

ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG HOẠT ĐỘNG CỦA HỆ THỐNG HÀNG ĐỢI ĐƠN

I. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

Trong môn Cơ sở truyền số liệu, sinh viên đã làm quen với phương pháp đánh giá hoạt động của một mô hình hàng đợi đơn bằng phương pháp phân tích toán học. Trong thí nghiệm này, sinh viên sẽ được làm quen với một phương pháp khác để đánh giá hiệu năng, đó là phương pháp mô phỏng. Bài thí nghiệm này có một số mục đích sau:

- Kiểm nghiệm các kết quả phân tích, đánh giá hệ thống hàng đợi đơn khi dùng phương pháp phân tích toán học và phương pháp mô phỏng.
- Làm quen với công cụ mô phỏng Java Modelling Tool.

II. THẢO LUẬN

2.1. Ký hiệu Kendall

Được sử dụng để mô tả một hệ thống hàng đợi đơn:

A/S/C//[k]/[P]/[D]

Trong đó:

- A: tiến trình tới
- + M(Markov): tiến trình Poisson
- + D(Deterministic): tiến trình xác định
- + G(General): tiến trình chung
- S: tiến trình phục vụ
- C: số server

- k: dung lượng hệ thống (dung lượng hàng đợi + số server)
- P: Số nguồn phát sự kiện đầu vào
- D: trình tự phục vụ (FIFO, LIFO...)

2.2. Hệ thống đóng

2.2.1. Khái niệm

- Hệ thống đóng là hệ thống chỉ phục vụ mà không tự sinh ra hoặc từ chối các yêu cầu. Sau khi được phục vụ yêu cầu sẽ ra khỏi hệ thống.
- Gọi:
 - + Số các yêu cầu đi vào hệ thống trong khoảng thời gian (0,t) là A(t)
 - + Số các yêu cầu đi ra khỏi hệ thống trong khoảng thời gian (0,t) là D(t)
 - + Số yêu cầu đang nằm trong hệ thống trong khoảng thời gian (0,t) là Q(t)

Với 1 hệ thống đóng ta có:

$$A(t) = D(t) + Q(t)$$

- Xét một hệ thống hàng đợi đơn:
 - + Tiến trình tới có tốc độ tới trung bình là λ
 - + Tiến trình phục vụ có tốc độ phục vụ trung bình là μ
 - + Hệ thống có C server

$$\text{Tải của hệ thống : } \rho = \frac{\lambda}{C \cdot \mu}$$

$$\text{Điều kiện để hệ thống hoạt động ở chế độ ổn định: } \lambda \leq C \cdot \mu \Leftrightarrow \rho \leq 1$$

2.2.2. Định lý Little

- Xét một hệ thống đóng có:
 - + N là số yêu cầu trung bình nằm trong hệ thống
 - + λ là tốc độ tới trung bình của yêu cầu
 - + T là thời gian lưu lại trung bình của 1 yêu cầu trong hệ thống.
 - + C là số server

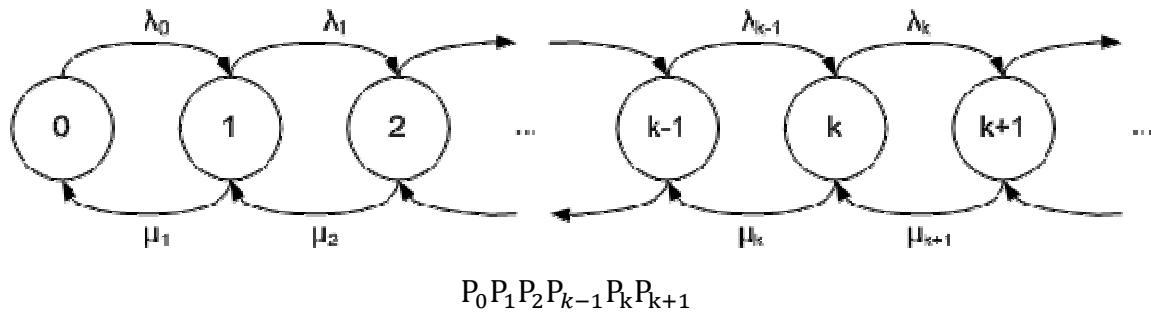
Định lý Little: với 1 hệ thống **đóng** bất kỳ $N = \lambda \cdot T$

- Định lý Little đúng cho mọi hệ thống đóng với tiến trình đến ngẫu nhiên
- Thông thường để đánh giá hiệu năng của một hệ thống hàng đợi bằng phương pháp phân tích toán học chúng ta sẽ được biết trước các tham số λ, μ, C và cần phải tính các

thông số N , T , xác suất một yêu cầu bị từ chối P_B nên định lý Little là không đủ để đánh giá hiệu năng của một hệ thống. Vì vậy người ta gán các hệ thống phục vụ đó vào các tiến trình ngẫu nhiên cụ thể để tính toán.

2.3. Tiến trình sinh tử (Birth-Death Process)

- Rút gọn quá trình đánh giá hiệu năng của một hệ thống hàng đợi
- Cách biểu diễn tiến trình sinh tử:



- + Biểu diễn các trạng thái của một hệ thống hàng đợi

VD: Các trạng thái là $0, 1, 2, k-1, k, k+1, \dots$ với các xác suất tương ứng là $P_0, P_1, P_2, P_{k+1}, P_k, P_{k+1} \dots$

- + Biểu diễn mối quan hệ giữa các trạng thái

VD: xác suất để chuyển từ trạng thái 0 sang trạng thái 1 là λ_0 , xác suất để chuyển từ trạng thái 1 về trạng thái 0 là μ_1 .

- + Viết phương trình cân bằng trạng thái: tổng xác suất đi vào 1 trạng thái bằng tổng xác suất đi ra khỏi trạng thái đó.

VD: Phương trình cân bằng trạng thái 1 là $\lambda_0 \cdot P_0 + \mu_2 \cdot P_2 = (\lambda_1 + \mu_1) P_1$

2.4. Hàng đợi M/M/1//k

2.4.1. Khái niệm

- Tiến trình tới là tiến trình poisson với tốc độ tới trung bình là λ .
- Tiến trình phục vụ là tiến trình poisson với tốc độ phục vụ trung bình là μ .
- Hệ thống có 1 server.
- Dung lượng hàng đợi = $k - 1$
- Do có từ chối yêu cầu nên M/M/1//k không phải là hệ thống đóng.

2.4.2. Đánh giá hiệu năng

- Xác suất một yêu cầu bị từ chối: $P_B = \frac{\rho^k \cdot (1-\rho)}{1-\rho^{k+1}}$
- Số yêu cầu trung bình nằm trong hệ thống $N = \frac{\rho}{1-\rho} - (k-1) \cdot \frac{\rho^{k+1}}{1-\rho^{k+1}}$
- Số yêu cầu trung bình nằm trong hàng đợi $N_q = \frac{1}{1-\rho} + \frac{\rho - (k+1)\rho^{k+1}}{1-\rho^{k+1}}$
- Số yêu cầu trung bình tại server $N_s = \frac{\rho(1-\rho^k)}{1-\rho^{k+1}}$
- Thời gian trung bình một yêu cầu lưu lại trong hệ thống $T = \frac{N}{(1-\rho \cdot k) \cdot \lambda}$
- Thời gian trung bình một yêu cầu nằm trong hàng đợi $T_q = \frac{N_q}{(1-\rho \cdot k) \cdot \lambda}$

2.5. Hàng đợi M/M/1//∞

2.5.1. Khái niệm

- Tiến trình tới là tiến trình poisson với tốc độ tới trung bình là λ
- Tiến trình phục vụ là tiến trình poisson với tốc độ phục vụ trung bình là μ
- Hệ thống có 1 server
- Dung lượng hàng đợi = ∞
- Do không từ chối yêu cầu nên M/M/1//∞ là hệ thống đóng
- M/M/1//∞ có vô số trạng thái do vậy chỉ xét hệ thống hoạt động ở chế độ ổn định ($\rho \leq 1$)

2.5.2. Đánh giá hiệu năng

- Số yêu cầu trung bình của hệ thống $N = \frac{\rho}{1-\rho}$
- Số yêu cầu trung bình trong hàng đợi $N_q = \frac{\rho^2}{1-\rho}$
- Số yêu cầu trung bình tại server $N_s = \rho$
- Thời gian trung bình một yêu cầu lưu lại trong hệ thống $T = \frac{1}{\mu \cdot (1-\rho)}$
- Thời gian trung bình một yêu cầu nằm trong hàng đợi $T_q = \frac{\rho^2}{(1-\rho) \cdot \lambda}$

2.6. Hàng đợi M/M/C//k

2.6.1. Khái niệm

- Tiến trình tới là tiến trình poisson với tốc độ tới trung bình là λ
- Tiến trình phục vụ là tiến trình poisson với tốc độ phục vụ trung bình là μ

- Hệ thống có C server
- Dung lượng hàng đợi = $k - C$
- Do có từ chối yêu cầu nên M/M/C//k không phải là hệ thống đóng.

2.6.2. Đánh giá hiệu năng

- Số yêu cầu trung bình nằm trong hàng đợi

$$N_q = \frac{P_0 \cdot \rho^c \cdot a}{c! (1-a)^2} \cdot [1 - a^{K-c+1} - (1-a)(K-c+1) \cdot a^{K-c}]$$

Trong đó P_0 là xác suất để hệ thống ở trạng thái không có yêu cầu

$$P_0 = \begin{cases} \left[\frac{\rho^c}{c!} \cdot \frac{1-a^{K-c+1}}{1-a} + \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} \right]^{-1} & \text{nếu } a = \frac{\rho}{c} \neq 1 \\ \left[\frac{\rho^c}{c!} \cdot (K-c+1) + \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} \right]^{-1} & \text{nếu } a = 1 \end{cases}$$

- Số yêu cầu trung bình tại server $N_s = \rho(1 - P_K)$

Trong đó $P_K = \frac{\lambda^K}{c^{K-c} \cdot c! \cdot \mu^K} \cdot P_0$

- Số yêu cầu trung bình nằm trong hệ thống là: $N = N_s + N_q$
- Thời gian trung bình một yêu cầu lưu lại trong hệ thống $T = \frac{N}{\lambda(1-P_K)}$
- Thời gian trung bình một yêu cầu nằm trong hàng đợi $T_q = \frac{N_q}{\lambda(1-P_K)}$

2.7. Hàng đợi M/M/C//∞

2.7.1. Khái niệm

- Tiến trình tới là tiến trình poisson với tốc độ tới trung bình là λ
- Tiến trình phục vụ là tiến trình poisson với tốc độ phục vụ trung bình là μ
- Hệ thống có C server
- Dung lượng hàng đợi = ∞
- Do không có từ chối yêu cầu nên M/M/C//∞ là hệ thống đóng.

2.7.2. Đánh giá hiệu năng

- Công thức Erlang C : xác suất một yêu cầu phải đợi trong hàng đợi trước khi được

$$\text{phục vụ } C(c, a) = \frac{\frac{a^c}{c!(1-\rho)}}{\sum_{i=0}^{c-1} \frac{a^i}{i!} + \frac{a^c}{c!(1-\rho)}}$$

- Xác suất để một yêu cầu được phục vụ ngay $P(t_q = 0) = 1 - C(c, a)$
- Số yêu cầu trung bình nằm trong hàng đợi $N_q = \frac{\rho}{1-\rho} \cdot C(c, a)$

- Số yêu cầu trung bình được phục vụ bởi server $N_s = c \cdot \rho = a$
- Số yêu cầu trung bình trong hệ thống $N = a + \frac{\rho}{1-\rho} \cdot C(c, a)$
- Thời gian trung bình 1 yêu cầu nằm trong hàng đợi

$$T_q = \frac{1}{\mu(1-\rho)} \cdot C(c, a) = \frac{c}{c \cdot \mu - \lambda} \cdot C(c, a)$$

- Thời gian trung bình một yêu cầu nằm trong hệ thống:

$$T = T_q + T_s = \frac{c}{c \cdot \mu - \lambda} \cdot C(c, a) + \frac{1}{\mu}$$

III. YÊU CẦU THIẾT BỊ

Yêu cầu: Máy tính cài đặt phần mềm Java Modelling Tool 0.9.2 (JMT)

Vào link sau, download và cài đặt phần mềm JMT:

<http://tinyurl.com/jmt092>

Chú ý: Cài java jdk trước khi cài Java Modelling Tool.

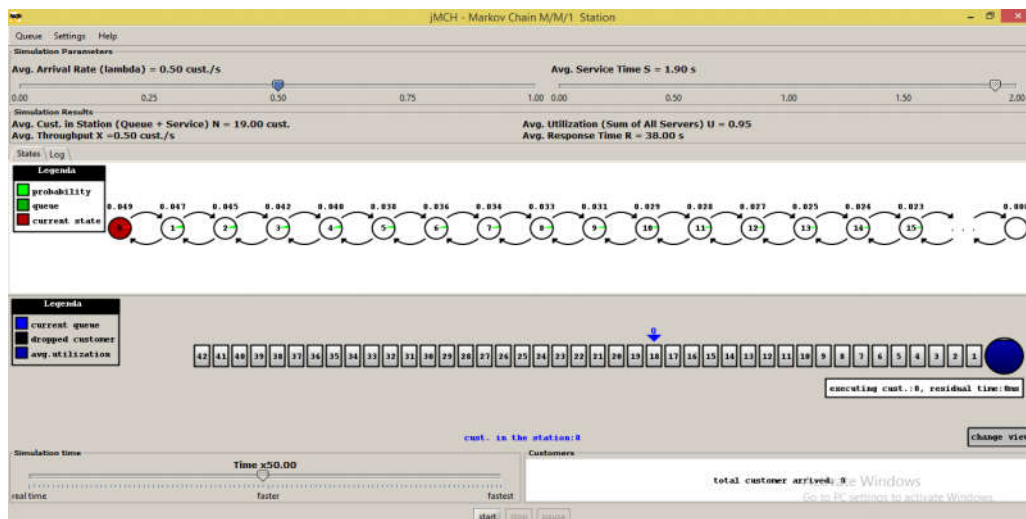
IV. NỘI DUNG THÍ NGHIỆM

Sử dụng công cụ Java Markov Chain (JMCH) trong phần mềm JMT để mô phỏng các hàng đợi M/M/1// ∞ , M/M/1//k, M/M/C// ∞ , M/M/C//k.

V. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

5.1. Mô phỏng hàng đợi M/M/1// ∞

- **Bước 1:** Mở Java Modelling Tools(JMT) sau đó chọn mô phỏng JMCH.
- **Bước 2:** Trong cửa sổ *Select the Station Type* chọn *M/M/1 Station, 1 Server* sau đó nhấn Enter. Điều này sẽ dẫn đến cửa sổ sau:

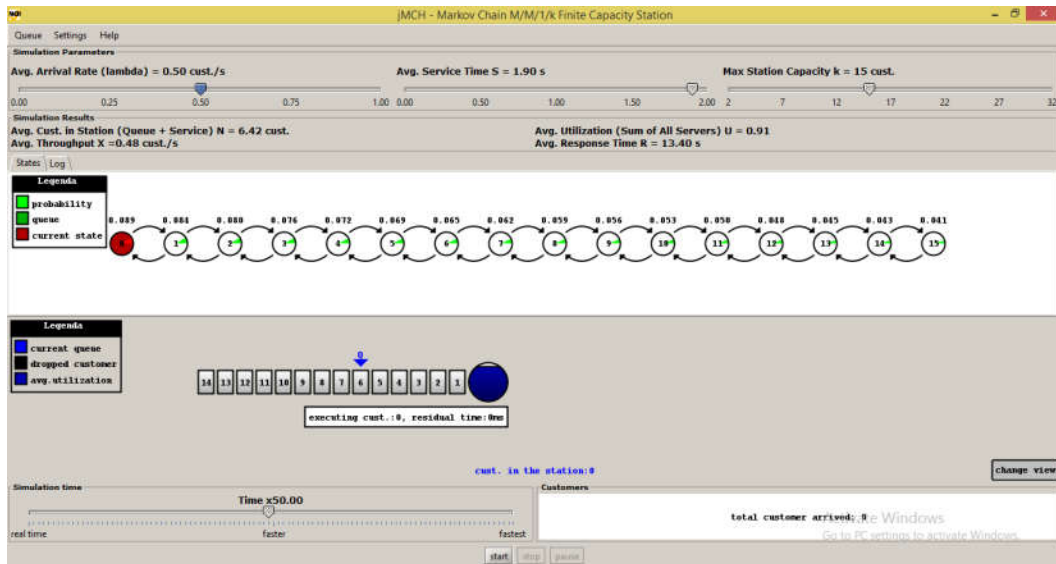


- **Bước 3:** Trong phần *Simulation Parameters* (Tham số mô phỏng) đặt tốc độ tới trung bình $\lambda = 0,75$ cust./s, tốc độ phục vụ trung bình $\mu = 1,20$ s. Theo như tham số mô phỏng đã chọn JMCH sẽ tính toán và hiển thị
 - + Số yêu cầu trung bình trong toàn hệ thống (Avg.Cust.in Station)
 - + Thời gian trung bình 1 yêu cầu lưu lại trong hệ thống (Avg.Response Time)
 - + Xác suất của từng trạng thái
- **Bước 4:** Chọn Start. Trong cửa sổ *Enter n. of cust. to simulate* chọn Log File, vị trí lưu Log file, sau đó chọn Comma và nhấn Enter.
- **Bước 5:** JMCH sẽ tiến hành mô phỏng hệ thống hàng đợi. Kết quả mô phỏng trong JMCH được hiển thị theo hai kiểu là States và Logs.
 - Với kiểu hiển thị States: cho phép đọc được xác suất của từng trạng thái trong chuỗi Markov và hiển thị sự chuyển đổi giữa các trạng thái
 - Với kiểu hiển thị Log sẽ cho chúng ta thấy những dữ liệu sau (được lưu trong file Log tách biệt sau khi dừng mô phỏng)
 - Cust.ID: mỗi một yêu cầu đi vào hệ thống được gán cho 1 ID riêng biệt
 - Arrival time: Chỉ ra thời gian đến của từng yêu cầu tính từ lúc bắt đầu mô phỏng
 - Start Execution: Thời điểm yêu cầu bắt đầu được phục vụ bởi server
 - Server ID: chỉ ra ID của server phục vụ yêu cầu nếu có nhiều hơn 1 server
 - Exit System: thời gian rời khỏi hệ thống của từng yêu cầu tính từ thời điểm bắt đầu mô phỏng.

Để kết thúc mô phỏng chọn pause sau đó chọn stop. Có thể tiến hành kiểm tra lại log file bằng excel để xem các thông số của từng gói được lưu lại khi mô phỏng

5.2. Hàng đợi M/M/1/k

- **Bước 1:** Mở Java Modelling Tools sau đó chọn mô phỏng JMCH.
- **Bước 2:** Trong cửa sổ *Select the Station Type* chọn *M/M/1/k Finite Capacity Station, 1 server* sau đó nhấn Enter. Điều này sẽ dẫn đến cửa sổ sau:



- **Bước 3:** Trong phần *Simulation Parameters* (Tham số mô phỏng) đặt tốc độ tới trung bình $\lambda = 0,50$ cust./s, tốc độ phục vụ trung bình $\mu = 2,00$ s, độ dài hàng đợi $k = 20$ cust. Ta cũng đọc được các tham số tương tự như trong phần 3.1 để ghi vào bảng kết quả.
- **Bước 4:** tương tự như trên.
- **Bước 5:** tương tự như trên tuy nhiên do hàng đợi này làm mất yêu cầu nên cần ghi lại xác suất mất gói Cust. Dropped Rate.

5.3. Hàng đợi M/M/C// ∞

- **Bước 1:** Mở Java Modelling Tools sau đó chọn mô phỏng JMCH.
- **Bước 2:** Trong cửa sổ *Select the Station Type* chọn *M/M/c Stations, c servers* sau đó chọn số server $c = 5$ và nhấn Enter.
- **Bước 3:** Trong phần *Simulation Parameters* (Tham số mô phỏng) đặt tốc độ tới trung bình $\lambda = 0,75$ cust./s, tốc độ phục vụ trung bình $\mu = 1,20$ s
- **Bước 4:** Tương tự như trên.
- **Bước 5:** Tương tự như trên

5.4. Hàng đợi M/M/C//k

- **Bước 1:** Mở Java Modelling Tools sau đó chọn mô phỏng JMCH.
- **Bước 2:** Trong cửa sổ *Select the Station Type* chọn *M/M/1/c/k Finite Capacity Stations, c servers* sau đó chọn số server $c = 5$ và nhấn Enter.
- **Bước 3:** Trong phần *Simulation Parameters* (Tham số mô phỏng) đặt tốc độ tới trung bình $\lambda = 0,5$ cust./s, tốc độ phục vụ trung bình $\mu = 2,00$ s, độ dài hàng đợi $k = 20$ cust.

- **Bước 4:** Tương tự như trên.
- **Bước 5:** Tương tự như trên

5.5. Kết quả và nhận xét

5.5.1. Kết quả

Với các giá trị λ, μ, k, c cho trong mỗi mô hình hàng đợi trên khi tiến hành mô phỏng hãy dựa vào các công thức để tính toán các thông số đánh giá hiệu năng và so sánh với kết quả mô phỏng thu được ở log file.

		Lý thuyết	Mô phỏng	Tỉ lệ sai số
Số yêu cầu trung bình nằm trong hệ thống	M/M/1// ∞			
	M/M/1//k			
	M/M/C// ∞			
	M/M/C//k			
Thời gian trung bình 1 yêu cầu nằm trong hàng đợi	M/M/1// ∞			
	M/M/1//k			
	M/M/C// ∞			
	M/M/C//k			
Thời gian trung bình 1 yêu cầu nằm trong hệ thống	M/M/1// ∞			
	M/M/1//k			
	M/M/C// ∞			
	M/M/C//k			
Xác suất 1 yêu cầu bị từ chối	M/M/1//k			
	M/M/C//k			

5.5.2. Nhận xét về sai số giữa mô phỏng và tính toán lý thuyết:

.....

.....

VI. KẾT LUẬN

Qua bài thí nghiệm này, sinh viên đã được:

- Làm quen với công cụ mô phỏng hàng đợi Java Modelling Tool (JMT)
- Tiến hành mô phỏng và đánh giá hiệu năng một số loại hàng đợi cơ bản.

VII. CÂU HỎI KIỂM TRA

Tiến hành mô phỏng hàng đợi đơn M/M/1//5, sinh viên tự đặt tốc độ yêu cầu tới và tốc độ phục vụ của server. Tính toán lý thuyết và đo đạc mô phỏng các thông số sau:

	Lý thuyết	Mô phỏng
Tốc độ tới trung bình		
Tốc độ phục vụ trung bình		
Số yêu cầu trung bình nằm trong hệ thống		
Thời gian trung bình 1 yêu cầu nằm trong hệ thống		
Xác suất từ chối		