# Nguyên lý hệ điều hành

Nguyễn Hải Châu
Khoa Công nghệ thông tin
Trường Đại học Công nghệ

1

# Lập lịch CPU

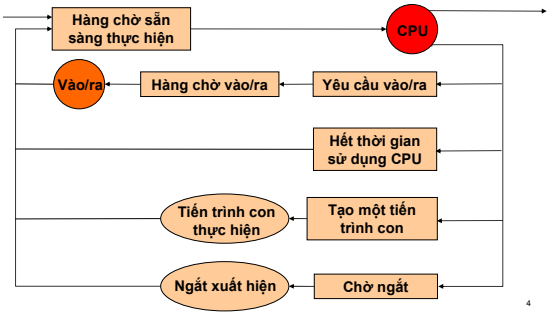
2

## Tại sao phải lập lịch CPU?

- Số lượng NSD, số lượng tiến trình luôn lớn hơn số lượng CPU của máy tính rất nhiều
- Tại một thời điểm, chỉ có duy nhất một tiến trình được thực hiện trên một CPU
- Vấn đề:
  - Nhu cầu sử dụng nhiều hơn tài nguyên (CPU) đang có
  - Do đó cần lập lịch để phân phối thời gian sử dụng CPU cho các tiến trình của NSD và hệ thống

3

## Hàng chờ lập lịch tiến trình

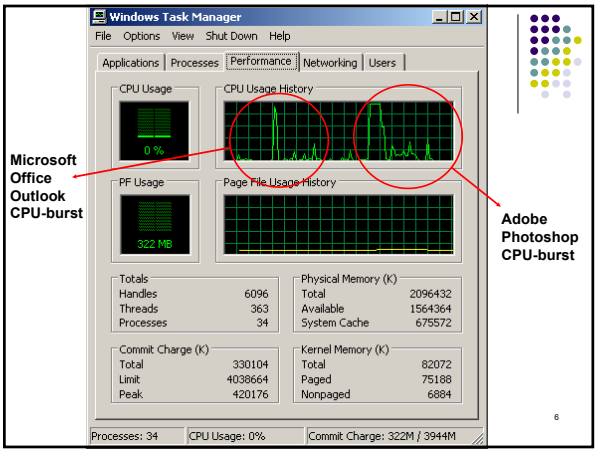



4

## CPU-burst và IO-burst

- Trong suốt thời gian tồn tại trong hệ thống, tiến trình được xem như thực hiện hai loại công việc chính:
  - Khi tiến trình ở trạng thái running: Sử dụng CPU (thuật ngữ: *CPU-burst*)
  - Khi tiến trình thực hiện các thao tác vào ra: Sử dụng thiết bị vào/ra (thuật ngữ: *I/O burst*)

5




6

## Hai loại tiến trình chính

- Căn cứ theo cách sử dụng CPU của tiến trình, có hai loại tiến trình:
  - Tiến trình loại CPU-bound: Tiến trình có một hoặc nhiều phiên sử dụng CPU dài
  - Tiến trình loại I/O-bound: Tiến trình có nhiều phiên sử dụng CPU ngắn (tức là thời gian vào ra nhiều)

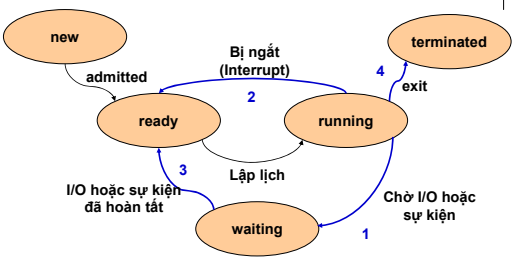
7

## Bộ lập lịch ra hoạt động khi…

1. Một tiến trình chuyển từ trạng thái running sang waiting
2. Một tiến trình chuyển từ trạng thái running sang ready
3. Một tiến trình chuyển từ trạng thái waiting sang ready
4. Một tiến trình kết thúc

8

## Các phương pháp lập lịch




- 1 và 4: Lập lịch non-preemptive
- Ngược lại: Lập lịch preemptive

9

## Lập lịch non-preemptive

- Một tiến trình giữ CPU đến khi nó kết thúc hoặc chuyển sang trạng thái waiting.
- Ví dụ: Microsoft Windows 3.1, Apple Macintosh sử dụng lập lịch non-preemptive
- Có thể sử dụng trên nhiều loại phần cứng vì không đòi hỏi timer

10

## Lập lịch preemptive

- Hiệu quả hơn lập lịch non-preemptive
- Thuật toán phức tạp hơn non-preemptive và sử dụng nhiều tài nguyên CPU hơn
- Ví dụ: Microsoft Windows XP, Linux, UNIX sử dụng lập lịch preemptive

11

## Bộ điều phối (dispatcher)

- Nhiệm vụ:
  - Chuyển trạng thái (context switch)
  - Chuyển về user-mode
  - Thực hiện tiến trình theo trạng thái đã lưu
- Cần hoạt động hiệu quả (tốc độ nhanh)
- Thời gian cần để bộ điều phối dừng một tiến trình và thực hiện tiến trình khác gọi là độ trễ (latency) của bộ điều phối

12

## Các tiêu chí đánh giá lập lịch

- Khả năng tận dụng CPU (*CPU utilization*): Thể hiện qua tải CPU – là một số từ 0% đến 100%.
  - Trong thực tế các hệ thống thường có tải từ 40% (tải thấp) đến 90% (tải cao)
- Thông lượng (*throughput*): Là số lượng các tiến trình hoàn thành trong một đơn vị thời gian

13

## Các tiêu chí đánh giá lập lịch

- Thời gian hoàn thành (*turnaround time*):
  - $t_{turnaround} = t_o - t_i$ với $t_i$ là thời điểm tiến trình vào hệ thống, $t_o$ là thời điểm tiến trình ra khỏi hệ thống (kết thúc thực hiện)
  - Như vậy $t_{turnaround}$ là tổng: thời gian tải vào bộ nhớ, thời gian thực hiện, thời gian vào ra, thời gian nằm trong hàng chờ…

14

## Các tiêu chí đánh giá lập lịch

- Thời gian chờ (*waiting time*): Là tổng thời gian tiến trình phải nằm trong hàng chờ ready ($t_{waiting}$)
  - Các thuật toán lập lịch CPU không có ảnh hưởng đến tổng thời gian thực hiện một tiến trình mà chỉ có ảnh hưởng đến thời gian chờ của một tiến trình trong hàng chờ ready
  - Thời gian chờ trung bình (*average waiting time*): $t_{averagewaiting} = t_{waiting} / n$, $n$ là số lượng tiến trình trong hàng chờ

15

## Các tiêu chí đánh giá lập lịch

- Thời gian đáp ứng (*response time*): Là khoảng thời gian từ khi tiến trình nhận được một yêu cầu cho đến khi *bắt đầu đáp ứng* yêu cầu đó
- $t_{res} = t_r - t_s$, trong đó $t_r$ là thời điểm nhận yêu cầu, $t_s$ là thời điểm bắt đầu đáp ứng yêu cầu

16

## Đánh giá các thuật toán lập lịch

| Tiêu chí | Giá trị thấp | Giá trị cao |
|---|---|---|
| Khả năng tận dụng CPU (CPU utilization) | Xấu | Tốt |
| Thông lượng (throughput) | Xấu | Tốt |
| Thời gian hoàn thành (turnaround time) | Tốt | Xấu |
| Thời gian chờ (waiting time) -> Thời gian chờ trung bình | Tốt | Xấu |
| Thời gian đáp ứng (response time) | Tốt | Xấu |

17

## Các thuật toán lập lịch

18

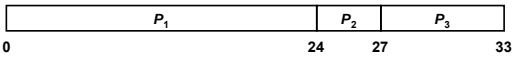
## FCFS (First Come First Served)

- Tiến trình nào có yêu cầu sử dụng CPU trước sẽ được thực hiện trước
- Ưu điểm: Thuật toán đơn giản nhất
- Nhược điểm: Hiệu quả của thuật toán phụ thuộc vào *thứ tự* của các tiến trình trong hàng chờ, vì thứ tự này ảnh hưởng rất lớn đến *thời gian chờ trung bình* (*average waiting time*)

19

## Ví dụ FCFS 1a

- Giả sử có 3 tiến trình $P_1$, $P_2$, $P_3$ với thời gian thực hiện tương ứng là 24ms, 3ms, 6ms
- Giả sử 3 tiến trình xếp hàng theo thứ tự $P_1$, $P_2$, $P_3$. Khi đó ta có biểu đồ Gantt như sau:

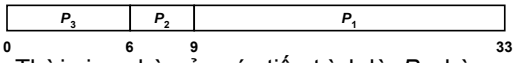



- Thời gian chờ của các tiến trình là: $P_1$ chờ 0ms, $P_2$ chờ 24ms, $P_3$ chờ 27ms
- Thời gian chờ trung bình: (0+24+27)/3=17ms

20

## Ví dụ FCFS 1b

- Xét ba tiến trình trong ví dụ 1a với thứ tự xếp hàng $P_3$, $P_2$, $P_1$
- Biểu đồ Gantt:




- Thời gian chờ của các tiến trình là: $P_3$ chờ 0ms, $P_2$ chờ 6ms, $P_3$ chờ 9ms
- Thời gian chờ trung bình: (0+6+9)/3=5ms
- Thời gian chờ trung bình thấp hơn thời gian chờ trung bình trong ví dụ 1a

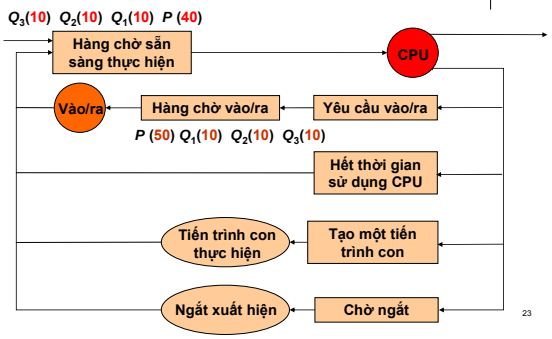
21

## Hiện tượng "đoàn hộ tống"

- Thuật ngữ: *convoy effect*
- Xảy ra khi có một tiến trình "lớn" *P* nằm ở đầu hàng chờ và nhiều tiến trình "nhỏ" $Q_i$ xếp hàng sau *P*.
- "Lớn": Sử dụng nhiều thời gian CPU và vào ra
- "Nhỏ": Sử dụng ít thời gian CPU và vào ra
- Thuật toán lập lịch được sử dụng là FCFS.:
- Hiện tượng xảy ra: CPU, thiết bị vào ra có nhiều thời gian rỗi, thời gian chờ trung bình của các tiến trình cao

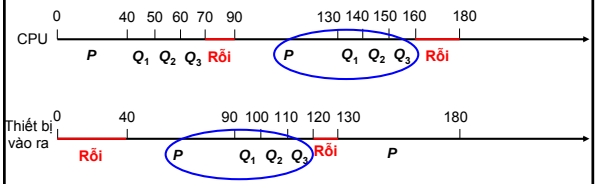
22

## Ví dụ convoy effect




23

## Convoy effect: Thời gian sử dụng CPU và thiết bị vào ra




- Giả sử *P* là tiến trình "lớn" có chu kỳ sử dụng CPU trong 40ms và vào ra trong 50ms
- $Q_1$, $Q_2$, $Q_3$ là 3 tiến trình "nhỏ" có chu kỳ sử dụng CPU trong 10ms và vào ra trong 10ms
- Thứ tự xếp hàng: *P*, $Q_1$, $Q_2$, $Q_3$

24

## SJF (Shortest Job First)

- Với SJF, tham số lập lịch có thêm *độ dài của phiên sử dụng CPU tiếp theo* $t_{nextburst}$
- Tiến trình có $t_{nextburst}$ nhỏ nhất sẽ được lập lịch sử dụng CPU trước
- Nếu hai tiến trình có $t_{nextburst}$ bằng nhau thì FCFS được áp dụng

25

## SJF (Shortest Job First)

- Với lập lịch dài hạn: Có thể biết $t_{nextburst}$ vì có tham số chỉ ra thời gian chạy của tiến trình khi đưa tiến trình vào hệ thống (job submit)
- Khó khăn: Chỉ có thể phỏng đoán được $t_{nextburrt}$ với lập lịch ngắn hạn
- Đọc ở nhà: Dự đoán $t_{nextburst}$ bằng công thức trung bình mũ (exponential average) trang 160-162 trong giáo trình
- SJF không tối ưu được với lập lịch ngắn hạn
- SJF thường được áp dụng cho lập lịch dài hạn

26

## Lập lịch có độ ưu tiên

- Thuật ngữ: Priority scheduling
- Mỗi tiến trình được gắn một tham số lập lịch gọi là độ ưu tiên *p*, với *p* là một số thực
- Tiến trình có độ ưu tiên cao nhất được sử dụng CPU
- Qui ước trong môn học này:
  - Tiến trình $P_1$ và $P_2$ có độ ưu tiên $p_1$, $p_2$ tương ứng
  - $p_1 > p_2$ có nghĩa là tiến trình $P_1$ có độ ưu tiên thấp hơn $P_2$
- SJF là trường hợp đặc biệt của lập lịch có ưu tiên với ưu tiên của các tiến trình là nghịch đảo độ dài phiên sử dụng

27

## Lập lịch có độ ưu tiên

- Hai cách xác định độ ưu tiên:
  - Độ ưu tiên trong: Được tính toán dựa trên các tham số định lượng của tiến trình như giới hạn về thời gian, bộ nhớ, số file đang mở, thời gian sử dụng CPU
  - Độ ưu tiên ngoài: Dựa vào các yếu tố như mức độ quan trọng, chi phí thuê máy tính…
- Chờ không xác định: Một tiến trình có độ ưu tiên thấp có thể nằm trong hàng chờ trong một khoảng thời gian dài nếu trong hàng chờ luôn có các tiến trình có độ ưu tiên cao hơn

28

## Lập lịch có độ ưu tiên

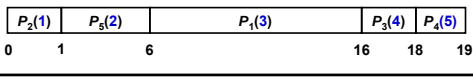
- Để tránh hiện tượng chờ không xác định, có thêm tham số *tuổi* để xác định thời gian tiến trình thời gian nằm trong hàng chờ
- Tham số *tuổi* được sử dụng để làm tăng độ ưu tiên của tiến trình
- Ví dụ thực tế: Khi bảo dưỡng máy tính IBM 7094 của MIT năm 1973, người ta thấy một tiến trình nằm trong hàng chờ từ năm 1967 nhưng vẫn chưa được thực hiện

29

## Ví dụ lập lịch có độ ưu tiên

- Xét 5 tiến trình như trong bảng với thứ tự trong hàng chờ là $P_1$, $P_2$, $P_3$, $P_4$, $P_5$
- Sử dụng thuật toán lập lịch có ưu tiên, ta có thứ tự thực hiện của các tiến trình như sau biểu đồ dưới
- Thời gian chờ trung bình là (1+6+16+18)/5=8.2ms

| Tiến trình | Thời gian thực hiện (ms) | Độ ưu tiên |
|---|---|---|
| $P_1$ | 10 | 3 |
| $P_2$ | 1 | 1 |
| $P_3$ | 2 | 4 |
| $P_4$ | 1 | 5 |
| $P_5$ | 5 | 2 |




30

## Round-robin (RR)

- Còn gọi là lập lịch quay vòng
- Được thiết kế để áp dụng cho các hệ phân chia thời gian (time-sharing)
- RR hoạt động theo chế độ preemptive
- Tham số lượng tử thời gian (time quantum) $t_{quantum}$: Mỗi tiến trình được sử dụng CPU trong nhiều nhất bằng $t_{quantum}$, sau đó đến lượt tiến trình khác

31

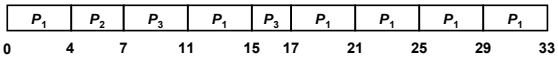
## Round-robin (RR)

- Hiệu quả của RR phụ thuộc độ lớn của $t_{quantum}$
  - Nếu $t_{quaptum}$ nhỏ thì hiệu quả của RR giảm vì bộ điều phối phải thực hiện nhiều thao tác chuyển trạng thái, lãng phí thời gian CPU
  - Nếu $t_{quantum}$ lớn thì số thao tác chuyển trạng thái giảm đi
- Nếu $t_{quantum}$ rất nhỏ (ví dụ 1ms) thì RR được gọi là processor sharing
- Nếu $t_{quantum}$ = ∞ thì RR trở thành FCFS

32

## Ví dụ RR

- Giả sử có 3 tiến trình $P_1$, $P_2$, $P_3$ với thời gian thực hiện tương ứng là 24ms, 3ms, 6ms, thứ tự trong hàng chờ $P_1$, $P_2$, $P_3$ ,vào hàng chờ cùng thời điểm 0
- Giả sử $t_{quantum}$=4ms
- RR lập lịch các tiến trình như sau:




- Thời gian chờ
  - $P_1$: 0+(11-4)+(17-15)=9ms
  - $P_2$: 4ms
  - $P_3$: 7+(15-11)=11ms
- Thời gian chờ trung bình: (9+4+11)/3=8ms

33

## Lập lịch với hàng chờ đa mức

- Thuật ngữ: Multilevel queue scheduling
- Được sử dụng khi ta có thể chia các tiến trình thành nhiều lớp khác nhau để lập lịch theo các tiêu chí khác nhau, ví dụ:
  - Lớp các tiến trình có tương tác (interactive hoặc foreground process) cần có độ ưu tiên cao hơn
  - Lớp các tiến trình chạy nền (background) thường không có tương tác với NSD: Độ ưu tiên thấp hơn

34

## Lập lịch với hàng chờ đa mức

- Thuật toán lập lịch với hàng chờ đa mức chia hàng chờ ready thành nhiều hàng chờ con khác nhau, mỗi hàng chờ con được áp dụng một loại thuật toán khác nhau, ví dụ:
  - Hàng chờ các tiến trình background: FCFS
  - Hàng chờ các tiến trình có tương tác:RR
- Các tiến trình được phân lớp dựa vào đặc tính như bộ nhớ, độ ưu tiên, …
- Cần có thuật toán lập lịch cho các hàng chờ con, ví dụ: preemptive có độ ưu tiên cố định

35

## Ví dụ hàng chờ đa mức

- Ví dụ các hàng chờ đa mức có độ ưu tiên giảm dần:
  - Hàng chờ các tiến trình hệ thống
  - Hàng chờ các tiến trình có tương tác
  - Hàng chờ các tiến trình là editor
  - Hàng chờ các tiến trình hoạt động theo lô
  - Hàng chờ các tiến trình thực tập của sinh viên

36

## Lập lịch với hàng chờ đa mức có phản hồi

- Thuật ngữ: Multilevel feedback-queue scheduling
- Thuật toán lập lịch kiểu này nhằm khắc phục nhược điểm *không mềm dẻo* của lập lịch với hàng chờ đa mức
- Ý tưởng chính: Cho phép tiến trình chuyển từ hàng chờ này sang hàng chờ khác, trong khi lập lịch với hàng chờ đa mức không cho phép điều này

37

## Lập lịch với hàng chờ đa mức có phản hồi

- Cách thực hiện:
  - Độ dài phiên sử dụng CPU và thời gian đã nằm trong hàng chờ là tiêu chuẩn chuyển tiến trình giữa các hàng chờ
  - Tiến trình chiếm nhiều thời gian CPU sẽ bị chuyển xuống hàng chờ có độ ưu tiên thấp
  - Tiến trình nằm lâu trong hàng chờ sẽ được chuyển lên hàng chờ có độ ưu tiên cao hơn

38

## Các tham số của bộ lập lịch hàng chờ đa mức có phản hồi

- Số lượng các hàng chờ
- Thuật toán lập lịch cho mỗi hàng chờ
- Phương pháp tăng độ ưu tiên cho một tiến trình
- Phương pháp giảm độ ưu tiên cho một tiến trình
- Phương pháp xác định hàng đợi nào để đưa một tiến trình vào

39

## Các thuật toán lập lịch khác

- Sinh viên tìm hiểu trong giáo trình:
  - Lập lịch đa xử lý
  - Lập lịch thời gian thực

40

## Các phương pháp đánh giá thuật toán lập lịch

41

## Mô hình xác định

- Thuật ngữ: Deterministic modeling
- Dựa vào các trường hợp cụ thể (chẳng hạn các ví dụ đã nói trong bài giảng này) để rút ra các kết luận đánh giá
- Ưu điểm: Nhanh và đơn giản
- Nhược điểm: Không rút ra được kết luận đánh giá cho trường hợp tổng quát

42