

Praktikum Rechnernetze und Verteilte Systeme

Block 6

— Zeitsynchronisation —

Termin: 7.-11.1.2019 & 14.-18.1.2019

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 | B | C | D |
|-------|-------|-------|-------|
| 11550 | 11570 | 11515 | 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) 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 Aufgaben

Die praktischen Aufgaben sind in Kleingruppen von i. d. R. 3 Personen zu lösen. Die Ergebnisse des ersten Termins führen Sie im zweiten Termin dem Tutor vor. Reichen Sie bitte den Quelltext bzw. Lösungen bis Sonntag vor dem zweiten Termin 23:55 Uhr per ISIS ein.

Im zweiten Termin werden vertiefende praktische Aufgaben gestellt, während der Tutor Lösungen des ersten Termins abnimmt. Reichen Sie bitte den Quelltext bzw. Lösungen dieser Aufgaben bis Sonntag vor dem nächsten Termin 23:55 Uhr per ISIS ein.

Es besteht in beiden Terminen grundsätzlich Anwesenheitspflicht.

2.1 In der ersten Woche zu lösen

Aufgabe 5:

In dieser Aufgabe sollen Sie einen Datagram-Socket Client schreiben, welcher 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:

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----|------|---------|---|---|---|------|----|----|----|-----------|
| 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. 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.

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

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

- Als Übergabeparameter sollte ihr Client eine Liste von NTP Servern akzeptieren:
`./ntpclient server1 server2 server3 ...`
- An jeden Server sollen jeweils 8 aufeinanderfolgende Anfragen gesendet werden.
- Für jede Anfrage sollte der Delay (RTT/2) und der Offset berechnet werden.
- Berechnen Sie außerdem die Dispersion für jeden Server.
- Ihr Client soll von allen Servern, den geeignetsten auswählen. Sie müssen dafür **nicht** den originalen Clock-Selection Algorithmus des NTP Protokolls benutzen, sondern können folgendes vereinfachtes Gütekriterium verwenden:
 - Berechnen Sie für jeden Server die Summe aus durchschnittlicher Root Dispersion und gemessener Dispersion.
 - Wählen Sie den Server mit dem geringsten Wert.
- Geben Sie für jeden Server folgende Informationen aus (Zeitangabe in Sekunden mit min. 6 Nachkommastellen):
`{IP oder Hostname} {Root Dispersion (Avg.)} {Dispersion} {Delay (Avg.)}`
`{Offset (Avg.)}`
- Geben Sie anschließend den gewählten Server aus, die lokale Zeit, den durchschnittlichen Offset und die angepasste Zeit aus.
- Die Uhrzeit des Betriebssystems muss nicht angepasst werden.

Zum Testen des Clients können Sie folgende Server benutzen:

`stratum2-4.NTP.TechFak.Uni-Bielefeld.DE` (Stratum 2)
`ntp0.rrze.uni-erlangen.de` (Stratum 1, GPS)
`time1.uni-paderborn.de` (Stratum 1, Funkuhr)

Ihr Quelltext wird auf Plagiate geprüft, also übernehmen Sie nicht einfach Lösungen aus dem Internet oder von Mitsudenten!

Reichen Sie bitte ihre Lösungen bis Sonntag vor dem zweiten Termin 23:55 Uhr per ISIS ein. Die Lösungen werden **automatisch überprüft** und müssen ohne Ausnahme in einer Datei mit dem Namen **Block6a.TXXGYY.tar.gz** (XX = Praktikumstermin, YY = Gruppennummer) eingereicht werden. Darin enthalten erwarten wir in einem Ordner mit dem Namen Block6a.TXXGYY ein Makefile, welches die Binärdatei `ntpclient` entsprechend kompiliert.

2.2 In der zweiten Woche zu lösen

Aufgabe 6:

In dieser Aufgabe sollen Sie sich nochmals mit den Metriken von NTP anhand ihrer Implementierung vertraut machen. Schreiben Sie dafür Ihren Client so um, dass er an vier von Ihnen ausgewählte Server 100 Anfragen im Abstand von 6 Sekunden macht und bei jeder Antwort die folgende Statistiken ausgibt:

- Servername
- Offset
- Delay
- Root Dispersion

Plotten sie nun die Ergebnisse in geeigneter Weise. Erzeugen Sie dafür insgesamt 3 Grafiken, eine für Offset, eine für Delay und eine für die Root Dispersion. Stellen Sie die Metriken in Abhängigkeit von der Zeit dar. Interpretieren Sie die Ergebnisse kurz in einem PDF-Dokument (inklusive der Grafiken). Gehen Sie auch darauf ein, welchen Einfluss die Eigenschaften der gewählten Server (Stratum, Standort, Zeitquelle, ...) auf Ihre Ergebnisse haben.

Reichen Sie Ihr Dokument zusammen mit dem Quelltext in einer Datei als **Block6b.TXXGYY.tar.gz** (XX = Praktikumstermin, YY = Gruppennummer) bis Sonntag 23:55 Uhr nach dem zweiten Termin auf ISIS ein.

3 Vertiefungsaufgaben

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

Aufgabe 7:

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?

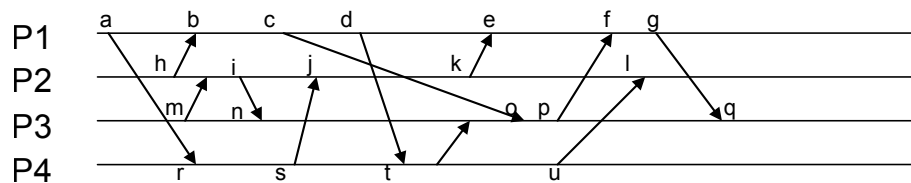
Aufgabe 8:

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 9:

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!