

# Scheduler

## Teil 3: Lottery 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 des Lottery-Scheduling-Verfahrens **kennen lernen**

# Proportional / Fair Share Scheduler

- Anstelle Turnaround-Zeiten zu optimieren, versuchen Fair Share Scheduler sicherzustellen, dass jeder Job einen gewissen Prozentsatz der CPU-Ressourcen erhält
- Beispiel: Lottery Scheduling
- Grundidee: Es werden Tickets vergeben, die wie in einer Lotterie gezogen werden
- Prozesse, die öfters laufen sollen, erhalten schlicht mehr Lotterielose...

Einfach, oder? 🤔

# Grundkonzept: Tickets represent your share

- Grundlegendes Konzept: Es werden Tickets vergeben (entsprechen einem CPU Share)
- Beispiel:
  - Job A erhält 75% der Tickets (hier: Lose 0..74)
  - Job B erhält 25% der Tickets (hier: Lose 75..99)
  - Scheduler muss nun wissen, wie viele Lose es insgesamt gibt (hier: 100)
  - Gewinnerticket gibt an, welcher Prozess läuft

63	85	70	39	76	17	29	41	36	39	10	99	68	83	63	62	43	0	49
A	B	A	A	B	A	A	A	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A

# Lottery Scheduler - Überlegungen

- Statistische Annäherung an gewünschte Aufteilung
- Je länger die Jobs laufen, desto besser ist die Annäherung
- Was ist bei einer Verteilung 99% zu 1%?
- Man benötigt einen guten Zufallsgenerator
- Was macht man wenn ein neuer Job dazu kommt?

# Ticket Währung

User mit mehreren Tickets, kann diese einer eigene »Währung« zuordnen

- Beispiel
  - A und B haben je 100 Tickets
  - A hat zwei Jobs, A1 und A2, jeder Job bekommt 500 (von insg. 1.000) User Tickets in A's Währung
  - B hat 1 Job B1, dieser bekommt 10 von 10 (User Tickets) in B's Währung
  - System konvertiert A's Tickets pro Job zu je 50 Tickets in der Systemwährung
  - System konvertiert B's Tickets zu 100 Tickets in Systemwährung

# Ticket Transfer

Prozess kann temporär Tickets auf einen anderen Prozess übertragen

- Beispiel:
  - Client-Server Mechanismus (lokal)
  - Client, der eine Anfrage von einem Server wartet, kann seine Tickets dem Server geben, um die Antwort zu beschleunigen
  - Nach Beendigung gibt der Server die Tickets an den Client zurück

# Linux Completely Fair Scheduler (CFS)

- Problem: Scheduling kann bis zu 5% der CPU-Ressource ausmachen
- CFS führt eine virtual runtime (*vruntime*) ein
- Jeder Prozess, der läuft, sammelt *vruntime* an  
Bei Scheduling-Entscheidung wählt der Scheduler den Prozess mit der geringsten *vruntime* aus



# CFS: Wie oft sollte ein Prozess gewechselt werden?

- *sched\_latency*
  - Time Slice Dauer, typischerweise 48ms
  - Wird durch Anzahl der Prozesse  $n$  geteilt
  - Ergibt die Zeitscheibe pro Prozess
  - Somit ist die Zeitverteilung vollständig fair
- *min\_granularity*
  - Mindestdauer, typischerweise 6ms
  - Dieser Wert wird niemals unterschritten (Bsp. 10 Prozesse ergäbe 4,8ms pro Prozess)
- CFS nutzt regelmäßige Timer Interrupts, der Scheduler kann Entscheidungen also immer nur zu fixen Zeitpunkten treffen

# CFS - Beispiel

- Vier Jobs (A,B,C,D), wobei B, C und D kurz nach A eintreffen
- Nach der ersten Zeitscheibe wird einer der Jobs aus (B,C,D) gewählt da hier vruntime von B, C und D < vruntime von A
- Nach  $t = 100$  sind C und D fertig, danach wird die vruntime zwischen A und B aufgeteilt



# CFS - Weighting / Niceness

CFS ermöglicht die Angabe von Prioritäten, damit Prozesse mehr CPU-Ressourcen erhalten können.

- In UNIX entspricht das dem »nice level«
- Kann zwischen -20 und + 19 gesetzt werden
- 0 ist Standardwert
- $< 0$  höhere Prio,  $> 0$  kleinere Prio

# CFS: Zeitscheibe berechnen

- Gewichtungen erlauben es die Zeitscheibe pro Prozess zu berechnen:

$$time\_slice_k = \frac{weight_k}{\sum_{i=0}^n weight_i} \cdot sched\_latency$$

- Beispiel:
  - 2 Prozesse A (Prio=-5), B (Prio=0)
  - $weight_A = 3121$ ,  $weight_B = 1024$
  - A erhält 36ms, B erhält 12ms

## prio\_to\_weight

```
static const int prio_to_weight[40] = {  
    /* -20 */ 88761, 71755, 56483, 46273, 36291,  
    /* -15 */ 29154, 23254, 18705, 14949, 11916,  
    /* -10 */ 9548, 7620, 6100, 4904, 3906,  
    /* -5 */ 3121, 2501, 1991, 1586, 1277,  
    /* 0 */ 1024, 820, 655, 526, 423,  
    /* 5 */ 335, 272, 215, 172, 137,  
    /* 10 */ 110, 87, 70, 56, 45,  
    /* 15 */ 36, 29, 23, 18, 15,  
};
```

# CFS: *vruntime* berechnen

- Berechnet wieviel Laufzeit ein Prozess im Verhältnis zur Gewichtung genutzt hat

$$vruntime_i = vruntime \cdot \frac{weight_0}{weight_i} \cdot runtime_i$$

- Hinweis:
  - Gewichtung bleibt im Verhältnis gleich, wenn andere Prioritäten gewählt werden
  - Annahme A hat 5 und B hat 10
  - A und B werden noch im selben Verhältnis wie zuvor gescheduled

# CFS Prozesslisten

- Problem: Bei mehreren hundert oder gar 1.000 Prozessen, wie wird der nächste Prozess gefunden?
- Kurzes Gedankenspiel: Skalieren Listen? Hier müssten man immer alles linear durchsuchen, was in einem linearen Aufwand von  $O(n)$  resultiert.
- Lösung: Geschickte Wahl der Datenstruktur:
  - CFS speichert Prozesse in Rot-Schwarz-Bäumen (ausgeglichener Baum)
  - Algorithmen auf Rot-Schwarz-Bäumen sind logarithmisch mit einem Aufwand von  $O(\log n)$
- Deswegen: Algorithmen und Datenstrukturen

# CFS und I/O

- Was passiert eigentlich wenn ein Prozess A permanent läuft, weil B aufgrund einer I/O-Operation blockiert (z.B. 10s)?
- B wacht auf und hat die niedrigste *vruntime* (10s kleiner als bei A)
- B würde nun die CPU für 10s monopolisieren, »Starvation« von A wäre potentiell möglich
- Lösung: CFS setzt die *vruntime* zurück
  - Sobald ein Job aufwacht, erhält er den Minimum Wert im Baum (Liste aller laufende Jobs)
  - »Starvation« wird vermieden
  - Nachteil: Jobs, die nur kurz schlafen, bekommen hierdurch keinen fairen Anteil



# Abschluss

- Am Beispiel des CFS sieht man, dass die Wahl einer geeigneten Datenstruktur eine signifikante Auswirkung auf ein System haben kann
- Deswegen macht es durchaus Sinn, sich mit dem Thema *Algorithmen und Datenstrukturen* in SEB3 auseinanderzusetzen

# Referenzen

[1] By Cburnett - Own work, CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1508398>

# Bildnachweise