

Übung 1: Grundlagen: KMS-Wiederholung

11.10.2019

1. Dienste und Protokolle (Wiederholung KMS)

- (a) Geben Sie ein Beispiel für eine Schichtenarchitektur und überlegen Sie sich, welche Vor- und Nachteile ein solch strukturierter Ansatz hat.

Lösung:

- Beispiel: TCP/IP Stack, ISO/OSI Referenzmodell
 - Vorteile:
 - Verringerung der Komplexität durch Strukturierung in Schichten
 - Leichte softwaretechnische Implementierbarkeit
 - Austauschbarkeit von Protokollen in Schichten
 - Nachteile:
 - Interaktion nur zwischen benachbarten Schichten möglich (z.B. Zugriff auf Informationen in anderen Schichten ist schwierig)
- (b) Erläutern Sie die Bedeutung der Begriffe *Dienst* und *Protokoll* in der Telekommunikationstechnik.

Lösung:

- Dienst: Eine Menge von Dienstprimitiven, die eine Schicht der nächst höheren Schicht zur Verfügung stellt. Die Details, wie der Dienst erbracht wird, sind verborgen.
 - Protokoll: Die Regeln und Konventionen (z.B. Paketformat, Abfolge, Bedeutung), mit denen zwei Entitäten (*Peers*) der gleichen Schicht miteinander kommunizieren. Protokolle ermöglichen den Schichten, ihre angebotenen Dienste auszuführen.
- (c) Nennen Sie die wesentlichen Dienstprimitive.

Lösung: Request, Indication, Response, Confirm (siehe Abbildung 1)

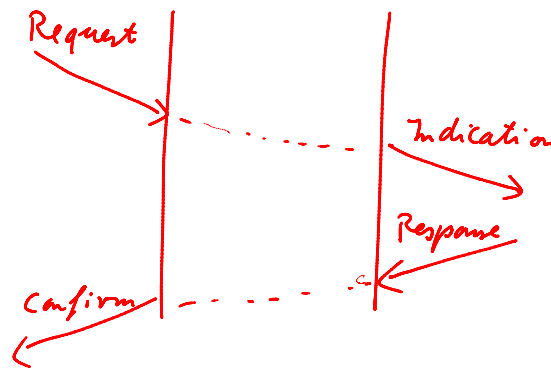


Abbildung 1: Service Primitives

- (d) Zeichnen Sie jeweils ein Weg-Zeit-Diagramm für einen erfolgreichen Verbindungsaufbau von einem Service Access Point (SAP) A zu einem SAP B und für einen vom SAP B abgewiesenen Verbindungsaufbau.

Lösung: Siehe Abb. 2 und Abb. 3 für Details.

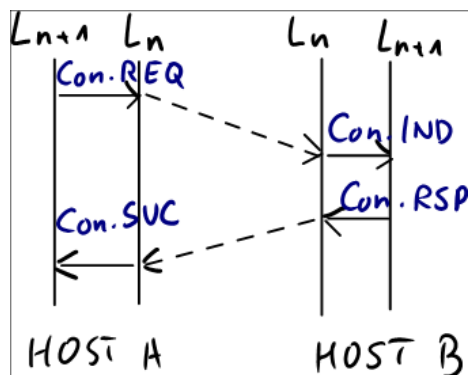


Abbildung 2: Verbindungsaufbau OK

- (e) Beschreiben Sie kurz den Zweck und die wesentlichen Formen von Multiplexing.

Lösung: Zweck: Gleichzeitiges Nutzen einer Übertragungsstrecke (der nächst niedrigen Schicht) für mehrere verschiedene Kommunikationen (auf der höheren Schicht).

- Space Division Multiplexing
- Frequency Division Multiplexing
- Time Division Multiplexing

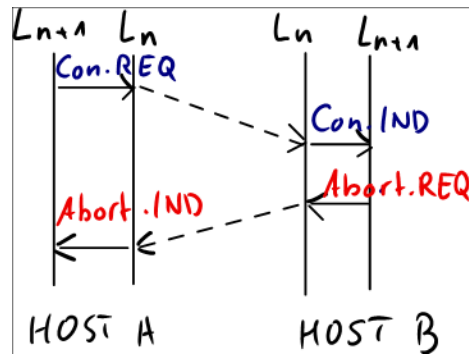


Abbildung 3: Verbindungsaufbau abgelehnt

2. Multiplexing und Duplexing

Beschreiben Sie eine sinnvolle Kombination von Frequency Division Duplexing (FDD) und Frequency Division Multiplexing (FDM) in einem Netz mit n Teilnehmern.

Lösung: Bei n Teilnehmern gibt es bis zu $n/2$ Paare von Kommunikationspartnern (zu einem Zeitpunkt). Jedes Paar soll in beide Richtungen kommunizieren können. Die Paare werden durch Unterteilung der gesamten zur Verfügung stehenden Bandbreite in $n/2$ viele Teilbänder gebildet (FDM). Jedes Teilband wird dann nochmals in zwei Teile geteilt, um das Duplex-Verfahren zu bilden (FDD). Es ist nicht gesagt, dass alle diese Teilbänder gleich groß sein müssen. Auch kann ggf. die Zuordnung wieder geändert werden, wenn sich Kommunikationsbeziehungen ändern.

(Alternativ: Man unterteilt die Gesamtbandbreite in $\binom{n}{2}$ Teilbändern, um für alle *möglichen* Paarbildungen ein Teilband zur Hand zu haben. Nachteil ist schlechte Auslastung.)

3. Store-and-Forward Netze

Nehmen Sie an, Sie haben ein Netz, in dem ein Router A die Pakete von den Endgeräten B und C zu einem weiteren Router D schickt. Der Router benutzt einen internen Puffer, um Pakete von B und C zwischenzuspeichern, bevor sie nach D weitergeschickt werden.

- (a) Wovon hängt der Füllzustand des Puffers ab? Wie können Sie diesen in einem laufenden System beeinflussen?

Lösung: Der Füllzustand des Puffers hängt von der Ankunftsrate der Pakete beider Quellen B und C ab als auch von der Rate, mit der der Puffer

durch Senden nach D geleert werden kann. Insbesondere sind Fluktuationen dieser Raten wichtig, nicht nur das langfristige Mittel. (Klar ist: Wenn im Mittel mehr Daten ankommen als abgeschickt werden können, wird der Puffer irgendwann überlaufen.)

Einfluss: Datenrate der Sender, Datenrate zum anderen Router, Pakete verwerfen

- (b) Was geschieht, wenn der Puffer voll ist und ein weiteres Paket ankommt?

Lösung: Voller Puffer: Das ankommende Paket kann nicht direkt in den Puffer einsortiert werden, d.h. ein Paket muss verworfen werden. Das kann das neu ankommende Paket sein, aber auch ein bereits im Puffer gespeichertes Paket. Je nach Anwendung kann das eine oder andere sinnvoll sein (neues oder altes Paket verwerfen, je nachdem, was nützlicher ist – man spricht hier von “Milch” oder “Wein” Strategien). (Frage: Können Sie jeweils eine Beispielanwendung nennen, die eher an alten bzw. an neuen Paketen interessiert ist? Antwort: Neue Pakete = Aktienkurse, Sprachübertragung; Alte Pakete = Filetransfer)

- (c) Was geschieht bei leerem Puffer?

Lösung: Bei leerem Puffer wird das Paket, sofern der *outgoing link* frei ist, unmittelbar weitergeleitet oder sonst in den Puffer einsortiert.

- (d) Werden Sie versuchen, das System tendenziell eher bei niedrigem oder hohem Puffer-Füllzustand zu betreiben? Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Lösung: Hoher Puffer-Füllstand: Geringe Wahrscheinlichkeit, dass der *outgoing link* von C nach D ungenutzt bleibt, hohe Auslastung des Systems. Nachteil: lange Verzögerung in der Warteschlange, hohe Wahrscheinlichkeit, dass der Puffer überläuft und Pakete verloren gehen.

Also typischerweise: Puffer sollte nicht leer laufen, damit Auslastung nicht verloren geht, aber auch nicht zu voll sein. Man versucht, Puffer zwischen einem unteren und oberen Schwellwert zu betreiben und ergreift ggf. Korrekturmaßnahmen, wenn einer dieser Schwellwerte über- oder unterschritten wird (sog. high und low watermark Ansatz).

4. Paketvermittlung/Leitungsvermittlung (packet/circuit switching)

Es soll eine Nachricht der Länge L bits zwischen zwei Rechnern übertragen werden, die allerdings nicht direkt miteinander verbunden sind. Die Nachricht muss über k dazwischen liegende Rechner weitergeleitet werden. Nehmen Sie an, dass alle Verbindungen in diesem Netz eine einheitliche Datenrate von R bits/s aufweisen und dass die Ausbreitungsverzögerung (*Propagation delay*) vernachlässigbar ist.

- (a) Das Netz sei paketvermittelt. Stellen Sie die Übertragung mit $k = 2$ in einem Weg-Zeit-Diagramm (*Message Sequence Chart*) dar. Erläutern Sie, welche Annahmen Sie dabei treffen!
- (b) Ein Paket kann höchstens Nutzdaten der Länge P bits aufnehmen (Payload) und besitzt einen Paketkopf (*Header*) der festen Größe H bits.
Geben Sie nun eine Formel für die Sendedauer T_{tx} an. (Sendedauer = Dauer erstes bis letztes Bit gesendet.)

Lösung: $T_{tx} = \frac{\lceil \frac{L}{P} \rceil (H+L)}{R}$

- (c) Geben Sie eine Formel für die gesamte Übertragungsdauer T_D an. (Übertragungsdauer = Beginn Senden des ersten Bits bis Ende Empfangen des letzten Bits.)

Lösung: $T_D = T_{tx} + k \frac{H+P}{R}$

- (d) Bestimmen Sie die Paketgröße P , mit der die Zeit minimiert wird, bis das letzte Paket der Nachricht vollständig am Ziel eingetroffen ist.

Hinweis: Vereinfachen Sie $\lceil x \rceil$ zu x und $\lfloor x \rfloor$ zu x , wenn nötig.

Lösung: $\frac{\partial(T_D)}{\partial P} = 0 \Leftrightarrow P = \sqrt{\frac{LH}{k}}$

- (e) Das Netz sei jetzt leitungsvermittelt. Stellen Sie die Übertragung mit $k = 2$ in einem Weg-Zeit-Diagramm dar.

Achten Sie dabei darauf, den Auf- und Abbau der Leitung darzustellen! Erläutern Sie ebenfalls wieder alle Annahmen, die Sie treffen!

- (f) Sei T_s die Zeit, die jeweils zum Verbindungsaufbau bzw. -abbau benötigt wird. Geben Sie eine Formel für die Übertragungsdauer $T_{D,l}$ an.

Lösung: $T_{D,l} = 2T_s + \frac{L}{R}$

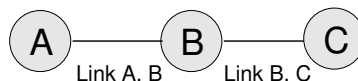
- (g) Vergleichen Sie nun Paketvermittlung und Leitungsvermittlung im Hinblick auf die vollständige Übertragungsdauer $T_{D,p}$ bzw. $T_{D,l}$. Wann würden Sie Leitungsvermittlung bevorzugen, wann Paketvermittlung?

Was ändert sich insbesondere, wenn die Ausbreitungsverzögerung *nicht* vernachlässigbar ist? **Lösung:** Paketvermittlung ist bei der Übertragung kleinerer Datenmengen zu bevorzugen, so dass man sich den Verbindungsaufbau und -abbau erspart. Bei großen Datenmengen bringt Paketvermittlung jedoch viel Overhead (Header), so dass sich Leitungsvermittlung lohnen kann. Formal: Leitungsvermittlung lohnt sich, sobald die Übertragungsdauer des gesamten Overheads der Paketvermittlung die Zeit des Verbindungsaufbaus/-abbaus übersteigt.

Ist die Ausbreitungsverzögerung nun nicht mehr vernachlässigbar, so hat die größere Auswirkung auf die Leitungsvermittlung, wegen des Verbindungsaufbaus/-abbaus. Die Datenschränke ab der sich Leitungsvermittlung lohnt wächst demnach.

5. Datenübertragung in einem paketvermittelten, heterogenen Netz

Gegeben ist das in der folgenden Abbildung dargestellte Netz aus den drei Rechnern A , B und C .



Die Rechner sind durch zwei Links verbunden, welche die folgenden unterschiedlichen Eigenschaften haben ($1 \text{ kbits} = 10^3 \text{ bits}$ und $1 \text{ Mbits} = 10^6 \text{ bits}$):

Link A, B : Datenrate $R_{A,B} = 2 \text{ Mbits/s}$, Ausbreitungsverzögerung $\tau_{A,B} = 48 \text{ ms}$

Link B, C : Datenrate $R_{B,C} = 4 \text{ kbits/s}$, Ausbreitungsverzögerung $\tau_{B,C} = 1 \text{ ms}$

Es soll ein Paket der Größe 500 Bytes von Rechner A zu Rechner C übertragen werden. Dabei beginnt Rechner B erst mit der Weiterleitung des Pakets an C , nachdem er es vollständig empfangen hat.

- Stellen Sie diese Paketübertragung in einem Weg-Zeit-Diagramm dar.
- Wie lange dauert es, bis A das Paket komplett *abgeschickt* hat?
- Zu welchem Zeitpunkt *beginnt* das Paket bei B *einzutreffen*?
- Zu welchem Zeitpunkt ist das Paket *vollständig* bei B *angekommen*?
- Zu welchem Zeitpunkt ist das Paket *vollständig* bei C *angekommen*?
- Wie viele Daten sind während der Übertragung dieses Pakets maximal gleichzeitig in den folgenden Links gespeichert:
 - Link A, B
 - Link B, C

Lösung:

- Siehe Abbildung 4
- $T_{g1} = \frac{\text{Anzahl Bits}}{\text{Übertragungsgeschwindigkeit}} = \frac{4 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^6} \text{ s} = 2 \text{ ms}$
- 48 ms (Ausbreitungsverzögerung)
- 50 ms (Versendezeit plus Ausbreitungsverzögerung)
- $T_{g2} = \frac{\text{Anzahl Bits}}{\text{Übertragungsgeschwindigkeit}} = \frac{4000}{4000} \text{ s} = 1 \text{ s}$
 $\Rightarrow T = T_{g1} + T_{g2} + \tau_{A,B} + \tau_{B,C} = 2 \text{ ms} + 1 \text{ s} + 48 \text{ ms} + 1 \text{ ms} = 1,051 \text{ s}$
- Link A, B :
 - Wenn wir in der Tat nur ein einzelnes Paket senden, dann passt dieses Paket komplett "in die Leitung", also sind die 500 Bytes gespeichert.

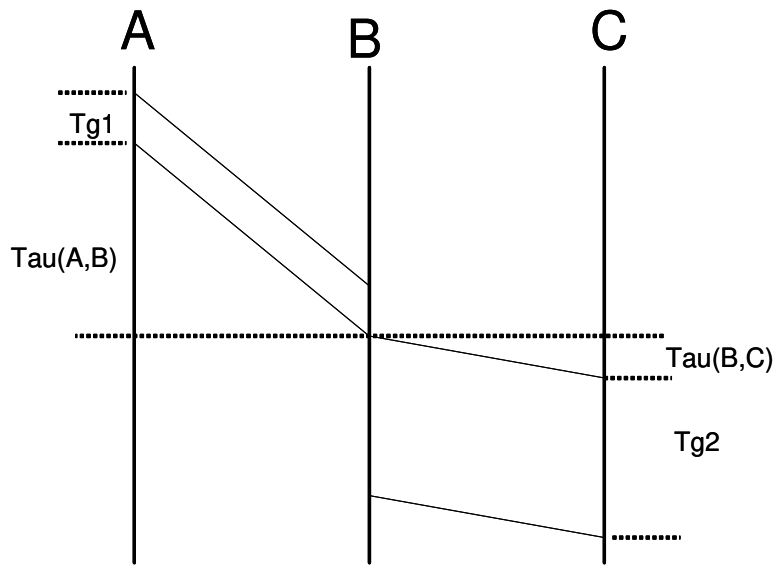


Abbildung 4: MSC

- Wenn wir annehmen, dass wir kontinuierlich Daten senden, dann
 $B_1 = \text{Datenrate} \cdot \text{Verzögerung} = 2 \text{ Mbits/s} \cdot 0,048 \text{ s} = 96 \text{ kbits}$
(data rate – delay product)
- ii. Link B, C : $B_2 = 4 \text{ bits}$

6. Visualisierung und Plotten

Im Laufe weiterer Übungsaufgaben werden Sie Funktionen unterschiedlicher Art berechnen und visualisieren. Dazu bieten sich unterschiedliche Werkzeuge an, jeweils mit Vor- und Nachteilen. Sie sollten mit mindestens einem der folgenden Werkzeuge vertraut sein; andernfalls ist dies eine gute Gelegenheit:

- Gnuplot <http://www.gnuplot.info>
- Matplotlib <https://matplotlib.org>

Zusätzlich sollten Sie in der Lage, einfache numerische Berechnungen durchzuführen und diese einfach zu visualisieren. Auch hierzu bieten sich unterschiedliche Vorgehensweisen an, z.B.

- octave <https://octave.sourceforge.io>
- Matlab <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
- R <https://www.r-project.org>

- Python mit numpy <http://www.numpy.org> (und matplotlib)
- Python mit numpy <http://www.numpy.org> (und matplotlib), eingebettet in eine Browser-basierte Anwendung für ausführbare “Notebooks” <http://jupyter.org>

Mit mindestens einem dieser Systeme sollten Sie vertraut sein. Übungsbeispiele werden auf Jupyter aufbauen und als Jupyter Notebooks verteilt werden; es bietet sich daher an, dass Sie sich mit Jupyter vertraut machen.