Gruppen Di-T14 / Mi-T25 / Do-T33 (Vertretung)

Tutorübung zu Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme (SS 16)

Michael Schwarz

Institut für Informatik
Technische Universität München

10.05 / 11.05 / 12.05.2016

Nächste Übungen

Mi-T25

- 18.05.2016: Vertretung durch Philipp Fent (Blatt 5)
- 25.05.2016: Keine Übung
  (Alle Übungen von Mi-Fr fallen aus. Ausgleich Pfingsten)

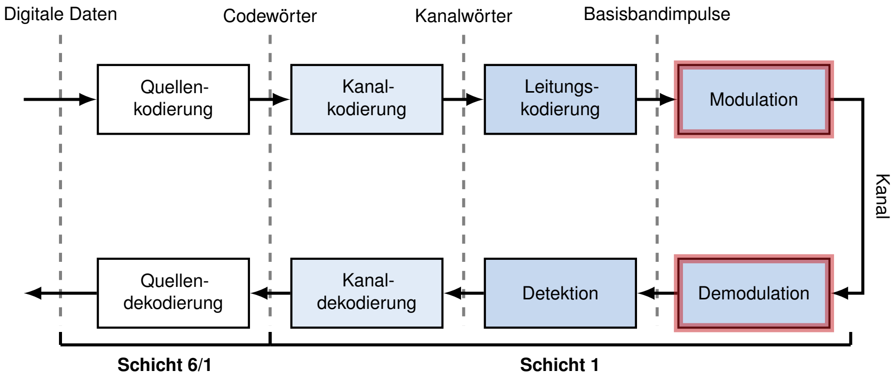
Di-T14

- 17.05.2016: Fällt aus (Pfingsten)
- 24.05.2016: Findet statt (Blatt 5)

On/Off-Keying (2-ASK)

Wenn ich es halbwegs schön an die Tafel gepinselt bekomme, gibt es davon eventuell hier später ein Foto

Modulation [3]

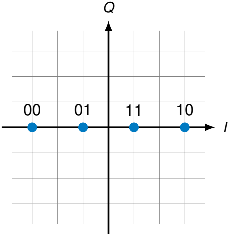


4-ASK (Amplitude Shift Keying)

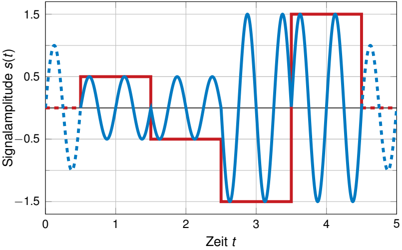
- Es werden 4 Signalstufen unterschieden $\Rightarrow$ 2 bit/Symbol
- Es wird nur die Amplitude des Trägersignals moduliert

Beispiel: Signalraum $S = \left\{ -\frac{3}{2}, -\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{3}{2} \right\}$

- Je zwei aufeinanderfolgende Bits des Datenstroms werden auf ein Symbol $d \in S$ abgebildet, z. B. $00 \mapsto -\frac{3}{2}$, $01 \mapsto -\frac{1}{2}$, ...
- Die Symbolsequenz d_n verändert die Amplitude eines Grundimpulses (z. B. Rechteckimpuls)
- Das so entstehende Basisbandsignal wird mit einem Trägersignal multipliziert (Modulation)

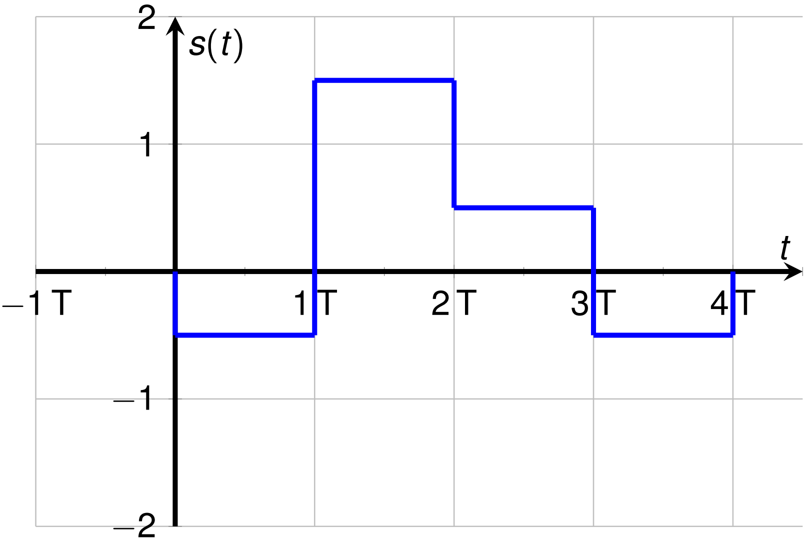


(a) Signalraumzuordnung

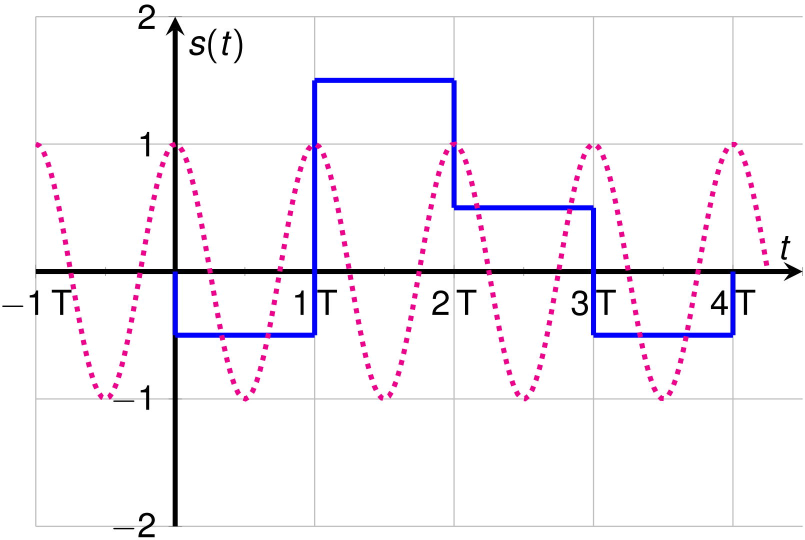


(b) Sendesignal $s(t)$ (blau), Modulationssignal $s_T(t)$ (rot)

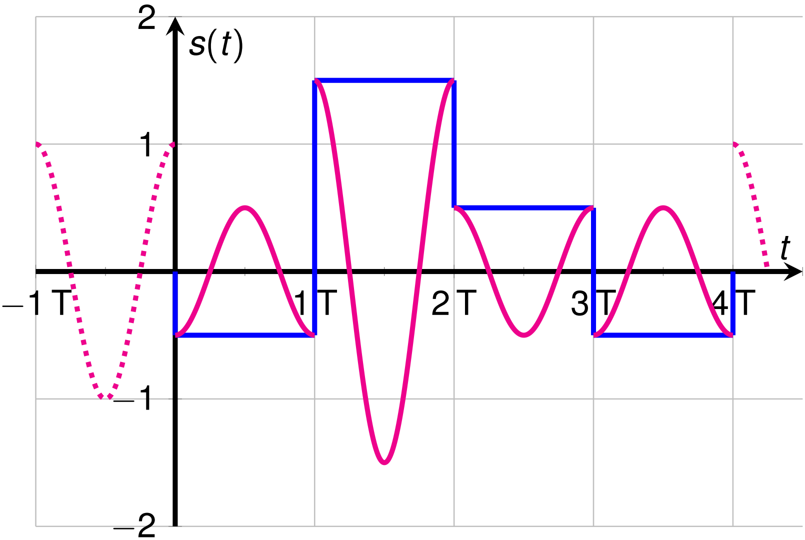
2d) Basisbandsignal



2e) mit Trägersignal



2e) Moduliertes Signal



Situation

Mehrere Teilnehmer

Lösungen

- Jeder hat seinen eigenen Frequenzbereich (Frequenzmultiplex)
- Alle teilen sich einen “Kanal” (Zeitmultiplex)

Situation

Mehrere Teilnehmer

Lösungen

- Jeder hat seinen eigenen Frequenzbereich (Frequenzmultiplex)
- Alle teilen sich einen “Kanal” (Zeitmultiplex)

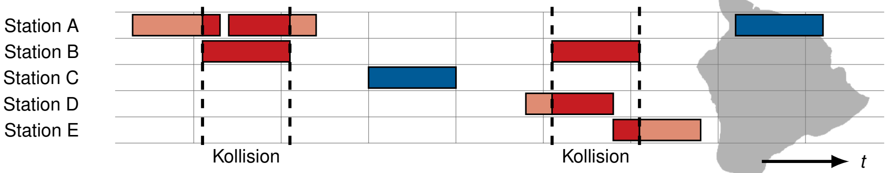
ALOHA und Slotted ALOHA

Random Access (ALOHA)

- Entwickelt an der Universität von Hawaii (1971), cf. Prof. Abramson
- Ursprünglich für kabellose Datenübertragungen
- Ziel: Verbindung von Oahu mit den anderen hawaiianischen Inseln

Funktionsweise

- Jede Station sendet an eine zentrale Station (vgl. „Basisstation“ in modernen WLANs), sobald Daten vorliegen
- Senden zwei Stationen gleichzeitig, kommt es zu Kollisionen
- Erfolgreich übertragene Nachrichten werden vom Empfänger auf anderer Frequenz quittiert („out-of-band“ Bestätigungsverfahren auf Link-Layer, keine Kollisionen zwischen Nachrichten und Bestätigungen)



Das Kanalmodell ist vergleichsweise einfach. Es existieren math. Beschreibungen für den sog. ALOHA Random Access Channel.

Erreichbarer Durchsatz mit ALOHA

Vereinfachende Annahmen:

- Mittlere bis beliebig große Anzahl an Knoten ($N > 15$)
- Gleiche, unabhängige und geringe Sendewahrscheinlichkeit auf allen Knoten
- Nachrichten konstanter Größe (Sendedauer T)

Modellierung:

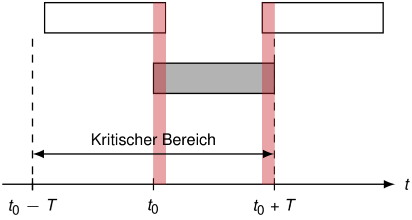
- Ob ein bestimmter Knoten i innerhalb des Zeitintervalls $[t, t + T)$ zu senden beginnt oder nicht entspricht einem Bernoulli-Experiment mit Erfolgs- bzw. Sendewahrscheinlichkeit p_i
- Da die Sendewahrscheinlichkeit für alle Knoten gleich ist, gilt $p_i = p \;\; \forall i = 1, \ldots, N$
- Da wir N Knoten haben, die jeweils unabhängig voneinander zu senden beginnen, wird dasselbe Bernoulli-Experiment N-mal wiederholt
- Das ist nichts anderes als eine Binomialverteilung, welche die Anzahl der Erfolge einer Serie gleichartiger und unabhängiger Versuche beschreibt
- Für sinnvoll großes N kann die Binomialverteilung durch eine Poisson-Verteilung[2] approximiert werden (s. Übung)
- Die mittlere erwartete Anzahl von Nachrichten pro Intervall ist gegeben als $Np = \lambda$

Das Ereignis X_t, dass im Intervall $[t, t + T)$ genau k Knoten senden, ist poisson-verteilt:

$$\Pr[X_t = k] = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}.$$

[2] Verteilung der seltenen Ereignisse

- Eine beliebige Station sende nun zum Zeitpunkt t_0 eine Nachricht
- Eine Kollision tritt genau dann auf, wenn eine andere Station im Intervall $(t_0 - T, t_0 + T]$ versucht, ebenfalls zu übertragen
- Die Übertragung ist also erfolgreich, wenn innerhalb des Intervalls $[t_0, t_0 + T]$ genau eine Übertragung stattfindet und im Intervall $(t_0 - T, t_0)$ keine Übertragung begonnen hat.

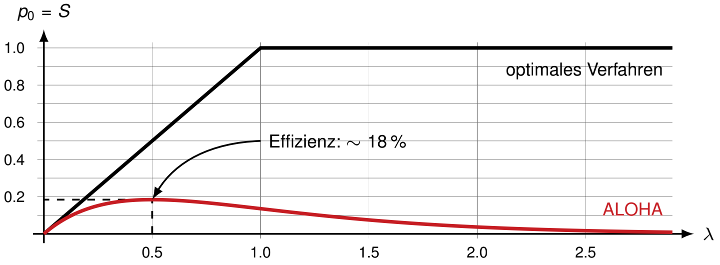


Mit der Dichtefunktion $\Pr[X_t = k] = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$ der Poisson-Verteilung erhalten wir die Wahrscheinlichkeit p_0 für eine erfolgreiche Übertragung:

$$p_0 = \Pr\left[X_{t_0 - T} = 0\right] \Pr\left[X_{t_0} = 1\right] = e^{-\lambda} \lambda e^{-\lambda} = \lambda e^{-2\lambda}$$

ALOHA und Slotted ALOHA

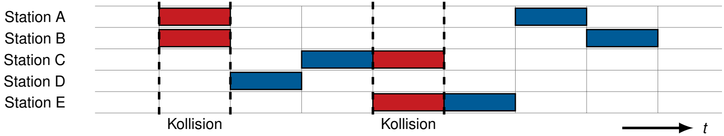
Die Erfolgswahrscheinlichkeit p_0 kann gegen die Senderate λ aufgetragen werden:



- Wir wissen, dass innerhalb eines beliebigen Intervalls $[t, t + T)$ höchstens eine Übertragung erfolgreich sein kann.
- Dementsprechend entspricht die Anzahl S der erfolgreichen Nachrichten pro Intervall gleichzeitig der Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Übertragung.
- Bei einem optimalen Verfahren würde die Anzahl. erfolgreicher Nachrichten S linear mit der Senderate ansteigen, bis die maximale Anzahl von Nachrichten pro Zeitintervall erreicht ist (hier ist das genau eine Nachricht pro Intervall).
- Steigt die Senderate weiter, würde dies ein optimales Verfahren nicht beeinträchtigen.

Variante: Slotted ALOHA

Stationen dürfen nicht mehr zu beliebigen Zeitpunkten mit einer Übertragung beginnen, sondern nur noch zu den Zeitpunkten $t = nT$, $n = 0, 1, \ldots$



Kritischer Bereich ist nur noch T anstelle von $2T \Rightarrow S = \lambda \cdot e^{-\lambda}$.