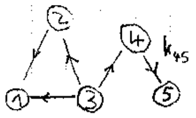
Graphen: ⓧ: Knoten (Anzahl: m) ; k_{ij} : gerichtete Kante von Knoten i nach Knoten j



Adjazenzmatrix (Nachbarschaftsmatrix): $\underset{\sim}{A} = (a_{ij})^{m \times m}$ $\quad a_{ij} = \begin{cases} 1 & \exists i,j \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$

A^2 beschreibt alle Wege der Länge 2 ; bidirektionaler Graph $\Leftrightarrow \underset{\sim}{A}^T = \underset{\sim}{A}$

Graph: Menge aus Knoten und Kanten; schlichter Graph: Keine Schlingen (→ Kante k_{xy} mit $x=y$) oder Mehrfachkannten

vollständiger Graph: schlichter Graph mit m Knoten und $\frac{m}{2} \cdot (m-1)$ Kanten (vollvermascht)

Baum: zusammenhängend, schleifenfrei, zyklenfrei; Gerüst: Baum mit allen Knoten eines Graphen (Anzahl möglicher Gerüste: m^{m-2})

mittlerer Vermaschungsgrad: $= \frac{2 \cdot l}{n}$ $\quad l$: Anzahl Kanten , n: Anzahl Knoten

---

Minimum Spanning Tree (MST): erster Knoten beliebig , füge Knoten hinzu, welcher geringsten Abstand zum momentanen MST hat.

Shortest Path Tree (SPT) nach Dijkstra: Wurzelknoten vorgegeben, füge Knoten hinzu, welcher die geringsten Kosten / Abstand zur Wurzel hat und direkt über momentane SPT erreichbar ist; Neuberechnung Kosten der noch nicht aufgenommenen Knoten

Tabelle:

Iteration	k	d	D[v1]	D[v2]	D[v4]	D[v5]	…
0	–	–					

Wurzelknoten ist hier V3
k: aufgenommener Knoten
d: Distanz dieses Knotens zur Wurzel (neu aufgenommen bei vorheriger Iteration)

$D[v_i]$: Kosten von den Knoten zur Wurzel
nicht direkt über momentane SPT erreichbare Knoten: $d := \infty$

SPT nach Bellman-Ford: Wurzelknoten vorgegeben , $h=1$;
wiederhole:
1, Berechne geringste Kosten zu Knoten, die max. h Hops entfernt sind, neu
2, nimm die dorthin führenden neuen Kanten auf und entferne ev. längere Wege aus dem SPT
3, nimm die neu gefundenen Knoten in SPT auf.
4, h++

MST: Minimierung der Kosten für ganzes Netz (preiswert, kann zu Überlasten kommen)

SPT: Minimierung der Kosten von einem Knoten aus (bessere Möglichkeiten für Verkehrsteilung, Minimierung der maximalen Auslastung)

Wege: Kantendisjunkt (Keine Kanten gemeinsam); Knotendisjunkt (Keine Knoten gemeinsam)

Hamilton-Schleife: Schleife, die alle Knoten eines Knoten enthält (Travelling Salesman Problem)

Grundstruktur von Kommunikationsnetzen: Ring-, Bus-, Stern-, Maschennetz

Grundlegende Übertragungsarten: Simplex - Rundfunk, Halbduplex - Wechselsprechanlage, Vollduplex - Telefonleitung

Multiplextechniken:
- Kanalmultiplex: Raum-, Frequenz-, Zeitmultiplex
- Adressmultiplex: variable und feste Blocklänge

Verbindungen:*) Bsp.: Nachrichtenaustausch zwischen (2) Partnern X, Y über Netz

*) siehe Ergänzung S.8

X ⇄ Netz ⇄ Y $\quad$ ① Herstellung Beziehung X-Y; ② Herstellung einer Verbindung; ③ Datenübertragung ④ Abbau einer Verbindung

Verbindungsorientierter Betrieb (co): ①+②+③+④ ; Verbindungsloser B. (cl): ①+③

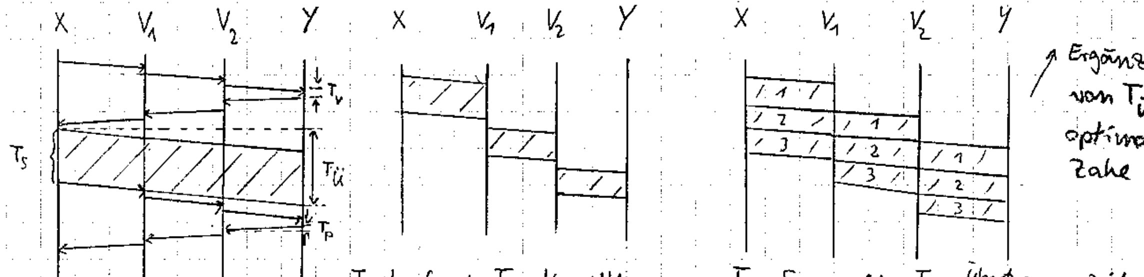
CL: (ev. quittierter) Datagramm(-betrieb), wird zu Aufbau von CO-Verbindung benötigt

CO: benötigt ② u. ④ für Signalisierung: Inband/Outband Inslot/Outslot

physikalische Verbindung: Weg von Quelle zur Senke wird entweder dauerhaft oder vorübergehend durchgeschaltet (Durchschalte- und Leitungsvermittlung, Circuit Switching CS)

Virtuelle Verbindung: Weg ... wird nur vereinbart. Nachrichten werden blockweise übertragen:
- Sendevermittlung (Message Switching MS): Nachrichtenblock enthält gesamte Nachricht
- Paketvermittlung (Packet Switching PS): Nachricht wird in mehrere Blöcke zerstückelt.
  CL-Betrieb (Datagrammvermittlung): Vermittlungsknoten sucht selbstständig Kanal zum Empfänger aus
  CO-B. (Virtuelle Kanäle): Kanal wird vor Datenübertragung reserviert → Vermittlungsknoten hat Tabelle, welcher Kanal und welcher Empfänger zusammenhängen

Leitungsorientiert (CS) Nachrichtenorientiert (MS) Paketorientiert (PS)



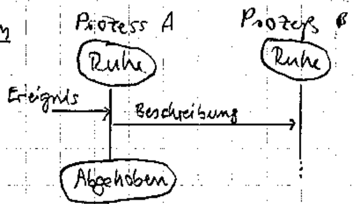
Ergänzung: Berechnung von $T_ü$ und optimale Paketzahl siehe S. 8

T_P: Laufzeit, T_V: Vermittlungszeit, T_S: Sendezeit, $T_ü$: Übertragungszeit

Zustandsdiagramm: ZD Ruhe —Ereignis / Aktion→ Abgehoben

Beschreibt die einzelnen Zustände eines Prozesses
RX: Receive, TX: Transmitt

Prozeßablaufdiagramm PAD



Beschreibt, in welcher zeitlichen Abfolge und warum die einzelnen Prozesse ihre Zustände wechseln

Aufgaben der Steuerung in Kommunikationsnetzen:
- Vermittlungstechnische Aufgaben: Verbindungsaufbau/-abbau zwischen Teilnehmern und/oder Netzknoten incl. Verkehrslenkung, Nachrichtendurchschaltung, Durchführung von Dienstmerkmalanforderungen (z.B. Rufumleitung)
- Betriebstechnische Aufgaben: Verwaltung der Betriebsmittel, Überwachung und Fehlerbehandlung

Kommunikationsprotokolle: Nachrichtenstruktur: | NK | ND | ($\leftarrow L_H \rightarrow$, $\leftarrow L_D \rightarrow$, $\leftarrow L_M \rightarrow$)

NK: Nachrichtenkopf (Head-Länge L_H)
ND: Nutzdaten (Länge Daten L_D)
L_M: Message-Länge

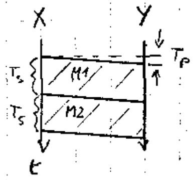
Kanal: (A)——(B) Laufzeit: $T_P = c \cdot l$ (c: Übertragungsgeschwindigkeit des Mediums; l: Leitungslänge := A − B)

System-Modelle:	Modell I	Modell II	Modell III	Modell IV
Störung im Übertragungskanal ÜK	ideal	ideal	real	real
Größe Empfangspuffer EP	∞	endlich	endlich	endlich
Richtung Nutzdaten RN	unidirektional	unidirekt.	unidirek.	bidirektional

Protokolle:

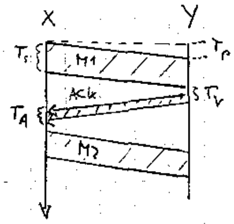
- ungeregelte Nachrichtenpumpe (für Modell I) Kanal zu 100% auslastbar — Empfänger muß schnell genug sein, um Nachrichten verarbeiten zu können, keine Fehlerbehandlung

NFD:

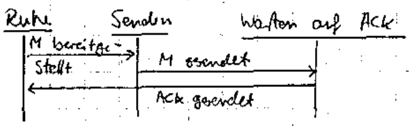


- einfache Quittungsprotokolle (Stop-and-Wait)

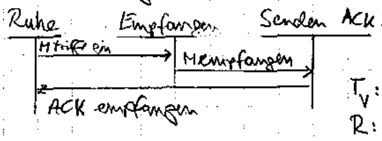
a) ohne Zeitüberwachung (geeignet für Modell II)



ZD-Sender:



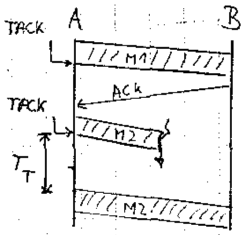
ZD-Empfänger:



T_V: Verarbeitungszeit (bzw. Vermittlungszeit); $T_a := \frac{\text{Länge ACK } (:= L_A)}{R}$ (Sendedauer ACK)
R: Datenrate

Wirkungsgrad: $\rho = \frac{L_D}{L_D + L_H + L_A + 2R(T_P + T_V)}$

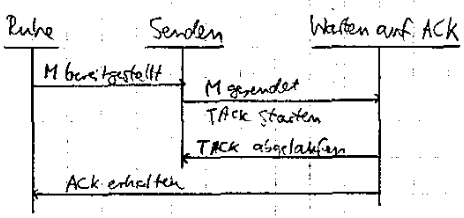
b) mit Zeitüberwachung (Modell III):



TACK → Timer setzen (darf frühestens nach $T_T \geq T_A + 2(T_P + T_V)$)

Bleibt die Quittung länger als T_T aus, läuft TACK ab und Sender wiederholt M

ZD-Sender:



ZD-Empfänger: wie bei a)

Erwartungswert für Wiederholung der Sendung: $r = \frac{P_E}{1-P_E}$

Wahrscheinlichkeit M & ACK erfolgreich: $P_S = (1-P_A)(1-P_M) = 1 - P_E$

(P_E: Wahrscheinl. für Fehlerfall; P_M: — " — Nachricht zerstört; P_A: — " — ACK zerstört)

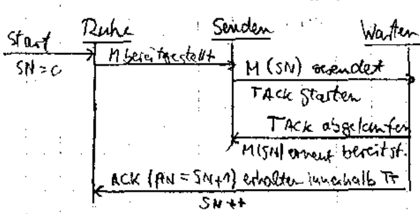
Wirkungsgrad (ohne Headerverlust): $\rho = \frac{T_S}{r \cdot (T_S + T_T) + T_S + \underbrace{T_A + 2 \cdot (T_P + T_V)}_{(*)}} \approx \frac{(1-P_M) \cdot (1-P_A) \cdot T_S}{T_S + (*)}$ $\left(T_S := \frac{L_H}{R}\right)$

falls $T_T \geq (*)$

für $T_A \approx 0$, $P_A \ll 1$, $a = 1 - P_B$ (Bitfehlerwahrscheinlichkeit), $b = 2R \cdot (T_P + T_V)$ gilt: $\rho = \frac{L_H \cdot a^{L_H}}{L_H + b}$ $\quad L_{opt} \approx \sqrt{\frac{b}{P_b}}$

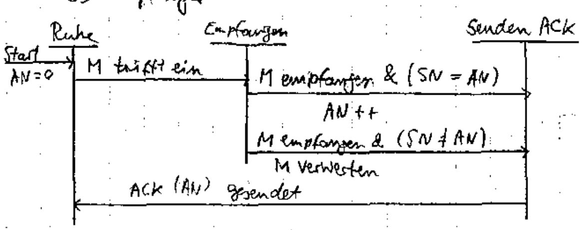
Protokoll 3: Verwendung von Folgenummern (doppeltes Senden/Empfangen von Nachrichten durch ACK-Verlust verhindern)

ZD-Sender



(SN: Sequence Number)

ZD-Empfänger



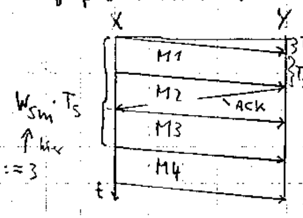
Protokoll 4: Go-Back-N (Fensterprotokoll)

Zulassen von $W_{Sm} > 1$ Nachrichten ($W_{Sm} = 1 \Rightarrow$ Stop-and-Wait), bis erste Quittung eintrifft. Pro empfangenes ACK wird eine weitere Nachricht versendet.

Verbesserter Wirkungsgrad gegenüber Stop-and-Wait bei hoher Bit-Rate oder kurzen Nachrichten

Wirkungsgrad ϱ (ohne Fehler; $T_V = T_A = 0$):

großes Sendefenster



Der Sender kann kontinuierlich senden, falls gilt:

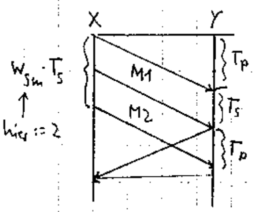
$W_{Sm} \cdot T_S \geq T_S + 2T_P$

$W_{Sm} \geq \underbrace{1 + 2R \frac{T_P}{L_M}}_{(*)}$

allg.: $W_{Sm} \geq \underbrace{1 + \frac{2(T_P + T_V) + T_A}{T_S}}_{(**)}$

$\varrho := \underbrace{\frac{L_D}{L_D + L_H}}_{(***)} < 1$

kleines Sendefenster



$W_{Sm} < (*)$ bzw. $(**)$

$W_{Sm} \cdot T_S + T_{Pause} = \frac{2 \cdot (T_P + T_V) + T_A}{T_S}$

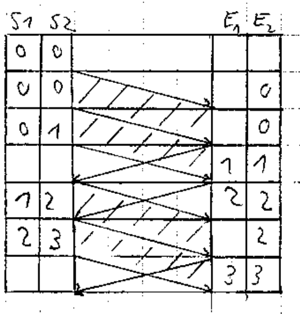
$\varrho = \frac{W_{Sm} \cdot T_S}{T_S + 2T_P} = \frac{W_{Sm}}{1 + 2R \frac{T_P}{L_M}}$

allg.: $\varrho = \frac{\text{Sendedauer der Nachricht}}{\text{Zeit, bis nächste Nachricht gesendet werden kann}} \cdot \frac{\text{Nutzdatenlänge}}{\text{Gesamtdatenlänge}} = \frac{T_S}{T_S + r \cdot (T_S + T_T)} \cdot (***)$; $r := \frac{P_E}{1 - P_E}$

T_T: Timeout-Zeit des Senders

Fehlerfall: 1) Empfänger verwirft alle nachfolgenden $(n+1), (n+2), \ldots$ Nachrichten. 2) Beim Sender läuft der Timer TACK nach T_T ab und alle schon gesendeten Nachrichten des aktuellen Sendefensters werden wiederholt.
Bei hoher Fehlerrate schlechter Wirkungsgrad, da auch bereits korrekt übertragene Nachrichten wiederholt werden.
Abhilfe: Selektiv repeat: Empfänger fordert explizit fehlerhafte Nachrichten im Fenster an (NACK (negativ ACK)) oder Verkleinern des Sendefensters.

Piggy-Back: ACK werden zusammen mit Nachrichten zurückgesandt



eigentlich $SN_{S1} \ldots$

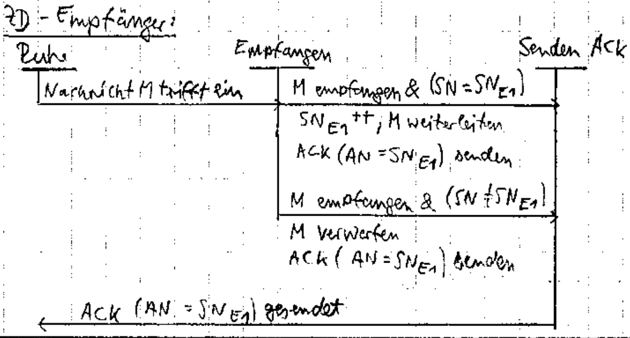
S1: niedrigste noch nicht quittierte Nachricht

S2: zuletzt ausgesandte Nachricht $S2 < S1 + W_{Sm}$

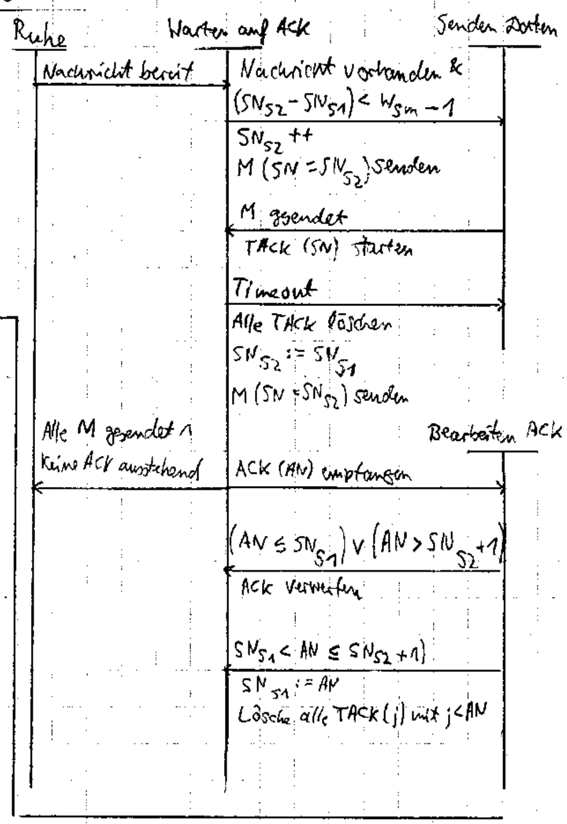
E1: nächste zu empfangende Nachricht

E2: höchste mögliche Nummer der nächsten zu empfangenden Nachricht

ZD - Empfänger:



ZD-Sender



ISO/OSI - Layer:

7	Application	Anwendung: www/Mailing/Telnet/Mgmt/...
6	Presentation	Datendarstellung } : SNMP/HTTP/SMTP
5	Session	Kommunikationssteuerung }
4	Transport	Transport: TCP (CO) / UDP (CL)
3	Network	Vermittlung: IP (CL) / ARP / ICMP
2	Datalink	Sicherung: LAN / ATM / SDH / ...
1	Physical	Bitübertragung: Twisted Pair / Coax / Funk / ...

Hierarchische Gliederung verschiedener Funktionen in Teilfunktionen.

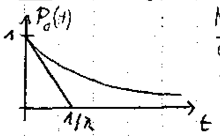
Die Instanzen einer Schicht kommunizieren über Systemgrenzen hinweg miteinander. Regeln für diese Schicht-Schicht-Kommunikation = Schichtprotokoll.
Jede Schicht erbringt für eine darüberliegende Schicht einen Dienst (Ausnahme: oberste Schicht)

Three-Way-Handshake bei TCP: 1, Anstoßen des Verbindungsaufbaus ; 2, Synchronisation der Folgezähler von Sender und Empfänger ; 3, Gegenseitige Bestätigung

---

Verkehrstheorie: • Ankunftsprozesse: a: mittlerer Rufabstand $= E\{T_A\}$; T_A: Ankunftsabstand; $\lambda = \frac{1}{a}$: mittlere Ankunftsrate
• Bedienprozesse: $h = E\{T_H\}$: mittlere Bediendauer, T_H: Bediendauer; $\varepsilon = \frac{1}{h}$: mittlere Endrate

NEV: (Negative Exponentialverteilung) ; $p_0(t) = e^{-\lambda t}$: Wahrsch., daß in der Zeit t kein Anruf eintrifft
Mindestwertverteilung: $P(T_A > t) = e^{-\lambda t}$, Höchstwertverteilung: $P(T_A \leq T_A) = 1 - e^{-\lambda t}$
Gedächtnislosigkeit: Für $p_0(t)$ spielt es keine Rolle, wann der letzte Anruf eingetroffen ist



Poisson-Verteilung: $p_k(t) = \frac{t^k \cdot \lambda^k}{k!} \cdot e^{-\lambda t}$ Wahrscheinlichkeit, daß in der Zeit t genau k Anrufe eintreffen.

Hyperexponential-Verteilung der Ordnung k: $P(T_A \leq t) = 1 - \sum_{i=1}^{k} p_i \cdot e^{-\lambda_i \cdot t}$ $\quad \sum p_i \stackrel{!}{=} 1$

Erlang-k-Verteilung der Ordnung k: $P(T_A \leq t) = 1 - e^{-k\mu t} \cdot \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(k\mu t)^i}{i!}$

Markoff-Prozeß: Zukünftige Entwicklung nur vom gegenwärtigen Zustand abhängig (Gedächtnislosigkeit) und nicht von der Vergangenheit (gegeben bei NEV, Poisson)

Deterministisch: (nicht gedächtnislos, alle a ein Anruf => kein Markoff)
$p_D(t) = \delta(t-a)$; $P(T_A \leq t) = u(t-a)$

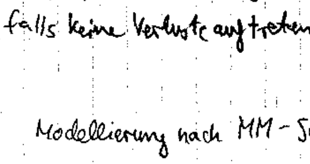
Statistik: Verteilungsfunktion: $F = P(T \leq t)$, Dichtefunktion: $f = \frac{dF}{dt}$,
Erwartungswert: $E\{T\} = \int_0^\infty t f \, dt$; Varianz: $\sigma^2 = E\{T^2\} - E^2\{T\}$, Varianzkoeff.: $c = \frac{\sigma}{E\{T\}}$

Geburts- und Sterbeprozeß: $\textcircled{0} \underset{\mu_1}{\overset{\lambda_0}{\rightleftarrows}} \textcircled{1} \underset{\mu_2}{\overset{\lambda_1}{\rightleftarrows}} \cdots \underset{\mu_{xmax}}{\overset{\lambda_{xmax-1}}{\rightleftarrows}} \textcircled{x_{max}}$ Zustandsnummer: • Verlustsystem: nur Bediente, • Wartesystem: Bediente und Wartende

Wahrscheinlichkeit, daß Prozeß in Zustand x: $p_x = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1 \cdots \lambda_{x-1}}{\mu_1 \cdot \mu_2 \cdots \mu_x} \cdot p_0$; $p_0 = \frac{1}{1 + \sum_{i=0}^{x_{max}} \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1 \cdots \lambda_{i-1}}{\mu_1 \cdot \mu_2 \cdots \mu_i}}$

folgt aus:
$\mu_x \cdot p_x = \lambda_{x-1} \cdot p_{x-1}$ (Gl.)
$\sum_{x=0}^{x_{max}} p_x = 1$ (Normierung

Little's Theorem:



Warteschlangenlänge: $\Omega = \lambda \cdot T_W$
Wartezeit im System: T_W
Anrufrate: λ

Klassifizierung nach Kendall: X / Y / N | s | q
- q ← Quellen
- s: Pufferplätze
- N: Bedieneinheiten (BE)

} jeweils Anzahl

- Y: Art Bedienprozeß
- X: Art Ankunftsprozeß

} M: Markoff, D: Deterministisch, G: General

(X) entspricht Verkehrslast im System, falls keine Verluste auftreten

Modellierung nach MM-System: Gedächtnislosigkeit des Ankunfts- und Bedienprozesses

Verlustsystem M/M/N $(q \to \infty,\ s \to 0,\ h = \frac{1}{\varepsilon})$: Ankunftsrate: $\lambda_x = \lambda = const.$,
Bedienrate: $\mu_x = x \cdot \varepsilon \neq const.$; Angebot: $A = \frac{\lambda}{\varepsilon} = \lambda \cdot h$ $[A] = 1$ Erlang (X)

1 Leitung dauerhaft belegt -> A = 1 Erl. ; A > 1 Erl => $\lambda_x > \mu_x$ => Verluste!

Zustandswahrscheinlichkeit (x Bedieneinheiten belegt): $p_x = \frac{\frac{A^x}{x!}}{\sum_{i=0}^{N} \frac{A^i}{i!}}$ $\quad x = 0, 1, \ldots, N$

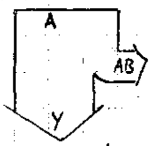
$x \to \infty$: $p_{x\infty} = \frac{A^x}{x!} \cdot e^{-A}$

Verlustwahrscheinlichkeit: $B_N = \underline{B} = p_N = \frac{A^N}{N \cdot (N-1)!} \cdot p_0$; Rekursion: $B_{N+1} = \frac{A \cdot B_N}{1+N+A \cdot B_N}$
(Blockierung; N Bedieneinheiten belegt und weiterer Anruf)

Verkehrswert: (mittlere Anzahl gleichzeitig belegter Bedieneinheiten)

$$\underbrace{\underline{Y} = \sum_{x=0}^{N} x \cdot p_x = \overbrace{A \cdot (1-B)}^{\text{dim: Erlang}}}_{\text{allgemeingültig}}$$

Angebotener Verkehr:



bedienter/verarbeiteter Verkehr: $Y = A - A \cdot B$

Bündelungsgewinn: $\underline{Y_L} = \frac{Y(A,B)}{N}$ (steigt mit zunehmender Bündelungsstärke N [statistischer Ausgleich, mehrere Prozessoren bedienen unabhängig voneinander einen Ankunftsprozeß]
(bzw. Leitungsbelastung) → statt mehrere kleinere Bündel ein großes. Nachteil: Zuverlässigkeit sinkt, Kosten!

Wartesystem M/M/N: $(s \to \infty, q \to \infty)$

$\lambda_x = \lambda = \text{const.}$; Bedienrate: $\mu_x = \begin{cases} x \cdot \varepsilon & x \le N \\ N \cdot \varepsilon & x > N \end{cases}$; Stabilitätsbedingung: $A < N$

$$p_0 = \frac{1}{\left(\sum_{i=0}^{N-1} \frac{A^i}{i!}\right) + \frac{A^N}{N!} \cdot \frac{N}{N-A}} \quad (\text{für } A < N!) \qquad p_x = \begin{cases} p_0 \cdot \frac{A^x}{x!} & x \le N \\ p_0 \cdot \frac{A^N}{N!} \cdot \left(\frac{A}{N}\right)^{x-N} & x > N \end{cases}$$

$B = 0 \Rightarrow Y = A$; Wartewahrscheinlichkeit: $P_{W0} = p_N \cdot \frac{N}{N-A}$ ($x > N$ Anforderungen im System)

Mittlere Warteschlangenlänge: $\Omega = p_N \cdot \frac{\frac{A}{N}}{(1-\frac{A}{N})^2} = P_{W0} \cdot \frac{\frac{A}{N}}{1-\frac{A}{N}} = P_{W0} \cdot \frac{\rho}{1-\rho}$; ρ: mittlere Auslastung $:= \frac{A}{N}$

Mittlere Wartezeit: $T_{W0} = \frac{\Omega}{\lambda}$ (Wartezeit bzgl. aller eintreffenden Anrufe ["Little's Theorem"])

——— " ———: $T_{W1} = \frac{\Omega}{\lambda \cdot P_{W0}} = \frac{h}{N-A}$ (——— " ——— wartenden — " —); $T_{W1} > T_{W0}$

Überschreitungswahrscheinlichkeit: $P_{W1} = P_{W0} \cdot e^{-\frac{t}{T_{W1}}}$ (Wahrsch., daß ankommende Anrufe länger als t warten müssen)

mittlere Durchlaufzeit $:= T_{W0} + h$

Wartesystem M/G/1: Pollaczek-Khinchin-Formel: $T_{W0} = \frac{\rho \cdot h}{2 \cdot (1-\rho)} \cdot (1+c^2)$ $\quad c = \frac{\sigma}{E\{T_H\}} = \frac{\sigma}{h}$ $\quad \sigma$: $\sqrt{\text{Varianz}}$

mittlere Anzahl der Anfragen im System: $n = \Omega + \rho$

Wartesystem M/D/1: $\Omega = \frac{\rho^2}{2 \cdot (1-\rho)}$ $\quad T_{W0} = \frac{\rho \cdot h}{2 \cdot (1-\rho)}$

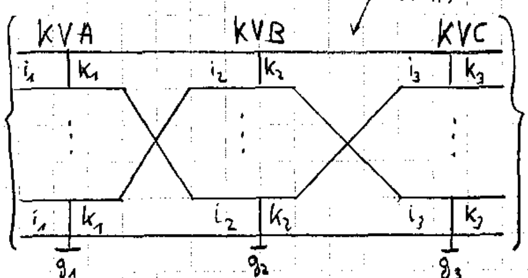
Mittlere Zeit im System: $T_{WS} = T_{W0} + h = \frac{(2-\rho) \cdot h}{2 \cdot (1-\rho)}$ (= Durchlaufzeit)

Koppeleinrichtungen:

Koppelvielfache (KVf): $\boxed{i \mid k}$ Volle Erreichbarkeit: Von jedem der i Eingänge sind alle k Ausgänge erreichbar; Koppelpunkte (KP): $i \cdot k$

Mehrstufige Koppelanordnungen: räumliches Äquivalent (*) (R.Ä.)

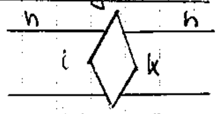
Allgemein:

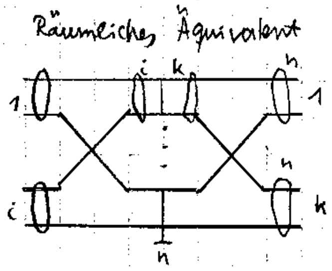


$g_{1,2,3}$: Anzahl der KVf der Stufe 1/2/3
symmetrisch, falls C-Stufe spiegelsymmetrisch zu A-Stufe ist: $g_1 = g_3 = i_2 = k_2$

$N_{ein} = i_1 \cdot g_1 \quad N_{aus} = k_3 \cdot g_3$

Raumlagenvielfach — Räumliches Äquivalent



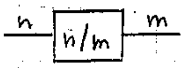


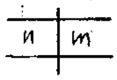
i: Anzahl Leitungen Eingang
k: — " — Ausgang

i Eingänge, k Ausgänge, jeweils n Zeitlagen

Umsetzung von Eingang a zu Ausgang b in der Zeitlage t; Steuerung durch Haltespeicher

Zeitlagenvielfach — Räumliches Äquivalent (einstufig) — Anzahl KP: $(i\cdot n)\cdot(i\cdot m) = i^2\cdot m\cdot n$

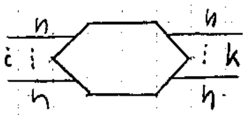




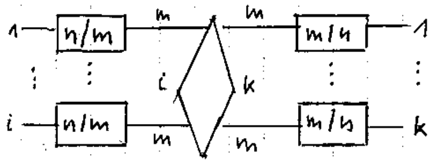
Umsetzung von Zeitlage a nach Zl. b durch Sprachspeicher (Tiefe n, bel. Wortbreite), Steuerung durch Haltespeicher

— (Tiefe m, Wortbreite ld(n))

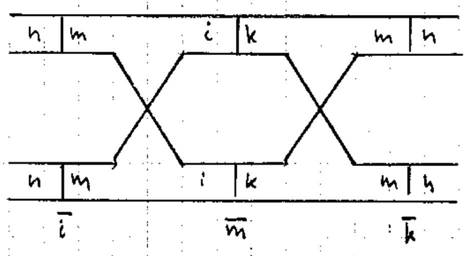
Kombinationsvielfache Zeit - Raum - Zeit (ZRZ)



Struktur:



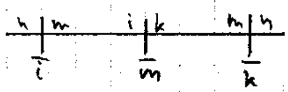
R.Ä.:



Anzahl KV: $nmi + ikm + mnk$

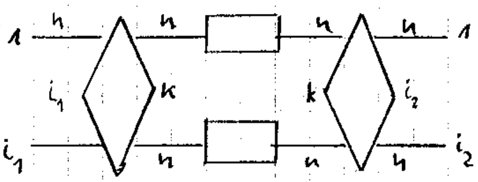
Blockierungsfrei nach Clos, falls $m \geq 2n-1$
$\Rightarrow$ in Praxis Taktverdoppelung: $m = 2n$

→ allg. Darstellung:

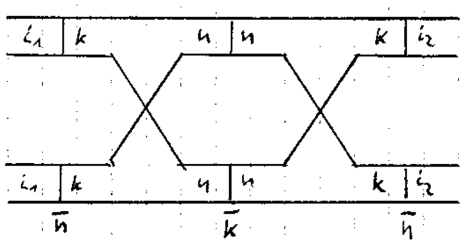


Raum - Zeit - Raum (RZR)

Struktur:



R.Ä.:



Wegsuchverfahren: 3 Stufige KA mit Kanonischer Ltg.-Führung (Zwischen zwei Koppelstufen: p-ter Ausgang eines KVf auf p-tes KVf der nächsten Stufe)

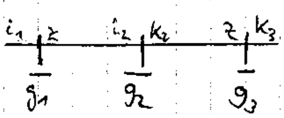
TAB AB (i = 1. Stufe) — TAB BC (i = 3. Stufe)

KVf \ Kanal	1	2	…	z
1				
2				
⋮				
g_1				

KVf \ Kanal	1	2	…	z
1				
2				
⋮				
g_3				

0: Ltg. frei, 1: Ltg. belegt

Weg von KVf A_i nach KVf C_j suchen: Reihe i von TAB AB mit Reihe j von TAB BC ver-UND-en $\Rightarrow$ 1: freie Zwischenwege



Ergänzung zu S. 2:

$$T_{\ddot{u}} = \underbrace{\frac{L_M}{R}}_{\text{Sendedauer der Daten}} + \underbrace{\underbrace{\left\lceil \frac{L_M}{L_{D\,max}} \right\rceil}_{\text{aufrunden}} \cdot \frac{L_H}{R}}_{\text{Sendedauer der Header}} + \underbrace{(h-1) \cdot \frac{L_{D\,max} + L_H}{R}}_{\text{Verzögerung um ein Paket je Knoten}} + \underbrace{\overbrace{(h-1)}^{\text{Anzahl Vermittlungsknoten}} \cdot T_v}_{\text{Verarbeitungszeit in den Knoten}} + T_p$$

optimale Paketzahl: $p_{opt} = \sqrt{\frac{(h-1) \cdot L_M}{L_H}} \Rightarrow \left\lceil \frac{L_M}{L_{D\,max}} \right\rceil = p$; $L_{D\,max_{opt}} = \frac{L_M}{p}$

mit $L_{D\,max}$ = max. Anzahl von Datenbytes pro Paket ; L_H, L_M in Bytes einsetzen

---

Koppelpunktaufwand bei quadratischer, blockierungsfreier Koppelanordnung:

N := Anzahl der Eingangsleitungen

*) und $i = \sqrt{N} = g_1 = g_3$

N	1-stufige Anordnung (KP1)		KP3	
4	16	$(:= N^2)$	36	$(:= 6 \cdot N^{3/2} - 3N)$ *)
25	625		675	
64	4096		2880	
100	10000		5700	
1024	1048576		193536	

Ergänzung zu S. 1:

Charakteristika einer verbindungslosen Datenübermittlung:

1, Übereinkunft zwischen zwei Instanzen X und Y
2, Keine Verhandlung nötig/möglich
3, Unabhängigkeit der Dateneinheiten

Flow Control: Geschwindigkeitsanpassung zwischen Sender und Empfänger durch die Meldungen RNR und RR (Receive Not Ready bzw. Receive Ready)

Congestion Control: Regelkreis - Die Überlast muß unter Verwendung von Lastindikatoren erkannt werden und eine geeignete Staumeldung erzeugt werden. Dieses Signal wird in Richtung des Verursachers zurückgesendet und durch Netzknoten oder andere Einrichtungen ausgewertet.