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: 45 (1967)

Heft: 9

Artikel: Vollelektronische Vermittlungstechnik nach dem Zeitmultiplexverfahren = Commutation téléphonique électronique en réparation temporelle

Autor: Fontolliet, Pierre-Gérard

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-874899

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: 19.02.2026

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

Vollelektronische Vermittlungstechnik nach dem Zeitmultiplexverfahren[1]
Commutation téléphonique électronique en répartition temporelle

Pierre-Gérard FONTOLLIET, Zürich

621.395.345:621.395.43

Zusammenfassung. *Nach einer allgemeinen Einleitung über das Zeitmultiplexverfahren wird die Anwendung dieses Prinzips in der Vermittlungstechnik besprochen. Der Artikel behandelt Probleme im Zusammenhang mit der Abtastung der Sprache, mit dem Halten der aufgebauten Verbindungen mittels Umlaufspeicher und mit der Steuerung einer Zeitmultiplexzentrale. Zum Schluss wird eine kurze Übersicht über verwirklichte Zeitmultiplex-Vermittlungssysteme gegeben.*

Résumé. *Le principe de la répartition temporelle est d'abord exposé, puis ses applications à la commutation téléphonique. L'article aborde les problèmes relatifs à l'échantillonnage de la parole, au maintien des connexions à l'aide de mémoires cycliques, et à la commande d'un commutateur temporel. Un bref aperçu est donné sur les systèmes de commutation temporelle déjà réalisés.*

Tecnica di commutazione elettronica secondo il sistema di multiplazione a divisione di tempo

Riassunto. *Ad una descrizione introduttiva del sistema di multiplazione a divisione di tempo segue la descrizione dell'applicazione di questa tecnica nella commutazione telefonica. L'articolo tratta i problemi relativi al campionamento della parola, al manteni mento dei collegamenti stabiliti mediante memorie cicliche e al pilotaggio d'una centrale a multiplazione a divisione di tempo. Segue un breve elenco di questi sistemi di commutazione già realizzati.*

Das Zeitmultiplexprinzip

Schon vor 125 Jahren schlug *Wheatstone* vor, zur besseren Ausnützung eines Übertragungsweges mehrere Telegraphenapparate zyklisch nacheinander an die gleiche Leitung anzuschliessen. Diese Idee einer zeitlichen Bündelung wurde 1874 von *Baudot* mit sechsfachen elektromechanischen Verteilern verwirklicht.

Gerade das Bild von rotierenden Schaltern gibt eine gute Darstellung des Zeitmultiplexprinzips. Anstelle der herkömmlichen räumlichen Verteilung von k gleichwertigen Einrichtungen (z. B. Übertragungswege, nachrichtenverarbeitende Schaltungen) individuell zu k verschiedenen Informationskanälen *(Fig. 1a)* kann man unter gewissen Voraussetzungen nur eine einzige derartige Einrichtung vorsehen und sie der Reihe nach und periodisch jedem Informationskanal zur Verfügung stellen, wie es in der *Figur 1b* durch die beiden synchron rotierenden Schalter symbolisch dargestellt ist.

Die zeitliche Ineinanderschachtelung von mehreren gleichzeitigen Nachrichten nach einem bestimmten Zyklus

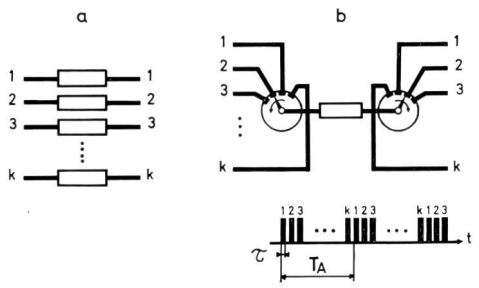

Fig. 1
a Räumliche Verteilung (Raumvielfach) – Répartition spatiale
b Zeitliche Verteilung (Zeitmultiplex) – Répartition temporelle

[1] Dieser Aufsatz entstand aus einem Vortrag, gehalten im Rahmen einer Vorlesung am 11. 1. 1967 an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich.

Principe de la répartition temporelle

Il y a 125 ans déjà, *Wheatstone* proposait d'améliorer le taux d'utilisation d'une transmission en raccordant successivement plusieurs appareils télégraphiques à la même ligne. L'idée d'un multiplex dans le temps était née et allait trouver sa première réalisation en 1874 dans le télégraphe multiple de *Baudot*, avec ses répartiteurs rotatifs à six positions, qui justement donnent une bonne image de ce qu'on entend par répartition temporelle.

Au lieu de prévoir k équipements identiques (organes de transmission ou circuits logiques, par exemple) assignés individuellement à k canaux d'information en répartition spatiale selon la *figure 1a*, on peut, sous certaines réserves, se contenter d'un seul équipement et l'attribuer périodiquement à chaque canal à tour de rôle, ce qui est représenté symboliquement par les deux commutateurs rotatifs synchrones de la *figure 1b*.

Ce régime périodique de plusieurs informations en apparence simultanées et selon un cycle déterminé est appelé *multiplex dans le temps*. Le fait que les canaux ne sont plus traités de façon continue mais sous la forme de brefs échantillons donne lieu à deux questions:

- avec quelle fréquence et
- pour quelle durée à chaque cycle

chaque canal doit-il avoir accès à l'équipement commun? En d'autres termes, comment faut-il choisir la période d'échantillonnage T_A et la durée τ des échantillons?

La théorie de l'information répond à la première question par le théorème de l'échantillonnage [1]: Si l'information se trouve dans une bande de fréquence limitée entre 0 et f_M, elle peut être représentée fidèlement par des échantillons discrets, à condition qu'ils soient prélevés avec une fréquence $f_A = 1/T_A$ au moins deux fois supérieure à la fréquence maximum f_M

$$f_A = \frac{1}{T_A} \geq 2 f_M$$

nennt man *Zeitmultiplexbetrieb*. Die einzelnen Informationskanäle werden dann nicht mehr kontinuierlich, sondern pulsmässig behandelt, wobei aber zwei Fragen auftauchen, nämlich:

- wie oft und
- jeweils wie lange

muss jeder Kanal Zugang zur gemeinsamen Einrichtung haben? Mit anderen Worten: wie muss man die Zyklusperiode T_A einerseits und die Impulsdauer τ anderseits wählen?

Auf die erste Frage gibt die Informationstheorie eine klare Antwort durch das Abtasttheorem [1]. Dieses besagt folgendes: liegt die Information im begrenzten Frequenzbereich $0...f_M$, so entsteht durch den Pulsbetrieb kein Informationsverlust, wenn die Abtastfrequenz $f_A = 1/T_A$ mindestens das Doppelte der höchsten Nachrichtenfrequenz f_M beträgt:

$$f_A = \frac{1}{T_A} \geq 2 f_M$$

Die zweite Frage, nämlich wie lange die Impulse sein müssen, wird nicht durch die Informationstheorie beantwortet, sie ist technologischer Natur. Die Schnelligkeit der gemeinsamen Einrichtung und der Verteilschalter setzt eine Grenze an die minimale Dauer τ, die für jeden Kanal zur Verfügung steht. Aus der maximalen Abtastperiode T_A und der minimalen Impulsdauer τ, das heisst aus dem Tastverhältnis T_A/τ ergibt sich die maximale Anzahl Zeitkanäle k, auch Pulsphasen genannt, die man in zeitlicher Verteilung bündeln kann.

Anwendung des Zeitmultiplexprinzips in der Vermittlungstechnik

Ursprünglich hat man das Zeitmultiplexprinzip in gleicher Weise wie das Frequenzmultiplexprinzip zur Mehrfachausnützung kostspieliger Übertragungsmedien (Draht oder Funk) verwendet. Daraus sind die verschiedenen Pulsmodulationsverfahren entstanden.

Die Anwendung des Zeitmultiplexprinzips in der Vermittlungstechnik ist aber weniger naheliegend. Das Ziel ist hier nicht eine Einsparung an Leitungen, sondern vielmehr eine Reduzierung der Anzahl Koppelpunkte in einer Vermittlungsstelle. Die Aufgabe der Vermittlung besteht bekanntlich in der Herstellung einer Verbindung zwischen zwei von vornherein beliebigen Teilnehmern aus einer grösseren Gruppe, und zwar nur für die Dauer eines Gespräches. Bisher hat man dazu räumlich getrennte Verbindungswege durch ein Koppelnetzwerk aufgebaut. Es ist aber auch denkbar, diese Verbindungswege in der Form von Zeitkanälen zu verwirklichen und dabei die Zahl der physikalischen Koppelpunkte beträchtlich zu reduzieren.

La deuxième question n'est pas du ressort de la théorie de l'information, elle est de nature technologique. La rapidité de l'équipement commun et des répartiteurs fixe une limite à la durée minimum des échantillons de chaque canal. Le nombre maximum k de canaux qui peuvent être réunis en répartition temporelle découle de la période d'échantillonnage maximum T_A et de la durée minimum τ des impulsions, donc finalement du taux d'impulsions T_A/τ.

Application de la répartition temporelle à la commutation téléphonique

A l'origine, le multiplex dans le temps a été utilisé de manière analogue à l'échelonnage en fréquence (courants porteurs) pour mieux tirer parti des moyens de transmission par fils ou par ondes. C'est ainsi que sont apparus les divers procédés de modulation d'impulsions.

L'application de la répartition temporelle aux problèmes de commutation est, en revanche, moins évidente. Il ne s'agit pas là d'économiser des lignes, mais bien plutôt de réduire le nombre de points de connexion à l'intérieur d'un autocommutateur. Le problème fondamental de la commutation est, en effet, d'établir une liaison éphémère entre deux abonnés à priori quelconques appartenant à un vaste ensemble, liaison limitée à la durée d'une conversation. Les autocommutateurs classiques réalisent ces connexions à l'aide de circuits distincts à travers un réseau de type spatial. Il est toutefois également possible de répartir ces connexions en multiplex dans le temps et d'obtenir ainsi une réduction considérable du nombre des points de connexion nécessaires.

Dans un réseau de connexion de type temporel *(fig. 2)*, les abonnés sont raccordés à une artère multiplex commune au moyen d'interrupteurs individuels. Pendant une conversation, les interrupteurs des deux interlocuteurs sont fermés ensemble périodiquement pour une durée très courte correspondant à une voie de temps, appelée aussi phase impulsionnelle. C'est le cas dans la *figure 2*, par exemple, pour les abonnés *1* et *4* dans la phase P_2 et pour les abonnés *3* et *N* dans la phase P_4. L'artère multiplex commune porte les échantillons des k phases, imbriquées les unes entre les autres, comme le montre la partie droite de la *figure 2* pour les phases P_2 et P_4.

Les phases n'étant attribuées aux abonnés que lorsqu'ils en ont besoin, le nombre d'abonnés N qui peuvent être desservis par k phases est bien supérieur à k et dépend du trafic. On peut le déterminer d'après les méthodes connues de calcul du trafic. A titre d'exemple, 50 phases suffisent à acheminer le trafic de quelque 400 abonnés entre eux.

Tout le réseau de connexion se résume donc à N points de connexion. Un réseau de type spatial exactement équivalent *(fig. 3)*, par exemple sous forme d'une matrice de relais, nécessiterait $k \cdot N$ points de connexion. L'extrême

In einem Zeitmultiplex-Vermittlungssystem *(Fig. 2)* sind die Teilnehmer über individuelle Schalter an einer gemeinsamen Zeitmultiplexschiene angeschlossen. Die Schalter der beiden Gesprächspartner werden periodisch jeweils während der gleichen Pulsphase kurzzeitig geschlossen (in Fig. 2 beispielsweise Teilnehmer *1* und *4* bei der Phase P_2, Teilnehmer *3* und *N* bei der Phase P_4). Die gemeinsame Zeitmultiplexschiene überträgt die kurzen Abtastproben der *k* zeitlich ineinander geschachtelten Kanäle, wie es im rechten Teil der Figur 2 für die Pulsphasen P_2 und P_4 dargestellt ist.

Da die Zeitkanäle nur nach Bedarf den Teilnehmern zugeteilt werden, reichen *k* Pulsphasen für eine grössere Zahl Teilnehmer *N* aus. Sie hängt vom Verkehr ab und wird nach den bekannten Methoden der Verkehrsberechnung bestimmt. Um eine Grössenordnung zu nennen, könnte man mit 50 Zeitkanälen leicht den Verkehr von etwa 400 Teilnehmern untereinander bewältigen.

Das ganze Koppelnetzwerk umfasst nur *N* Koppelpunkte. Als Vergleich zeigt *Figur 3* ein genau gleichwertiges Raumvielfach-Koppelnetzwerk, zum Beispiel eine Relais-Matrix, das aber $k \cdot N$ Koppelpunkte braucht. Die extreme Einfachheit des Zeitmultiplex-Koppelnetzwerkes und die beträchtliche Einsparung an Koppelpunkten, die daraus resultiert, machen das Zeitmultiplexverfahren sehr attraktiv für eine vollelektronische Lösung der Vermittlungsaufgaben.

Die Vermittlungstechnik ist ein sehr umfangreiches Gebiet mit zahlreichen verschiedenen Aspekten. Hier seien aber nur drei Grundfunktionen einer Vermittlungsstelle betrachtet und im Zusammenhang mit dem Zeitmultiplexverfahren behandelt. Dabei geht es in erster Linie um das Zeitmultiplexverfahren mit Pulsamplitudenmodulation (PAM).

Die drei erwähnten Grundfunktionen sind:

Nachrichtenübertragung. Diese Funktion ist durch den Sprechweg ausgeführt, der jeweils für die gewünschte Verbindung durchgeschaltet wird.

Informationsspeicherung zum Halten der aufgebauten Verbindungen.

Informationsverarbeitung, um die Vermittlung zu steuern.

Übertragungsprobleme

In *Figur 4* ist der Sprechweg von einem Teilnehmer zu einem anderen durch ein Zeitmultiplex-Koppelnetzwerk schematisch dargestellt.

Für die Übertragung von gesprochener Nachricht reicht nach den CCITT-Empfehlungen das Frequenzband 300...3400 Hz aus. Die minimale Abtastfrequenz nach dem schon erwähnten Abtasttheorem wäre etwa 7 kHz. In der Zeitmultiplex-Übertragungstechnik wählt man üblicherweise 8 kHz, in der Vermittlungstechnik jedoch meistens noch mehr, beispielsweise 10 kHz, und zwar aus folgendem Grund:

simplicité du réseau de type temporel et l'économie considérable de points de connexion qui en résulte rendent le principe de la répartition temporelle particulièrement attrayant pour une solution entièrement électronique des problèmes de commutation.

La technique de la commutation est un domaine très vaste, présentant de multiples aspects différents. Il n'est pas question de les aborder tous ici, seules trois fonctions fondamentales seront traitées en rapport avec la commutation temporelle à modulation d'amplitude (PAM), à savoir:

la *fonction de transmission,* réalisée par le circuit de parole qui doit être établi pour chaque communication,

la *fonction de mémoire,* nécessaire pour maintenir les communications établies,

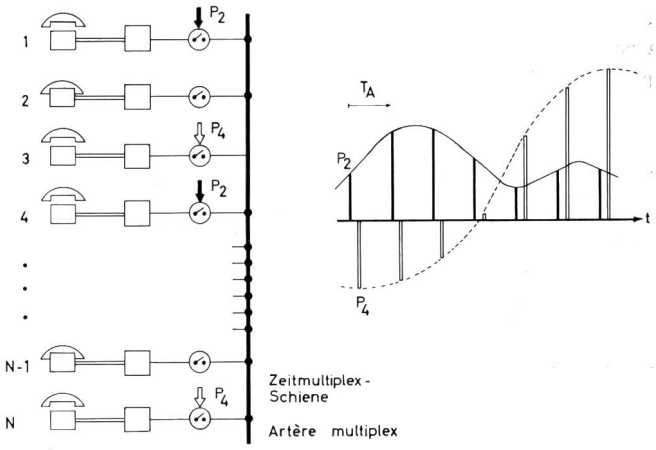

Fig. 2
Zeitmultiplex-Koppelnetzwerk
Réseau de connexion de type temporel

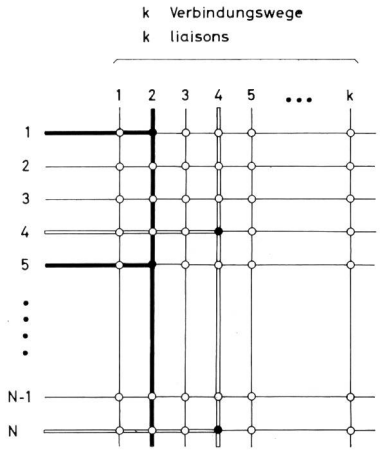

Fig. 3
Raumvielfach-Koppelnetzwerk
Réseau de connexion de type spatial

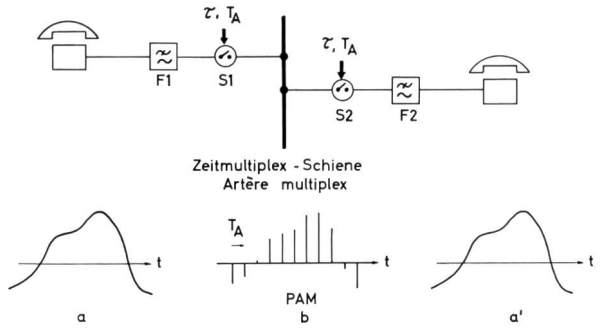

Fig. 4
Sprechweg durch ein Zeitmultiplex-Koppelnetzwerk
Circuit de parole à travers un réseau de type temporel

Aus dem Gespräch (Fig. 4, Kurvenform *a*) entnimmt der Abtastschalter S_1 oder S_2 kurze Amplitudenproben, die auf der Zeitmultiplexschiene als amplitudenmodulierter Puls erscheinen (PAM, Kurvenform *b*). Beim anderen Teilnehmer muss der PAM-Puls demoduliert werden, das heisst, das ursprüngliche Sprechsignal muss mit Hilfe eines Tiefpassfilters F_1 oder F_2 aus dem PAM-Spektrum herausgesiebt werden. Die Wahl der Abtastfrequenz bei 10 kHz oder höher ermöglicht es, die Selektivitätsforderungen und damit den Aufwand für den Teilnehmertiefpass bescheiden zu halten.

Die Festlegung der Zahl Zeitkanäle auf der gleichen Zeitmultiplexschiene ist das Ergebnis eines Kompromisses zwischen Verkehrskapazität einerseits und Schnelligkeit der am Koppelnetzwerk beteiligten Elemente anderseits. Die bis jetzt verwirklichten Zeitmultiplex-Vermittlungssysteme arbeiten mit 20...100 Zeitkanälen. Mit einer Abtastfrequenz von 10 kHz und 100 Zeitkanälen beträgt das Zeitintervall für jeden Kanal nur 1 μs, wobei die Hälfte davon als Schutzpause wegen der Gefahr des Nebensprechens zwischen zwei benachbarten Kanälen verlorengeht. Die tatsächliche Übertragungszeit ist also nur 0,5 μs und das Tastverhältnis 200:1.

Wie steht es aber mit der Energieübertragung? Die Information wird zwar verlustlos übertragen, die Energie jedoch zunächst bei weitem nicht. Bei mehreren Systemen wird dieser Energieverlust mit Verstärkern kompensiert, die aber leider zu einem Vierdraht-Betrieb zwingen. Es ist jedoch auch möglich, ohne Verstärker und deshalb im Zweidraht-Betrieb diese Verluste fast vollständig zu vermeiden, dank dem sehr eleganten Prinzip der Resonanzübertragung, das im Jahre 1952 durch die Schweden *Svala* und *Håård* zum Patent angemeldet wurde.

Resonanzübertragung

Das Prinzip der Resonanzübertragung [6] sei anhand der schematischen Darstellung einer Sprechverbindung in *Figur 5* dargelegt.

Auf dem Pulsübertragungsweg werden kleine Induktivitäten L_s eingefügt, die mit den letzten Kondensatoren der

la *fonction de décision,* indispensable pour la commande des opérations de commutation.

Problèmes de transmission

La *figure 4* schématise le circuit de parole établi entre deux abonnés à travers un réseau de type temporel.

D'après les recommandations du CCITT, la bande de fréquence de 300 à 3400 Hz suffit à la transmission de la parole. La fréquence d'échantillonnage minimum imposée par le théorème cité plus haut serait environ 7 kHz. En pratique, elle est généralement fixée à 8 kHz dans les systèmes de transmission à modulation d'impulsions, et même à une valeur plus élevée encore, par exemple 10 kHz, dans les systèmes de commutation temporelle, ceci pour la raison suivante:

Les impulsions modulées en amplitude (PAM, courbe *b* de la *figure 4*) qui apparaissent sur l'artère multiplex sont le produit de l'échantillonnage de la conversation (courbe *a*) par les interrupteurs d'abonnés S_1, S_2. Afin que l'autre abonné reçoive le signal original, il faut extraire ce signal du spectre des impulsions PAM à l'aide d'un filtre passe-bas F_1, F_2. Le choix d'une fréquence d'échantillonnage assez élevée, par exemple 10 kHz, permet de simplifier le filtre qui, il ne faut pas l'oublier, est individuel à chaque abonné.

Quant au nombre de voies en multiplex sur la même artère, un compromis doit être trouvé entre la capacité d'écoulement de trafic et la rapidité des éléments impliqués dans le réseau de connexion. Les systèmes de commutation temporelle réalisés jusqu'à présent possèdent 20 à 100 voies.

Avec une fréquence d'échantillonnage de 10 kHz et 100 phases, l'intervalle de temps à disposition de chaque phase n'est que de 1 μs. Compte tenu d'un temps de garde entre deux impulsions consécutives, indispensable pour éviter de la diaphonie, la durée pratique d'une impulsion n'est que de 0,5 μs, ce qui correspond à un taux d'impulsions de 200:1.

Qu'en est-il cependant de l'énergie transmise? Si l'information parvient fidèlement d'un abonné à l'autre, il n'en est à priori pas de même de l'énergie. Dans plusieurs systèmes proposés, ces pertes d'énergie sont compensées par des amplificateurs, qui, du fait de leur caractère unidirectionnel, nécessitent malheureusement une commutation à quatre fils. Il est toutefois possible d'éviter presque complètement ces pertes sans avoir recours à des amplificateurs, donc en maintenant une commutation à deux fils. Cette possibilité est offerte par le très élégant principe du transfert résonnant, énoncé dans un brevet par les Suédois *Svala* et *Håård* en 1952.

Transfert résonnant

Le circuit de parole schématisé dans la *figure 5* résume le principe du transfert résonnant [6]. Les minuscules induc-

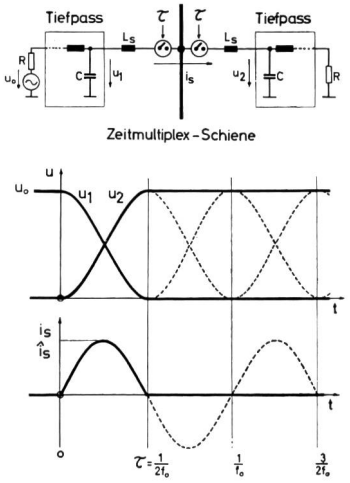

Fig. 5
Resonanzübertragung ohne Verluste
Transfert résonnant sans pertes
Tiefpass – Filtre passe-bas
Zeitmultiplexschiene – Artère multiplex

Tiefpässe einen Reihenschwingkreis bilden. Kurz bevor die Schalter schliessen, liegt am linken Kondensator die Leerlaufspannung des Sprechgenerators u_o. Wenn beide Schalter geschlossen werden $(t = o)$, fängt diese gespeicherte Energie an, zwischen dem linken und dem rechten Kondensator hin und her zu pendeln, und zwar mit der Resonanzfrequenz des Reihenschwingkreises

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C}}$$

Wenn die Schalter in geschickter Weise nach einer halben Periode $\tau = 1/2f_o$ wieder geöffnet werden, ist gerade die ganze Energie rechts und kann nicht mehr zurückfliessen. Die Ladung des linken Kondensators wurde somit verlustlos zum rechten übertragen. Da die ganze Schaltung vollkommen symmetrisch ist, kann eine doppeltgerichtete Energieübertragung stattfinden: beide Kondensatoren tauschen ihre Ladungen um. Dieses Ergebnis muss jedoch erkauft werden. Der Strom durch die Schalter im Impulsmoment ist nämlich sehr hoch und überträgt in einer halben Sinuswelle die ganze Energie in konzentrierter Form.

In der Praxis liegt aber immer ein Durchlasswiderstand $2r$ auf dem Übertragungsweg *(Fig. 6)*. Der Reihenschwingkreis wird dadurch gedämpft, und die Resonanzübertragung ist nicht mehr verlustlos, sondern erfährt eine Dämpfung A_s nach einer halben Periode $\tau = 1/2f_o$:

$$A_s \cong -ln\left(1 - \frac{\pi}{4Q}\right)$$

wobei

$$Q = \frac{2\pi f_o \cdot L_s}{r}$$

tivités L_s introduites sur le passage des impulsions forment un circuit résonnant série avec les condensateurs terminaux des deux filtres passe-bas. Juste avant la fermeture des interrupteurs, le condensateur de gauche est chargé à la tension à vide u_o du générateur de parole. Lorsque les deux interrupteurs se ferment $(t = o)$, l'énergie ainsi emmagasinée se met à osciller entre le condensateur de gauche et celui de droite à la fréquence de résonance du circuit série

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C}}$$

L'astuce consiste à rouvrir les interrupteurs après une demi-période $\tau = 1/2\,f_o$, c'est-à-dire au moment précis où toute l'énergie se trouve à droite. La charge du condensateur de gauche a été ainsi transportée intégralement et définitivement à celui de droite. Le circuit étant parfaitement symétrique, le transport d'énergie peut avoir lieu dans les deux sens et même simultanément; il se produit un échange des charges initiales des deux condensateurs. Ce résultat trouve cependant sa contrepartie dans le courant à travers les interrupteurs au moment de l'impulsion. Ce courant est en effet très élevé et transporte toute l'énergie concentrée sous la forme d'une demi-onde sinusoïdale.

En réalité cependant, il existe toujours une certaine résistance de passage $2\,r$ *(fig. 6)* qui amortit le circuit résonnant série et provoque des pertes dans le transfert d'énergie. Ces

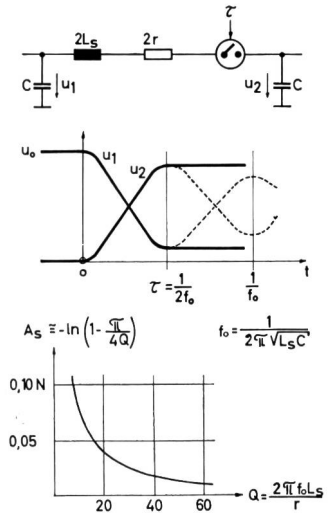

Fig. 6
Resonanzübertragung mit Verlusten
Dämpfung A_s in Abhängigkeit von der Güte Q des Reihenschwingkreises
Transfert résonnant avec pertes.
Affaiblissement A_s en fonction du facteur de qualité Q du circuit résonnant

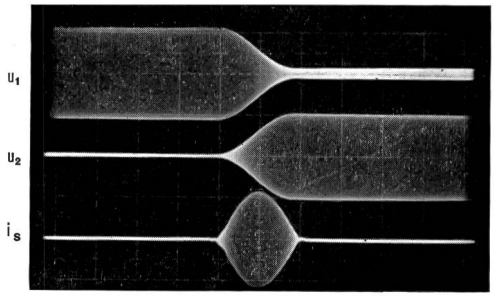

Fig. 7
Resonanzübertragung. Zeitvorgänge im Impulsmoment.
Zeitachse 1 Einheit = 0,5 μs
u_1 = Spannung am sendeseitigen Kondensator
u_2 = Spannung am empfangsseitigen Kondensator
i_s = Schalterstrom

Transfert résonnant. Echange d'énergie pendant la durée d'une impulsion
Echelle de temps: 1 unité = 0,5 μs
u_1 = tension aux bornes du condensateur du côté émetteur
u_2 = tension aux bornes du condensateur du côté récepteur
i_s = courant à travers les interrupteurs

die Güte des Kreises ist. Zum Beispiel, für $Q = 10$ wird nur 92% der Ladung eines Kondensators auf den anderen übertragen.

Figur 7 zeigt die Zeitvorgänge im Impulsmoment mit einer Impulsdauer von $\tau = 1$ μs und mit einer niederfrequenten Modulation. Die Wirkung der Verluste im Reihenschwingkreis ($Q \cong 12$) ist deutlich zu erkennen.

Die zweite Oszillographenaufnahme *(Fig. 8)* zeigt die Zeitvorgänge in den 99 μs langen Pulspausen bei der gleichen Schaltung mit einem anderen Zeitmassstab. Die integrierende Funktion der Tiefpässe in den Pausen ist wichtig. Verschiedene Theorien haben zur Analyse des Filterverhaltens im Pulsbetrieb beigetragen, ohne jedoch bis jetzt eine praktische Synthese zu ermöglichen.

Verbindungsspeicher

Als zweite Grundfunktion der Vermittlung muss jetzt das Halten der bestehenden Verbindungen betrachtet werden. Die Gedächtnisfunktion, die dazu notwendig ist, wurde bei den elektromechanischen Systemen wenig beachtet, weil sie dort als Selbstverständlichkeit in den Koppelpunkten (Wähler oder Relais) selber enthalten ist. Wenn man aber das Bild eines Zeitmultiplex-Koppelnetzwerkes (Fig. 2) betrachtet, so stellt man fest, dass die elektronischen Schalter keine Gedächtnisfunktion ausüben können, sie müssen periodisch jeweils bei der richtigen Phase paarweise synchron gesteuert werden, und zwar mit Hilfe von Verbindungsspeichern, die sich bei jeder Pulsphase merken, wer mit wem spricht.

pertes après une demi-période $\tau = 1/2 f_o$ peuvent être exprimées par un affaiblissement A_s:

$$A_s \cong -ln\left(1 - \frac{\pi}{4Q}\right)$$

où

$$Q = \frac{2\pi f_o \cdot L_s}{r}$$

représente le facteur de qualité du circuit. Dans le cas d'un facteur $Q = 10$, par exemple, la charge d'un condensateur n'est transférée à l'autre que dans une proportion de 92%.

La *figure 7* montre le processus de transfert d'énergie pendant une durée d'impulsions de $\tau = 1$ μs et dans le cas d'une modulation à basse fréquence. On distingue nettement l'effet des pertes dans le circuit résonnant *($Q \cong 12$)*.

Le second oscillogramme *(fig. 8)* se rapporte au même circuit, mais montre à une autre échelle de temps ce qui se passe pendant les pauses de 99 μs entre les impulsions. Le rôle intégrateur des filtres est capital. Bien que plusieurs théories aient été élaborées pour analyser le comportement de ces filtres en régime impulsionnel, aucune jusqu'ici n'a conduit à une synthèse pratique.

Mémoires de connexions

Le maintien des connexions établies est la deuxième fonction fondamentale à étudier ici. Dans les systèmes électromécaniques, on n'a accordé que peu d'attention à cette fonction de mémoire, car les points de connexion de ces systèmes (sélecteurs ou relais) contiennent en eux-mêmes la faculté de maintenir les connexions. Si l'on considère un réseau de type temporel (fig. 2), on doit cons-

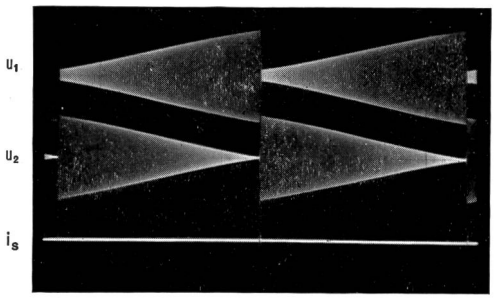

Fig. 8
Resonanzübertragung. Zeitvorgänge in den Pulspausen.
Zeitachse: 1 Einheit = 20 μs
Gleiche Symbole wie in Figur 7

Transfert résonnant. Phénomènes pendant les pauses entre les impulsions
Echelle de temps: 1 unité = 20 μs
Mêmes symboles que dans la figure 7

Shannon hat sich 1950 theoretisch überlegt, welche minimale Speicherkapazität grundsätzlich notwendig ist, um die durchgeschalteten Sprechwege innerhalb einer Vermittlungsanlage mit N Teilnehmern und bis k gleichzeitig möglichen Verbindungen festzuhalten [7].

Für jede Verbindung sind $\frac{N(N-1)}{2}$ paarweise Kombinationen der N Teilnehmer möglich. Je Verbindung muss also der Speicher eine Kapazität von $ld \left[\frac{N(N-1)}{2}\right]$ bit haben. Wenn noch dazu unterschieden werden muss, welcher Teilnehmer der rufende ist, erhöht sich die notwendige Speicherkapazität je Verbindung auf $ld\ [N(N-1)]$ bit, die gesamte Speicherkapazität ist dann
$k.\ ld\ [N(N-1)] \cong 2k.\ ld\ N$ bit.

In einem Zeitmultiplex-Vermittlungssystem mit k Pulsphasen kann man dieses Minimum erreichen, indem man zwei Adressenspeicher mit je k Speicherzellen vorsieht. Jede Zelle enthält die binär codierte Adresse eines Teilnehmers, das heisst im Minimum $ld\ N$ bit. Die k Speicherzellen werden zyklisch nacheinander abgelesen und bestimmen dadurch die Reihenfolge und die Wiederholungsfrequenz der k Zeitkanäle.

Dazu eignen sich besonders Umlaufspeicher mit Verzögerungsleitung. *Figur 9* stellt das Prinzip eines solchen Speichers dar und *Figur 10* dessen Verwirklichung mit Ausnützung der Laufzeit akustischer Wellen auf einem Draht als Verzögerung. Hier bewirken magnetostriktive Effekte die Umwandlung der elektrischen Impulse in mechanische Beanspruchungen und umgekehrt. Ein Schreibimpuls erscheint nach der Laufzeit t_v am Ausgang und wird neu eingeschrieben, obwohl kein Impuls am Schreibeingang mehr liegt. Der Impuls ist von nun an gespeichert und erscheint zyklisch mit einer Periode t_v am Ausgang. Der Umlauf kann durch einen koinzidierenden Impuls am Löscheingang un-

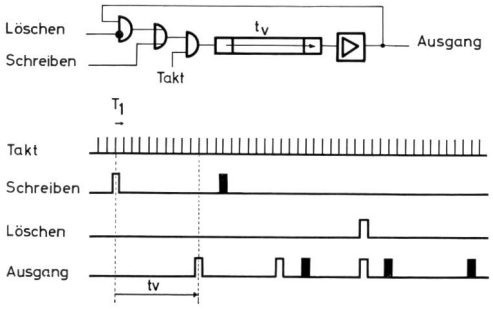

Fig. 9
Funktionsprinzip eines Umlaufspeichers mit Verzögerungsleitung
Mémoire cyclique à ligne de retard. Principe de fonctionnement
Löschen – Effacement
Schreiben – Inscription
Takt – Impulsions d'horloge
Ausgang – Sortie

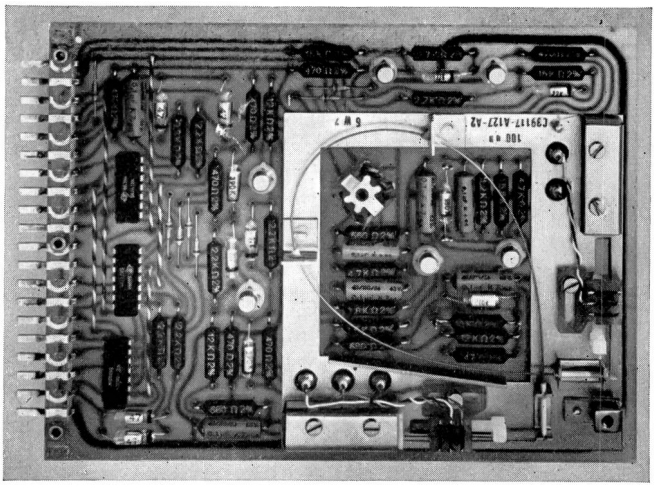

Fig. 10
Magnetostriktiver Drahtspeicher mit 100 μs Umlaufzeit und 100 bit
Mémoire à magnétostriction avec un temps de cycle de 100 μs et une capacité de 100 éléments binaires

tater qu'il n'en est pas de même des interrupteurs électroniques d'échantillonnage, qui sont dépourvus de toute mémoire. Ils doivent au contraire être commandés deux à deux périodiquement et au moment précis qui correspond à la phase attribuée à cette connexion. Cette fonction est déléguée à des mémoires de connexions qui emmagasinent pour chaque phase l'identité des deux interlocuteurs.

En 1950, *Shannon* a établi théoriquement quelle est la capacité minimum de mémoire nécessaire à différencier tous les états d'occupation d'un réseau de connexion comprenant N abonnés et permettant jusqu'à k connexions à la fois [7].

Chaque connexion est une parmi les $\frac{N(N-1)}{2}$ combinaisons possibles de N abonnés deux à deux. La mémoire doit donc avoir une capacité de $ld \left[\frac{N(N-1)}{2}\right]$ bit par connexion. Si, de plus, l'abonné demandeur doit être distingué de l'abonné demandé, cette capacité s'élève à $ld\ [N(N-1)]$ bit par connexion, soit au total
$k \cdot ld\ [N(N-1)] \cong 2k.ld\ N$ bit.

Il est possible d'atteindre ce minimum dans le cas d'un commutateur temporel disposant de k phases, en prévoyant deux mémoires d'adresses avec k cellules chacune. Chaque cellule contient l'adresse d'un abonné, codée sous forme binaire, soit au minimum $ld\ N$ bit. Les k cellules sont lues successivement selon un cycle et une fréquence qui déterminent la série des k phases.

Les mémoires cycliques à ligne de retard se prêtent particulièrement bien à cette fonction. La *figure 9* en représente

terbrochen werden. Die Anzahl bit, die ein solcher Speicher in Serie speichern kann, ist gegeben durch das Verhältnis zwischen der Umlaufzeit t_v und der Taktperiode T_1. Diese dynamischen Speicher arbeiten ganz im Sinne des Zeitmultiplexprinzips: Es wird jeweils nur ein Impuls abgelesen und verarbeitet, die anderen bit sind unterwegs auf der Verzögerungsleitung.

Das Zeitmultiplex-Koppelnetzwerk nach Figur 2 wird mit Verbindungsspeichern ergänzt *(Fig. 11)*, die aus mehreren parallel angeordneten Drahtspeichern bestehen. Ihre Umlaufzeit entspricht genau der Abtastperiode (zum Beispiel 100 μs). Alle Drahtspeicher laufen streng synchron und bieten die gespeicherte Information der *k* Zeitkanäle nacheinander an. Der ganze Speicher verhält sich somit genau wie eine, allerdings 10 000mal in der Sekunde rotierende Trommel, auf der jede Mantellinie einer Pulsphase entspricht und die binär codierten Adressen der beiden Gesprächspartner *A* und *B* enthält.

Ausser den Teilnehmern werden noch andere Einrichtungen an die Zeitmultiplexschiene über elektronische Schalter angeschlossen, wie Tonfrequenz-Wahlempfänger *WE* (wenn Tastenwahl mit Tonfrequenz vorgesehen ist) und die verschiedenen Hörzeichen-Generatoren, für Wählzeichen *WZ*, Besetztzeichen *BZ*, Rufzeichen *RZ*. Die dazugehörige Information wird ebenfalls in synchronen Umlaufspeichern pulsphasenmässig festgehalten. Decoder entziffern die in den Umlaufspeichern in codierter Form gespeicherten Adressen und steuern jeweils die entsprechenden Schalter.

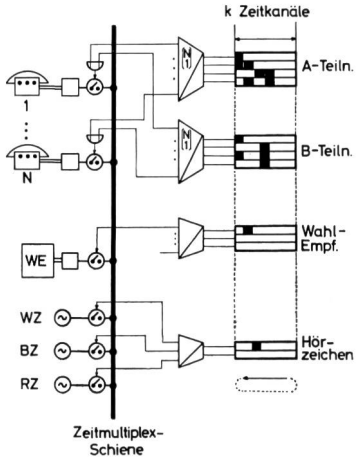

Fig. 11
Zeitmultiplex-Koppelnetzwerk mit Umlaufspeichern
Réseau de connexion de type temporel avec mémoires cycliques
Zeitkanäle – Phases
A-Teiln. – Abonnés demandeurs (A)
B-Teiln. – Abonnés demandés (B)
Wahl-Empf. – Récepteurs de numérotation
Hörzeichen – Tonalités
Zeitmultiplex-Schiene – Artère multiplex

le principe et la *figure 10* la réalisation à l'aide d'un fil métallique sur lequel se progagent des ondes acoustiques. L'effet de magnétostriction est utilisé ici pour transformer les impulsions électriques en contraintes mécaniques sur le fil et vice versa. Une impulsion appliquée à l'entrée d'inscription apparaît après un temps de propagation t_v à la sortie, d'où elle est réinscrite, bien que le signal d'inscription ait disparu. L'impulsion est ainsi emmagasinée et réapparaît périodiquement à la sortie avec une période t_v, jusqu'à ce qu'une impulsion coïncidante à l'entrée d'effacement vienne interrompre son cycle. La capacité en éléments binaires de cette mémoire dynamique de type série est donnée par le rapport entre le temps de cycle t_v et la période des impulsions d'horloge T_1. Ce type de mémoire fonctionne précisément selon le principe de la répartition temporelle, c'est-à-dire en ne traitant jamais qu'une seule impulsion à la fois, les autres étant en train de parcourir la ligne de retard.

Le réseau de connexion de type temporel selon la figure 2 est complété par des mémoires de connexions *(fig. 11)* qui comprennent autant de mémoires cycliques à magnétostriction en parallèle qu'il faut d'éléments binaires pour définir les adresses. Le temps de cycle correspond exactement à la période d'échantillonnage (par exemple 100 μs). Toutes les mémoires cycliques travaillent en parfait synchronisme et présentent successivement les informations concernant les *k* phases, exactement à la manière d'une mémoire à tambour dont chaque génératrice correspondrait à une phase et contiendrait les adresses codées des deux interlocuteurs *A* et *B*. A vrai dire, ce tambour devrait tourner à 10 000 tours à la seconde!

A part les abonnés, d'autres équipements sont raccordés à l'artère multiplex, par exemple des récepteurs de numérotation à fréquences vocales (dans le cas d'un système prévu pour la sélection à clavier) et les générateurs de tonalités («central libre» *WZ*, «occupé» *BZ*, «appel» *RZ*). L'information de maintien qui s'y rapporte est également emmagasinée dans des mémoires cycliques synchrones. Des décodeurs déchiffrent les adresses codées et commandent dans chaque phase les interrupteurs correspondants.

Dans l'exemple de la *figure 11*, des conversations sont en cours dans la première et la quatrième phase; un abonné est en train de numéroter dans la deuxième phase et un autre reçoit une tonalité dans la troisième.

Commande

Les mémoires de connexions contiennent sous forme centralisée les informations les plus importantes quant à l'état général d'occupation du central et quant à l'état de commutation de chaque connexion en particulier. Il est donc particulièrement indiqué d'utiliser ces mémoires comme collaboratrices de l'unité de commande, en relation avec la troi-

Im Beispiel der Figur 11 bestehen bei der ersten und vierten Pulsphase zwei Verbindungen zwischen je zwei Teilnehmern. In der zweiten Phase wählt ein Teilnehmer, und in der dritten bekommt ein anderer ein Hörzeichen.

Steuerung

Die Verbindungsspeicher enthalten in zentralisierter Form die wesentlichsten Informationen über den gesamten Belegungszustand der Anlage sowie über den Vermittlungszustand jeder bestehenden Verbindung. Somit sind sie ideale Mitarbeiter des Zentralsteuerwerks, das die dritte Grundfunktion der Vermittlung übernimmt, nämlich die Nachrichtenverarbeitung.

Das Grundprinzip des Steuerwerks für eine Zeitmultiplexvermittlung ist sehr einfach: seine Aufgabe besteht hauptsächlich darin, Information in die Umlaufspeicher einzuschreiben oder zu löschen. Diesbezügliche Entscheidungen werden in der zentralen Logik *(Fig. 12)* getroffen. Diese erhält einerseits über den Informations-Aufnahmeteil Auskunft über äussere Ereignisse, die eine bestimmte Verbindung, das heisst eine bestimmte Pulsphase P_x betreffen. Als äussere Informationsquellen gelten hier in erster Linie die Teilnehmer, die ihre Vermittlungswünsche mit Hilfe ihres Schleifenzustandes an die Zentrale mitteilen. Im Falle von Tonfrequenzwahl ist die Wahlinformation nicht direkt durch Impulszählung aus dem Schleifenzustand erkennbar, sondern wird von den Wahlempfängern in Parallelform dem Steuerwerk geliefert.

Die zentrale Logik liest anderseits den bestehenden Vermittlungszustand dieser gleichen Pulsphase P_x aus den Umlaufspeichern ab und verknüpft diese Informationen miteinander, das heisst sie überprüft die Situation und zieht logische Konsequenzen daraus, gegebenenfalls in der Form von Schreib- und Löschbefehlen an die Umlaufspeicher zur Einstellung eines neuen Vermittlungszustandes bei der Phase P_x.

Für ihre Entscheidungen braucht die zentrale Logik genaue Richtlinien, besser gesagt ein bestimmtes Arbeitsschema, in welchem der ganze Ablauf der klassischen Vermittlungsoperationen und allenfalls neuer Dienste festgehalten ist. Dieses Arbeitsschema ist entweder mit einer fest verdrahteten Logik oder, was flexibler ist, mit einem semipermanent gespeicherten Programm verwirklicht.

Beispiel einer Vermittlungsoperation

Bei der Pulsphase P_7 wählt der rufende Teilnehmer die zweite Ziffer, zum Beispiel *8*, der Rufnummer. Das System arbeitet mit Tonfrequenz-Tastenwahl und Schleifenstromabsenkung als Begleitsignal, was gestattet, einen Wahlempfänger jeweils nur für die Dauer eines Tastendrucks anzuschalten.

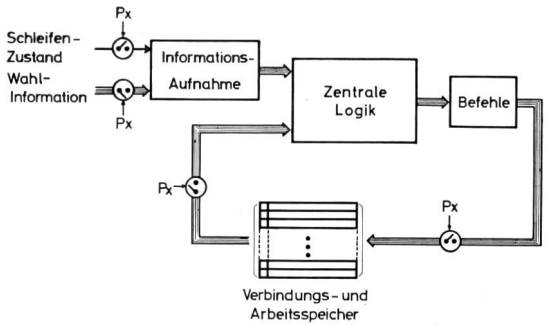

Fig. 12
Steuerungsprinzip einer Zeitmultiplexvermittlung
Principe de la commande d'un autocommutateur temporel
Schleifenzustand – Etat de boucle
Wahlinformation – Information de numérotation
Informationsaufnahme – Collecteur d'informations
Zentrale Logik – Logique centrale
Befehle – Ordres
Verbindungs- und Arbeitsspeicher – Mémoires de connexions et de travail

sième fonction fondamentale de la commutation, c'est-à-dire la fonction de décision.

Le travail de l'unité de commande d'un autocommutateur temporel se résume à un principe très simple: il s'agit d'inscrire ou d'effacer des informations dans les mémoires cycliques, selon les décisions prises dans la logique centrale *(fig. 12)*. La logique centrale est, d'une part, tenue au courant d'événements extérieurs concernant une certaine connexion, c'est-à-dire une certaine phase P_x, par l'intermédiaire du collecteur d'informations. Les sources d'informations extérieures sont en premier lieu les abonnés qui communiquent leurs ordres au central par le moyen de leur courant de boucle. Dans le cas de la sélection à clavier par fréquences vocales, l'information de numérotation ne peut être déduite de l'état de boucle par simple comptage des impulsions, mais est transmise sous forme parallèle à l'unité de commande par les récepteurs de numérotation.

D'autre part, la logique centrale s'informe de l'état de commutation de la phase en question P_x par la lecture des mémoires cycliques. Les informations sont alors confrontées, la logique apprécie la situation et en tire les conséquences sous forme d'ordres d'inscription et d'effacement ayant pour effet final l'établissement, le cas échéant, d'un nouvel état de commutation dans la phase P_x.

Pour ses décisions, la logique centrale a besoin de directives, en d'autres termes, d'un plan de travail déterminé qui englobe toutes les opérations de commutation classiques et, éventuellement, de nouveaux services. Ce plan de travail est concrétisé en une logique câblée ou, ce qui offre plus de flexibilité, en un programme enregistré sous forme semi-permanente.

Der Teilnehmer drückt auf die Taste *8*. Dadurch wird der Schleifenstrom unterhalb der Erkennungsschwelle abgesenkt, und die Informationsaufnahme meldet dem Steuerwerk: «Schleifenunterbruch auf Phase 7». Die zentrale Logik stellt anhand der Umlaufspeicher fest, dass bei P_7 noch kein Wahlempfänger zugeteilt wurde und gibt den Befehl: «Einen Wahlempfänger bei P_7 einschreiben». Von nun an ist der Teilnehmer mit einem Wahlempfänger über die Phase 7 verbunden. Nach einer gewissen Einschwingzeit meldet der Wahlempfänger über die Informationsaufnahme: «Bei Phase 7 wurde Ziffer *8* gewählt». Die zentrale Logik schliesst aus dem Vermittlungszustand der Phase 7, dass diese Ziffer die zweite der Rufnummer ist und gibt den Befehl: «Diese Ziffer in den Adressenspeicher für B-Teilnehmer bei P_7 an zweiter Stelle einschreiben». Der B-Adressenspeicher spielt dabei die Rolle eines Wahlregisters und nimmt die gewählten Ziffern nacheinander auf.

Mehrstufige Systeme

Für grössere Zentralen mit stärkerem Verkehr reicht die Verkehrskapazität einer einzigen Zeitmultiplexschiene nicht aus. Die Teilnehmer müssen in mehrere Gruppen aufgeteilt werden, wobei jede Gruppe eine eigene Schiene besitzt.

Im zweistufigen System *(Fig. 13)* hat jede Gruppenschiene Zugang zu jeder anderen über einen Koppelschalter, der im Zeitmultiplex für mehrere Verbindungen benützt werden kann. Mit G Gruppen sind $\frac{G(G-1)}{2}$ Koppelschalter nötig.

Für sehr grosse Zentralen mit vielen Teilnehmern und hohem Verkehr denkt man an dreistufige Gruppierungen, um

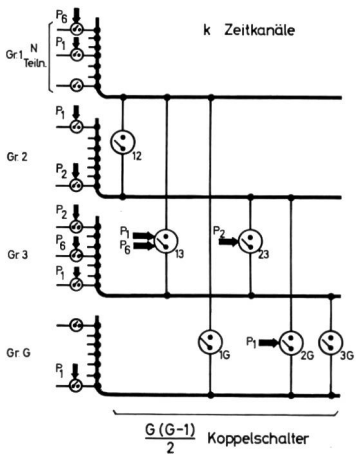

Fig. 13
Zweistufiges Zeitmultiplex-Koppelnetzwerk
Réseau de connexion de type temporel à deux étages
Zeitkanäle – Phases
Koppelschalter – Interrupteurs de couplage
Teiln. – Abonnés

Exemple d'une opération de commutation

Dans la phase P_7, l'abonné demandeur compose le deuxième chiffre du numéro d'appel, par exemple un *8*. On suppose un système équipé pour la sélection à clavier par fréquences vocales avec réduction du courant de boucle comme signal d'accompagnement, ce qui permet de ne solliciter un récepteur de numérotation que pour la durée d'enfoncement de la touche.

L'abonné pèse sur la touche *8*. Son courant de boucle est alors abaissé au-dessous du seuil de test et le collecteur d'informations annonce à l'unité de commande: «Rupture de boucle à la phase P_7». La logique centrale consulte les mémoires cycliques et constate qu'il n'a pas encore été attribué de récepteur de numérotation à cette phase; elle ordonne donc: «Inscrire un récepteur de numérotation à la phase P_7». Dès ce moment, l'abonné demandeur est connecté à un récepteur de numérotation par l'intermédiaire de la phase P_7. Lorsque le régime stationnaire de ses filtres est établi, le récepteur annonce par l'entremise du collecteur d'informations: «Reçu un chiffre *8* à la phase P_7». La logique centrale déduit de l'état de commutation de la phase P_7 qu'il doit s'agir du deuxième chiffre du numéro d'appel et donne l'ordre suivant: «Inscrire ce chiffre à la phase P_7 dans la mémoire d'adresses des abonnés demandés (abonnés *B*), à la deuxième place». La mémoire cyclique *B* joue à ce moment le rôle d'enregistreur de numérotation et emmagasine les chiffres du numéro désiré, dans l'ordre où ils sont composés.

Systèmes à plusieurs étages

Pour des centraux à plus fort trafic, la capacité d'écoulement d'une artère multiplex unique ne suffit plus. Il faut alors répartir les abonnés en plusieurs groupes disposant chacun d'une artère multiplex propre au groupe.

Dans un réseau à deux étages *(fig. 13)*, chaque artère de groupe est connectée à toutes les autres au moyen d'interrupteurs de couplage utilisables en répartition temporelle pour plusieurs connexions à la fois. Pour interconnecter G groupes, il faut $\frac{G(G-1)}{2}$ interrupteurs de couplage.

Dans le cas de très grands centraux à capacité élevée et fort trafic, on envisage des groupements à trois étages, afin de réduire le nombre des interrupteurs de couplage. La *figure 14* en donne un exemple: plusieurs groupes sont réunis en un groupe secondaire; des artères multiplex transversales écoulent le trafic entre deux groupes secondaires, d'autres servent aux connexions à l'intérieur d'un même groupe secondaire.

Lors de l'établissement d'une communication à travers un réseau à plusieurs étages, il faut trouver une phase qui soit libre en même temps sur deux, voire même trois artères,

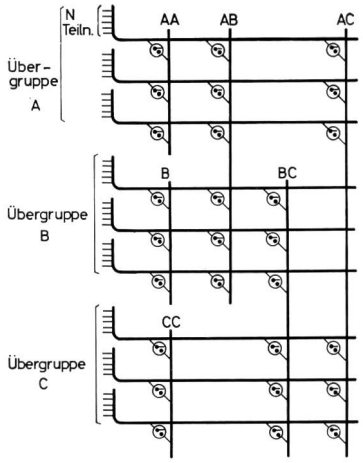

Fig. 14
Dreistufiges Zeitmultiplex-Koppelnetzwerk
Réseau de connexion de type temporel à trois étages
Teiln. – Abonnés
Übergruppe – Groupe secondaire

die Anzahl Koppelschalter zu reduzieren. Hier nur ein Beispiel *(Fig. 14)*: mehrere Gruppen bilden eine Übergruppe, Zeitmultiplex-Querschienen führen den Verkehr jeweils zwischen zwei Übergruppen, andere dienen zum Verkehr innerhalb einer Übergruppe.

Beim Aufbau einer Verbindung durch ein mehrstufiges System muss eine Pulsphase gefunden werden, die gleichzeitig auf zwei beziehungsweise drei Schienen frei ist. Das ist je nach dem Belegungszustand nicht immer möglich; innere Blockierungen können entstehen, die die Verkehrskapazität des Systems beeinträchtigen.

Aufgebaute Systeme

Seit etwa 15 Jahren wird in verschiedenen Ländern an dem Problem der Zeitmultiplexvermittlung gearbeitet. In *Grossbritannien* haben fünf Firmen unter der Leitung der Britischen Post Pionierarbeit auf diesem Gebiet geleistet und ein grosses Ortsamt entwickelt, das 1962 in der Quartierzentrale *Highgate Wood* in London eingeschaltet wurde, allerdings sicherheitshalber mit Beistand eines elektromechanischen Systems. Es ist etwa zwei Jahre lang teilaufgebaut im öffentlichen Versuchsbetrieb geblieben und erfüllte sämtliche Ortsamtsbedingungen, jedoch mit beträchtlichem Aufwand, besonders zur Anpassung an die elektromechanische Umwelt.

Im Jahre 1954 verwendete die Firma *Ericsson* zum ersten Male die Resonanzübertragung in einem einstufigen Labormodell *(EMAX)* mit 8 Kanälen.

ce qui n'est pas toujours possible, suivant l'état d'occupation du central. Il en résulte des blocages internes qui réduisent la capacité d'écoulement de trafic.

Réalisations

Depuis une quinzaine d'années, la commutation temporelle fait l'objet d'études dans plusieurs pays. En *Angleterre*, cinq maisons, groupées à l'instigation des postes britanniques, ont fait dans ce domaine un travail de pionniers qui a abouti, en 1962, à la mise en service d'un central local dans le quartier de *Highgate Wood* à Londres. Ce central expérimental, à vrai dire secondé par un central électromécanique pour plus de sûreté, a fonctionné pendant environ deux ans dans le réseau public en satisfaisant à toutes les conditions exigées d'un central local, au prix de solutions souvent fort coûteuses, surtout en ce qui concerne l'adaptation aux techniques de commutation existantes.

En 1954, la société *Ericsson* utilise pour la première fois le transfert résonnant dans un modèle de laboratoire *(EMAX)* à un étage et avec huit phases.

North Electric et *Stromberg-Carlson* ont livré en 1962 une série de commutateurs temporels à l'armée américaine pour ses réseaux de transmissions tactiques. Le choix d'une solution entièrement électronique à répartition temporelle a été dicté dans ce cas par les limitations d'encombrement et de poids, de même que par les conditions de service très rudes imposées à des centraux de campagne mobiles.

Stromberg-Carlson a développé également un central d'abonné avec commutation temporelle *(Dynalogic)*, dont plusieurs sont déjà en service et d'autres en construction.

En commutation électronique, les *Laboratoires Bell* ont commencé par orienter leurs recherches plutôt vers des centraux de type spatial. Cependant, ces dernières années, ils ont mis au point un intéressant système de centraux d'abonnés avec répartition temporelle. Ce système, connu sous le sigle *No. 101 ESS*, est actuellement fabriqué en série par la *Western Electric Company*. Son originalité réside dans le fait que plusieurs centraux d'abonnés (au maximum 32) sont télécommandés par la même unité de commande sise dans le bâtiment du central local. Chez l'abonné ne se trouvent que le réseau de connexion temporel et les mémoires de connexions. Toutes les informations sont communiquées à l'unité de commande, qui les traite et transmet les ordres en retour. Au printemps 1966, 40 unités de connexion et 13 unités de commande étaient déjà en service.

De nombreux autres laboratoires s'intéressent aux possibilités de la commutation temporelle et s'efforcent de les concrétiser dans des modèles fonctionnels. En Allemagne, la maison *Siemens* a fait des travaux importants dans ce domaine et a construit des centraux expérimentaux. Un petit

Die Firmen *North Electric* und *Stromberg-Carlson* lieferten 1962 an die amerikanische Armee und Luftwaffe eine Reihe von Zeitmultiplexzentralen für taktische Nachrichtennetze. Entscheidend für die Wahl einer vollelektronischen Lösung nach dem Zeitmultiplexverfahren waren dabei die strengen Raum- und Gewichtseinschränkungen sowie die harten Betriebsbedingungen, die von transportablen Feldzentralen verlangt werden. Stromberg-Carlson hat ausserdem eine Zeitmultiplex-Nebenstellenanlage *(Dynalogic)* entwickelt. Zur Zeit sind angeblich mehrere solche Anlagen in Betrieb und weitere in Bau.

Nachdem die *Bell Laboratorien* ihre Entwicklung auf dem Gebiet der elektronischen Vermittlungstechnik zuerst mehr in Richtung Raumvielfachsysteme getrieben haben, besitzen sie jetzt ein interessantes System für Nebenstellenanlagen mit Zeitmultiplex-Koppelnetzwerk unter der Bezeichnung *No. 101 ESS*, das bei der *Western Electric Company* kommerziell gefertigt wird. Die Originalität des Systems liegt unter anderem in der Tatsache, dass zur besseren Ausnützung des Steuerwerks mehrere Nebenstellenanlagen (bis zu 32) von einer gemeinsamen Zentralsteuerung aus ferngesteuert werden. Beim Kunden befindet sich nur eine verhältnismässig kleine Schalteinheit, die hauptsächlich das Koppelnetzwerk und die Verbindungsspeicher enthält. Alle Informationen werden über Datenleitungen an die zentrale Steuerung im Ortsamtsgebäude mitgeteilt, und die Steuerbefehle

modèle de laboratoire est en service depuis octobre 1966 à l'*Albiswerk Zurich SA* où il sert à l'établissement de communications internes. Le *tableau I* donne un aperçu des plus importants systèmes décrits dans la littérature.

Conclusion

A part les possibilités offertes par la modulation d'impulsions en amplitude (PAM) esquissées ici, de nouveaux horizons s'ouvrent à la commutation temporelle en relation avec les réseaux intégrés où la modulation par impulsions codées (PCM) servira à la fois à une utilisation multiple des lignes urbaines et à la commutation temporelle. Ce sont ses propriétés de transmission bien connues qui ont fait préférer la modulation PCM à la modulation PAM dans ce cas. Si ce choix n'affecte pas les problèmes fondamentaux de la commutation, il permet néanmoins, ou exige, d'autres réalisations pratiques, qui ne peuvent être étudiées que dans le cadre du réseau intégré.

Actuellement, la commutation téléphonique entièrement électronique sort à peine du stade expérimental en laboratoire. Le système de commutation de l'avenir ne s'est pas encore dégagé clairement des nombreuses ébauches proposées. Les systèmes électromécaniques existants, extrêmement évolués au point de vue technique, n'ont pas été conçus pour collaborer avec des circuits électroniques.

Tabelle I. Einige aufgebaute Zweitmultiplex-Vermittlungssysteme
Tableau I. Quelques systèmes de commutation temporelle réalisés

Jahr Année	Firma, System Firme, système	Type	Type	f_A kHz	k	Reson.-Übertr. Transf. réson.	Teiln.-station Poste d'abon.	Kapazität je Gruppe Capacité par groupe	Total Total	Lit.
1956–62	General Post Office Highgate Wood	4-Draht 2stufig Ortsamt	4-fils 2 étages central local	10	100		N (T, R)	800	7200	[4]
1960	Stromberg-Carlson	4-Draht, Militär	4-fils, militaire	12,5	32	x	T, R	28	280	[4]
1961	North Electric	4-Draht, 2stufig Militär	4-fils, 2 étages militaire	12,5	20	x	T, R	36	504	[8]
1961	Stromberg-Carlson Dynalogic	2-Draht, 1stufig Nebenstelle	2-fils, 1 étage central d'abonné	10	100	x	N (T, R)	1000	—	[9]
1962	Bell No. 101 ESS 1A	1st. } 2-Draht-	1 ét. } 2-fils	12,5	2×25	x		200	—	[10]
1966	2A	3st. } Nebenst.	3 ét. } central		30	x	(N) T	32	364	[5]
1966	3A	3st. }	3 ét. } d'abonné		60	x		32	820	
1962	Siemens	2-Draht, 1stufig	2-fils, 1 étage	10	100	x	(N) T, R	1000	—	[11]
1964	Bell Tel. Man. Co 20 J	2-Draht, 1stufig Nebenstelle	2-fils, 1 étage central d'abonné	10	25	x	N (T, R)	200	—	[5]
1965	SOCOTEL AT 200	4-Draht, 1stufig	4-fils, 1 étage	7,8	32		N	200	—	[12]
1966	Siemens	2-Draht, 1stufig Nebenstelle	2-fils, 1 étage central d'abonné	10	100		T, R	900	—	[5]

N: Normale Station — poste normal
T: Tastenwahl — sélection à clavier
R: Tonruf — appel à fréquence vocale.

kommen von dort zurück. Im Frühjahr 1966 waren schon 40 Schalteinheiten und 13 Steuereinheiten in Betrieb.

An vielen anderen Orten werden die Möglichkeiten der Zeitmultiplex-Vermittlungstechnik untersucht und Labormodelle aufgebaut. In Deutschland hat sich *Siemens* intensiv mit diesen Problemen befasst und Laborzentralen in Versuchsbetrieb gesetzt. In der *Albiswerk Zürich AG* läuft seit Oktober 1966 ein kleines Labormodell mit internem Verkehr. In der *Tabelle I* sind die Merkmale der wichtigsten in der Literatur beschriebenen Systeme zusammengefasst.

Schlussbetrachtungen

Neben den hier angedeuteten Anwendungen der Pulsamplitudenmodulation (PAM) öffnen sich jetzt neue Perspektiven für die Zeitmultiplexvermittlung im Zusammenhang mit integrierten Netzen durch die Anwendung der Pulscodemodulation (PCM) zur Mehrfachausnützung von Ortsleitungen. Die Pulscodemodulation, die in diesem Falle aus bekannten übertragungstechnischen Gründen der PAM vorgezogen wird, ändert zwar nichts an den Grundproblemen der Vermittlungstechnik, sie ermöglicht oder verlangt aber zum Teil andere praktische Lösungen, die im Rahmen des integrierten Netzes studiert werden müssen.

Die vollelektronische Vermittlungstechnik kommt jetzt erst kaum aus dem Laborversuchsstadium heraus. Das Vermittlungssystem der weiteren Zukunft hat sich noch nicht klar herauskristallisiert. Der Kontakt mit der rauhen Wirklichkeit, das heisst die Zusammenarbeit mit hochentwickelten vorhandenen Einrichtungen und die Anpassung an eine bestehende, nicht im Hinblick auf Elektronik konzipierte Technik, stellt die vollelektronischen Vermittlungssysteme vor Probleme, die vorläufig noch nicht alle gelöst worden sind, an deren Lösung aber intensiv gearbeitet wird.

Adresse des Autors: P.-G. Fontolliet, c/o Albiswerk Zürich AG, Albisriederstr. 245, 8047 Zürich

Il en résulte pour les systèmes électroniques de sérieux problèmes de compatibilité, qui n'ont été résolus jusqu'à maintenant que partiellement, mais qui continuent à faire l'objet de recherches poussées.

Bibliographie

[1] *Hölzler E.* und *Holzwarth H.* Theorie und Technik der Pulsmodulation. Berlin (1957), Springer-Verlag, S. 98 ff.

[2] *Poschenrieder W.* Das Zeitmultiplexverfahren in der Vermittlungstechnik. Siemens-Z. 37 (1963), H. 1. S. 16...19

[3] *Poschenrieder W.* Stand der Zeitmultiplex-Vermittlungstechnik. Informationen Fernsprech-Vermittlungstechnik, Nr. 2/1966. S. 61...68 und Nr. 4/1966 S. 194...199

[4] Conference on Electronic Telephone Exchanges. Proc. IEE, Part B, supplement No. 20, vol. 107 (1960)

[5] Communications du Colloque international de Commutation électronique, Paris 1966 (éditions Chiron)

[6] *French J. A. T.* and *Harding D. J.* An Efficient Electronic Switch: the Bothway Gate. Post Office Electr. Eng. Journ. 52 (1959), p. 37...42

[7] *Shannon C. E.* Memory Requirements in a Telephone Exchange. Bell Syst. Techn. Journ. 29 (1950), July, p. 343...349

[8] A Four-Wire Solid-State Switching System. Ericsson technics 19 (1963) No. 2, p. 111...229

[9] *Brightman B.* An Electronic 2-Wire Private Branch Exchange. IEEE Transactions on Communication and Electronics 83 (1964), November, p. 680...684

[10] *Depp W. A.* and *Townsend M. A.* An Electronic Private Branch Exchange Telephone Switching System. IEEE Transactions on Communication and Electronics 83 (1964), July, p. 321...345

[11] *Darré A.*, *Ptacnik E.* und *Schlichte M.* Versuchsbetrieb mit einer elektronischen Fernsprechvermittlungsanlage in Zeitmultiplextechnik. Siemens-Z. 37 (1963), H. 2, S. 61...67

[12] *Revel H.*, *Hollocou E.* et *Le Bellec C.* Autocommutateur temporel à petite capacité AT 200. Commutation et Electronique n° 10, octobre 1965, p. 28...51