

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 59 (1981)

Heft: 6

Artikel: Über die Untersuchung des Steuerdatenflusses im Analogkonzentrator des Systems IFS

Autor: Wizgall, Manfred / Kraemer, Wolfgang / Mayer, Josef

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874190>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Über die Untersuchung des Steuerdatenflusses im Analogkonzentrator des Systems IFS¹

Manfred WIZGALL, Wolfgang KRAEMER, Stuttgart, und Josef MAYER, Zürich

621.395.491:621.376.56:681.327.8:681.527.7

Zusammenfassung. In dieser Abhandlung wird der Steuerdatenfluss im mikroprozessorgesteuerten Analogkonzentrator des künftigen integrierten Kommunikationssystems IFS behandelt. Nach einer kurzen Beschreibung der Struktur und Betriebsweise des Konzentrators gelangen zwei Modelle, eines für die Simulation und eines für die Rechnung, zur Darstellung. Die Untersuchungsmethoden und ihre Ergebnisse werden im Detail diskutiert. Sie führen zu interessanten Einblicken in das Verkehrsverhalten der Konzentratorsteuerung, wobei die Netzstruktur, in die der Konzentrator eingebettet ist, berücksichtigt wird.

Analyse du flux des données commandant le concentrateur analogique du système IFS

Résumé. L'article analyse le flux des données que traite le concentrateur analogique à commande par processeur du futur système de communication intégré IFS. Après une brève description de la structure et du mode de fonctionnement du concentrateur, on examine un modèle de simulation et un modèle de calcul. Les méthodes d'examen et leurs résultats font l'objet d'une discussion circonstanciée qui révèle des détails intéressants sur le fonctionnement en graphique de la commande par processeur, compte tenu de la structure du réseau dont le concentrateur fait partie.

Studio del flusso dei dati di comando nel dispositivo di concentrazione analogico del sistema IFS

Riassunto. Questo articolo è dedicato allo studio del flusso dei dati di comando nel dispositivo concentratore analogico, comandato da microprocessori, del futuro sistema integrato delle telecomunicazioni IFS. Gli autori descrivono dapprima brevemente la struttura e il funzionamento del dispositivo concentratore e presentano in seguito due modelli, uno per la simulazione e l'altro per il calcolo. Discutono dettagliatamente i metodi applicati per la ricerca e i risultati così ottenuti, che danno informazioni interessanti in merito al comportamento del comando nel dispositivo di concentrazione nei riguardi del flusso del traffico, sempre tenuto conto però della struttura della rete nella quale è integrato il concentratore.

1 Das IFS-Konzept

Das PCM-Vermittlungssystem IFS (Integriertes Fernmeldesystem) wird von der PTT und den drei Schweizer Zentralenbaufirmen gemeinsam entwickelt. Dieses rechnergesteuerte (SPC-)Vermittlungssystem soll in der Zukunft den Telefon- und Datenvermittlungsdienst leisten.

Übertragung, Durchschaltung und Steuerung basieren auf dem 32-Kanal-PCM-System.

Figur 1 zeigt die IFS-Netzkonfiguration einer Ebene. Fünf verschiedene Bereiche können unterschieden werden:

- Der *periphere Bereich* besteht aus analogen und digitalen Teilnehmerstationen und ihren Anschlussleitungen sowie aus analogen und digitalen Verbindungsleitungen.
- Der *Konzentrationsbereich* übernimmt die Verkehrskonzentration (Analogkonzentrator AKT, Digitalkonzentrator DKT) der Teilnehmeranschlussleitungen sowie die Analog/Digital-(A/D-)Wandlung durch die Terminale T. Die Konzentratoren haben Aufgaben beim Verbindungsauf- und -abbau, die später näher betrachtet werden.
- Das *Durchschaltenetzwerk* vermittelt mit Hilfe von Durchschalteeinheiten DE die 64-kbit/s-PCM-Kanäle.
- Der *Prozessorbereich* besteht aus der zentralen Steuerung (ZS) und den Telegrammeinheiten (TE) für den Steuerdatenaustausch mit allen gesteuerten Einheiten. Des weiteren befinden sich hier die Wahl-einheiten WE.
- Der *Betriebsrechnerbereich* dient der Durchführung der Wartungs- und Bedienungsoperationen.

Um eine gesicherte Betriebsweise und einen hohen Grad an Verfügbarkeit zu erreichen, wurde das Mehr-

ebenenprinzip (Fig. 2) eingeführt. Dieses bedeutet, dass vier vollständig bestückte Ebenen, von denen Figur 1 eine zeigt, nach dem Prinzip der Lastteilung für abgehende Rufe arbeiten. Daher ist jeder Konzentrator an alle vier Ebenen angeschlossen.

Nähere Einzelheiten über das System IFS können in der Literatur [1...7] gefunden werden.

Dieser Beitrag berichtet von einer Studie über den Steuerdatenfluss und die Leistungsfähigkeit der Steuerung des Analogkonzentrators AKT im System IFS.

2 Struktur und Betriebsweise des Konzentrators

2.1 Struktur des Analogkonzentrators AKT

Figur 3 zeigt die Grundstruktur des Konzentrators mit seiner Umgebung. Teilnehmerleitungen werden über Teilnehmerschaltungen (SC), Abnehmerleitungen über Leitungssätze (LC) an das analoge Koppelnetz angeschlossen, das die Verkehrskonzentration durchführt. Die Leitungen sind in vier Bündeln zusammengefasst, die zu den vier Durchschaltenetzen in den vier Ebenen (Terminale T) führen. Die Teilnehmerschaltungen und Leitungssätze werden von der Konzentratorsteuerung abgetastet. Alle Vermittlungs- und Steuerfunktionen im Konzentrator werden von der Konzentratorsteuerung CC durchgeführt.

Die Konzentratorsteuerung ist zur Erhöhung der Zuverlässigkeit doppelt vorhanden und besteht jeweils aus einem Mikroprozessor (PR0, PR1) sowie einer mikroprozessorgesteuerten Signalisierungseinheit (SU0, SU1) für den Steuerdatenaustausch mit den Zentralsteuerungen der vier Ebenen.

2.2 Betriebsweise des Konzentrators

Von der Konzentratorsteuerung werden drei Arten vermittlungstechnischer Anforderungen bearbeitet, die

¹ Dieser Beitrag basiert auf Untersuchungen, die durchgeführt wurden, als Dr. Wizgall und Dr. Kraemer am Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung der Universität Stuttgart arbeiteten. Englische Originalversion nach einem Vortrag, gehalten am «9th International Teletraffic Congress» 1979 in Torremolinos, Spanien.

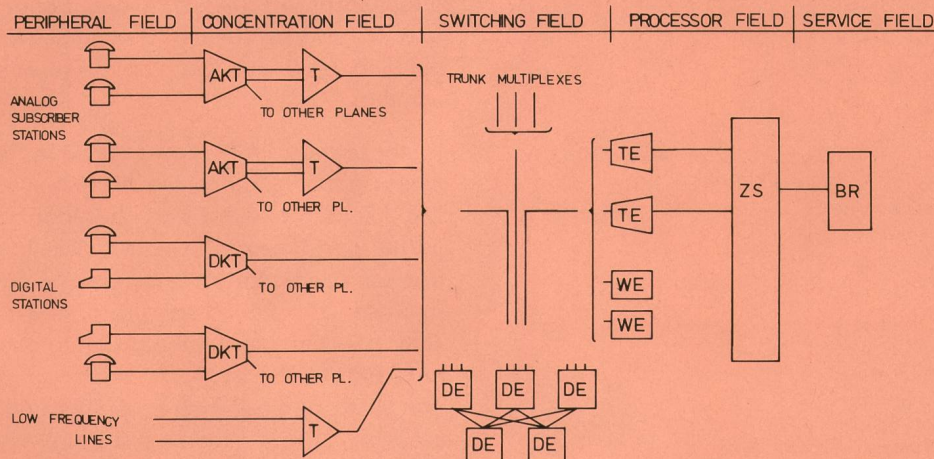


Fig. 1

IFS Netzstruktur einer Ebene

Peripheral field — Peripherer Bereich

Concentration field — Konzentrationsbereich

Switching field — Durchschaltenetzwerk

Processor field — Prozessorbereich

Service field — Betriebsrechnerbereich

Analog subscriber stations — Analoge Teilnehmerapparate

To other planes — Zu den anderen Ebenen

Trunk multiplexes — Multiplexleitungen

Digital stations — Digitale Apparate

Low frequency lines — Niederfrequenzleitungen

AKT Analog concentrator — Analogkonzentrator

T Terminal — Terminal

DKT Digital concentrator — Digitalkonzentrator

TE Telegram unit — Telegrammeinheit

ZS Central processor — Zentralsteuerung

BR Maintenance center computer — Betriebsrechner

WE Register unit — Wahleinheit

DE Digital switching unit — Durchschalteinheit

in der Reihenfolge ihrer Priorität aufgelistet sind (weitere Funktionen werden hier nicht betrachtet).

– «Terminierende» Verbindungsanforderungen (CN).

Für den Aufbau einer terminierenden Verbindung

(Verbindung zu einem gerufenen B-Teilnehmer) zu dem betrachteten Konzentrador wird von der für diesen Ruf zuständigen Zentralsteuerung ein Telegramm über den Steuerkanal zu einer Signalisierungseinheit (SU) gesandt. Im weiteren wird angenommen, dass die Signalisierungseinheit SU0 für Steuerkanäle von den Ebenen 1+2 und SU1 für die Ebenen 3+4 zuständig ist. Die SU führen eine Vorverarbeitung der Telegramme durch und tragen sie an dem für die entsprechende Ebene vorgesehenen Platz im Eingabepuffer (IB) ein.

Die Konzentradorsteuerung (CC) versucht einen Weg von der freien Teilnehmerschaltung SC des gerufenen Teilnehmers durch das Koppelnetz zu einer freien Leitung (LC) zu finden, die zu der entsprechenden Ebene führt. Der terminierende Verbindungswunsch wird, wenn ein freier Weg gefunden wird, positiv quittiert, im anderen Fall negativ.

– *Auslöseanforderungen (CL)* entstehen, wenn eine Verbindung endet und die belegten Wege und Leitungen freigegeben werden müssen. Die Auslöseanforderung entsteht im LC und wird durch Abtastung der LC durch die CC erkannt.

Dieser Abtastmechanismus für die LC wird in *Figur 4* dargestellt. Wenn beim letzten Abtastzyklus eine Auslöseanforderung im LC x entdeckt wurde, so beginnt der neue Abtastzyklus bei $x+1$. Wenn angenommen wird, dass die erste in Abtastrichtung wartende Anforderung

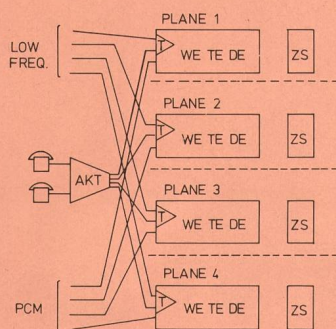


Fig. 2

Die Mehrebenenstruktur des Systems IFS

Plane — Ebene

Low frequency — Niederfrequenz

T Terminal — Terminal

WE Register unit — Wahleinheit

TE Telegram unit — Telegrammeinheit

DE Digital switching unit — Durchschalteinheit

ZS Central processor — Zentralsteuerung

AKT Analg concentrator — Analogkonzentrator

PCM Pulse code modulation — Pulsmodulation

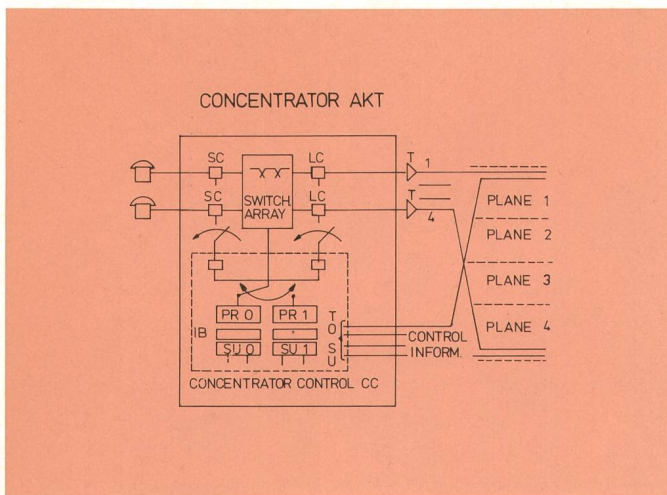


Fig. 3
Grundstruktur des Konzentrators AKT
 Concentrator AKT — Konzentrator AKT
 Switch array — Koppelnetz
 Concentrator control — Konzentratorsteuerung
 Plane — Ebene
 Control information — Steuerinformation
 SC Subscriber circuit — Teilnehmerschaltung
 LC Line circuit — Leitungssatz
 PR Processor of CC — Verarbeitungsteil der CC
 IB Input buffer — Eingabepuffer
 SU Signalling unit — Signalisierungseinheit
 CC Concentrator control — Konzentratorsteuerung
 T Terminal — Terminal

im LC y vorhanden ist, so stoppt der Abtastvorgang am LC y . Der nächste wird dann bei $y+1$ beginnen. Aus diesem Grund ist die Zeit, die die CC für einen Abtastvorgang benötigt, nicht konstant, sondern eine lineare Funktion der Zahl abgetasteter LC (hier $[N+y-(x+1)+1]_{\text{mod}N}$).

– *Erzeugte Verbindungsanforderungen (CA)* werden von Teilnehmern des betrachteten Analogkonzentrators erzeugt, die eine Verbindung wünschen. Die erzeugte Verbindungsanforderung entsteht im SC und wird von der CC ebenfalls durch Abtasten erkannt.

Dieser Mechanismus des Abtastens der SC ist in *Fig. 5* dargestellt. Er ist sehr ähnlich zu dem der LC. Es werden jedoch aus technischen Gründen immer alle SC bei einem Abtastzyklus abgetastet. Die erste gefundene Anforderung wird für eine spätere Bearbeitung zwischengespeichert. Die CC versucht, ähnlich wie im Falle der terminierenden Verbindungsanforderungen, einen freien Weg durch das Koppelnetz und eine freie Leitung zu finden. Hierbei kann eine Leitung aber aus allen vier Ebenen frei ausgewählt werden. Dabei wird ein Belastungsausgleich angestrebt.

23 Das Steuerungskonzept des AKT

231 Das Prinzip der «Steuerphase»

Jeder der beiden Prozessoren der Konzentratorsteuerung kann in einer «aktiven» und einer «passiven» Steuerphase sein. Ist ein Prozessor aktiv, so ist der andere jeweils passiv. Der Zugriff zum Koppelnetz kann nur während einer aktiven Phase erfolgen. In einer aktiven Phase wird eine Aufgabensequenz, wie in Abschnitt 232 beschrieben, durchgeführt. Der andere Prozessor, der in seinem passiven Status ist, prüft, ob in seinem

Eingabepuffer IB terminierende Verbindungsanforderungen warten. Die Betriebsart, in der zwei Prozessoren arbeiten, wird als «Normale Betriebsart» (NOM) bezeichnet. In dieser Betriebsart kann, wie schon zuvor vereinbart, Prozessor 0 (PR0) nur terminierende Verbindungsanforderungen aus den Ebenen 1+2 bearbeiten und PR1 solche aus den Ebenen 3+4. Fällt ein Prozessor aus, so wird auf die Fehlerbetriebsart (EOM) umgeschaltet.

Der fehlerfreie Prozessor (PR0 in *Fig. 6*) führt während seiner aktiven Phase die normalen Operationen durch. Die nächste aktive Phase beginnt nach dem Ende der vorherigen Phase plus einer kurzen zusätzlichen Zeit, in der der Prozessor in den passiven Status versetzt wird. In dieser passiven Phase prüft der Prozessor unter anderem, ob terminierende Verbindungswünsche im Eingabepuffer IB warten. Des weiteren kann der Prozessor nun Anforderungen aller vier Ebenen bearbeiten, da in diesem Fall die Steuerkanäle aus den vier Ebenen auf diesen Prozessor geschaltet werden.

232 Die verschiedenen Arten der aktiven Steuerphasen

Vier verschiedene Arten von aktiven Steuerphasen, entsprechend den vier Typen von Aufgaben, müssen unterschieden werden (*Fig. 7*). Jede Phase beginnt mit einem Selbsttest (T), der Dauer t_T . Anschliessend findet während der Zeit t_{SS} die Abtastung der SC statt (SS).

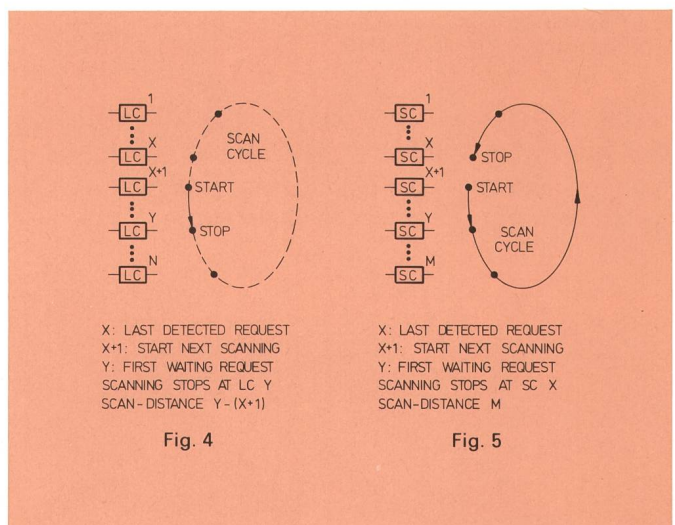


Fig. 4
Prinzip der LC-Abtastung
 Scan cycle — Abtastzyklus
 LC Line circuit — Leitungssatz
 SC Subscriber circuit — Teilnehmerschaltung
 X Last detected request — Letzte erkannte Anforderung
 X+1 Start next scanning — Start der nächsten Abtastung
 Y First waiting request — Erste wartende Anforderung
 Scanning stops at LC Y — Stopp der Abtastungen bei LC Y
 Scan-distance $Y-(X+1)$ — Abstand zwischen den Abtastungen $Y-(X+1)$

Fig. 5
Prinzip der SC-Abtastung
 Scan cycle — Abtastzyklus
 SC Subscriber circuit — Teilnehmerschaltung
 X Last detected request — Letzte erkannte Anforderung
 X+1 Start next scanning — Start der nächsten Abtastung
 Y First waiting request — Erste wartende Anforderung
 Scanning stops at SC X — Stopp der Abtastungen bei SC X
 Scan-distance M — Abstand zwischen den Abtastungen

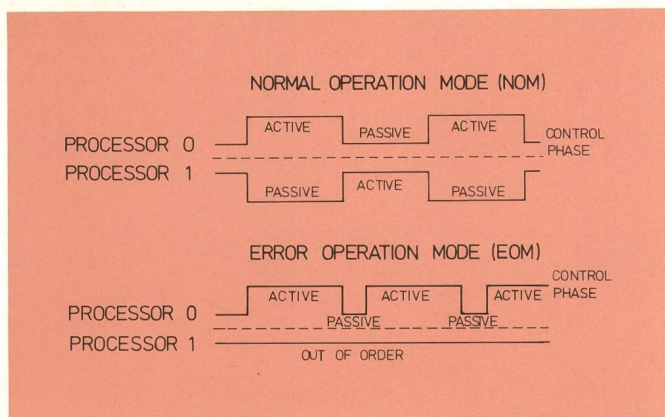


Fig. 6
Das Steuerphasenprinzip
 Normal operation mode (NOM) — Normaler Ablauf
 Processor — Prozessor
 Active — Aktiv
 Passive — Passiv
 Control phase — Steuerphase
 Error operation mode (EOM) — Ablauf im Fehlerfall
 Out of order — Ausgefallen

- a) Wenn eine terminierende Verbindungsanforderung aus einer der Ebenen wartet, für die der aktive Prozessor zuständig ist, so wird diese bearbeitet. Während der Zeit t_{PS} läuft das Wegesuchprogramm. Am Ende des Programms wird eine Quittung (ACK, positiv oder negativ) an die Zentralsteuerung gesandt. Aufgrund dieser Quittung darf diese eine neue Anforderung senden. Aus diesem Grund kann nicht mehr als eine Anforderung je Ebene im IB warten (Ein-auf-einmal-Prinzip).

War die Wegesuche (PS) erfolgreich, wird das Koppelnetz durchgeschaltet. Dies dauert die Zeit t_E . Diese Art der Steuerphase wird als Typ CN bezeichnet.

- b) Wartet keine terminierende Anforderung (oder war die Wegesuche nicht erfolgreich), so findet die Abtastung der LC (LS) statt; dies dauert die Zeit t_{LS} .
- b1) Wird eine Auslöseanforderung erkannt, so wird diese Anforderung während der Zeit t_C bearbeitet. Dieser Typ der Phase wird als Typ CL bezeichnet.
- b2) Wird keine Auslöseanforderung erkannt, so wird geprüft, ob während der Abtastung der SC eine erzeugte Verbindungsanforderung entdeckt wurde. In diesem Falle wird eine Wegesuche (PS) durchgeführt, die im erfolgreichen Fall zu einer Durchschaltung des Koppelnetzes (Zeit t_E) führt oder im Fall der Blockierung die Phase beendet. Diese Phase wird CA genannt.

- c) Wenn keine Anforderung bedient werden muss, wird eine Overheadphase durchgeführt. Dies ist aus technischen Gründen notwendig und bewirkt, dass eine aktive Phase nie kürzer als ein vorgegebenes Zeitlimit ist. Diese Phase wird als NOP bezeichnet.

Die verschiedenen Typen der aktiven Steuerphasen werden im folgenden noch näher beleuchtet.

3 Untersuchung mit Hilfe der Simulation

31 Das Simulationsmodell

Figur 8 zeigt das Modell der Konzentradorsteuerung als Warteschlangenmodell. Da in der normalen Betriebsweise NOM nur ein Prozessor während einer Steuerphase aktiv ist, ist nur ein Prozessor gezeichnet.

Dieser Prozessor repräsentiert

- für den Fall NOM den augenblicklich aktiven Prozessor
- für den Fall EOM den einzigen aktiven Prozessor

Die bereits erwähnten Aufgaben des Prozessors werden durch Kästchen in Figur 8 dargestellt. Weiterhin werden die vier Steuerkanäle zu den vier Zentralsteuerungen modelliert. Das Modell eines Steuerkanals besteht aus einem Ausgabepuffer, in den die terminierenden Anforderungen mit der Rate $\lambda_{CN,i}$ eingetragen werden. Die Übertragungsverzögerung von Steuerinformationen vom Ausgabepuffer zum IB des Konzentrators wird mit Hilfe der konstanten Wartezeit t_{TD} modelliert. Es darf jeweils nur eine Anforderung je Ebene im IB warten. Eine neue Anforderung darf erst nach dem Empfang eines Quittungssignals über den rückwärtigen Steuerkanal gesendet werden. Für diese Rückmeldung (Quittung) wird ebenfalls die konstante Verzögerung t_{TD} angenommen.

Die Betriebsweise der Steuerung im Modell steht in Übereinstimmung mit den in Abschnitt 23 gemachten Ausführungen.

Im Simulationsmodell wurde die Abtastung der LC und SC detailliert modelliert. Die Bündel werden im Gegensatz zum realen System nur in bezug auf die Zahl belegter oder freier Leitungen modelliert. Die Belegungszeit je Belegung ist t_h . Das Durchschaltenetz wird als blockierungsfrei angenommen und muss daher hier nicht modelliert werden.

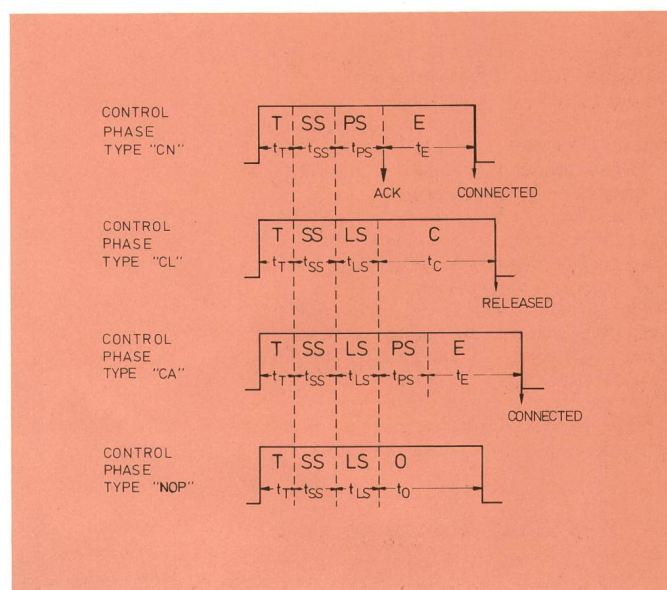


Fig. 7
Die verschiedenen Typen der aktiven Steuerphasen
 Control phase type — Kontrollphasentyp

Connected — Verbunden

Released — Ausgelöst

Self-Test — Eigentest

SS Subscriber circuit scanning — Teilnehmerschaltungsabtastung

PS Path search — Wegesuche

E Throughconnecting — Verbindungsaufbau

ACK Acknowledgement — Quittung

LS Line circuit scanning — Leitungssatzabtastung

C Clear release of a connection — Verbindungsabbau

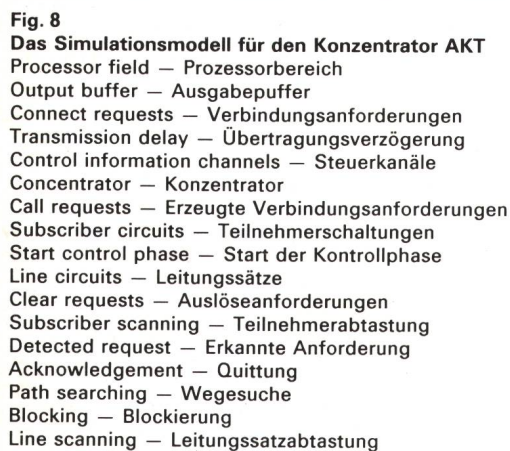
O Overhead — Blindlast

CN Connect request — Terminierende Verbindungsanforderung

CL Clear request — Auslöseanforderung

CA Call request — Erzeugte Verbindungsanforderung

NOP No-Operation — keine Operation



Overhead	— Blindlast
Call establishment	— Verbindungsaufbau
Call clearing	— Verbindungsabbau
End control phase	— Ende der aktiven Phase
All lines busy	— Alle Leitungen belegt
PR0/1	Processor — Prozessor
W _{CA}	Probability that the control has to perform another attempt to serve a call request — Wahrscheinlichkeit für einen weiteren Versuch der Steuerung zur Bedienung eines erzeugten Verbindungswunsches
IB	Input buffer — Eingabepuffer
LC	Line circuit — Leitungssatz
CN	Connect request — Terminierende Verbindungsanforderung
CL	Clear request — Auslöseanforderung
CA	Call request — Erzeugte Verbindungsanforderung
NOP	No-operation — Keine Operation

Das Simulationsprogramm wurde in ALGOL geschrieben und umfasst 13k-Befehle und etwa 1k-Datenworte. Das Programm benützt Code-Prozeduren für zeitaufwendige Simulationsfunktionen. Die Laufzeit für eine grosse Zahl an Testrufen ist ungefähr eine Stunde CPU-Zeit auf einem Rechner mit einer typischen Befehlsausführungszeit von 6 μ s.

Das Ziel der Untersuchungen ist es, charakteristische Verkehrsgrößen der Steuerung zu erhalten. Es werden die folgenden Werte, neben anderen, bestimmt.

$t_{w, CN}$ Mittlere Wartezeit *aller* terminierenden Verbindungswünsche. Diese Zeiten beginnen mit dem Eintrag der Anforderung in den Eingabepuffer IB und enden mit dem Absenden der Quittung.

$t_{w, CL}$ Mittlere Wartezeit *aller* Auslöseanforderungen. Diese Zeiten beginnen mit dem Entstehen einer Auslöseanforderung in den LC und enden mit dem Freischalten der LC. Die Zeit zwischen dem Auflegen des Handapparates und dem Entstehen der Auslöseanforderung im LC ist $t_{D, C}$. Diese Zeit kann als konstant betrachtet werden.

Die Freischaltung des SC, der zu dieser Verbindung gehört, muss während einer SC-Abtastung erfolgen. Aus technischen Gründen ist dies frühe-

stens nach $t_{RS, MIN}$ möglich. Die tatsächliche Zeit zwischen Freischalten des LC und des zugehörigen SC ist t_{RS} . Daher ist die gesamte Zeit zwischen dem Auflegen des Handapparates und dem Freischalten von LC und SC:

$$t_{D, R} = t_{D, C} + t_{w, CL} + t_{RS}$$

$t_{w, CA}$ Mittlere Wartezeit aller erzeugten Verbindungswünsche. Dies ist die Zeit, die ein SC belegt ist, bis ein Weg zu einem freien LC durchgeschaltet ist. In dieser Zeit können mehrere Fehlversuche der Steuerung (falls kein LC frei ist) eingeschlossen sein.

Mit Hilfe dieser Wartezeiten und ihrer zugehörigen Raten (λ_{CN} , λ_{CL} , λ_{CA}) können die Warteschlangenlängen beziehungsweise die mittlere Zahl wartender Anforderungen entsprechend der Formel

$$\text{Mittlere Warteschlangenlänge} = \lambda \cdot t_w$$

bestimmt werden.

Belastung

Die Belastung der Prozessoren PR0 und PR1 ist von besonderem Interesse. Sie hängt von den Raten λ_{CN} , λ_{CL} , λ_{CA} sowie den folgenden Parametern, die durch die Zahl der Leitungen und ihre Belastung bestimmt werden, ab:

- B_{CN} Verlustwahrscheinlichkeit für terminierende Verbindungswünsche.
- W_{CA} Wahrscheinlichkeit, dass die Steuerung einen weiteren Versuch unternehmen muss, um einen erzeugten Verbindungswunsch zu bedienen (falls Leitungen belegt sind). Es wird angenommen, dass alle Rufe warten, bis sie bedient werden.

Im stationären Fall gilt dann

$$\lambda_{CL} = \lambda_{CA} + (1 - B_{CN}) \lambda_{CN}$$

Die mittlere Zahl an Fehlversuchen, die benötigt werden, um einen Ruf zu bedienen, ist

$$\frac{W_{CA}}{1 - W_{CA}}$$

Wenn t_{DC} die mittlere Dauer einer aktiven Phase bezeichnet, so ist $1/t_{DC}$ die (a priori unbekannte) Rate, mit der die aktiven Phasen beginnen. Daher ist die Rate, mit der die LC abgetastet werden,

$$\lambda_{LS} = 1/t_{DC} - (1 - B_{CN}) \lambda_{CN}$$

da eine aktive Phase mit Verbindungsaufbau für terminierende Verbindung (Rate $(1 - B_{CN}) \lambda_{CN}$) die Abtastung der LC innerhalb der gleichen Phase ausschliesst.

Die Rate, mit der Phasen vom Typ CA beginnen, beträgt

$$\lambda_{CA, TOT} = [1/(1 - W_{CA})] \cdot \lambda_{CA}$$

Daher beträgt die Zahl der Phasen vom Typ NOP innerhalb einer gegebenen Zeiteinheit

$$\lambda_{NOP} = \lambda_{LS} - \lambda_{CL} - \lambda_{CA, TOT}$$

Die Belastung Y des Prozessors wird definiert als das Verhältnis der Prozessorzeit für eine bestimmte Aufgabe zu der mittleren Länge einer aktiven Phase:

$$\text{Test } Y_T = t_T/t_{DC}$$

$$\text{Teilnehmerabtastung } Y_{SS} = t_{SS}/t_{DC}$$

Terminierende Verbindungsanforderungen

$$Y_{CN} = \lambda_{CN} [B_{CN} \cdot t_{PS} + (1 - B_{CN}) \cdot (t_{PS} + t_E)]$$

$$\text{Auslöseanforderungen } Y_{CL} = \lambda_{CL} \cdot t_C$$

$$\text{Abtastung der LC } Y_{LS} = \lambda_{LS} \cdot g \cdot t_{LS}$$

$g \cdot t_{LS}$ ist die verkehrsabhängige mittlere Zeit für das Abtasten der LC.

Erzeugte Verbindungsanforderung

$$Y_{CA} = \lambda_{CA} [t_E + (1 + W_{CA})/(1 - W_{CA})t_{PS}]$$

Im Gegensatz hierzu wird die Overhead-Phase nicht als reale Last betrachtet, so dass die effektive Belastung eines aktiven Prozessors während einer Steuerphase sich ergibt zu

$$Y_{PR} = Y_T + Y_{SS} + Y_{CN} + Y_{LS} + Y_{CL} + Y_{CA} = 1 - \lambda_{NOP} \cdot t_0 = 1 - Y_0$$

Nach der Beschreibung der Struktur und Betriebsweise des Modells müssen die stochastischen Eigenschaften der Ankunfts- und Bedienungsprozesse charakterisiert werden.

Es wird angenommen, dass alle Bedienungs- und Übertragungszeiten konstant sind, ausgenommen die Zeit für die Abtastung der LC, die im Simulationsprogramm aus der Abtastdistanz errechnet wird.

Der Ankunftsprozess für erzeugte Verbindungsanforderungen wird als Poisson-Prozess mit Rate λ_{CA} angenommen.

Der Ankunftsprozess für terminierende Verbindungsanforderungen wird ebenfalls als Poisson-Prozess mit Rate

$$\lambda_{CN} = \sum_{i=1}^4 \lambda_{CN, i} \\ \text{mit } \lambda_{CN, 1} = \lambda_{CN, 2} = \lambda_{CN, 3} = \lambda_{CN, 4}$$

angenommen.

Der Ankunftsprozess für Auslöseanforderungen (Rate λ_{CL}) ist ebenfalls ein Poisson-Prozess, da die Belegungszeiten der Leitungen ebenfalls negativ-exponentiell verteilt sind.

Die momentane Rate $\lambda_{CL, MOM}$ ist eine Funktion der Zahl augenblicklich belegter Leitungen Z:

$$\lambda_{CL, MOM} = Z \cdot 1/t_h$$

wobei t_h = mittlere Belegungszeit einer Leitung je Belegung ist.

Die Belastung der Leitung ist

$$Y_{TR} = [\lambda_{CA} + (1 - B_{CN}) \lambda_{CN}] \cdot t_h$$

Tabelle 1 gibt eine Liste der Eingabeparameter zusammen mit den Werten für zwei Konzentratorgrößen (MAXI, MINI).

34 Ergebnisse

Wartezeiten

Figur 9 zeigt die mittleren Wartezeiten der terminierenden Verbindungsanforderungen $t_{w, CN}$ für die Konzen-

Tabelle I. Liste der Eingabeparameter

Eingangsparameter	Maxi	Mini
Anzahl Teilnehmerschaltungen M	8192	1024
Anzahl Leitungssätze N	2048	128
Mittlere Belegungszeit t_h	150 s	150 s
Testzeit T_T	5 ms	5 ms
Abtastzeit für alle SC, t_{SS}	15 ms	3 ms
Wegesuchezeit t_{PS}	8 ms	8 ms
Zeit für den Gesprächsaufbau t_E	25 ms	25 ms
Abtastzeit für alle LC, t_{LS}	8 ms	1 ms
Zeit für Verbindungsabbau t_C	26 ms	26 ms
Blindlastzeit t_0	12 ms	31 ms
Zeit bis zur Auslöseanforderung t_{DC}	178 ms	178 ms
Minimale Zeit zur Freischaltung von SC, $t_{RS \text{ Min}}$	50 ms	50 ms
Mittlere Transferzeit t_{TD}	16 ms	16 ms
Zeit der passiven Phase im Fall eines Fehl- ablaufes	1 ms	1 ms

tratorgrößen MAXI und MINI als Funktion der Anforderungsrate für Verbindungsaufbau

$$\lambda = \lambda_{CN} + \lambda_{CA} \text{ mit } \lambda_{CN} = \lambda_{CA}$$

Die Figuren 10 und 11 zeigen die mittleren Wartezeiten für Auslöseanforderungen $t_{w,CL}$ und die mittleren Wartezeiten für erzeugte Verbindungsanforderungen $t_{w,CA}$.

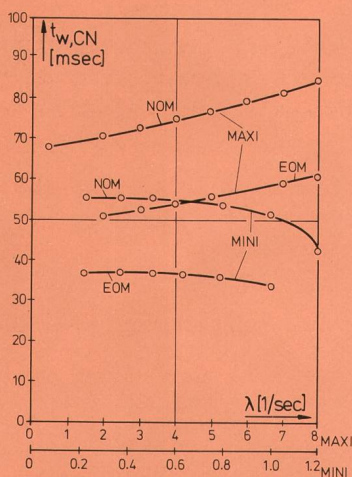


Fig. 9

Mittlere Wartezeit der terminierenden Verbindungsanforderungen

$t_{w,CN}$ Mean waiting time of all connect requests — Mittlere Wartezeit aller terminierenden Verbindungsanforderungen

NOM Normal operation mode — Normaler Ablauf

MAXI Maximal

EOM Error operation mode — Ablauf im Fehlerfall

MINI Minimal

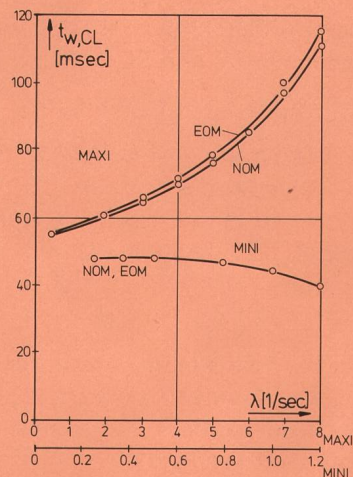


Fig. 10

Mittlere Wartezeit der Auslöseanforderungen

EOM Error operation mode — Ablauf im Fehlerfall

MAXI Maximal

NOM Normal operation mode — Normaler Ablauf

MINI Minimal

$t_{w,CL}$ Mean waiting time of all clear requests — Mittlere Wartezeit aller Auslöseanforderungen

Wie erwartet steigen die mittleren Wartezeiten für die Konzentratorengrößen MAXI mit der Anforderungsrate λ .

Aufgrund der Prioritäten der verschiedenen Anforderungstypen sind die Wartezeiten für terminierende Verbindungsanforderungen die geringsten, die für erzeugte Verbindungsanforderungen die höchsten.

Der Unterschied in den Wartezeiten für terminierende Verbindungsanforderungen $t_{w,CN}$ in der normalen Be-

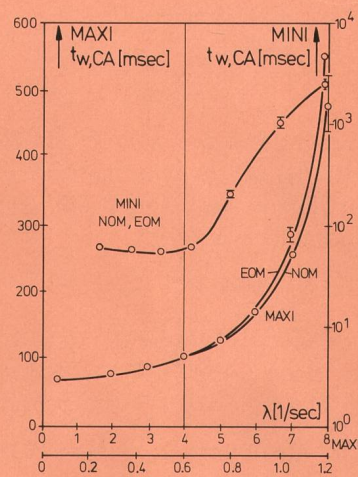


Fig. 11

Mittlere Wartezeit der erzeugten Verbindungsanforderungen

MAXI Maximal

MINI Minimal

$t_{w,CA}$ Mean waiting time of all call requests — Mittlere Wartezeit aller erzeugten Verbindungswünsche

NOM Normal operation mode — Normaler Ablauf

EOM Error operation mode — Ablauf im Fehlerfall

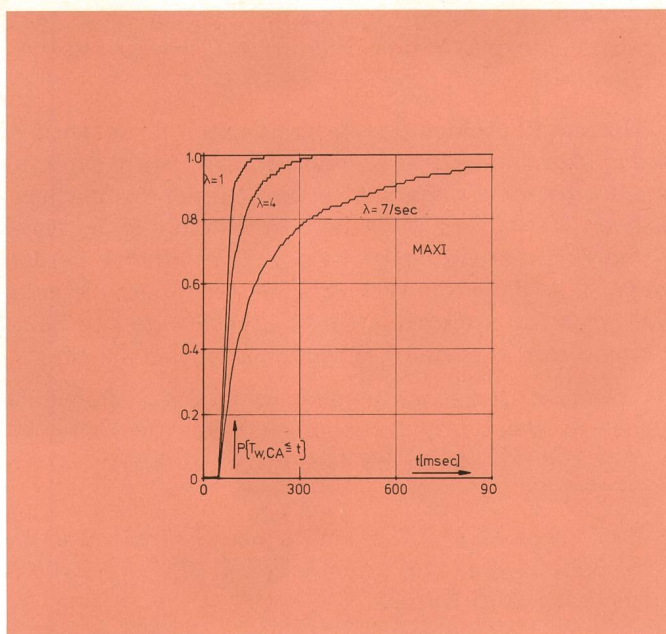


Fig. 12
Verteilungsfunktion der Wartezeiten der erzeugten Verbindungsanforderungen
MAXI Maximal
 $T_{W, CA}$ Waiting time of all call requests — Wartezeit aller erzeugten Verbindungswünsche

triebsweise (NOM) und im Fehlerfall (EOM) beruht darauf, dass in der Betriebsart NOM jeder Prozessor nur die Hälfte aller terminierenden Verbindungsanforderungen bearbeiten kann (PRO die Anforderungen von den Ebenen 1+2, PR1 aus den Ebenen 3+4), im Betriebsfall EOM aber jeder Prozessor jede terminierende Verbindungsanforderung bearbeiten kann.

Figur 12 zeigt die Verteilungsfunktion der Wartezeiten der erzeugten Verbindungsanforderungen $P\{T_{W, CA} \leq t\}$ für die Raten $\lambda=1, 4, 7$ je Sekunde im Falle der Konzentratorgrosse MAXI.

Im Falle der Konzentratorgrosse MINI fallen die Wartezeiten für terminierende und Auslöseanforderungen mit steigendem λ .

Zur Erklärung dieses Phänomens zeigt Figur 13 die Verlustwahrscheinlichkeit für terminierende Verbindungsanforderungen (B_{CN}) und die Wahrscheinlichkeit, dass eine erzeugte Verbindungsanforderung nicht bedient wird (W_{CA}).

Für Werte von $\lambda > 0,5$ steigt die Wahrscheinlichkeit steil an, dass alle Leitungen belegt sind. Aus diesem Grund nimmt die mittlere Länge einer aktiven Phase ab.

Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die normalen Betriebswerte für λ im Falle der Grösse MAXI bei 4 und im Falle der Grösse MINI bei 0,5 liegen.

Figur 14 zeigt die Belastung des Prozessors Y_{PR} als Funktion von λ für die Grösse MAXI und MINI.

Die Belastung des Prozessors ist für $\lambda=0$ entsprechend der Definition und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass nur Phasen des Typs NOP durchgeführt werden

$$Y_{PR} = \frac{t_T + t_{SS} + t_{LS}}{t_T + t_{SS} + t_{LS} + t_0}$$

das heisst, für die Grösse MAXI $28/40 = 0,7$ und für die Grösse MINI $9/40 = 0,225$.

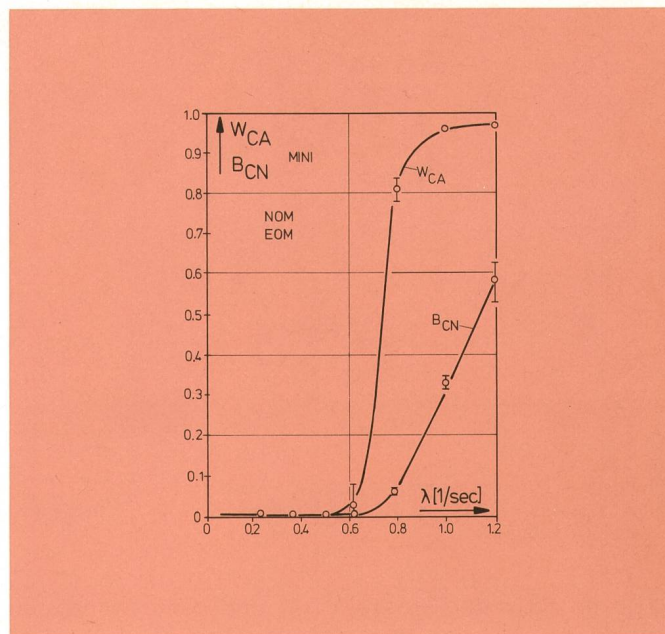


Fig. 13
Verlust- und Wiederholwahrscheinlichkeit für terminierende beziehungsweise erzeugte Verbindungsanforderungen
MINI Minimal
NOM Normal operation mode — Normaler Ablauf
EOM Error operation mode — Ablauf im Fehlerfall
 W_{CA} Probability that the control has to perform another attempt to serve a call request — Wahrscheinlichkeit für einen weiteren Versuch der Steuerung zur Bedienung eines erzeugten Verbindungswunsches
 B_{CN} Probability of loss for connect requests — Verlustwahrscheinlichkeit für terminierende Verbindungswünsche

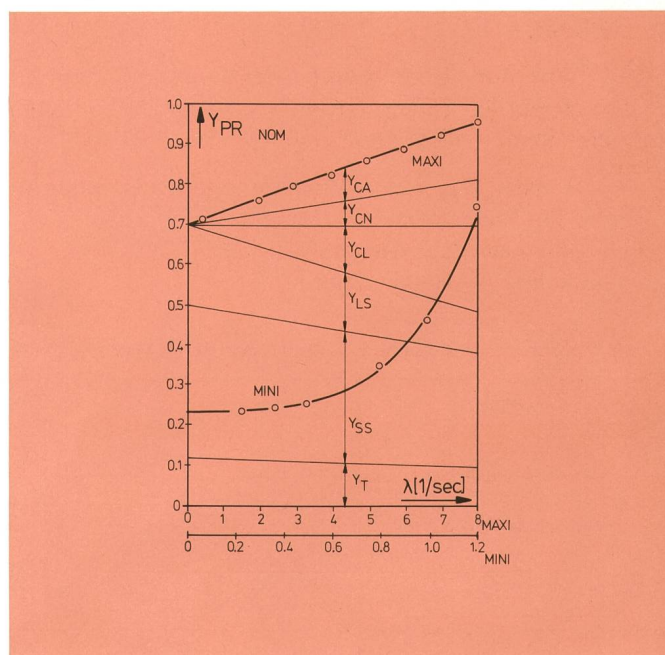


Fig. 14
Belastung der Steuerung
 Y_{PR} Load of an active processor — Belastung eines aktiven Prozessors
NOM Normal operation mode — Normaler Ablauf
MAXI Maximal
 Y_{CA} Load of call request — Belastung durch erzeugte Verbindungsanforderungen
 Y_{CN} Load of connect request — Belastung durch terminierende Verbindungsanforderungen
 Y_{CL} Load of clear request — Belastung durch Auslöseanforderungen
 Y_{LS} Load of line circuit scanning — Belastung durch Leitungssatzabtastung
MINI Minimal
 Y_{SS} Load of subscriber circuit scanning — Belastung durch Teilnehmerschaltungsabtastung
 Y_T Load of selftesting program — Belastung durch Selbsttests

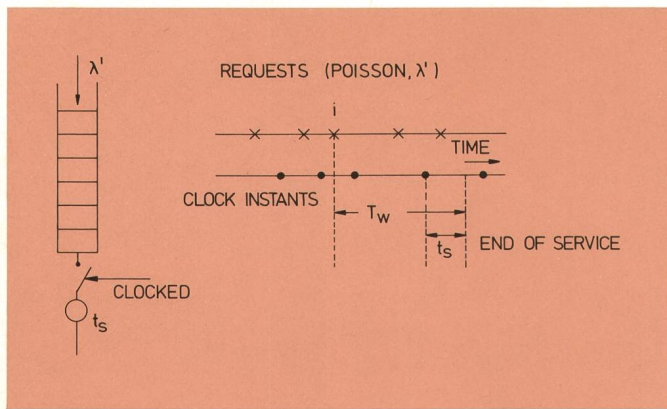


Fig. 15
Rechenmodell 1
 Requests — Anforderungen
 Clock instants — Rufzeiten
 Time — Taktzeitpunkte
 Clocked — Getaktet
 End of service — Ende der Bedienung

Da im Falle der Grösse MAXI und der betrachteten Werte von λ , B_{CN} und W_{CA} gleich 0 sind, ist Y_{PR} eine lineare Funktion von λ .

Im Falle der Grösse MINI steigt Y_{PR} ebenfalls linear mit λ , solange keine Verluste oder Wiederholungen auftreten.

Des weiteren ist die Gesamtbelastung Y_{PR} in die einzelnen Teile entsprechend den einzelnen Aufgaben aufgeteilt (Abschnitt 33).

4 Untersuchung mit Hilfe der Rechnung

41 Modell 1

Das erste Modell, mit dem interessierende Parameter bestimmt werden sollen, ist ein Warteschlangenmodell mit einer Bedienungseinheit (Fig. 15) mit

- einer Klasse (Typ) von Anforderungen, die entsprechend der FIFO-Strategie abgearbeitet werden
- Poisson-Ankunftsprozess mit Rate λ'
- unendlichem Wartespeicher

- taktweiser Abfertigung mit allgemein verteilten Taktabständen mit Mittelwerten τ und Variationskoeffizienten v .

Um die Prioritäten der Anforderungen im realen System (Abschnitt 22) zu berücksichtigen, wird ein konstanter Faktor p eingeführt. p wird mit der Wahrscheinlichkeit identifiziert, dass im betrachteten Taktintervall keine Anforderung höherer Priorität bearbeitet werden muss. p ist daher die Wahrscheinlichkeit, dass die erste wartende Anforderung in der Warteschlange ihre Bearbeitung zum nächsten Taktzeitpunkt beginnen kann.

Wenn die Bedienung beginnt, endet die Bedienungsphase in jedem Fall vor dem nächsten Taktzeitpunkt, wobei eine konstante Bedienungszeit t_s angenommen wird (Fig. 15).

Die Wahrscheinlichkeit p muss jeweils für die drei verschiedenen Typen von Anforderungen (CN, CL, CA) berechnet werden (Tab. II).

Die folgenden Parameter können berechnet werden:

- Wahrscheinlichkeit, dass die Warteschlangenlänge Q kurz vor einem Taktzeitpunkt grösser ist als 0

$$P(Q > 0) = \lambda' \tau / p$$

- mittlere Warteschlangenlänge $E(Q)$ kurz vor einem Taktzeitpunkt

$$E(Q) = \frac{\lambda' \tau [2 - \lambda' \tau (1 - v^2)]}{2(p - \lambda' \tau)}$$

- mittlere Wartezeit t_w . Die Wartezeit einer Anforderung beginnt mit dem Eintrag der Anforderung in die Warteschlange und endet nach der Bedienung dieser Anforderung

$$t_w = \frac{\tau [2 - p(1 - v^2)]}{2(p - \lambda' \tau)} + t_s$$

Um die Parameter für die Konzentradorsteuerung zu berechnen, werden die folgenden Gleichungen für t_s angenommen (Fig. 7 und Tab. I):

Tabelle II. Formeln zur Berechnung charakteristischer Werte (Grösse MAXI, Zeiten in ms)

Art der Anforderung	Ablaufart	Parameter				Charakteristische Werte aus der Gleichung
		λ'	τ	t_s	p	
CN Terminierende Verbindungen	NOM Normaler Ablauf	$\frac{\lambda}{4}$	$2t_{DC}$	28	1	$P(Q > 0) = P_{CN} = \frac{\lambda t_{DC}}{2}$
						$t_{w,CN} = \frac{t_{DC}}{1 - \lambda t_{DC}/2} + t_s$
CN Terminierende Verbindungen	EOM Ablauf im Fehlerfall	$\frac{\lambda}{2}$	t_{DC}	28	1	$P(Q > 0) = P_{CN} = \frac{\lambda t_{DC}}{2}$
						$t_{w,CN} = \frac{t_{DC}}{2(1 - \lambda t_{DC}/2)} + t_s$
CL Auslöseanforderungen	NOM Normaler Ablauf	λ	t_{DC}	30	$1 - P_{CN}$	$P(Q > 0) = P_{CL} = \frac{\lambda t_{DC}}{1 - \lambda t_{DC}/2}$
						$t_{w,CL} = \frac{t_{DC}(1 + \lambda t_{DC}/2)}{2 - 3\lambda t_{DC}} + t_s$
CA Erzeugte Verbindungsanforderungen	NOM Normaler Ablauf	$\frac{\lambda}{2}$	t_{DC}	56	$(1 - P_{CN})(1 - P_{CL})$	$P(Q > 0) = P_{CA} = \frac{\lambda t_{DC}}{2 - 3\lambda t_{DC}}$
						$t_{w,CA} = \frac{t_{DC}(1 + 3\lambda t_{DC}/2)}{2(1 - 2\lambda t_{DC})} + t_s$

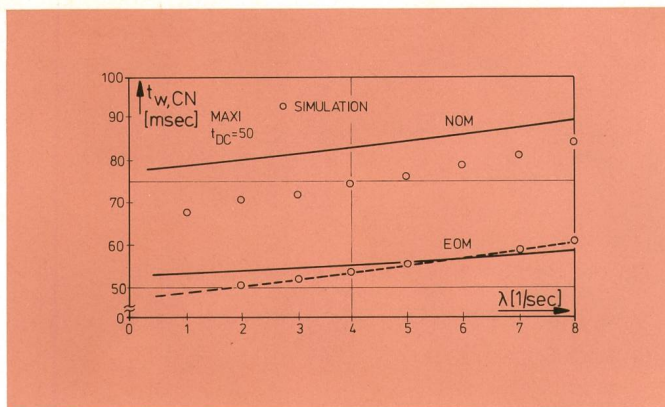


Fig. 16

Mittlere Wartezeiten der terminierenden Verbindungsanforderungen

$t_{w,CN}$ Mean waiting time of all connect requests — Mittlere Wartezeit aller terminierenden Verbindungsanforderungen

MAXI Maximal

NOM Normal operation mode — Normaler Ablauf

EOM Error operation mode — Ablauf im Fehlerfall

t_{DC} Mean duration of an active control phase — Mittlere Dauer einer aktiven Phase

- für CN-Anforderungen $t_{s,CN} = t_T + t_{SS} + t_{PS}$
- für CL-Anforderungen $t_{s,CL} = t_{LS}/2 + t_C$
- für CA-Anforderungen $t_{s,CA} = t_{SS} + t_{LS} + t_{PS} + t_E$

Der Variationskoeffizient wird im folgenden vernachlässigt.

Tabelle II zeigt die Formeln zur Berechnung der Parameter für die drei Anforderungstypen CN, CL, CA.

Die Figuren 16...18 zeigen die berechneten Werte (durchgezogene Linien) und die Simulationen (Kreise) für die Wartezeiten $t_{w,CN}$, $t_{w,CL}$, $t_{w,CA}$.

Die für die Dauer einer aktiven Phase gewählten Werte t_{DC} sind ebenfalls eingetragen. Die Diagramme zeigen für dieses einfache Rechenmodell 1 bereits eine gute Übereinstimmung mit den simulierten Werten. Die gestrichelt eingetragenen Kurven wurden mit einem etwas verfeinerten Rechenmodell 2 gewonnen, das im folgenden besprochen wird.

42 Modell 2

Das zweite Rechenmodell (Fig. 19) ist ein Standard-Prioritätsmodell mit vier (nicht unterbrechenden) Prioritätsklassen.

Dieses Modell hat, verglichen mit dem umfangreichen Simulationsmodell, die folgenden Eigenschaften:

- es berücksichtigt im Detail die
 - variable Länge einer aktiven Steuerphase
 - Prioritäten
 - verkehrsabhängige Overhead-Phasen
- es approximiert
 - den variablen (verkehrsabhängigen) Zeitbedarf für das Abtasten der LC
 - unterschiedliche Ankunftsprozesse für CN-, CL-, CA-Anforderungen

Es vernachlässigt die Einflüsse, die aufgrund «gassenbelegt» im Fall von CN- und CA-Anforderungen auftreten.

Jede der vier Klassen des Prioritätsmodells hat einen Poisson-Ankunftsprozess mit der Rate λ_i , mittlerer Bedienungszeit h_i , Variationskoeffizient c_{Hi} und angebotenen Verkehr $A_i = \lambda_i \cdot h_i$, $i = 1...4$.

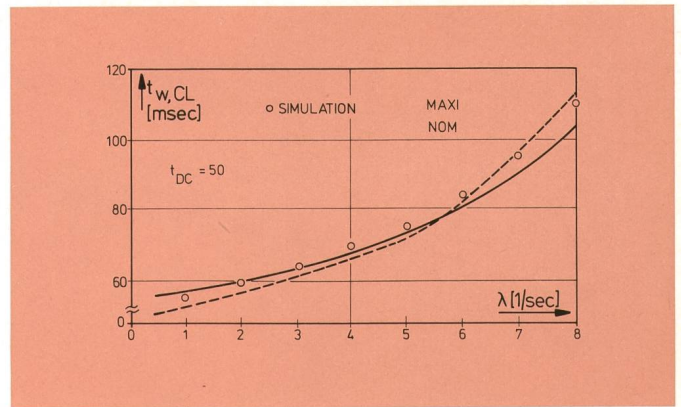


Fig. 17

Mittlere Wartezeit der Auslöseanforderungen

$t_{w,CL}$ Mean waiting time of all clear requests — Mittlere Wartezeit aller Auslöseanforderungen

MAXI Maximal

NOM Normal operation mode — Normaler Ablauf

t_{DC} Mean duration of an active control phase — Mittlere Dauer einer aktiven Phase

Es gilt (Fig. 19)

$$\lambda_1 = \lambda_{CN}$$

$$h_1 = t_T + t_{SS} + t_{PS} + t_E$$

$$\lambda_2 = \lambda_{CL}$$

$$h_2 = t_T + t_{SS} + k \cdot t_{LS} + t_C$$

$k \cdot t_{LS}$ ($k \leq 1$) stellt den mittleren Zeitbedarf für das Abtasten der LC dar.

Es ist bekannt, daß $k=0,5$ ist für $\lambda \rightarrow 0$. Nimmt man an, dass unter normalen Umständen die Wahrscheinlichkeit, dass mehr als eine Anforderung wartet, gering ist, so kann man $k=0,5$ auch für den allgemeinen Fall wählen.

Für den Fall einer aktiven Steuerphase des Typs CA ist t_{LS} die Zeitdauer für das Abtasten, daher gilt

$$\lambda_3 = \lambda_{CA}$$

$$h_3 = t_T + t_{LS} + t_{PS} + t_E$$

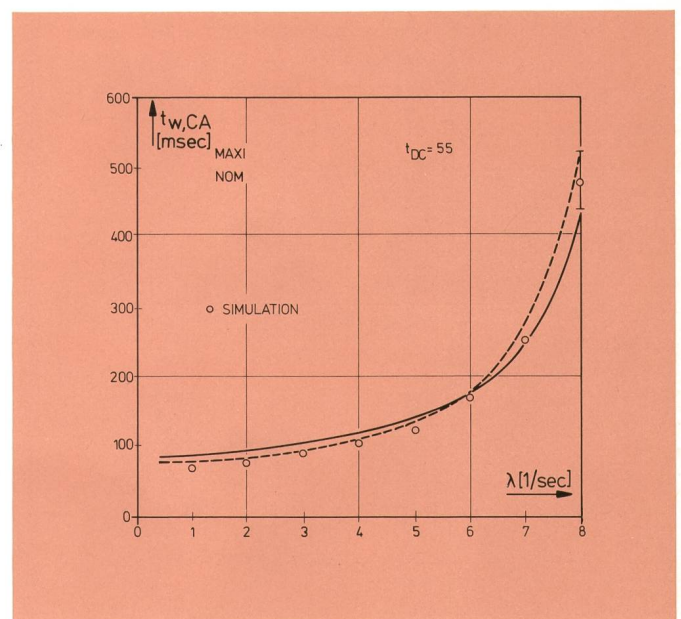


Fig. 18

Mittlere Wartezeit der erzeugten Verbindungsanforderungen

$t_{w,CA}$ Mean waiting time of all call requests — Mittlere Wartezeit aller erzeugten Verbindungswünsche

MAXI Maximal

NOM Normal operation mode — Normaler Ablauf

t_{DC} Mean duration of an active control phase — Mittlere Dauer einer aktiven Phase

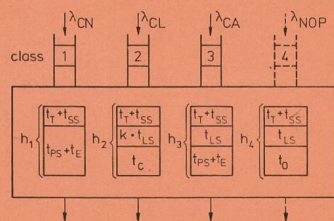


Fig. 19
Rechenmodell 2
Class — Klasse

CN	Connect request — Terminierende Verbindungsanforderung
CL	Clear request — Auslöseanforderung
CA	Call request — Erzeugte Verbindungsanforderung
NOP	No-operation — Keine Operation
t_T	Selftesting time — Selbsttestzeit
t_{SS}	Subscriber circuit scanning time — Teilnehmerschaltungsabstastungszeit
t_{PS}	Path search time — Wegesuchezeit
t_E	Throughconnecting time — Verbindungsaufbauzeit
t_{LS}	Line circuit scanning time — Leitungssatzabstastungszeit
t_C	Time for clear of a connection — Verbindungsabbauzeit
t_O	Overhead time — Blindlastzeit

Die zusätzliche, fiktive Klasse 4 (NOP-Anforderungen) modelliert die Phasen mit Overhead. Entsprechend dem beschriebenen Mechanismus muss λ_4 so gewählt werden, dass der Prozessor immer belegt ist; daher

$$A = \sum_{i=1}^4 A_i = 1 \text{ oder } A_4 = \lambda_4 h_4 = 1 - (A_1 + A_2 + A_3)$$

Deshalb gilt

$$\lambda_4 = \lambda_{NOP}$$

$$h_4 = t_T + t_{SS} + t_{LS} + t_O$$

Mit Hilfe dieser Formeln kann für den stationären Fall die Rate der erfolgreichen Verbindungswünsche, die von der Konzentratorensteuerung maximal bearbeitet werden können, berechnet werden:

$$\lambda_4 = 0 \text{ oder } A_1 + A_2 + A_3 \leq 1$$

Da angenommen wird, dass $B_{CN} = W_{CA} = 0$ ist, gilt

$$\lambda_{CL} = \lambda_{CN} + \lambda_{CA}$$

Daher

$$\lambda_{CN}(t_T + t_{SS} + t_{PS} + t_E) + (\lambda_{CA} + \lambda_{CN})(t_T + t_{SS} + t_{LS}/2 + t_C) + \lambda_{CA}(t_T + t_{SS} + t_{LS} + t_{PS} + t_E) = 1$$

Für die Konzentratorengrösse «MAXI» gilt

$$\lambda_{CN} \cdot 103 \text{ ms} + \lambda_{CA} \cdot 111 \text{ ms} = 1$$

oder für $\lambda_{CN} = \lambda_{CA} = \lambda/2$

$$\lambda_{MAX} = 9,35 \text{ Verbindungen je Sekunde}$$

Es sind daher 33660 erfolgreiche Hauptverkehrsstundenrufe im stationären Grenzfall möglich.

Nach COBHAM [8] gilt für die mittleren Wartezeiten (Erwartungswerte, ohne Bedienungszeiten):

$$T_{W1} = \frac{\sum_{i=1}^4 A_i (1 + c_{Hi}^2) h_i}{2(1 - A_1)}$$

$$T_{W2} = \frac{T_{W1}}{1 - A_1 - A_2}$$

$$T_{W3} = \frac{1 - A_1}{1 - A_1 - A_2 - A_3} \cdot T_{W2}$$

Da die Bedienungszeiten konstant sind, gilt $c_{Hi} = 0$.

Weiterhin wird angenommen, dass $B_{CN} = W_{CA} = 0$ ist und dass $\lambda_{CN} = \lambda_{CA}$ ist.

Daher gilt

$$\lambda_{CN} = \lambda/2$$

$$\lambda_{CL} = \lambda$$

$$\lambda_{CA} = \lambda/2$$

Die Bestimmung der charakteristischen Verkehrsgrößen aus den Wartezeiten des Modells muss berücksichtigen, bis zu welchem Zeitpunkt innerhalb einer aktiven Steuerphase die einzelnen Arten von Anforderungen im realen Fall noch bearbeitet werden können.

- Die mittlere Wartezeit $t_{w,CN}$ für CN-Anforderungen ist entsprechend

$$t_{w,CN} = T_{W1} + t_T + t_{SS} + t_{PS}$$

- Mittlere Wartezeit $t_{w,CL}$ für CL-Anforderungen

Die CL-Anforderung wird im realen System während der LC-Abtastung erkannt

$$t_{w,CL} = T_{W2} + t_{LS}/2 + t_C$$

- Mittlere Wartezeit $t_{w,CA}$ für CA-Anforderungen

$$t_{w,CA} = T_{W3} + t_{SS} + t_{LS} + t_{PS} + t_E$$

Die berechneten Werte sind für die Grösse MAXI in den Figuren 16...18 gestrichelt eingetragen.

Adresse der Autoren: Manfred Witzgall, c/o SEL, Hellmuth-Hirth-Strasse 42, D-7000 Stuttgart. Wolfgang Kraemer, c/o IBM Deutschland GmbH, Entwicklung und Forschung, Schönaicherstrasse 220, D-7071 Böblingen. Josef Mayer, c/o Siemens-Albis AG, Albisriederstrasse 245, 8047 Zürich.

Bibliographie

- [1] Sutter W. Die Systemgrundlagen des Integrierten Fernmeldesystems IFS. Bern, Techn. Mitt. PTT, 55 (1977) 9, S. 398...410.
- [2] Waas O. Periphere Prozessoren im Integrierten Fernmeldesystem IFS1. Zürich, Bull. SEV, 67 (1976) 18, S. 969.
- [3] Buser M. S. IFS, das Integrierte Fernmeldesystem. Zürich, Siemens-Albis Berichte 29 (1977) 1/2, S. 3.
- [4] Bachmann A. E. and Loréan R. P. Integrated Digital Telecommunications System. Eurocon, October 1971, paper B8-3.
- [5] Wuhrmann K. E. The IFS-1 PCM Integrated Telecommunications System. Bern, Techn. Mitt. PTT, 53 (1975) 1, S. 32...41.
- [6] Herheuser R. Independent network planes to secure operation of Integrated Telecommunication System IFS-1. Proc. World. Telecom, Geneva, Forum, 1975, paper 2.2.1.
- [7] Beesley K. E. The Foundation of System IFS-1. Boston, International Switching Symposium (June 1972), S. 55.
- [8] Cobham A. Priority assignment in waiting line problems. Operations Research 2 (1954), S. 70...76.