

Praktikum Rechnernetze und Verteilte Systeme

Block 6

— Zeitsynchronisation —

Termin: 9.-11.1.2017 & 16.-18.1.2017

1 Theoretische Vorbereitungsaufgaben

Die folgenden Aufgaben sollen Ihnen helfen, sich auf den Vorbereitungstest vorzubereiten. Klären Sie bitte mögliche Fragen oder Unklarheiten unbedingt vor den ISIS-Testaten!

Aufgabe 1:

Beantworten Sie die folgenden Fragen rund um Zeitsynchronisation:

- a) Wofür ist die Synchronisation von Uhren erforderlich?
- b) Wie ist es möglich, Uhren in einem verteilten System exakt zu synchronisieren?
- c) Welche Alternativen zu der Synchronisation von Uhren haben Sie in der Vorlesung kennengelernt?

Aufgabe 2:

Für die Synchronisation von 4 verteilten Systemen A, B, C und D soll der **Berkeley Algorithmus** verwendet werden. System A hat einen Time Daemon.

Zu Beginn des Resynchronisationsintervalls haben die Uhren die folgenden Werte:
A/11550, B/11570, C/11515, D/11525.

- a) Was schickt der Time-Daemon an die Systeme?
- b) Wie lauten die Antworten der Systeme?
- c) Der Time-Daemon verwendet die Mittelwertbildung zur Ermittlung der Uhrzeit. Welchen Wert ermittelt er?
- d) Welche Werte werden zurück an die Systeme gesendet?

Aufgabe 3:

In einem verteilten System kommt **Cristian's Algorithmus** zum Einsatz, um die Uhren zu synchronisieren. Zu seiner Uhrzeit 10:27:54,0 (Stunden, Minuten, Sekunden) fragt System B bei einem Zeit-Server A nach der Zeit. Um 10:28:01,0 Uhr seiner Zeit empfängt B die Antwort von A mit dem Zeitstempel 10:27:37,5.

- a) Was ist die Round-trip time (RTT) (Vorlesung: T_{round}) zwischen B und A?

- b) Kann man davon ausgehen, dass diese RTT symmetrisch ist?
- c) Was ist B's Schätzung der Zeit von A?
- d) Was ist B's Offset in Bezug auf die Zeit von A?
- e) Geht die Uhr von B zu schnell oder zu langsam?
- f) Angenommen die Zeit von B läuft zu schnell, was muss bei der Anpassung an die Zeit von A beachtet werden?

Aufgabe 4:

In einem verteilten System kommt **NTP** zum Einsatz, um die Uhren zu synchronisieren.

- a) Wie viele Zeitstempel verwendet NTP? Was ist der Unterschied zum Cristian's Algorithmus?
- b) Der Server ist ein Stratum 1 Server. Was bedeutet das?
- c) Leiten Sie anhand der Zeitstempel t_1 , t_2 , t_3 und t_4 eine allgemeine Formel für die Round-trip time (RTT) (Vorlesung: Delay δ) her. Warum fällt der Offset zwischen den Uhren von Client und Server nicht ins Gewicht?

2 Praktische Aufgabe

Die praktischen Aufgabe sind weiterhin in Kleingruppen von i. d. R. 3 Personen zu lösen. Es wird nur noch eine Aufgabe geben, die bis zum Ende des Blocks bearbeitet werden muss. Die Rücksprache kann weiterhin im zweiten Termin durchgeführt werden, als Alternative kann aber auch bei unfertigen Lösungen der Tutor mit Fragen konsultiert werden. Damit ist also eine Art Sprechstunde beim Tutor gegeben. Reichen Sie also bitte den Quelltext bzw. Lösungen bis Sonntag nach dem dem zweiten Termin des Blocks bis 23:55 Uhr per ISIS ein, das ist in diesem Fall der 22.1.2017. Es besteht weiterhin in beiden Terminen offiziell Anwesenheitspflicht.

Aufgabe 5:

In dieser Aufgabe sollen Sie Ihren Datagram-Socket Client so umschreiben, dass er mit NTP-Servern kommunizieren kann. Wir wollen hier NTP in der gebräuchlichen Version 4 benutzen¹. Server und Client verwenden bei NTP das gleiche Paketformat, welches wie folgt aussieht:

¹<https://tools.ietf.org/html/rfc5905>

0	1	2	4	5	7	8	15	16	23	24	31
LI	VN	Mode	Stratum				Poll				Precision
Root Delay											
Root Dispersion											
Reference ID											
Reference Timestamp (64bit)											
Origin Timestamp (64bit)											
Receive Timestamp (64bit)											
Transmit Timestamp (64bit)											

Dabei können bei einer Anfrage alle Felder mit 0 gefüllt sein, außer der NTP Version (oben VN, hier 4) und dem Mode (Client = 3) Feld. NTP Server sind unter Port 123 mittels UDP zu erreichen. Von vielen Institutionen werden NTP-Server zur Synchronisation angeboten, etwa von der TU Berlin `ntp1-0.cs.tu-berlin.de` (130.149.17.21). Das NTP-Pool Projekt sammelt außerdem NTP-Server und stellt sie unter einfach zu merkenden DNS-Namen bereit. So nutzt man in Deutschland vorwiegend die Server `0.de.pool.ntp.org`, `1.de.pool.ntp.org`, `2.de.pool.ntp.org` und `3.de.pool.ntp.org` zur Synchronisation. Die Antwort der Server enthält die beiden Zeitstempel, die auf Serverseite genommen werden (Receive Timestamp und Transmit Timestamp).

Eine weitere Hürde bei der Implementierung auf Unix-artigen Betriebssystemen wie Linux ist der verwendete Zeitstempel. Dieser ist bei NTP die Anzahl von Sekunden seit dem 1.1.1900 und bei Unix die Anzahl der Sekunden seit dem 1.1.1970. Der Offset zwischen den beiden Zeitstempeln ist 2208988800 Sekunden, die zur Umrechnung jeweils addiert bzw. subtrahiert werden müssen. Außerdem ist das Format des NTP-Zeitstempels anders. Hier stellen die 64bit eine Fixpunktzahl dar und sind aufgeteilt in 32bits für die Sekunden und 32bit für die Fraction, also den Nachkommateil.

Sie sollen nun das NTP Protokoll benutzen, um bei verschiedenen Zeitservern die Zeit abzurufen. Der Client soll dabei die folgenden Eigenschaften erfüllen:

- Machen Sie sich gedanken darüber, welche Formel Sie zur Berechnung von Delay und Offset nutzen müssen. Wie leitet sich die Formel für den Offset her?
- Der Client soll Abfragen per NTP durchführen können. Die Anfrage darf dabei aus Konstanten bestehen.
- Der Client soll von mindestens 4 verschiedenen Servern die Zeit abrufen.
- Der Client soll ermitteln, welcher dieser Server für die Zeitsynchronisation am geeignetsten ist. Eine Variante dafür ist in der Vorlesung erklärt.
- Der Client soll ausgeben, welcher Server für die Synchronisation benutzt wird, welche Zeit die lokale Uhr hat, wie groß der Offset ist und welches die einzustellende Uhrzeit ist. Die Uhr des Betriebssystems muss nicht wirklich eingestellt werden.

3 Vertiefungsaufgaben

Diese Aufgaben sind zu Ihrer eigenen Vertiefung in Hinblick auf die Klausurvorbereitung gedacht:

Aufgabe 6:

Erläutern Sie (unterstützt durch eine Skizze) die Berechnung des Offsets zwischen zwei das Network Time Protocol (NTP) verwendenden Servern. Was ist jeweils der Hintergrund (z.B. die Motivation, der Ansatz oder die Annahme) Delay und Offset so zu berechnen?

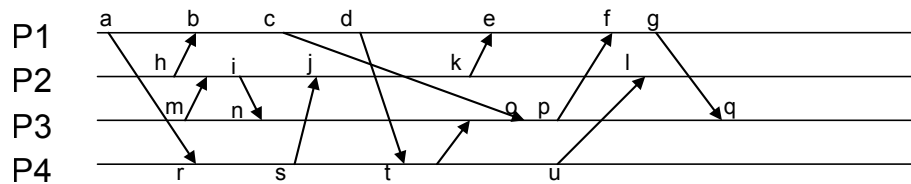
Aufgabe 7:

Beantworten Sie folgende Fragen zum Precision Time Protocol (PTP):

- Wo entstehen bei der Nutzung von NTP Ungenauigkeiten in den Zeitstempeln?
- Wie wird dies bei PTP verbessert?
- Wie unterscheidet sich die Berechnung von Offset und Delay zwischen NTP und PTP?

Aufgabe 8:

Gegeben sei der unten stehende Datenaustausch zwischen den Prozessen P1, P2, P3 und P4. Die Prozesse benutzen jeweils logische Uhren. Diese seien jeweils initial mit Null initialisiert; die gestrichelten Pfeile repräsentieren den Nachrichtenaustausch zwischen Komponenten.



- Nehmen Sie an, dass die Prozesse Lamport-Uhren benutzen, um sich zu synchronisieren. Geben Sie den Lamport-Zeitstempel für jedes Event im Beispiel. Nehmen Sie an, dass jeder Prozess einen Integer als Lamport-Uhr benutzt.
- Bestimmen Sie die Veränderung der Werte für den Fall dass P1, P2, P3 und P4 Vektoruhren nutzen. Jeder Punkt soll ein Event sein, an dem die Vektor-Uhr erhöht wird!

Aufgabe 9:

- Nennen Sie zwei elementare Anforderungen an ein Commit-Protokoll (verteilte Koordination).
- Beschreiben Sie die Schritte des *Two-Phase Commit* Protokolls zwischen einem Koordinator und N Teilnehmern im kommunikationsfehlerfreien Fall.
- Welches Problem des Two-Phase-Commit Protokolls soll durch das Three-Phase-Commit Protokoll behoben werden?