**Zeitschrift:** Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und

Telegrafenbetriebe = 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 Telegrafenbetriebe

**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 auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

# **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

# 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF: 27.11.2025** 

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

# Über die Untersuchung des Steuerdatenflusses im Analogkonzentrator des Systems IFS<sup>1</sup>

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 Kom-IFS munikationssystems 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 riquardi 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 Wahleinheiten 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

# 21 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.

# 22 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.

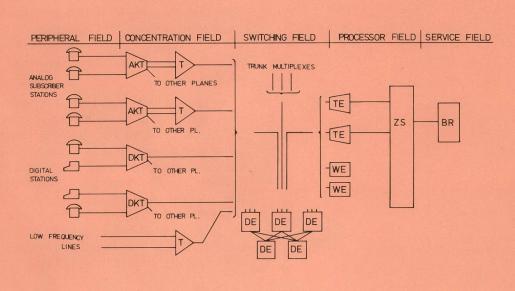


Fig. 1
IFS Netzstruktur einer Ebene
Peripheral field — Peripherer Bereich
Concentration field — Konzentrationsbereich
Switching field — Durchschaltenetzwerk
Processor field — Prozessorbereich
Service field — Betriebsrechnerbereich
Analog subscriber stations — Analoge Teilnehmerapparate
To other planes — Zu den anderen Ebenen
Trunk multiplexes — Multiplexleitungen
Digital stations — Digitale Apparate

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

- «Terminierende» Verbindungsanforderungen (CN).
 Für den Aufbau einer terminierenden Verbindung

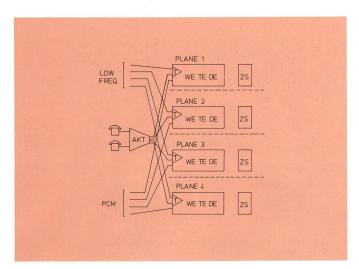


Fig. 2
Die Mehrebenenstruktur des Systems IFS
Plane — Ebene

Low frequence — Niederfrequenz T Terminal — Terminal

WE Register unit — Wahleinheit TE Telegram unit — Telegramme

TE Telegram unit — Telegrammeinheit
DE Digital switching unit — Durchschalteeinheit

ZS Central processor — Zentralsteuerung
AKT Analg concentrator — Analogkonzentrator
PCM Pulse code modulation — Pulscodemodulation

Low frequency lines — Niederfrequenzleitungen

AKT Analog concentrator — Analogkonzentrator

T Terminal — Terminal

DKT Digital concentrator — Digitalkonzentrator

TE Telegram unit — Telegrammeinheit

ZS Central processor — Zentralsteuerun

ZS Central processor — Zentralsteuerung
BR Maintenance center computer — Betriebsrechner

WE Register unit - Wahleinheit

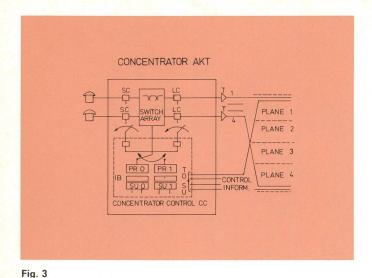
DE Digital switching unit — Durchschalteeinheit

(Verbindung zu einem gerufenen B-Teilnehmer) zu dem betrachteten Konzentrator 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 Konzentratorsteuerung (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 endigt 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



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

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  $[N+y-(x+1)+1]_{modN}$ ).

 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 *Figur 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»

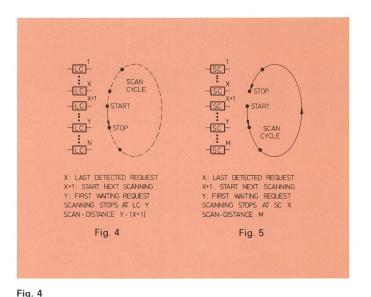
Jeder der beiden Prozessoren der Konzentratorsteuerung kann in einer «aktiven» und einer «passiven» Steuerphase sein. Ist ein Prozessor aktiv, so ist der andere jeweils passiv. Der Zugriff zum Koppelnetz kann nur während einer aktiven Phase erfolgen. In einer aktiven Phase wird eine Aufgabensequenz, 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).



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

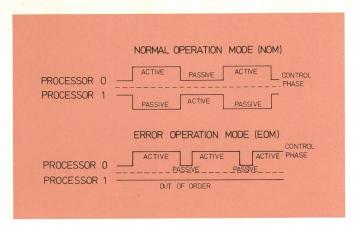


Fig. 6
Das Steuerphasenprinzip
Normal operation mode (NOM) — Normaler Ablauf
Processor — Prozessor
Active — Aktiv
Passive — Passiv
Control phase — Steuerphase
Error operation mode (EOM) — Ablauf im Fehlerfall
Out of order — Ausgefallen

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<sub>PS</sub> 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  $t_{\text{E}}$ . 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<sub>C</sub> 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<sub>E</sub>) 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 Konzentratorsteuerung als Warteschlangenmodell. Da in der normalen Betriebsweise NOM nur ein Prozessor während einer Steuerphase aktiv ist, ist nur ein Prozessor gezeichnet.

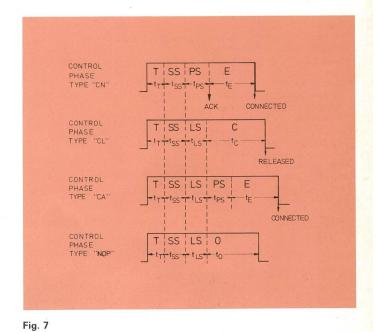
Dieser Prozessor repräsentiert

- 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  $\lambda_{\text{CN,i}}$  eingetragen werden. Die Übertragungsverzögerung von Steuerinformationen vom Ausgabepuffer zum IB des Konzentrators wird mit Hilfe der konstanten Wartezeit  $t_{\text{TD}}$  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  $t_{\text{TD}}$  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 th. Das Durchschaltenetz wird als blockierungsfrei angenommen und muss daher hier nicht modelliert werden.

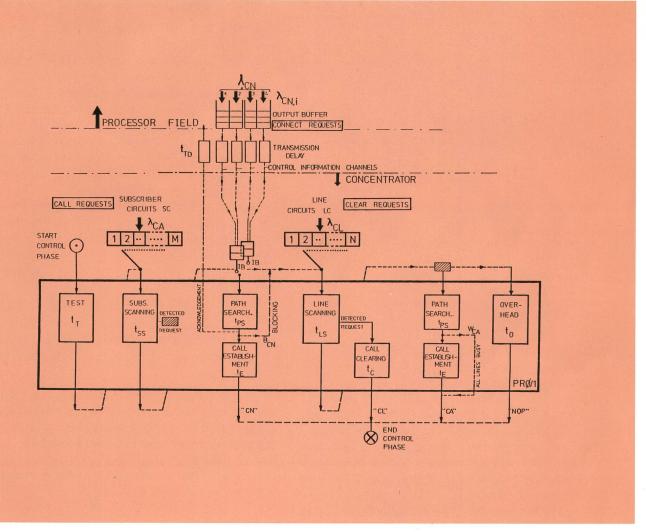


Die verschiedenen Typen der aktiven Steuerphasen Control phase type - Kontrollphasetyp Connected - Verbunden Released - Ausgelöst Self-Test - Eigentest Subscriber circuit scanning — Teilnehmerschaltungsabtastung SS PS Path search - Wegesuche Throughconnecting — Verbindungsaufbau F ACK Acknowledgement - Quittung LS Line circuit scanning — Leitungssatzabtastung Clear release of a connection — Verbindungsabbau 0 Overhead - Blindlast CN Connect request — Terminierende Verbindungsanforderung

CA Call request — Erzeugte Verbindungsanforderung NOP No-Operation — keine Operation

Clear request - Auslöseanforderung

CL



Das Simulationsmodell für den Konzentrator AKT Processor field - Prozessorbereich Output buffer — Ausgabepuffer Connect requests — Verbindungsanforderungen Transmission delay — Übertragungsverzögerung Control information channels - Steuerkanäle Concentrator - Konzentrator Call requests — Erzeugte Verbindungsanforderungen Subscriber circuits — Teilnehmerschaltungen Start control phase - Start der Kontrollphase Line circuits - Leitungssätze Clear requests - Auslöseanforderungen Subscriber scanning — Teilnehmerabtastung Detected request - Erkannte Anforderung Acknowledgement - Quittung Path searching - Wegesuche Blocking - Blockierung Line scanning - Leitungssatzabtastung

# 32 Das Simulationsprogramm

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  $\mu s.$ 

# 33 Definition charakteristischer Verkehrsgrössen

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

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<sub>CA</sub> 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

# Wartezeiten:

t<sub>w, CN</sub> 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<sub>w, CL</sub> 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<sub>D, C</sub>. 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<sub>RS, MIN</sub> möglich. Die tatsächliche Zeit zwischen Freischalten des LC und des zugehörigen SC ist t<sub>RS</sub>. 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<sub>w, CA</sub> 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 ( $\lambda_{CN}$ ,  $\lambda_{CL}$ ,  $\lambda_{CA}$ ) können die Warteschlangenlängen beziehungsweise die mittlere Zahl wartender Anforderungen entsprechend der Formel

Mittlere Warteschlangenlänge = λ·t<sub>w</sub>

bestimmt werden.

Belastung

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

B<sub>CN</sub> Verlustwahrscheinlichkeit für terminierende Verbindungswünsche.

W<sub>CA</sub> 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: Test  $Y_T = t_T/t_{DC}$ 

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

Terminierende Verbindungsanforderungen

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

Auslöseanforderungen  $Y_{CL} = \lambda_{CL} \cdot t_{C}$ 

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  $\lambda_{CA}$  angenommen.

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

$$\begin{array}{c} \lambda_{CN} = \sum\limits_{i=1}^{4} \lambda_{CN,\,i} \\ \text{mit } \lambda_{CN,\,1} = \lambda_{CN,\,2} = \lambda_{CN,\,3} = \lambda_{CN,\,4} \end{array}$$

angenommen.

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

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

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

wobei  $t_h = \text{mittlere Belegungszeit einer Leitung je Belegung ist.}$ 

Die Belastung der Leitung ist

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

Tabelle I 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 tw., 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 <sub>h</sub>	150 s	150 s	
Testzeit T t <sub>T</sub>	5 ms	5 ms	
Abtastzeit für alle SC, t <sub>SS</sub>	15 ms	3 ms	
Wegesuchezeit t <sub>PS</sub>	8 ms	8 ms	
Zeit für den Gesprächsaufbau t <sub>E</sub>	25 ms	25 ms	
Abtastzeit für alle LC, t <sub>LS</sub>	8 ms	1 ms	
Zeit für Verbindungsabbau t <sub>C</sub>	26 ms	26 ms	
Blindlastzeit t <sub>0</sub>	12 ms	31 ms	
Zeit bis zur Auslöseanforderung t <sub>DC</sub>	178 ms	178 ms	
Minimale Zeit zur Freischaltung von SC, $t_{\text{RS Min}}$	50 ms	50 ms	
Mittlere Transferzeit t <sub>TD</sub>	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  $t_{w,\,CA}$ .

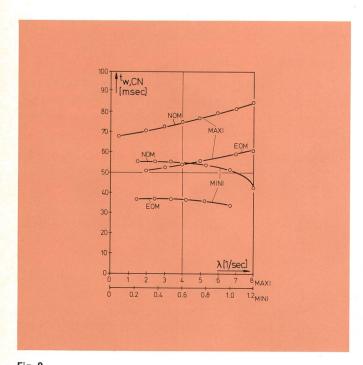


Fig. 9 Mittlere Wartezeit der terminierenden Verbindungsanforderungen

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

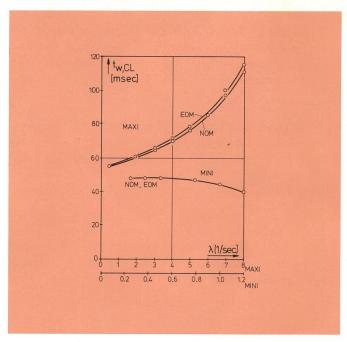


Fig. 10
Mittlere Wartezeit der Auslöseanforderungen

EOM Error operation mode — Ablauf im Fehlerfall

MAXI Maximal

NOM Normal operation mode - Normaler Ablauf

MINI Minimal

 $t_{w,\text{CL}}$  Mean waiting time of all clear requests - Mittlere Wartezeit

aller Auslöseanforderungen

Wie erwartet steigen die mittleren Wartezeiten für die Konzentratorgrössen MAXI mit der Anforderungsrate  $\lambda$ .

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-

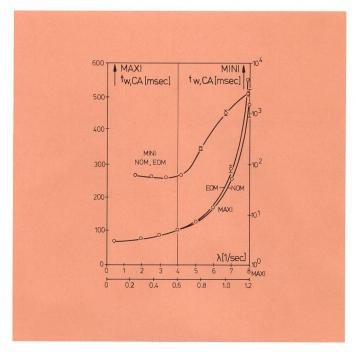


Fig. 11
Mittlere Wartezeit der erzeugten Verbindungsanforderungen

MAXI Maximal

MINI Minima

 $t_{w,\text{CA}}$  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

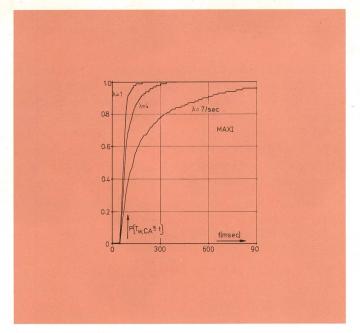


Fig. 12 Verteilungsfunktion der Wartezeiten der erzeugten Verbindungsanforderungen

MAXI Maximal

T<sub>W, CA</sub> Waiting time of all call requests — Wartezeit aller erzeugten Verbindungswünsche

triebsweise (NOM) und im Fehlerfalle (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 $\{T_{W, CA} \le t\}$  für die Raten  $\lambda = 1,4,7$  je Sekunde im Falle der Konzentratorgrösse MAXI.

Im Falle der Konzentratorgrösse MINI fallen die Wartezeiten für terminierende und Auslöseanforderungen mit steigendem  $\lambda$ .

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  $\lambda$  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  $\lambda$  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

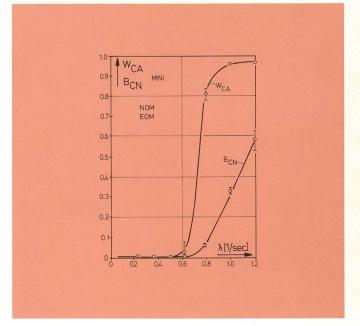


Fig. 13 Verlust- und Wiederholwahrscheinlichkeit für terminierende beziehungsweise erzeugte Verbindungsanforderungen

MINI Minimal

NOM Normal operation mode — Normaler Ablauf

EOM Error operation mode — Ablauf im Fehlerfall

W<sub>CA</sub> 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<sub>CN</sub> Probability of loss for connect requests — Verlustwahrscheinlichkeit für terminierende Verbindungswünsche

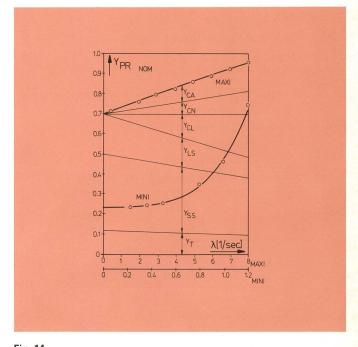


Fig. 14 Belastung der Steuerung

Y<sub>PR</sub> Load of an active processor — Belastung eines aktiven Prozessors

NOM Normal operation mode — Normaler Ablauf

MAXI Maximal

V<sub>CA</sub> Load of call request — Belastung durch erzeugte Verbindungsanforderungen

Y<sub>CN</sub> Load of connect request — Belastung durch terminierende Verbindungsanforderungen

Y<sub>CL</sub> Load of clear request — Belastung durch Auslöseanforderungen

Y<sub>LS</sub> Load of line circuit scanning — Belastung durch Leitungssatzabtastung

MINI Minimal

Y<sub>SS</sub> Load of subscriber circuit scanning — Belastung durch Teilnehmerschaltungsabtastung

 $Y_T$  Load of selftesting program — Belastung durch Selbsttests

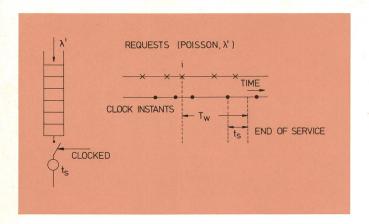


Fig. 15
Rechenmodell 1
Requests — Anforderungen
Clock instants — Rufzeiten
Time — Taktzeitpunkte

Clocked — Getaktet End of service — Ende der Bedienung

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

Im Falle der Grösse MINI steigt  $Y_{PR}$  ebenfalls linear mit  $\lambda$ , 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  $\tau$  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  $t_{\rm S}$  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 O

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

 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<sub>w</sub>. 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 Konzentratorsteuerung zu berechnen, werden die folgenden Gleichungen für  $t_{\rm S}$  angenommen (Fig. 7 und Tab. I):

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

Art der Anforderung	Ablaufsart	Parameter			8	Charakteristische Werte
		λ'	τ	t <sub>s</sub>	р	aus der Gleichung
CN Terminierende Verbindun- gen	NOM Normaler Ablauf	$\frac{\lambda}{4}$	2t <sub>DC</sub>	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 Verbindun- gen	EOM Ablauf im Fehlerfall	$\frac{\lambda}{2}$	t <sub>DC</sub>	28	1	$P(Q > O) = P_{CN} = \frac{\lambda t_{DC}}{2}$
<b>3</b> 0					8	$t_{w,CN} = \frac{t_{DC}}{2(1-\lambda t_{DC}/2)} + t_s$
CL Auslöseanforderungen	NOM Normaler Ablauf	λ	t <sub>DC</sub>	30	1-P <sub>CN</sub>	$P(Q > O) = P_{CL} = \frac{\lambda t_{DC}}{1 - \lambda t_{DC}/2}$
						$t_{w,CL} \!=\! \frac{t_{DC}(1 + \lambda t_{DC}/2)}{2 \!-\! 3 \lambda t_{DC}} + t_s$
CA Erzeugte Verbindungs- anforderungen	NOM Normaler Ablauf	$\frac{\lambda}{2}$	t <sub>DC</sub>	56	(1-P <sub>CN</sub> )(1-P <sub>CL</sub> )	$P(Q > O) = P_{CA} = \frac{\lambda t_{DC}}{2-3\lambda t_{DC}}$
						$t_{w,CA} = \frac{t_{DC}(1 + 3\lambda t_{DC}/2)}{2(1-2\lambda t_{DC})} + t_s$

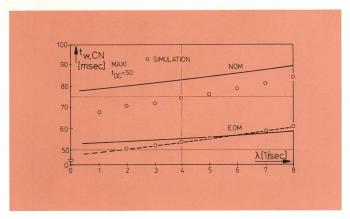


Fig. 16

Mittlere Wartezeiten der terminierenden Verbindungsanforderungen  $t_{w,\text{CN}}$  Mean waiting time of all connect requests — Mittlere Warte-

zeit aller terminierenden Verbindungsanforderungen

MAXI Maximal

NOM Normal operation mode — Normaler Ablauf

EOM Error operation mode — Ablauf im Fehlerfall

t<sub>DC</sub> 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 Simulationswerte (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  $\lambda_i$ , mittlerer Bedienungszeit  $h_i$ , Variationskoeffizient  $c_{Hi}$  und angebotenem Verkehr  $A_i = \lambda_i \cdot h_i$ , i = 1...4.

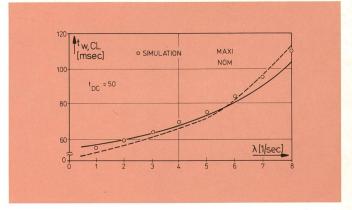


Fig. 17

Mittlere Wartezeit der Auslöseanforderungen

t<sub>w,CL</sub> Mean waiting time of all clear requests — Mittlere Wartezeit aller Auslöseanforderungen

MAXI Maximal

NOM Normal operation mode - Normaler Ablauf

 ${\sf t_{DC}}$  Mean duration of an active control phase - Mittlere Dauer einer aktiven Phase

Es gilt (Fig. 19) 
$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \lambda_{CN} \\ h_1 &= t_T + t_{SS} + t_{PS} + t_E \\ \lambda_2 &= \lambda_{CL} \\ h_2 &= t_T + t_{SS} + k \cdot t_{LS} + t_C \end{aligned}$$

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

Es ist bekannt, daß k=0.5 ist für  $\lambda \to 0$ . 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  $t_{\text{LS}}$  die Zeitdauer für das Abtasten, daher gilt

$$\lambda_3 = \lambda_{CA}$$
 $h_3 = t_T + t_{LS} + t_{PS} + t_E$ 

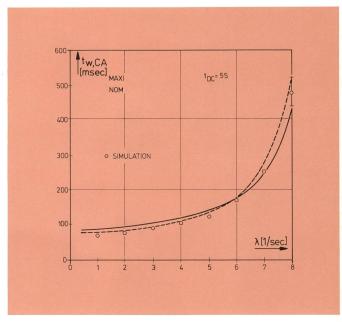


Fig. 18

Mittlere Wartezeit der erzeugten Verbindungsanforderungen

t<sub>w,CA</sub> Mean waiting time of all call requests — Mittlere Wartezeit aller erzeugten Verbindungswünsche

MAXI Maxim

NOM Normal operation mode — Normaler Ablauf

t<sub>DC</sub> Mean duration of an active control phase — Mittlere Dauer einer aktiven Phase

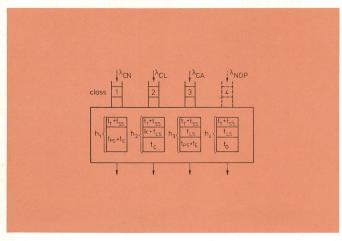


Fig. 19 Rechenmodell 2

Class - Klasse

CN Connect request — Terminierende Verbindungsanforderung

CL Clear request - Auslöseanforderung

CA Call request — Erzeugte Verbindungsanforderung

NOP No-operation — Keine Operation Selftesting time - Selbsttestzeit t<sub>T</sub>

Subscriber circuit scanning time - Teilnehmerschaltungstss

abtastungszeit

Path search time - Wegesuchezeit tps

Throughconnecting time — Verbindungsaufbauzeit Line circuit scanning time — Leitungssatzabtastungszeit tE

 $t_{LS}$ 

Time for clear of a connection — Verbindungsabbauzeit  $t_{C}$ 

Overhead time - Blindlastzeit to

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

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

Deshalb gilt

$$\begin{aligned} \lambda_4 = & \lambda_{NOP} \\ h_4 = & t_T + t_{SS} + t_{LS} + t_O \end{aligned}$$

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

$$\lambda_4 = 0$$
 oder  $A_1 + A_2 + A_3 \le 1$ 

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

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

Daher

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

Für die Konzentratorgrösse «MAXI» gilt

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

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

$$\lambda_{\text{MAX}} = 9,35$$
 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 tw.cn für CN-Anforderungen ist entsprechend

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

Mittlere Wartezeit tw.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 tw.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 Wizgall, 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.
- Buser M. S. IFS, das Integrierte Fernmeldesystem. Zürich, Siemens-Albis Berichte 29 (1977) 1/2, S. 3.
- Bachmann A. E. and Lorétan R. P. Integrated Digital Telecommunications System. Eurocon, October 1971, paper
- [5] Wuhrmann K. E. The IFS-1 PCM Integrated Telecommunications System. Bern, Techn. Mitt. PTT, 53 (1975) 1, S. 32...41.
- [6] Herheuser R. Independet 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.
- Cobham A. Priority assignment in waiting line problems. Operations Research 2 (1954), S. 70...76.