Lehrstuhl für Netzarchitekturen und Netzdienste
Fakultät für Informatik
Technische Universität München

Emaster
Sticker mit SRID hier einkleben

Hinweise zur Personalisierung:

- Ihre Prüfung wird bei der Anwesenheitskontrolle durch Aufkleben eines Codes personalisiert.
- Dieser enthält lediglich eine fortlaufende Nummer, welche auch auf der Anwesenheitsliste neben dem Unterschriftenfeld vermerkt ist.
- Diese wird als Pseudonym verwendet, um eine eindeutige Zuordnung Ihrer Prüfung zu ermöglichen.

Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

Klausur:	IN0010 / Hausaufgabe 3	**Datum:**	Montag, 11. Mai 2020
Prüfer:	Prof. Dr.-Ing. Georg Carle	**Uhrzeit:**	12:01 – 23:59

Bearbeitungshinweise

- Bitte geben Sie bis spätestens Sonntag, den **17. Mai um 23:59 CEST** über TUMexam ab.
  Bitte haben Sie Verständnis, wenn das Abgabesystem noch nicht reibungslos funktioniert. Wir arbeiten daran!
- Ihren **persönlichen** Link zur Abgabe finden Sie auf Moodle. Geben Sie diesen **nicht** weiter.
- Bitte haben Sie Verständnis, falls die Abgabeseite zeitweilig nicht erreichbar ist.

Bitte nehmen Sie die Hausaufgaben dennoch ernst:

- Neben der Einübung des Vorlesungsstoffs und der Klausurvorbereitung dienen die Hausaufgaben auch dazu, den Ablauf der Midterm zu erproben.
- Finden Sie einen für sich selbst praktikablen und effizienten Weg, die Hausaufgaben zu bearbeiten. Hinweise hierzu haben wir auf `https://grnvs.net/homework_submission.pdf` für Sie zusammengestellt.

Hörsaal verlassen von __________ bis __________ / Vorzeitige Abgabe um __________

☐ Klausur leer

Aufgabe 1 Rahmenfehlerwahrscheinlichkeit (10 Punkte)

In der Vorlesung wurde die Bitfehlerwahrscheinlichkeit für Funkverbindungen mit etwa $p_{e,1} = 10^{-4}$ sowie für Ethernet über Kupferkabel mit etwa $p_{e,2} = 10^{-8}$ angegeben. Wir nehmen an, dass Bitfehler unabhängig voneinander und gleichverteilt durch ein Rauschen mit über die Zeit konstanter Leistung auftreten. Die Kanaleigenschaften ändern sich über die Zeit hinweg also nicht. Weitere Störeinflüsse wie Interferenzen seien ausgeschlossen. Die Rahmenlänge betrage 1500 B.

0 1 2

a)* Bestimmen Sie für beide Übertragungsarten die Wahrscheinlichkeit, dass ein Rahmen fehlerfrei übertragen wird.

Im Folgenden betrachten wir nur noch die kabellose Verbindung. Da die Rahmenfehlerwahrscheinlichkeit relativ hoch ist, sieht ein Protokoll auf der Sicherungsschicht Bestätigungen vor. Für korrekt übertragene Rahmen wird also eine Bestätigung verschickt. Bleibt eine Bestätigung aus, so nimmt der Sender an, dass die Übertragung nicht erfolgreich war. Der Einfachheit halber gehen wir davon aus, dass Bestätigungen nicht verloren gehen.

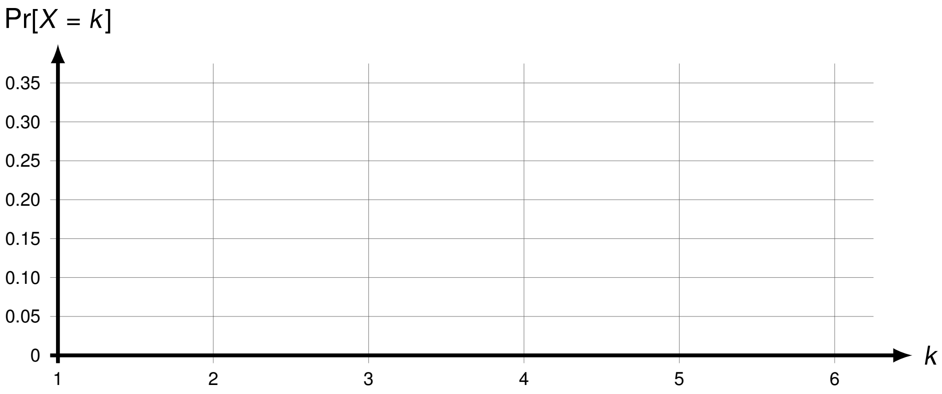
0 1

b)* Gibt es eine maximale Anzahl an Wiederholungen, bis ein bestimmter Rahmen garantiert korrekt übertragen wurde?

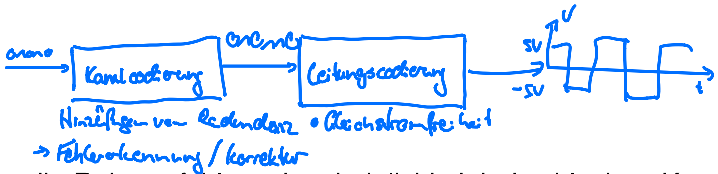
0 1 2

c)* Bestimmen Sie die Wahrscheinlichkeit, dass der Rahmen genau k-mal übertragen werden muss.

d)* Skizzieren Sie die Wahrscheinlichkeit aus Teilaufgabe c) für $k \in \{1, ..., 6\}$.

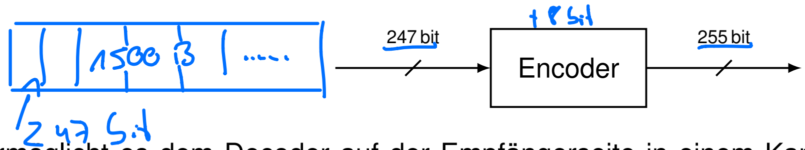


e) Angenommen das zuständige Protokoll auf der Sicherungsschicht bricht die Wiederholung ab, falls der dritte Sendeversuch erfolglos war. Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Rahmen nicht übertragen werden kann?



Aufgabe 2 Kanalkodierung (10 Punkte)

In der vorherigen Aufgabe haben wir gesehen, dass die Rahmenfehlerwahrscheinlichkeit bei schlechter Kanalqualität zum Problem werden kann. Für den Funkkanal mit einer Bitfehlerwahrscheinlichkeit $p_e = 10^{-4}$ betrug die Erfolgswahrscheinlichkeit für einen Rahmen der Länge 1500 B nur etwa 30 %. Um der hohen Bitfehlerrate zu begegnen, kommt nun ein Blockcode auf Schicht 1 zum Einsatz:



Dieser ermöglicht es dem Decoder auf der Empfängerseite in einem Kanalwort der Länge $n = 255$ bit *einen beliebigen* Bitfehler zu korrigieren. Treten zwei oder mehr Bitfehler auf, so ist die Entscheidung des Decoders falsch und die gesamte Information des Kanalworts verloren.

a)* Bestimmen Sie die Coderate.

$R = \frac{k}{n} = \frac{247\text{ bit}}{255\text{ bit}} \approx 0{,}97$

Coderate: $R = k/n$

$x \xrightarrow{k} \boxed{C} \xrightarrow{n} x'$

b)* Was sagt die Coderate aus?

R klein ⇒ viel Redundanz

R groß ⇒ wenig Redundanz

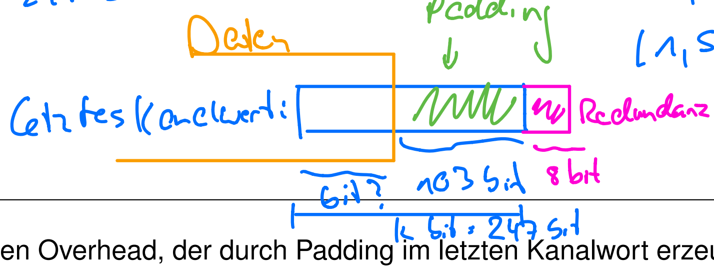
$0 \le R \le 1$

c)* Da der Rahmen größer ist als ein Block von 247 bit, muss dieser in mehrere Blöcke zerlegt werden. Bestimmen Sie die Anzahl N der Kanalwörter, die übertragen werden müssen.

$\left\lceil \frac{1500\text{ B}}{247\text{ bit}} \right\rceil = \left\lceil \frac{1500 \cdot 8\text{ bit}}{247\text{ bit}} \right\rceil = 49$

$\lceil 1{,}5 \rceil = 2$

$\lfloor 1{,}5 \rfloor = 1$



d) Bestimmen Sie den prozentualen Overhead, der durch Padding im letzten Kanalwort erzeugt wird.

$49 \cdot 247\text{ bit} - 1500\text{ B} \cdot 8 = 103\text{ bit}$

Overhead $= \frac{103\text{ bit}}{49 \cdot 247\text{ bit}} \approx 0{,}0085 = 0{,}85\,\%$

Im Verhältnis zu allen übertragenen "Nutzdaten" e)* Bestimmen Sie die Wahrscheinlichkeit, dass ein einzelnes Kanalwort fehlerhaft dekodiert wird.

0 1 2 3 4

Fehlerhaft dekodiert: $Pr(X \geq 2)$

$X :=$ "Anzahl Bitfehler" pro Kanalwort

$$Pr(X \geq 2) = 1 - Pr(X \leq 1)$$

$$= 1 - \left(\sum_{i=0}^{1} \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i} \right)$$

$$= 1 - \left(\underbrace{\binom{n}{0}}_{=1} \underbrace{p^0}_{=1} (1-p)^n + \underbrace{\binom{n}{1}}_{=n} p (1-p)^{n-1} \right)$$

$$= 1 - \left((1-p)^n + n p (1-p)^{n-1} \right)$$

$$= 1 - \left((1-10^{-4})^{255} + 255 \cdot 10^{-4} (1-10^{-4})^{254} \right)$$

$$\approx 3{,}18 \cdot 10^{-4} =: p_k$$

$$\binom{n}{0} = 1 \quad \binom{n}{1} = n \quad \binom{n}{n} = 1$$

Daten | 42 | Redundanz

f) Bestimmen Sie nun die Wahrscheinlichkeit, dass ein Rahmen korrekt übertragen wird – also keines der Kanalwörter, die den Rahmen ausmachen, fehlerhaft übertragen wird.

0 1 2

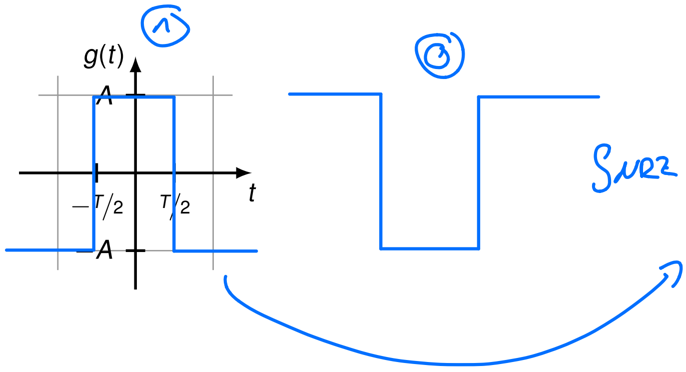
$$Pr(\text{"korrekt"}) = (1 - p_k)^{49} = (1 - 3{,}18 \cdot 10^{-4})^{49} \approx 98{,}5\,\%$$

Aufgabe 3 Leitungscodes (Hausaufgabe) (9 Punkte)

In dieser Aufgabe wollen wir die beiden Leitungscodes NRZ und Manchester miteinander vergleichen. Beispielhaft soll die Bitfolge `1001 0011` übertragen werden.

0 1 2

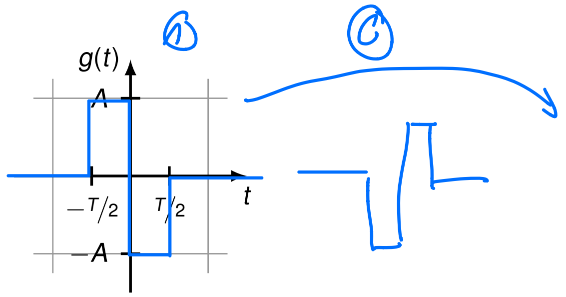
a)* Geben Sie den NRZ-Grundimpuls sowohl grafisch als auch analytisch an.



$$g_{NRZ}(t) = \begin{cases} A & -\frac{T}{2} \le t \le \frac{T}{2} \\ -A & \text{sonst} \end{cases}$$

0 1 2

b)* Geben Sie den Manchester-Grundimpuls g_{Manch} sowohl grafisch als auch analytisch an.



$$g_{Man}(t) = \begin{cases} 0 & t \le -\frac{T}{2} \vee t \ge \frac{T}{2} \\ -A & -\frac{T}{2} < t \le 0 \\ A & 0 < t \le \frac{T}{2} \end{cases}$$

0 1

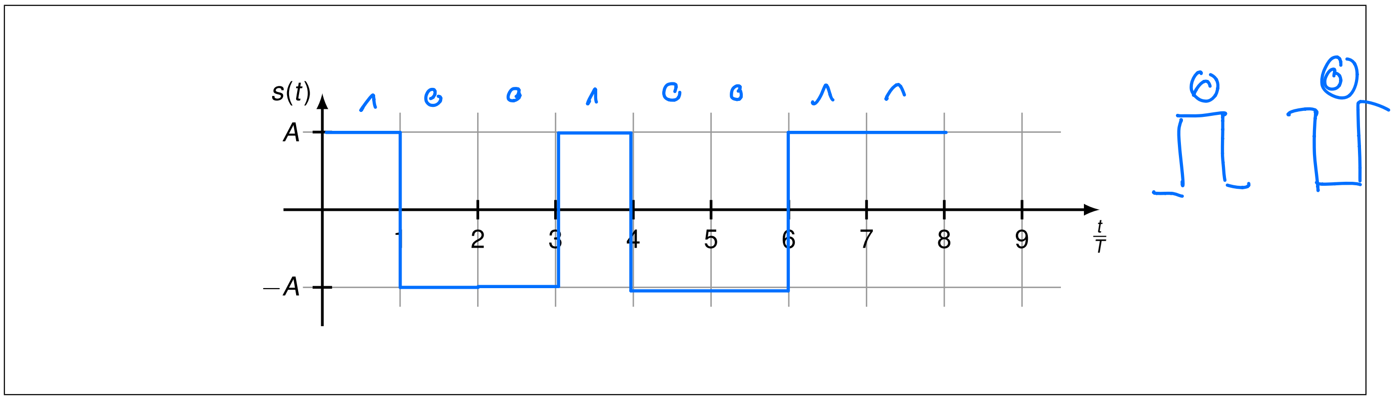
c)* Weswegen gibt es für beide Leitungscodes jeweils zwei Möglichkeiten, die angegebene Bitfolge zu übertragen?

Da die Grundimpulse jeweils mit $\{-1, 1\}$ multipliziert werden können.

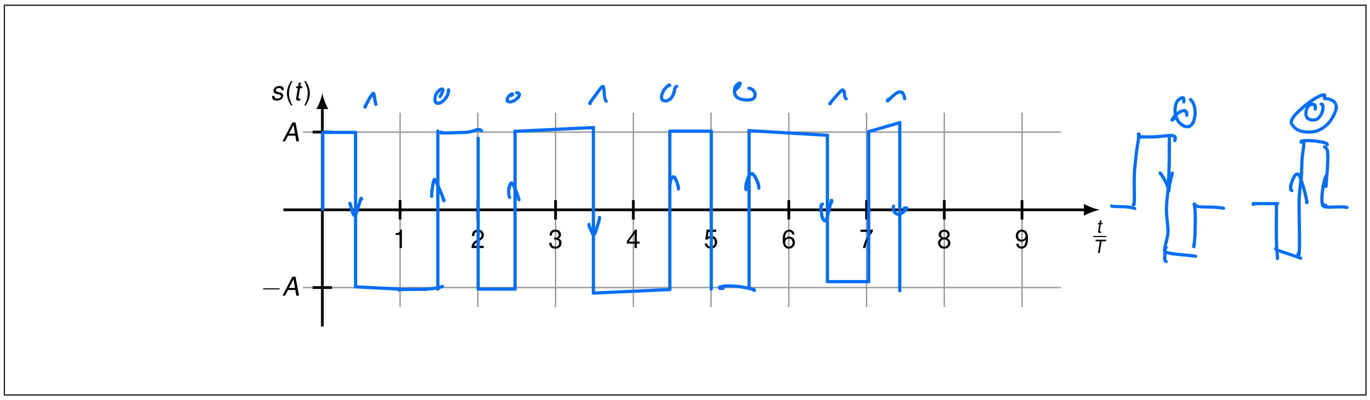
Bedeutung ist Definitionsangelegenheit.

je 1001 0011 ü

d)* Geben Sie das kodierte Basisbandsignal an, sofern NRZ verwendet wird.



e)* Geben Sie das kodierte Basisbandsignal an, sofern Manchester verwendet wird.



Zusätzlicher Platz für Lösungen. Markieren Sie deutlich die Zuordnung zur jeweiligen Teilaufgabe. Vergessen Sie nicht, ungültige Lösungen zu streichen.