

14.–17. 09. 2009
in Nürnberg



Herbstcampus

Wissenstransfer
par excellence

Spaßbremse Lichtgeschwindigkeit

Physikalische Konstanten als limitierender Faktor in verteilten Applikationen

Michael Wiedeking

MATHEMA Software GmbH

Physikalische Konstanten

Lichtgeschwindigkeit c

Physikalische Konstanten

Lichtgeschwindigkeit
(im Vakuum)

$$c_0 = 299\,792\,458 \text{ m/s}$$

Physikalische Konstanten

Lichtgeschwindigkeit
(im Vakuum)

$$c_0 = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Physikalische Konstanten

Lichtgeschwindigkeit
(im Glasfaserkabel)

$$c_g = 2,14 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Physikalische Konstanten

Lichtgeschwindigkeit
(im Glasfaserkabel)

$$c_g = 0,7 \cdot c_0$$

Geographische Konstanten

Entfernung
New York – San Francisco

$$s = 4\,125 \text{ km}$$

Geographische Konstanten

Entfernung
New York – San Francisco

$$s = 0,04125 \cdot 10^8 \text{ m}$$

Reisedauer

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{Strecke}}{\text{Zeit}}$$

Reisezeit

$$\text{Zeit} = \frac{\text{Strecke}}{\text{Geschwindigkeit}}$$

Reisezeit

$$\text{Reisezeit} = \frac{s}{c}$$

Reisezeit

$$\text{Reisezeit} = \frac{0,04125 \cdot 10^8 \text{ m}}{2,14 \cdot 10^8 \text{ m/s}}$$

Reisezeit

$$\text{Reisezeit} = \frac{0,04125 \cdot 10^8 \text{ m}}{2,14 \cdot 10^8 \text{ m/s}} \approx 0,019 \text{ s}$$

Reisezeit

$$\text{Reisezeit} = 0,019 \text{ s} = 19 \text{ ms}$$

Rundreise

Ein kleines Datum
von *New York* nach *San Francisco* zu schicken
und
wieder zurück
braucht...

Rundreise

Ein kleines Datum
von *New York* nach *San Francisco* zu schicken
und
wieder zurück
braucht natürlich doppelt so lang
(38 ms)

Zeitvertreib

Was kann man in dieser Zeit alles machen?

Zeitvertreib

Ein
Single-Core Intel Pentium 4 Extreme Edition
hat
9 726 MIPS

Zeitvertreib

$$(9\,726 \cdot 10^6) \text{ Instruktionen/s} \cdot 0,038 \text{ s}$$
$$\approx 368 \cdot 10^6 \text{ Instruktionen}$$

Zeitvertreib

$$(9\,726 \cdot 10^6) \text{ Instruktionen/s} \cdot 0,019 \text{ s}$$
$$\approx 368 \text{ Millionen Instruktionen}$$

Propagation Delay

Die Zeit, die ein Bit braucht,
um von der Quelle zum Ziel zu kommen
und wieder zurück

Bandbreite

$$\text{Bandbreite} = \text{Datengröße} / \text{s}$$

Bandbreite

Zum Beispiel: 10 GBit/s

Latenz

$$\text{Latenz} = \text{Propagation Delay} \\ + \text{Datengröße} / \text{Bandbreite}$$

Latenz für 1250 Byte NY – SF

$$L = 0,038 \text{ s} + 10 \text{ kBit} / (10 \text{ GBit/s})$$

Latenz für 1250 Byte NY – SF

$$L = 0,038 \text{ s} + 10 \text{ kBit} / (10 \text{ GBit/s}) = 0,038 \text{ 001 s}$$

Latenz für 1250 Byte NY – SF

$$L = 38,001 \text{ ms}$$

Latenz für 1250 Byte NY – SF

Latenz für das erste Bit

$$L_{\text{erstes Bit}} = 38,000 \text{ ms}$$

Latenz für 1250 Byte NY – SF

Latenz für das letzte Bit

$$L_{\text{letztes Bit}} = 38,001 \text{ ms}$$

Beobachtung

Der Latenz wird hier
nicht
durch die Bandbreite ...

Beobachtung

... sondern durch das
Propagation Delay
beeinflusst!

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284
0,985

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284
0,985
0,279

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284
0,985
0,279
5,065

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284

0,985

0,279

5,065

0,795

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284

0,985

0,279

5,065

0,795

2,736

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284

0,985

0,279

5,065

0,795

2,736

8,329

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284
0,985
0,279
5,065
0,795
2,736
8,329
21,881

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284
0,985
0,279
5,065
0,795
2,736
8,329
21,881
44,804

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284
0,985
0,279
5,065
0,795
2,736
8,329
21,881
44,804
81,997

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284

0,985

0,279

5,065

0,795

2,736

8,329

21,881

44,804

81,997

77,328

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284

0,985

0,279

5,065

0,795

2,736

8,329

21,881

44,804

81,997

77,328

90,434

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284

0,985

0,279

5,065

0,795

2,736

8,329

21,881

44,804

81,997

77,328

90,434

86,419

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284
0,985
0,279
5,065
0,795
2,736
8,329
21,881
44,804
81,997
77,328
90,434
86,419
87,524

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284
0,985
0,279
5,065
0,795
2,736
8,329
21,881
44,804
81,997
77,328
90,434
86,419
87,524
87,955

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284
0,985
0,279
5,065
0,795
2,736
8,329
21,881
44,804
81,997
77,328
90,434
86,419
87,524
87,955
*

Kontrollmessung mit *traceroute*

0,284
0,985
0,279
5,065
0,795
2,736
8,329
21,881
44,804
81,997
77,328
90,434
86,419
87,524
87,955
*
88,352

Kontrollmessung mit *traceroute*

Latenz NY – SF
 $L \approx 88 \text{ ms}$

Kontrollmessung mit *traceroute*

Latenz NY – SF
 $L \approx 87,5 \text{ ms}$

Oha!

$87,5 \text{ ms} \neq 38 \text{ ms}$

Störende Faktoren

Hopping Time

Störende Faktoren

Hopping Time
Switching Time (100 μ s)

Störende Faktoren

Hopping Time
Switching Time
Travelling Time (15-25 % $\cdot c_0$)

Störende Faktoren

Hopping Time
Switching Time
Travelling Time (15-25 % $\cdot c_0$)
Connection Time

Trotzdem

Es wird trotz alledem die
halbe Lichtgeschwindigkeit
erreicht!

Abhilfe

Bandbreite hilft bei der Latenz,
aber nicht beim Propagation Delay

Abhilfe

Throughput und Storage
statt
schlechter Antwortzeit

Abhilfe

Soll heißen:
„Große“ Mengen verschicken
und
in einem Cache Speichern

Abhilfe

Architektur berücksichtigt Funktion

Abhilfe

Soll beispielsweise heißen:
Zeitlich kritische Daten nah,
alles andere fern (d. h. billig)

Abhilfe

An variierende Latenzen anpassen

Abhilfe

Soll heißen:
Prozesse migrieren
(Remote evaluation)

Fazit

Physikalische Grenzen
sind feste (!) Grenzen

14.–17. 09. 2009
in Nürnberg



Herbstcampus

Wissenstransfer
par excellence

Vielen Dank!

Michael Wiedeking

MATHEMA Software GmbH