

# Übung 1

Alexander Mattick Kennung: qi69dube

## Kapitel 1

29. April 2020

Leitungsorientiert:

aufteilen in effektive Übertragungsrate  $R_{eff} = \frac{R}{\#channels}$

Dann schauen wie viele "schritte" man für die Daten braucht:

$$t_{transfer} = t_{connect} + \frac{\#data}{R_{eff}}$$

Es ist hierbei egal, ob man Frequenzorientiert (Frequency division multiplex, FDM) oder Zeitorientiert (Temporal division multiple, TDM).

Paketvermittlung: Statistisches multiplexing.

Jeder bekommt einen verhältnismäßigen anteil an Datenrate R.

Bei 16 kanälen, die 15% der Zeit aktiv sind, gilt:

Gegeben:  $R_{ges} = 10Mbit/s$   $R_{user} = 626kbit/s$   $\frac{t_{user}}{t_{ges}} = 15\%$

ges.:  $n_{nutzer}$  leitungsvermittlung,  $p_{user}$ ,  $p_k$ ,  $p_{k>16}$

$$n_{nutzer} leitungsvermittlung = \frac{10Mbit/s}{626kbit/s} = 16.$$

$$p_{user} = 0.15$$

Wahrscheinlichkeit ist binomialverteilung:

$$p_k = p(X = k) = \binom{50}{k} 0.15^k \cdot (1 - 0.15)^{50-k} = B(15, 0.15, k)$$

$$p_{k>16} = p(X > 16) = 1 - P(X \leq 16) = 1 - \sum_{i=0}^{16} 6_{i=0} p_i = 1 - F(50, 0.15, 16) = 1 - 0.999339 = 0.000661$$

Routing:

virtuelle Verbindungen: Jedes Paket erhält eine virtual circuit ID mit Kennzeichnung des nächsten Knotens. Pfad bleibt während der gesamten Sitzung gleich. Die router müssen für jede virtuelle Verbindung Zustandsinfos speichern.

Datagram-Netzwerke: Zieladresse im Paket bestimmt nächsten Knoten. Die Route kann sich während der Sitzung verändern (dynamische Wegfindung). (e.g. Fahren und immer wieder nach weg fragen)

4 Paketverzögerungsquellen:

**1. Übertragungsverzögerung**  $d_{trans}$  L/R bei langsamer verbindung signifikant

Zeit, um bits auf den Link zu legen  $L$ =paketlänge,  $R$ =bitrate  $\frac{L}{R}$

**2. Ausbreitungsverzögerung**  $d_{prop}$  wenige micro bis milisekunden

Zeit zum traversieren des Links  $l$ =weglänge,  $v$ =geschwindigkeit  $\frac{l}{v}$

1&2 sind besonders Wichtig.

Dazu: Autos fahren nach Mautstation 100km zur nächsten.

Die Mautstation hat Delay  $t_{trans} = 1 \text{ Min}$  und die Autos haben eine Geschwindigkeit von  $v = 1000 \text{ km/h}$

Frage: kommen die ersten Autos an 2. Mautstation an, bevor die letzten durch die erste Station sind.

Eine Kolonne besteht aus 10 Autos, also  $10 \text{ Autos} \cdot 1 \text{ min} = 10 \text{ min}$  bis zum Ende.

$d_{trans} = \frac{100 \text{ km}}{1000 \text{ km/h}} = 0.1 \text{ h} = 6 \text{ min}$  also kommt das erste Auto an, wenn das 6. gerade durch die Mautstation gekommen ist (und das 7. davor steht).

Oder alternativ  $d_{kolonne} = \frac{10 \text{ A}}{10 \text{ A/min}} + \frac{100 \text{ km}}{1000 \text{ km/h}} = 16 \text{ min}$

$d_{Auto} = \frac{1 \text{ A}}{1 \text{ A/min}} + \frac{100 \text{ km}}{1000 \text{ km/h}} = 7 \text{ min}$ .

### 3. Verarbeitungsverzögerung $d_{proc}$ in ms

Prüfung auf Bitfehler, Bestimmung ausgehender Links.

Wenn betrachtet, dann als konstant angesehen.

### 4. Warteschlangenverzögerung $d_{queue}$ lastabhängig

Wartezeit auf den ausgehenden Link. hängt von der Routerbelastung ab.

abhängig von Verkehrsintensität  $\rho = \frac{L\lambda}{R}$ , wobei  $R$ =bitrate [bps],  $L$  = Paketlänge [bit] und  $\lambda$  = durchschnittliche Paketankunftsrate [pakete/s] ist. (Also: was reinkommt/was rausgeht)

Wenn  $\rho \approx 0$  verzögerung klein

$\rho \rightarrow 1$  verzögerung wird groß.

$\rho > 1$  Es kommt mehr Arbeit an, als rausgeht, durchschnittliche verzögerung geht gegen unendlich.

$\rightarrow$  Paketverlust

Router hat endliche Kapazität.

Wenn Warteschlange voll ist, werden neue Pakete verworfen, die entweder von der Quelle, dem vorherigen Netzwerknoten, oder gar nicht neuübertragen werden.

$$d_{nodal} = d_{proc} + d_{queue} + d_{trans} + d_{prop}$$

Paketvermittlung:

Cut-Through-Vermittlung: Knoten wartet nur den Header ab, um Weiterleitungsziel herauszufinden. Danach fließend weitergeschickt.

Store-and-Forward (Speichervermittlung): das ganze Paket wird beim Router gespeichert und dann erst auf den nächsten Link weitergeschickt (bessere Fehlerüberprüfung, ist der Standard)

Übertragungsverzögerung: Übertragung von  $N \cdot L$  bist über 3 Links mit Store-and-Forward

nach  $t = \frac{L}{R}$  ist man beim ersten Router.

nach  $2t$  erstes Paket beim zweiten Router, zweites beim ersten.

$3t$  erstes Paket im Ziel.

$4t$  zweites im Ziel

...

Hochseeleitung vs Containerschiff voller 2TB Festplatten.

Containerschiff 60 km/h 14.000 TEU mit je  $1 \text{ TEU} = 2.5 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 37.5 \text{ m}^3$

Hochseeleitung mit  $l = 12315 \text{ km}$ ,  $R_{AP} = 3.2 \frac{\text{TB}}{\text{s}}$

Volumen 2TB Festplatte =  $0.1 \text{ m} \times 0.2 \text{ m} \times 0.05 \text{ m} = 0.001 \text{ m}^3$  ges  $R_{Schiff}$ :

$$\#festplatten/TEU = \frac{37.5m^3}{0.001m^3} = 37500 \frac{festplatten}{TEU} \rightarrow 525000000festplatten = 525mio \text{ festplatten/schiff} \rightarrow 1050000000TB/schiff \rightarrow 8400000000Tbit/schiff$$

$$t_{fahrt} = \frac{12315km}{60km/h} = 205.25h \text{ also } R_{schiff} = \frac{8400000000Tbit}{205.25h} = \frac{8400000000Tbit}{738900s} = 11368.250101502234 \frac{Tbit}{s} >> 3.2Tbit/shochsee.$$

$$d_{prop,schiff} = 205.3h \text{ also das als minimale Wartezeit bei schiff.}$$

$$d_{prop} = \frac{12315}{2*10^8m/s} = 62ms$$

Besser zuhause oder in der Uni runterladen?

$$fahrtzeit t=20min, \text{ downloadgeschwindigkeit } R_{uni} = 1Gb/s, R_{forchheim} = 10Mb/s$$

ges.: O ab der es sich lohnt in die Uni zu fahren.

$$t_{uni} = 2 * 20min + \frac{O}{1GB/s}$$

$$t_{Forch} = \frac{O}{10Mbit/s}$$

$$t_{uni} = t_{Forch} \implies 40min + \frac{O}{1GB/s} \leq \frac{O}{10Mbit/s} \implies 2400s \leq \frac{O}{10Mbit/s} - \frac{O}{1000Mbit/s} \implies 2400s \leq \frac{100*O}{1000Mbit/s} - \frac{O}{1000Mbit/s} \implies 2400s \leq \frac{99*O}{1000Mbit/s} \implies \frac{2400s*1Gbit/s}{99} \leq O \implies 24.24Gbit \leq O \implies 3GB \leq O \text{ es lohnt sich also ab 3GB}$$