụng nguồn/đích TCP và nguồn/đích UDP.

Nguồn của TCP sử dụng TCP Reno. Thiết lập cửa sổ chống tắc nghẽn tối đa (maximal congestion window size) của luồng TCP là 32 gói. Kích thước các gói UDP và TCP là 512 bytes.

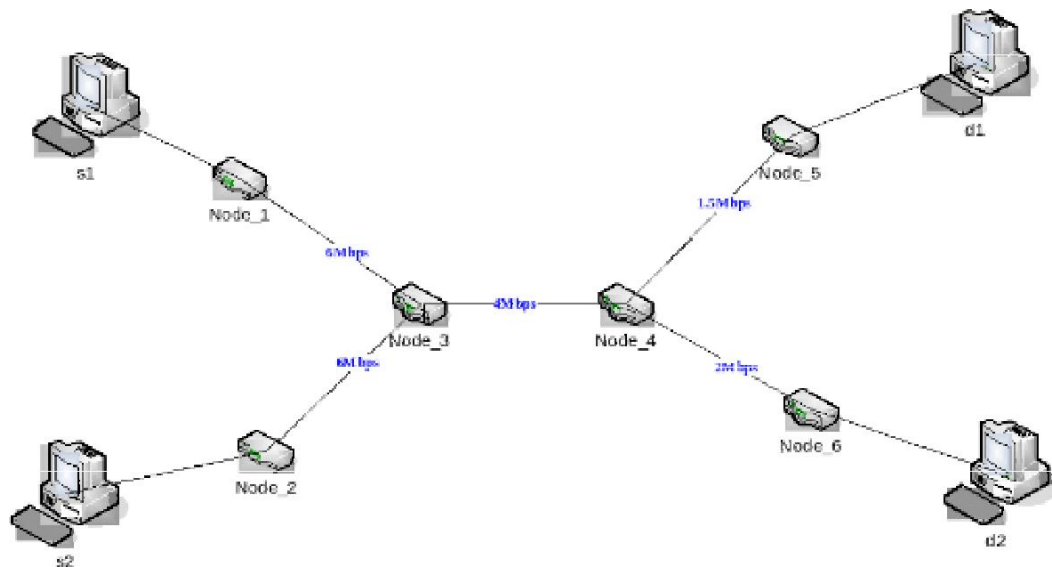
Các nguồn UDP và TCP đều phát gói liên tục. Luồng UDP có tốc độ phát là 512kbit/s (sử dụng nguồn CBR).

Chạy mô phỏng trong 400s. Miêu tả các kết quả quan sát được.

- Chạy mô phỏng và đo băng thông trung bình của luồng TCP (băng thông trung bình được tính bằng: Số byte được truyền đi của luồng TCP/thời gian mô phỏng)
- Lặp lại thí nghiệm trong trường hợp tốc độ phát của luồng UDP là 1 Mbit/s, 2 Mbit/s và 4Mbit/s.
- Vẽ đồ thị thể hiện băng thông của TCP so sánh với băng thông của UDP.
- Trong trường hợp tốc độ của luồng UDP là 500kbit/s và 2Mbit/s, vẽ kích thước cửa sổ trượt “congestion window” của TCP (trục tung: kích thước cửa sổ, trục hoành: thời gian).
- Có kết luận gì về kích thước của Congestion Window và băng thông của luồng TCP trong các trường hợp tải UDP đã xét.



## Bài 11: Mạng hàng đợi



Nút s1 phát ra luồng gói gửi đến đầu cuối d1, trong khi nút s2 tạo ra 2 luồng gói gửi tới nút d1 và d2. Cả 3 luồng thông tin đều truyền đi với theo phân bố mũ. Kích thước gói do s1, s2 phát ra tương ứng là 1300bytes và 1000bytes. Số lượng gói phát ra trên mỗi luồng tuân theo phân bố Poisson, tốc độ 1000 gói/s.

1. Dựng kịch bản mô phỏng hệ thống thông tin nói trên với thời gian mô phỏng 200s.
2. Vẽ đồ thị độ trễ của các gói tại từng nút và trễ trên toàn đường truyền.
3. Vẽ đồ thị biểu diễn số lượng gói đến d1 d2 bị trễ nhỏ hơn 0.05s.
4. Thay đổi tham số chiều dài gói tin và tốc độ phát sinh gói của từng luồng thông tin trong khi giữ nguyên các luồng khác. Vẽ đồ thị biểu diễn thông lượng, tỷ lệ mất thông tin của từng luồng. Nhận xét kết quả thu được.