## Scheduler

## Teil 1: CPU-Scheduling

Prof. Dr.-Ing. Andreas Heil

© Licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license. Icons by The Noun Project.

v1.0.0

## Lernziele und Kompetenzen

- Grundlagen der Scheduling-Mechanismen kennen lernen
- Verstehen wie Prozesse von Betriebssystemen »gescheduled« werden können

# **Eine kurze Wiederholung**

#### Bisher kennen gelernt:

- »Low-Level-Mechanismen« von laufenden Prozessen (z.B. Context Switch)
- Falls nicht klar, Einheit 1 wiederholen + Kapitel 4-6 aus *Operating Systems: Three Easy Pieces*^1 wiederholen

#### Was fehlt noch?

• Wann darf welcher Prozess laufen (engl. scheduling)

# **Scheduling Policy**

- Die »Scheduling Policy« (also das Regelwerk) hängt vorrangig vom »Workload« der Prozesse ab
- Zur Vereinfachung werden zunächst folgende (absolut unrealistische) Annahmen getroffen:
  - Jeder Job läuft gleich lang
  - Alle Jobs treffen zur gleichen Zeit ein
  - Einmal gestartet, läuft ein Job bis er beendet ist
  - Alle Jobs verwenden ausschließlich die CPU
  - Laufzeit (engl. runtime) eines jeden Jobs ist bekannt1

## Scheduler Metriken: Turnaround-Zeit

- Hinweis: Metriken werden im 4. Semester ins SEKS vertieft
- Für heute genügt: Metrik = einfach um etwas zu messen
- Für uns: zunächst nur eine Metrik

$$T_{turnaroud} = T_{completion} - T_{arrival}$$

Aufgrund unserer vorherigen Annahmen gelten

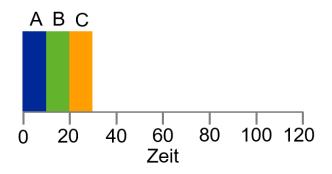
- ullet Alle Jobs kommen zum gleichen Zeitpunkt an:  $T_{turnaround}=0$
- ullet Somit gilt:  $T_{turnaround} = T_{completion}$

# First In, First Out (1)

First in, First out (abk. FIFO) oder manchmal auch First Come, First Serve (abk. FCFS)

- Einfach und daher auch einfach zu implementieren
- Beispiel
  - Jobs A, B und C kommen kurz nacheinander an
  - Jeder Job hat eine Laufzeit von 10 Sekunden
  - Was ist die durchschnittliche Turnaround-Zeit?

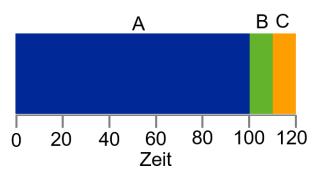
$$\circ \frac{10+20+30}{3} = 20$$



# First In, First Out (2)

- Heben wir jetzt die erste Annahme auf
  - Zur Erinnerung: Jeder Job läuft gleich lang
  - Ab sofort: Jeder Job läuft eben nicht mehr gleich lang
  - Gibt es einen Workload, der FIFO »alt aussehen lässt«?

$$\circ \frac{100+110+120}{3} = 110$$



# Convoy Effect (dt. Konvoieffekt)

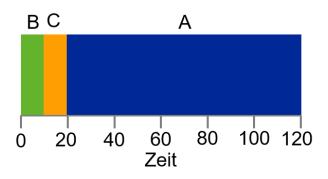
- Kennt jeder
- Mehrere Kunden mit wenigen Waren warten hinter einem einzigen Kunden mit vielen Waren
- Nur eine Supermarktkasse offen, der Kunde vor Ihnen hat zwei Einkaufswägen voll und zählt bereits das Kleingeld...



### **Shortest Job First**

- Shortest Job first (Abk. SJF)
- Beschreibt die Policy recht treffend
  - Führt den kürzesten Job aus, dann den zweit kürzesten etc.
- Beispiel von zuvor
  - SJF reduziert Turnaround-Zeit von 110 auf 50

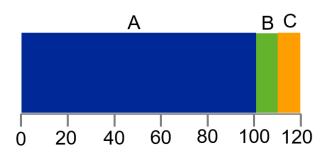
$$\bullet \ \frac{10+20+120}{3} = 50$$



## Problem bei SJF

- Lösen wir ab jetzt die Restriktion, dass alle Jobs zum selben Zeitpunkt eintreffen
- ullet Beispiel: A trifft bei t=0, B und C bei t=10 ein
- Turnaround-Zeit hat sich hierdurch verdoppelt

$$\bullet$$
  $\frac{100 + (110 - 10) + (120 - 10)}{3} = 103,33$ 



## **Exkurs: Non-Preemptive vs. Preemptive**

#### Non-Preemptive

- Stammt aus den Zeiten von sog. Batch-Systemen
- Jeder Job wurde zu Ende gerechnet, bevor überhaupt in Erwägung gezogen wurde einen anderen Job zu starten

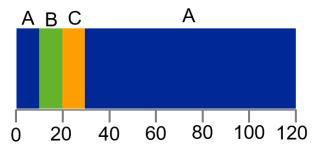
#### Preemptive

- Alle modernen Betriebssysteme sind »preemptive«
- Jederzeit gewillt einen Job zu stoppen und einen anderen dafür zu starten
- Nutzen den zuvor behandelten Context Switch

# **Shortest Time-to-Completion First (STCF)**

- SJF ist non-preemptive ► versuchen wir es preemptive
- Lösen wir nun die Restriktion, dass alle Jobs bis zum Ende durchlaufen
- Jedes Mal wenn ein Job eintrifft, wird derjenige der die geringste Restlaufzeit
- Achtung! Das geht nur wegen unserer letzten noch bestehenden Annahme: Die (Rest-)Laufzeit ist bekannt!

• 
$$\frac{(120-0+(20-10)+(30-10)}{3} = 50$$



#### Problem mit SICE

- Benutzer sitzt vor dem Rechner und wartet bis Job A (z.B. Aktualisierung in Excel o.ä.) fertig ist
- Nun kommt die Hausaufgabe vom letzten Mal ins Spiel: Sie erinnern sich an den Unterschied zwischen Foreground- und Background-Jobs?
- Was ist denn, wenn andauernd neue kürzere Jobs eintreffen, die keine Benutzereingabe erfordern...

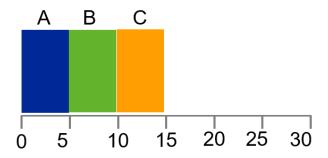


## Scheduler Metriken: Antwortzeit

- Zweite Metrik für heute: Antwortzeit (eng. response time)
- Dauer vom Zeitpunkt an dem Job eintrifft bis er das erste Mal »gescheduled« wird

• 
$$\frac{0+5+10}{3} = 5$$

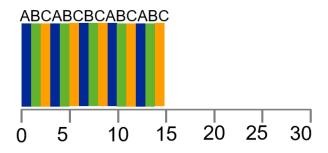
$$T_{response} = T_{firstrun} - T_{arrival}$$



# Round Robin (RR)

- Grundprinzip: Jeder Job wird nur für eine bestimmte Zeitspanne (engl. time slice) ausgeführt
- Zeitscheibe ist ein Vielfaches vom Timer Interrupt (d.h. bei einem Timer Interrupt von 10ms ein Vielfaches von 10)
- Durchschnittliche Antwortzeit im Vergleich zu SJF (vorherige Folie) ist 1

• 
$$\frac{0+1+2}{3} = 1$$



## **Round Robin (Forts.)**

- Der Context Switch kostet Ressourcen
- D.h. wie lange müssten die Time Slices sein, dass sich ein Context Switch überhaupt lohnt?
- Für Antwortzeit hervorragend geeignet, für Turnaround-Zeit überhaupt nicht
- Round Robin zieht Ausführungsdauer in die Länge, in manchen Fällen ist die Ausführung sogar schlechter als FIFO
- Allgemein lässt sich festhalten: Jede Policy die fair ist, d.h. die CPU auf Prozesse aufteilt, führt zu einem schlechten Ergebnis in Bezug auf Turnaround-Zeit

## **Kurzer Zwischenstand**

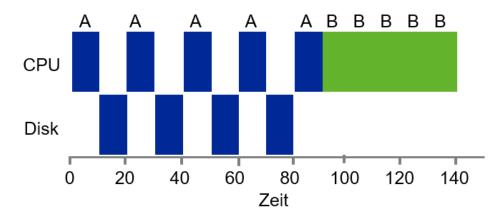
- Wir haben zwei Typen von Schedulern kennen gelernt
  - SJF/STCF optimiert Turnaround-Zeiten, ist jedoch ungünstig für Antwortzeiten
  - RR optimiert die Antwortzeit, ist aber ungünstig für die Turnaround-Zeit
- Es gibt noch zwei Annahmen/Restriktionen, die »aufgelöst« werden müssen
  - 4. Alle Jobs verwenden ausschließlich die CPU
  - 5. Laufzeit eines jedes Jobs ist bekannt

# Input/Output

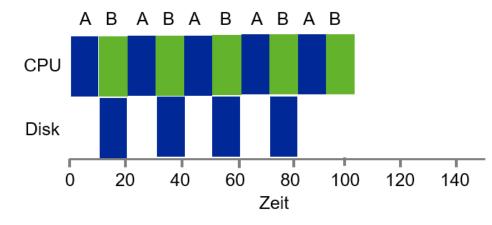
- Lösen wir die nächste Restriktion: Ab sofort können Jobs auch I/O-Operationen aufrufen
- Scheduler muss nun entscheiden wann eine I/O-Operation durchgeführt wird, da in der Zeit der laufende Prozess die CPU nicht nutzen kann und sich somit im Status »blocked« befindet
- Scheduler kann demnach in dieser Zeit einen anderen Job laufen lassen
- Ist die I/O-Operation fertig (wird über Interrupt angezeigt), wird der zuvor geblockte Job wieder auf »ready« gesetzt
- Ab jetzt kann er Job potentiell wieder laufen

# **Overlapping**

Schlechte Ressourcen-Nutzung



• Bessere Ressourcen-Nutzung dank Overlapping



## Kein Wissen über Prozessdauer

- Als letzte Restriktion lösen wir nun die Kenntnisse über die Prozesslaufzeit auf
- D.h. der Scheduler weiß nichts über die Restlaufzeit eines Prozesses
- Wie kann dann sinnvoll gescheduled werden?

Lösungsidee: sog. »Multi-Level Feedback Queue«-Ansätze verwenden die nahe Vergangenheit, um die Zukunft vorauszusagen! 😂

## Referenzen

## Bildnachweise

[1] Photo by Paul Townsend, licensed under Attribution-ShareAlike 2.0 Generic (CC BY-SA 2.0)

[2] Bild von Gerd Altmann auf Pixabay