

Name

Vorname

Studiengang (Hauptfach)

Fachrichtung (Nebenfach)

Matrikelnummer

Unterschrift der Kandidatin/des Kandidaten

.....
Note

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Fakultät für Informatik

- Midterm-Klausur
- Final-Klausur

- Semestralklausur
- Diplom-Vorprüfung
- Bachelor-Prüfung
-

- Einwilligung zur Notenbekanntgabe
per E-Mail / Internet

Prüfungsfach: Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

Datum: 06.06.2014

Hörsaal:

Reihe:

Platz:

	I	II
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Σ		
---	--	--

Nur von der Aufsicht auszufüllen:

Hörsaal verlassen von : bis :

Vorzeitig abgegeben um :

Besondere Bemerkungen:



Midterm-Klausur

Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

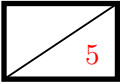
Prof. Dr.-Ing. Georg Carle
Lehrstuhl für Netzarchitekturen und Netzdienste
Fakultät für Informatik
Technische Universität München

Freitag, 06.06.2014
16:30 – 17:15 Uhr

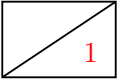
- Diese Klausur umfasst **9 Seiten** und insgesamt **3 Aufgaben**. Bitte kontrollieren Sie jetzt, dass Sie eine vollständige Angabe erhalten haben.
- Schreiben Sie bitte in die Kopfzeile **jeder Seite** Namen und Matrikelnummer.
- Schreiben Sie weder mit roter / grüner Farbe noch mit Bleistift.
- Die Gesamtzahl der Punkte beträgt 15.
- Als Hilfsmittel sind **ein beidseitig handschriftlich beschriebenes DIN-A4-Blatt** sowie **ein nicht-programmierbarer Taschenrechner** zugelassen. Bitte entfernen Sie alle anderen Unterlagen von Ihrem Tisch und schalten Sie Ihre Mobiltelefone aus.
- Mit * gekennzeichnete Aufgaben sind ohne Kenntnis der Ergebnisse vorhergehender Teilaufgaben lösbar.
- **Es werden nur solche Ergebnisse gewertet, bei denen ein Lösungsweg erkennbar ist.** Textaufgaben sind **grundsätzlich zu begründen**, falls es in der jeweiligen Teilaufgabe nicht ausdrücklich anders vermerkt ist.

Aufgabe 1 Quantisierung und Rauschen (5 Punkte)

In dieser Aufgabe soll eine Temperaturkurve digitalisiert und der Einfluss von Rauschen auf Signale untersucht werden. Hierfür sollen Temperaturen im Bereich von -40°C bis 70°C betrachtet werden. Die gemessenen Werte sollen linear abgebildet werden, wobei mindestens eine Schrittweite von $0,5^\circ\text{C}$ erreicht werden soll.

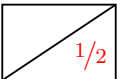


a)* Erklären Sie den Unterschied zwischen Abtastung und Quantisierung.



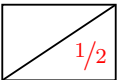
Abtastung ist die Diskretisierung eines kontinuierlichen Signals im Zeitbereich ohne Runden. ✓
Quantisierung ist die Diskretisierung eines Signals in Signalstufen, d.h. im Wertebereich mit Runden ✓

b)* Wie viele Bits werden für die Digitalisierung eines einzelnen Temperaturwerts mindestens benötigt? Begründen Sie Ihre Antwort.



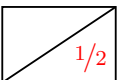
Im Bereich -40°C bis 70°C mit einer Auflösung von $0,5^\circ\text{C}$ werden 220 unterschiedliche Signalstufen benötigt.
7 Bits erlauben lediglich $2^7 = 128$ Stufen.
Die nächsthöhere Anzahl sind 256 unterschiedliche Signalstufen; es werden daher 8 Bits benötigt. ✓
oder $\lceil \log_2(220) \text{bit} \rceil = 8 \text{ bit}$ ✓

c) Mit welcher Schrittweite kann aufgrund der verwendeten Bitanzahl laut Teilaufgabe b) nun die Temperatur bestimmt werden?



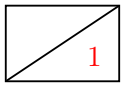
Für 110° auf 256 unterschiedlichen Signalstufen ergibt sich eine Genauigkeit von $\frac{110^\circ}{256} \approx 0,43^\circ$ ✓

d) Bestimmen Sie den maximalen Quantisierungsfehler bezüglich der berechneten Schrittweite aus Aufgabe c), unter der Annahme dass mathematisches Runden verwendet wird.



$0,43^\circ \cdot \frac{1}{2} \approx 0,215^\circ$ ✓

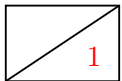
Das verwendete Basisbandsignal verwendet für jede Temperaturstufe genau ein Symbol. Es soll eine Kanalkapazität von 10 kbit/s erreicht werden.



e) Bestimmen Sie die mindestens benötigte Bandbreite bei einem rauschfreien Kanal, wenn die angegebene Kanalkapazität erreicht werden soll.

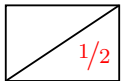
$$\begin{aligned}M &= 2^N = 2^8 = 256 \text{ Signalstufen} \\C_H &= 2 \cdot B \cdot \log_2(M) \quad \checkmark \\10 \frac{\text{kbit}}{\text{s}} &= 2 \cdot B \cdot 8 \\B &= 625 \text{ Hz} \quad \checkmark\end{aligned}$$

Nehmen Sie nun an, die Temperaturwerte werden mit einer Bandbreite von $B = 750 \text{ Hz}$ übertragen.



f)* Auf welchen Wert würde die Kanalkapazität bei gleicher Bandbreite sinken, wenn ein Signal-Rausch-Abstand von 35 dB angesetzt werden würde?

$$\begin{aligned}35 &= 10 \cdot \log(X) \\X &= 3162,28 \\C_S &= B \cdot \log_2(1 + \text{SNR}) \quad \checkmark \\C_S &= 750 \text{ Hz} \cdot \log_2(3162,28 + 1) \approx 8720 \frac{\text{bit}}{\text{s}} \quad \checkmark\end{aligned}$$



g)* Begründen Sie, warum bei steigendem Signal-Rausch-Abstand die Kanalkapazität bei konstanter Bandbreite steigt.

Es sind mehr Symbole unterscheidbar, was zu einer höheren Kanalkapazität führt.

Aufgabe 2 Optischer Telegraf (5 Punkte)

5

In dieser Aufgabe betrachten wir einen optischen Telegrafen. Der Abstand zwischen je zwei benachbarten Telegrafstationen beträgt 15 km. Der Mast einer solchen Station (siehe Abb. ??) hat links und rechts jeweils drei Flügel, wovon jeder wiederum vier verschiedene Positionen ($|$, \backslash , $-$ und $/$) einnehmen kann.

Ein *Symbol* ist die Konfiguration aller Flügel.

Für das Einstellen eines Symbols werden 10 s benötigt. Das Ablesen beim Empfänger erfolgt parallel und benötigt daher keine zusätzliche Zeit.

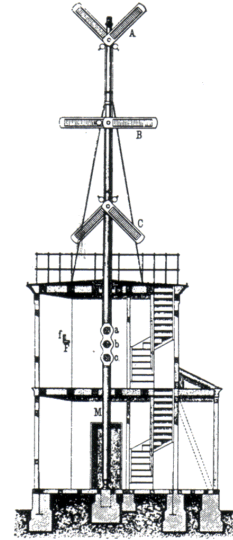


Abbildung 2.1: Optischer Telegraf

a)* Wie viele bit können mit jedem Symbol übertragen werden?

1/2

Symbole: $4^6 = 4096$, Bits: $N = \log_2 4096 = 12$ ✓

b) Bestimmen Sie die erzielte Datenrate in $\frac{\text{B}}{\text{s}}$ (Byte pro Sekunde).

1/2

$$r = \frac{N}{8 \cdot 10} \frac{\text{B}}{\text{s}}$$

$$r = 0,15 \frac{\text{B}}{\text{s}} \quad \checkmark$$

c)* Die zur Verfügung stehende Datenrate wird üblicherweise nicht vollständig für Nutzdaten aufgewendet. Nennen Sie zwei weitere, sinnvolle Aufgaben, die bei gängigen Systemen einen Teil der Datenrate in Anspruch nehmen.

1

- Steuersymbole (Start of Frame, End of Frame, Jam Signal) ✓
- 5/4 Code: Taktrückgewinnung ✓
- Fehlererkennung (Prüfsumme) / Fehlerkorrektur ✓
- Headerinformationen (Adressierung) ✓
- Padding ✓

Es soll nun eine Nachricht der Länge 72 B übertragen werden.

1/2

d) Berechnen Sie benötigte Serialisierungszeit für diese Nachricht.

$$\frac{72 \text{ B}}{r} = \frac{72 \text{ B}}{0,15 \frac{\text{B}}{\text{s}}} = 480 \text{ s} \checkmark$$

1/2

e)* Berechnen Sie die Ausbreitungsverzögerung dieser Nachricht zwischen zwei Stationen. Die Verringerung der Lichtgeschwindigkeit ($3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$) durch die Luft kann hierbei vernachlässigt werden.

$$\frac{d}{vc} = \frac{15000 \text{ m}}{300000000 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,05 \text{ ms} \checkmark$$

Wir betrachten nun eine Kette von insgesamt 4 Telegrafestationen, welche jeweils 15 km voneinander entfernt sind.

1/2

f)* Diese Nachricht der Länge 72 B soll nun mittels Paketvermittlung übertragen werden. Das auf Schicht 2 genutzte Protokoll kann hierbei nur Rahmen bis zu einer Größe von einschließlich 36 B übertragen. In wie viele Pakete muss die Nachricht aufgeteilt werden, wenn jedem Paket ein Header von 4 B hinzugefügt werden muss?

$$p_{max} = 36 \text{ B} - 4 \text{ B} = 32 \text{ B}$$

$$\lceil \frac{L}{p_{max}} \rceil = \lceil \frac{72 \text{ B}}{32 \text{ B}} \rceil = 3 \checkmark$$

1

g) Berechnen Sie die Dauer einer vollständig paketbasierten Übertragung der Nachricht über die gesamte Telegrafenkette hinweg. Gehen Sie davon aus, dass die Übermittlungen immer erfolgreich sind und somit keine Bestätigungen benötigt werden.

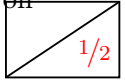
$$T_{PV} = \frac{1}{r} \left(\left\lceil \frac{L}{p_{max}} \right\rceil \cdot L_h + L \right) + \frac{d}{vc} + n \cdot \frac{L_h + p_{max}}{r} \checkmark$$

$$|\text{Anzahl Zwischenstationen}| = n = 2$$

$$T_{PV} = \frac{1}{0,15 \frac{\text{B}}{\text{s}}} (3 \cdot 4 + 72) + \frac{45 \text{ km}}{c} + 2 \cdot \frac{4 + 32}{0,15 \frac{\text{B}}{\text{s}}}$$

$$560 \text{ s} + 0,15 \text{ ms} + 480 \text{ s} = 1040,00015 \text{ s} \checkmark$$

h) Um wieviel weicht die Dauer bei einer durchgängigen Nachrichtenvermittlung ab? Gehen Sie davon aus, dass bei der Nachrichtenvermittlung kein Header verwendet wird.



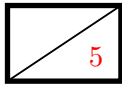
Jede Station muss die Nachricht vollständig erhalten, bevor die Nachricht weiter geleitet werden kann.

Gesamtdistanz: $d = 3 * 15km = 45km$

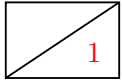
$T_{NV} = (n + 1) * t_s + t_{p,gesamt}$

$(2 + 1) * 480s + 0,15ms = 1440,00015s$

Eine Nachrichtenvermittlung wäre ca. $1440,00015s - 1040,00015s = 400s$ langsamer. ✓

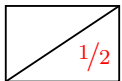
**Aufgabe 3 Kurzaufgaben (5 Punkte)**

Die folgenden Kurzaufgaben sind **jeweils unabhängig voneinander**. Stichpunktartige Antworten sind ausreichend!



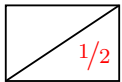
a)* Bestimmen Sie die Entropie einer gedächtnislosen, binären Quelle, welche mit einer Wahrscheinlichkeit von 30 % eine 0 emittiert.

$$H = 0,3 \cdot \log_2(0,3) + 0,7 \cdot \log_2(0,7) \quad \checkmark$$
$$H = 0,88 \text{ bit} \quad \checkmark$$



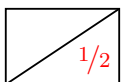
b)* Grenzen Sie die Begriffe Symbol und Signal voneinander ab.

Signale sind zeitabhängige und messbare physikalische Größen.
Definierten messbaren Signaländerungen lässt sich ein *Symbol* zuordnen.



c)* Welche Art des Multiplexings wird beim Mehrfachzugriffsverfahren CSMA/CD zu Grunde gelegt?

Zeitmultiplex / Time Division Multiple Access

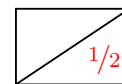


d)* Nennen Sie zwei Bewertungskriterien für Medienzugriffsverfahren.

Durchsatz, Verzögerung, Fairness, Implementierungsaufwand

e)* Ein mögliches Generatorpolynom für den CRC-Algorithmus ist:

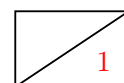
$$g(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$



Welchen Vorteil hat die Wahl dieses verhältnismäßig langen Polynoms?

- Durch die große Länge werden auch entsprechend lange Burstfehler erkannt oder
- Es gibt, relativ, wenige Fehler, welche ein Vielfaches des Generatorpolynoms darstellen.

f)* Versetzen Sie die binäre Nachricht 111010 unter Zuhilfenahme des Generator-Polynoms $g(x) = x^4 + x + 1$ mit einer CRC-Prüfsumme. Geben Sie die durch CRC gesicherte Nachricht an!



111010 0000 : 10011 = 111110, Rest 0010 ✓

XOR der gepaddeten Nachricht mit dem Rest ergibt 1110100010. ✓

(Detaillierte Rechnung siehe Übung / Vorlesung)



g)* Wir betrachten eine kabellose Verbindung zwischen zwei Knoten nach IEEE 802.11n. Die Bruttodatenrate (Datenrate während ein Rahmen übertragen wird) betrage $300 \frac{\text{Mbit}}{\text{s}}$. Ein Rahmen habe eine Gesamtlänge von 2000 B. Aufgrund des Medienzugriffs und der physikalischen Schicht entsteht für jeden übertragenen Rahmen ein Overhead von $142 \mu\text{s}$. Bestimmen Sie die effektiv erzielbare Datenrate in $\frac{\text{Mbit}}{\text{s}}$.

$$r = \frac{2000 \text{ B}}{142 \mu\text{s} + \frac{2000 \text{ B}}{300 \frac{\text{Mbit}}{\text{s}}}} \checkmark \approx 82 \frac{\text{Mbit}}{\text{s}} \checkmark$$

Zusätzlicher Platz für Lösungen – bitte markieren Sie deutlich die Zugehörigkeit zur jeweiligen Aufgabe und streichen Sie ungültige Lösungen!

Zusätzlicher Platz für Lösungen – bitte markieren Sie deutlich die Zugehörigkeit zur jeweiligen Aufgabe und streichen Sie ungültige Lösungen!

A large rectangular grid of graph paper, consisting of 20 columns and 30 rows of small squares. The grid is empty and intended for writing solutions to the problems on the page.