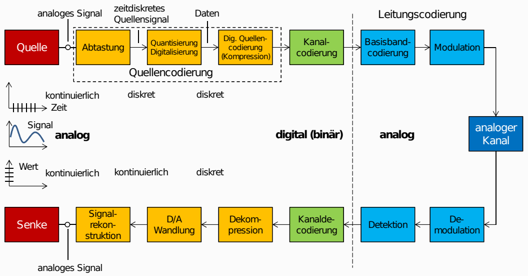
Kommunikationsnetze

Allgemeines

Quelle $\rightarrow$ Sender $\rightarrow$ Kanal $\rightarrow$ Empfänger $\rightarrow$ Senke

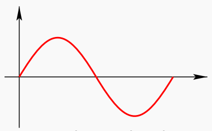
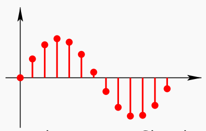
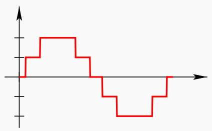
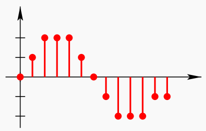


1. Signale

1.1. Arten von Signalen

deterministisch: durch Funktionen beschreibbar, enthalten kein Nachricht.

stochastisch: zufälliger Verlauf, überträgt Information

	zeitkontinuierlich	zeitdiskret
wertkontinuierlich	 analoges Signal	 abgetastetes Signal
wertdiskret	 quantisiertes Signal	 digitales Signal

Vorteile digitales Signal: Kompression, Verschlüsselung, Fehlerkorrektur

1.2. Abtasttheorem

Signal muss bandbegrenzt sein.

Abtasttheorem nach Shannon $\quad f_{\mathrm{a}} \geq 2 f_{S_{\max}}$

2. Nachrichtenaustausch

T_S	Sendedauer
T_P	Übertragungsdauer (Signal Propagation)
T_{V_i}	Verzögerungszeit im Knoten

Übertragungsdauer: $T_P = \frac{l}{c_{\text{Kanal}}}$

Sendedauer: $T_S = \frac{L}{R}$

3. Verkehrstheorie

3.1. Zufallsverkehr

Poisson Prozess: $p_k(t) = \frac{t^k \lambda^k}{k!} \exp(-\lambda t)$

3.2. Wartesystem M/M/N/∞

P_W	Wartewahrscheinlichkeit
Ω	durchn. Warteschlangenlänge
T_W	durchschnittl. Wartezeit
T_D	durchsch. Durchlaufzeit

Druchlaufzeit: $T_D = T_W + h$

Zustandswahrscheinlichkeit: $P_x = P_0 \prod_{i=1}^{x} \frac{\lambda_{i-1}}{\mu_i}$

$\epsilon = \frac{1}{h}$

Angebot: $A = \frac{\lambda}{\epsilon} = \lambda \cdot h$

Sterberate $\mu_x = \begin{cases} x\epsilon & \text{für } x = 1, 2, \ldots, N \\ N\epsilon & x = N, N+1, \ldots \infty \end{cases}$

Zustandsverteilung:

$$p_x = \begin{cases} p_0 \frac{A^x}{x!} & \text{für } x = 0, 1, \ldots, N \\ p_0 \frac{A^N}{N!} (\frac{A}{N})^{x-N} & \text{für } x = N, N+1, \ldots, \infty \end{cases}$$

Wartewahrscheinlichkeit:

$$P_W = \sum_{i=0}^{\infty} P_n (\frac{A}{N})^i = P_N \frac{N}{N-A} = \frac{\frac{A^i}{N!} \frac{N}{N-A}}{\sum_{i=0}^{N-1} \frac{A^i}{i!} + \frac{A^N}{N!} \frac{N}{N-A}}$$

mittlere Warteschlangenlänge:

$$\Omega = \sum_{x=N}^{\infty} (x - N) P_x = P_N \cdot \rho \frac{1}{(1-\rho)^2} = P_N \frac{\frac{A}{N}}{(1-\frac{A}{N})^2}$$

mittlere Wartezeit (Gesetz von Little) : $T_W = \frac{\Omega}{\lambda}$

3.2.1 Sonderfall M/M/1/∞

Wartewahrscheinlichkeit $P_W|_{N=1} = A$

Warteschlangenlänge: $\Omega|_{N=1} = \frac{\rho}{1-\rho}$

Wartezeit: $T_W = \frac{\rho}{\lambda(1-\rho)}$

3.3. Verlustsystem M/M/N/-

Zustandsverteilung: $p_x = \frac{\frac{A^x}{x!}}{\sum_{k=0}^{N} \frac{A^k}{k!}}$ mit $x = 0, 1, 2, \ldots N$

Verlustwahrscheinlichkeit (Blockierung): $B = pN = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{k=0}^{N} \frac{A^k}{k!}}$