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

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

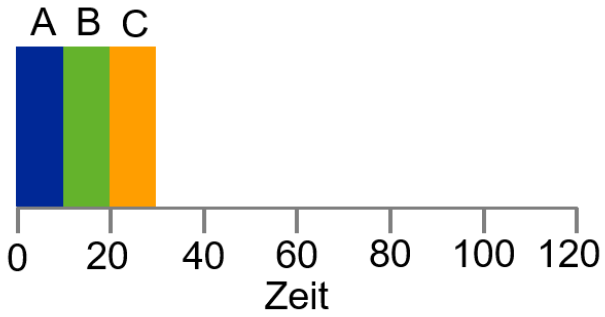
Aufgrund unserer vorherigen Annahmen gelten

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

First In, First Out (1)

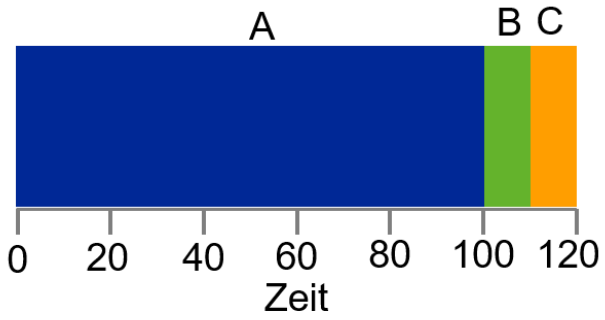
First in, First out (abk. FIFO) oder manchmal auch First Come, First Serve (abk. FCFS)

- 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?
  - $\frac{10+20+30}{3} = 20$



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«?
  - $\frac{100+110+120}{3} = 110$



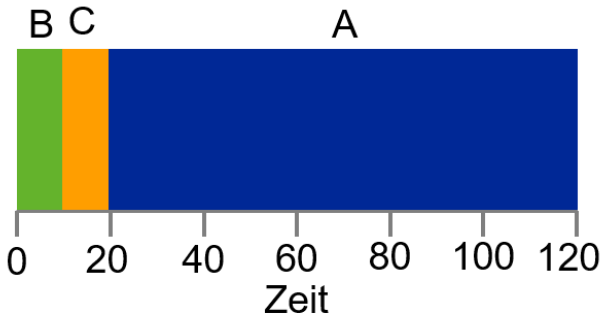
Convoy Effect (dt. Konvoieffekt)

- 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... 😤

[1]

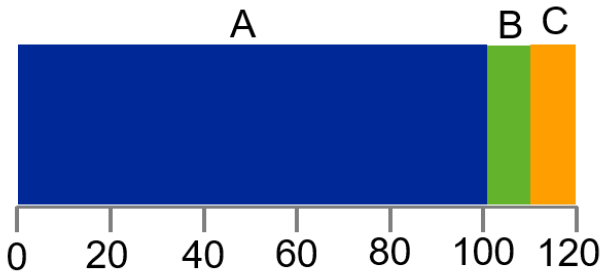
Shortest Job First

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



Problem bei SJF

- Lösen wir ab jetzt die Restriktion, dass alle Jobs zum selben Zeitpunkt eintreffen
- Beispiel: A trifft bei $t = 0$, B und C bei $t = 10$ ein
- Turnaround-Zeit hat sich hierdurch verdoppelt
- $\frac{100+(110-10)+(120-10)}{3} = 103,33$

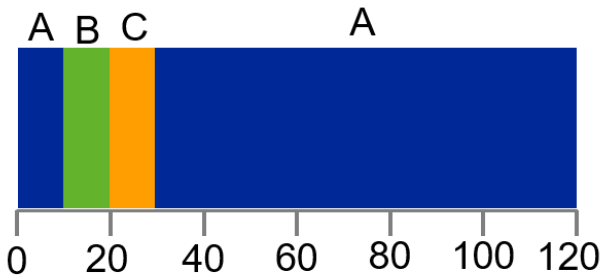


Exkurs: Non-Preemptive vs. Preemptive

- 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 STCF

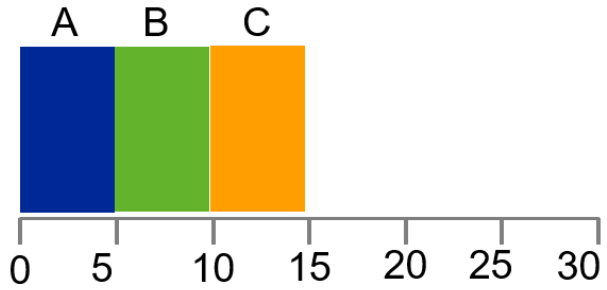
- Benutzer sitzt vor dem Rechner und wartet bis Job A (z.B. Aktualisierung in Excel o.ä.) fertig ist
- Nun kommt die Hausaufgabe vom letzten Mal ins Spiel: Sie erinnern sich an den Unterschied zwischen Foreground- und Background-Jobs?
- Was ist denn, wenn andauernd neue kürzere Jobs eintreffen, die keine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

[2]

Scheduler Metriken: Antwortzeit

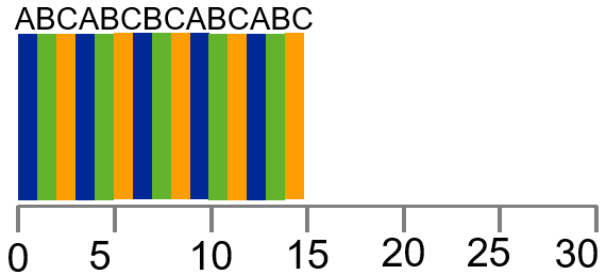
- Zweite Metrik für heute: Antwortzeit (eng. response time)
- Dauer vom Zeitpunkt an dem Job eintrifft bis er das erste Mal »gescheduled« wird
- $\frac{0+5+10}{3} = 5$

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



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

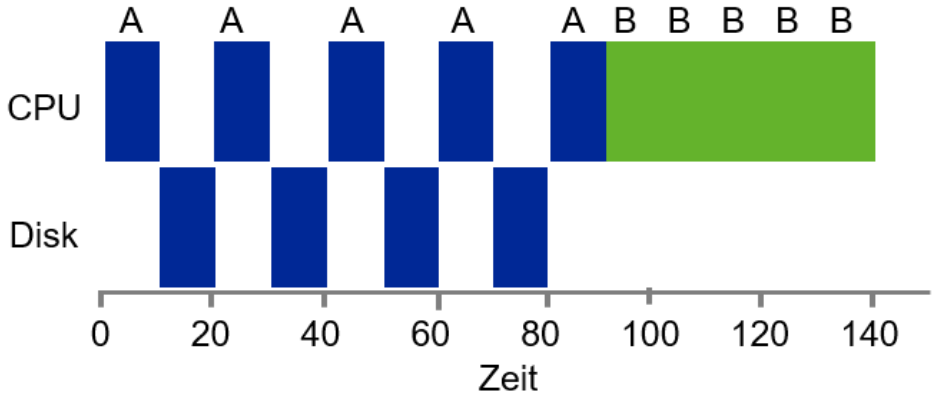
  4. Alle Jobs verwenden ausschließlich die CPU
  5. Laufzeit eines jedes Jobs ist bekannt

Input/Output

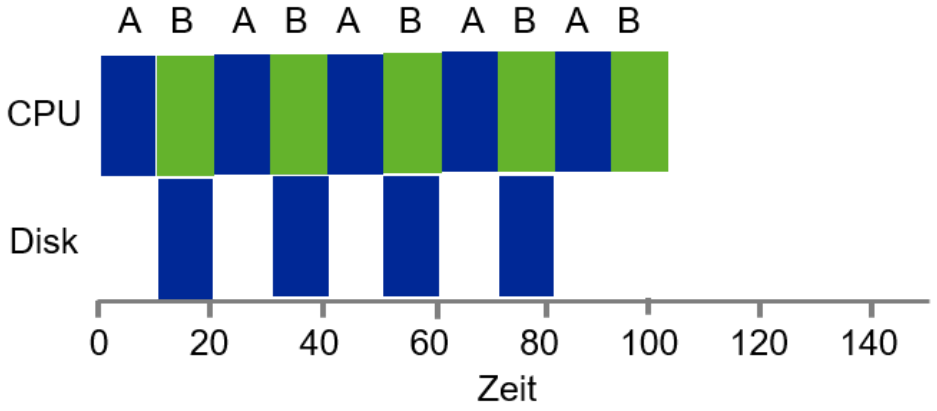
- Lösen wir die nächste Restriktion: Ab sofort können Jobs auch I/O-Operationen aufrufen
- Scheduler muss nun entscheiden wann eine I/O-Operation durchgeführt wird, da in der Zeit der laufende Prozess die CPU nicht nutzen kann und sich somit im Status »blocked« befindet
- Scheduler kann demnach in dieser 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