Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 71 (1980)

Heft: 21

Artikel: Digitale Vermittlungssysteme mit Ringstruktur

Autor: Braun, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905308

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: 09.12.2025

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

Digitale Vermittlungssysteme mit Ringstruktur

Von F. Braun

621.394.4.037.37

Digitale Vermittlungssysteme mit Ringstruktur übertragen die Information aller Teilnehmer über einen schnellen ringförmigen Zeitmultiplexkanal. In diesem Beitrag wird auf die Technik der Übertragung und auf Strategien zum Einfügen von Nachrichten in den Kanal eingegangen. Zudem werden die Eigenschaften von solchen Systemen aufgezeigt und mit denjenigen anderer Netzstrukturen verglichen.

Les systèmes de commutation numériques à structure circulaire transmettent l'information à tous les participants par un canal rapide à multiplexage par répartition dans le temps. Cet article concerne la technique de transmission et les stratégies d'introduction de communications dans le canal, ainsi que les propriétés de ces systèmes comparées à celles d'autres structures de réseaux.

1. Einleitung

In den letzten zehn Jahren sind viele Arbeiten über digitale Vermittlungssysteme mit Ringstruktur veröffentlicht worden. Die meisten dieser Systeme wurden als Kommunikationssysteme zwischen Computern und zwischen Computern und Terminalen vorgeschlagen. Die Literaturstelle [1] gibt eine gute Übersicht über einen grossen Teil der Veröffentlichungen.

Ringsysteme bestehen aus Geräten (hier als Knoten bezeichnet), die ringförmig mit Leitungen verbunden sind. In den Knoten werden die Nachrichten der Endgeräte in den Ring eingekoppelt bzw. aus dem Ring gelesen. Die Information aller Verbindungen wird gemeinsam über einen digitalen Zeitmultiplexkanal übertragen. Die meisten Systeme übertragen zwischen einigen kbit/s und einigen Mbit/s. An einem Knoten sind ein oder mehrere Endgeräte angeschlossen. In einigen Systemen sind die Endgeräte selbst die Knoten. In den folgenden Abschnitten wird auf verschiedene technische Lösungen und deren Eigenschaften eingegangen.

2. Übertragung

Praktisch alle Ringsysteme übertragen die Signale nur in einer Richtung und regenerieren sie in jedem Knoten. So können praktisch beliebig grosse Ringe realisiert werden. Meistens sind die Taktsignale dauernd vorhanden und im ganzen Ring synchron. Oft wird ein stabiler Takt in einer zentralen Einheit erzeugt und von Knoten zu Knoten weitergegeben. Der zentrale Takt kann auch aus einem synchronen öffentlichen Netz (Datennetz oder digitales Telefonnetz) entnommen werden.

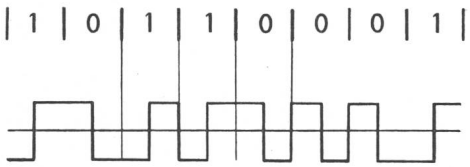

Fig. 1 Manchestercode

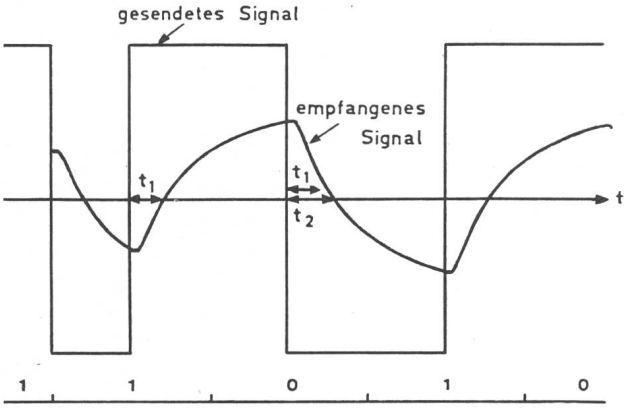

Fig. 2 Verzerrung des Leitungssignals auf einem Koaxialkabel (Manchestercode)

Um die Zahl der Übertragungsadern tiefzuhalten, werden die Bit meistens seriell übertragen und so codiert, dass der Takt direkt aus den Flanken abgeleitet werden kann. Damit lassen sich Kosten für Kabel, Übertrager und Stecker sparen, und es ergeben sich bei längeren Übertragungsstrecken keine Laufzeitprobleme wie bei paralleler Übertragung.

Aus schaltungstechnischen Gründen werden mittelwertfreie Leitungscode mit zwei oder drei Amplitudenstufen vorgezogen. Oft wird der Manchestercode verwendet (Fig. 1), dessen Codierung und Decodierung sehr einfach ist. Die Bit werden mit zwei Halbpulsen entgegengesetzter Polarität dargestellt; eine '1' beginnt mit einem negativen Halbpuls und eine '0' mit einem positiven. Der Code weist in der Mitte jedes Bitintervalls eine Flanke auf, die zur Ableitung des Taktes verwendet werden kann. Zudem ist er mittelwertfrei, was die Verwendung von induktiven Übertragern erlaubt.

Wie in Fig. 2 veranschaulicht, ergibt sich infolge der Signalverzerrung durch die Leitung in Abhängigkeit von den übertragenen Bit eine gewisse Unregelmässigkeit der Nulldurchgänge der mittleren Flanke auf der Empfangsseite und somit des Taktes (sog. Jitter). Unsymmetrien in den Übertragungsschaltungen und eingekoppelte Störsignale können zusätzlichen Jitter erzeugen. Damit nicht nach einigen Übertragungsstrecken ein Halbpuls völlig verschwindet (und dadurch Übertragungsfehler entstehen), werden die Taktintervalle mit einem Schwingkreis oder einem Phasenregelkreis gemittelt. Dieser regenerierte Takt wird dann als Grundtakt für die digitalen Schaltungen im Knoten und zur Übertragung zum nächsten Knoten verwendet.

Als Kabel bieten sich heute verdrillte Paare und Koaxialkabel an. In Zukunft wird besonders in Umgebungen mit starken elektromagnetischen Feldern oder bei hoher Übertragungsgeschwindigkeit und grossen Abständen zwischen den Knoten optische Übertragung zur Anwendung gelangen.

3. Vermittlung und Verteilung der Ringkapazität

Der schnelle Bitstrom des Rings muss auf die einzelnen Verbindungen aufgeteilt werden. In den meisten Anwendungen bestehen nie gleichzeitig alle von den Benützern her möglichen Verbindungen. Die Ringkapazität kann deshalb dynamisch den gerade bestehenden zugeteilt werden und damit eine höhere Bitrate angeboten werden als bei starrer Zuteilung. Dies wird in fast allen Systemen durch paketweise Übertragung der Bit der einzelnen Verbindungen verwirklicht.

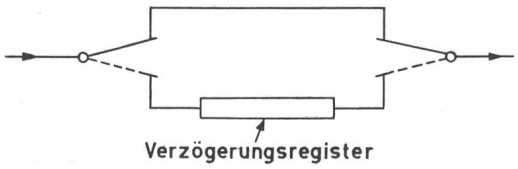

Fig. 3 Prinzip der Registereinfügung

Die Knoten müssen zudem die Vermittlungsfunktion realisieren, d.h., sie müssen erkennen können, welche Information für sie bestimmt ist und diese herauskopieren. Dazu werden die Pakete mit Adressen gekennzeichnet (meistens mit Absender- und Empfängeradresse).

Sobald die Adresse eines Paketes ganz in einem Knoten angekommen ist, kann mit dem Herauskopieren begonnen werden. Bei vielen Ringen ist die Verzögerungszeit in den Knoten sehr gering. Sie sind somit sehr schnelle Vermittlungssysteme. Bei starker Belastung ergeben sich durch die begrenzte Übertragungskapazität allerdings Wartezeiten vor dem Absenden der Pakete.

Es werden hauptsächlich drei Methoden für die Zuteilung von Ringkapazität an die einzelnen Verbindungen verwendet. Sie sind in den folgenden Unterabschnitten beschrieben. Bei allen diesen Methoden sind die Pakete mindestens mit einer Adresse versehen.

3.1 Ringe mit Markenweitergabe

Bei dieser Methode ist immer nur ein Knoten am Senden. Wenn er fertig ist, schickt er eine spezielle Bitkombination, die als Marke bezeichnet wird, weiter auf dem Ring. Der nächste Knoten, der etwas zu senden hat, wandelt die Marke in ein Startzeichen um und schliesst sein Paket an. Die Marke unterscheidet sich nur im letzten Bit vom Startzeichen eines Paketes. So kann die Verzögerung in den Knoten auf ca. 1 Bitintervall beschränkt werden. Damit die Startzeichen und die Marke von den Paketinhalten unterscheidbar sind, muss der Paketinhalt redundant sein. Es können z.B. zusätzliche '0' eingefügt werden. Marke und Startzeichen sind dann durch eine bestimmte Zahl von '1', die sonst nicht vorkommt, gekennzeichnet.

Typisch für diese Ringe ist, dass, wenn die Marke zirkuliert, kein Knoten senden kann. Auch wenn nur ein Knoten senden will, muss er im Mittel eine halbe Ringumlaufzeit warten. Diese setzt sich aus den Kabellaufzeiten und den Ringverzögerungen der Knoten zusammen. Empfangene Pakete laufen ungenutzt weiter bis zum sendenden Knoten.

Bei diesen Ringen können sehr leicht Pakete unterschiedlicher Länge verwendet werden. Meistens wird die Paketlänge begrenzt, um für alle Knoten eine definierte maximale Wartezeit bis zum Senden zu erhalten. Blockierungen einzelner Knoten können nicht auftreten.

3.2 Zeitschlitzringe

Bei den Zeitschlitzringen werden Pakete fester Länge verwendet, die als voll oder leer markiert sind. Jeder Knoten, der etwas zu senden hat, wartet auf den nächsten leeren Zeitschlitz, in den er sein Paket kopiert. Es können gleichzeitig mehrere Knoten senden.

In einigen Systemen gibt der empfangende Knoten den Zeitschlitz wieder frei, damit der Ringkanal möglichst gut genutzt wird. Das bedingt aber mindestens eine Ringverzögerung um die Länge der Adresse in jedem Knoten. Es ist möglich, dass Knoten, die hinter solchen liegen, die viel senden und wenig empfangen, nicht mehr senden können, weil sie keine leeren Pakete erhalten.

In anderen Systemen weisen die Knoten nur ca. 1 Bit Verzögerung auf. Sie messen die Umlaufzeit des Ringes und entnehmen dann ihr eigenes Paket wieder dem Ring. Damit ist die Ringausnützung schlechter wegen den nicht benützten Rückwärtspaketen. Auch bei dieser Methode können wenige Knoten ständig wieder ihre eigenen Zeitschlitze füllen und so andere am Senden hindern. Es sind Verfahren entwickelt worden, die die Benachteiligung von einzelnen Knoten verhindern.

3.3 Ringe mit Registereinfügung

Bei diesem Verfahren können die Knoten auch Pakete absenden, wenn gleichzeitig auf dem Ring Pakete ankommen. In diesem Fall werden die vom Ring kommenden Pakete in ein Verzögerungsregister gelesen, das in den Ring geschaltet wird (Fig. 3). Weitere auf dem Ring ankommende Pakete laufen durch dieses Register. Sobald ein leeres Paket im Verzögerungsregister ist, wird das Register wieder aus dem Ring genommen. Es sind auch Systeme für Pakete variabler Länge realisiert worden.

Wenn die Pakete vom Empfänger entfernt werden, wird der Ringkanal gut ausgenützt, es besteht aber wiederum die Gefahr, dass gewisse Knoten beim Senden benachteiligt werden. Wenn die Pakete aber vom Sender entfernt werden, ergibt sich bei Überlast eine gleichmässige Verteilung der Ringkapazität auf alle Knoten, weil im Gegensatz zum Zeitschlitzring jeder Knoten durch Einschalten eines Registers einen Zeitschlitz erzeugen kann.

4. Zuverlässigkeit und Wartung

Da in Ringsystemen viele Knoten in Reihe geschaltet sind und alle Verbindungen über einen Kanal laufen, müssen Massnahmen zur Gewährleistung einer genügenden Zuverlässigkeit des Ringkanals ergriffen werden. Störungen in Ringteilen müssen erkannt und die defekte Einheit möglichst schnell über-

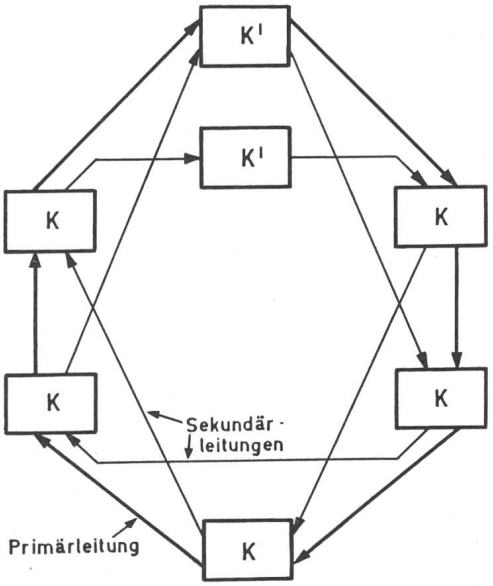

Fig. 4 Ring mit Sicherheitsleitungen

brückt werden. Fig. 4 zeigt ein Beispiel eines Ringes mit Sicherheitsleitungen. Jeder Knoten sendet auf beiden abgehenden Leitungen dasselbe Signal. Er empfängt die Signale normalerweise auf der Primärleitung. Wenn diese stark gestört ist, schaltet er automatisch auf die Sekundärleitung.

Es ist nicht nötig, jeden Knoten mit 2 Leitungspaaren auszurüsten. Zusätzliche Knoten können in die Primärleitung eingeschaltet werden. Ein solches System ist sicher gegen Einzelfehler. In das Sicherheitskonzept kann auch der Spezialknoten K′, der den stabilen Takt liefert und allenfalls gewisse Funktionen überwacht, einbezogen werden, indem eine zweite Einheit in die Sekundärleitung eingefügt wird.

Für die Wartung ist es wegen der örtlichen Verteilung der Einrichtungen wichtig, dass Fehlermeldungen und Alarme an eine zentrale Stelle geleitet werden. Da Knoten, die Überbrückungsschalter enthalten, die Leitungen überwachen, ist es sinnvoll, dass sie festgestellte Fehler mittels Paketen an eine zentrale Stelle melden.

5. Anwendungsaspekte und Vergleich mit anderen Netzstrukturen

Die Verwendung adresscodierter Pakete eignet sich zur Verlagerung der anwendungsspezifischen Funktionen in die Endgeräte. Zudem können auch sehr unterschiedliche Datenraten der Teilnehmer verarbeitet werden. Dies erlaubt die verschiedensten Dienste über denselben Ring abzuwickeln (z. B. schnelle und langsame Daten, Telex, digitalisierte Sprache usw.). Das Wegfallen der parallelen Verkabelung der einzelnen Dienste kann Kostenvorteile bringen. Allerdings ist es nicht unbedingt wirtschaftlich, sehr schnelle Ringe direkt für einfache, langsame Dienste (z. B. Feuermelder, Fernsteuerung für Schalter usw.) zu verwenden, weil die Zugriffseinheiten schnelle Schaltungen mit einer gewissen Komplexität sind, die auch relativ viel Leistung verbrauchen.

Die Verlagerung der Intelligenz an die Peripherie erübrigt eine komplexe zentrale Steuerung, die für eine bestimmte maximale Systemgrösse ausgelegt ist. Die Anlage lässt sich den Bedürfnissen entsprechend schrittweise von einigen wenigen bis Hunderten von Knoten ausbauen. Anstatt grosser Anfangsinvestitionen wie bei zentraler Vermittlung ergibt sich ein zur Systemgrösse proportionaler Kostenverlauf.

Auch technisch ist der Ausbau eines Ringes relativ einfach, weil keine neuen Kabel verlegt werden müssen. In einem System nach Fig. 4 können durch geeignete Verwendung der Überbrückungsleitungen Knoten sogar ohne Betriebsunterbruch eingebaut und entfernt werden.

Besonders vorteilhaft sind Ringe (wie auch Bussysteme) für Endgeräte, die sporadisch Daten in möglichst kurzer Zeit übertragen müssen. Der schnelle Ringkanal wird dann kurzzeitig den aktiven Endgeräten zugeteilt und somit wesentlich besser genutzt als z. B. einzelne Zuleitungen in einem System mit zentraler Vermittlung.

Wenn an die Geschwindigkeit und Häufigkeit der Vermittlung keine hohen Anforderungen gestellt werden, können bei zentralen Systemen Steueraufgaben für mehrere Teilnehmer von gemeinsamen Einheiten erledigt werden. Dies gilt z. B. für die Leitungsvermittlung in der Telefonie- und Telextechnik. Allerdings erhöht diese Zusammenfassung die logische Komplexität des Systems, weil die Multiplexierung dieser Einheiten als neue Funktion hinzukommt. Je höher die Anforderungen bezüglich Geschwindigkeit und Häufigkeit der Vermittlung sind, desto geringer sind die Einsparungen zentraler gegenüber dezentraler Vermittlung.

Durch geringere Kosten für Kabel und Installationen sowie für Sender und Empfänger (nur je ein Stück je Knoten im Gegensatz zu zwei bei zentralen Systemen) wird sich in vielen Fällen ein Kostenvorteil gegenüber zentralen Systemen ergeben. Zudem kommen in Ringsystemen (und in Bussystemen) praktisch alle Funktionseinheiten in jedem Knoten vor. Dank den grossen Stückzahlen lassen sich kleine Stückkosten erzielen, besonders wenn spezielle integrierte Schaltungen hergestellt werden.

Im Vergleich mit vermaschten Systemen sind Ringsysteme (und Bussysteme) einfacher, weil keine Wegsuche nötig ist. Zudem müssen im Überlastfall keine Daten in den Knoten gespeichert werden wie in vermaschten Paketnetzen; wenn der Ring (bzw. Bus) überlastet ist, kann dem Endgerät signalisiert werden, dass der Knoten nicht aufnahmebereit ist. Andererseits ist für vermaschte Systeme die Freiheit bei der Kabelführung grösser und bei starker Vermaschung auch die Verfügbarkeit höher. Diese Aspekte begünstigen die Verwendung vermaschter Systeme im öffentlichen Bereich und von Ringsystemen in Gebäuden und abgeschlossenen Arealen. Letzteres gilt besonders bei Neuinstallationen. Diese Anwendung wurde in [2] behandelt.

Passive Bussysteme, wie in [3] beschrieben, arbeiten ebenfalls mit dezentraler Vermittlung und haben deshalb weitgehend ähnliche Eigenschaften wie Ringe. Da sie auch funktionieren, wenn einzelne Knoten ausgefallen sind, kann eher auf Sicherheitseinrichtungen verzichtet werden als bei Ringen. Die Ausdehnung ist aber wegen der Kabeldämpfung, und die Zahl der anschliessbaren Endgeräte wegen den entstehenden Reflexionen begrenzt. Da bei solchen Systemen die einzelnen Geräte mit ihrem eigenen Takt senden, sind sie nicht für die Realisierung synchroner Schnittstellen geeignet.

6. Schlussfolgerungen

Digitale Vermittlungssysteme mit Ringstruktur zeichnen sich durch eine hohe Geschwindigkeit der Vermittlung aus. Sie sind besonders geeignet für Endgeräte mit intermittierender Aktivität. Sie sind sehr flexibel bezüglich Ausbau von wenigen Teilnehmern bis zu Hunderten und ihre Ausdehnung ist praktisch unbeschränkt. Die Kosten verlaufen weitgehend proportional zum Ausbau.

Literatur

[1] *B. K. Penny* and *A. A. Baghdadi:* Survey of computer communications loop networks. Computer Communications 2(1979)4, p. 165...180 + Nr. 5, p. 224...241.

[2] *E. Hafner:* Inhaus-Datenkommunikation. Bull. SEV/VSE 71(1980)15, S. 822...826.

[3] *R. M. Metcalfe* and *D. R. Boggs:* Ethernet: Distributed packet switching for local computer networks. Communications of the Association for Computing Machinery 19(1976)7, p. 395...404.

Adresse des Autors

Dr. *F. Braun*, Hasler AG Abt. 82, Belpstrasse 23, 3000 Bern 14.