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: 87 (1996)

Heft: 17

Artikel: Volloptische Netze : die Zukunft des Information Superhighways : Teil 1 : Evolution der optischen Übertragungstechnik

Autor: Gipser, Thilo / Leuthold, Peter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902342

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: 11.12.2025

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

Wachsende Anforderungen der Gesellschaft an eine leistungsfähige Kommunikationsinfrastruktur verlangen nach einem global flächendeckenden Transportsystem, das riesige Datenströme bewältigen muss. Der Vergleich mit Autobahnen und damit die Bezeichnung Information Superhighway erscheint deshalb treffend. Die Technologie zur Realisierung derartiger Hochleistungsnetze befindet sich zurzeit im Stadium der Erforschung, Entwicklung und Erprobung. Es zeichnet sich schon heute ab, dass nur photonische Netze und letztendlich deren volloptische Realisierung den hohen Ansprüchen genügen werden.

Volloptische Netze – die Zukunft des Information Superhighways

Teil 1: Evolution der optischen Übertragungstechnik

■ Thilo Gipser, Peter Leuthold

Einleitung

Mit der Entwicklung des Internet ist die Menschheit der Verwirklichung einer schon lange gehegten Vision entscheidend nähergekommen, die weltumspannende Kommunikation auf allen gesellschaftlichen Ebenen einschliesslich derjenigen des Individuums zu verwirklichen. Mittels der Benützeroberfläche World Wide Web (WWW) tauschen heute über 70 Millionen Teilnehmer – sowohl Privatpersonen als auch Institutionen und Unternehmen – Informationen aus oder greifen auf Datenbanken aller Art zu. Im Vergleich mit dem Telefonnetz mit gegen einer Milliarde Teilnehmeranschlüssen hält sich das Internet noch in bescheidenem Rahmen, aber wenn man die entsprechenden Entwicklungszeiten einander gegenüberstellt, nämlich etwa 110 Jahre und 5 Jahre, zeichnet sich ein deutlicher Trendbruch ab.

Man unterscheidet bekanntlich drei Klassen von Kommunikationsdiensten: interaktive Dienste, Zugriffsdienste und Verteildienste.

Nachdem das Telefon während beinahe 100 Jahren aus Gründen der technischen Machbarkeit das Monopol als einziger interaktiver Online-Dienst behaupten konnte, überstürzt sich in jüngster Zeit dank der heute zur Verfügung stehenden Technologien das Angebot an neuen Diensten wie Bildtelefon, Videoconferencing, Telebanking, Telearbeit, Telemedizin, Ferneinkauf, Fernunterricht, Fernberatung usw., die alle mehr oder weniger auf Multimediakommunikation basieren. Aus den alten interaktiven Offline-Diensten Telegraf, Telex und in neuerer Zeit auch Telefax hat sich E-Mail entwickelt, die ebenfalls ihren Siegeszug um die Welt angetreten hat.

Jüngeren Datums sind die Zugriffsdienste auf Flug- und Fahrpläne, Telefonbücher, Zeitungen, Bibliotheken, Kurslisten, Wetterprognosen, Cinematheken (Video on demand) sowie insbesondere auf Dateien wissenschaftlichen, technischen, wirtschaftlichen und kulturellen Inhalts. Die Nutzung der letzteren Informationsquellen bringt den Unternehmen entscheidende Vorteile, wenn es darum geht, sich am Weltmarkt behaupten zu müssen.

Die klassischen Verteildienste sind der Rundfunk und das Fernsehen. Die anfäng-

Adresse der Autoren
Dr. *Thilo Gipser*, Dipl. El.-Ing. ETH
und Prof. Dr. *Peter Leuthold*, Institut für Kommunikationstechnik, ETH Zentrum
Sternwartstrasse 7, 8092 Zürich

lich auf ein nationales Publikum ausgelegte Versorgung ist heute dank des Einsatzes von Satelliten einer weltweiten Verbreitung gewichen. Entsprechend hat das Angebot an Programmen zugenommen, und ein Ende der Entwicklung ist auch in diesem Bereich noch nicht abzusehen.

Auf dem Weg zur globalen Kommunikation zeichnen sich heute zwei wesentliche Trends ab: Vernetzung und Mobilität.

Während heute noch viele Dienste auf verschiedenen Netzen angeboten werden, geht die Tendenz dahin, durch Verbesserung der Leistungsmerkmale und sukzessive Vermaschung der Netze einen Zustand zu erreichen, welcher erlaubt, über eine einzige Informationssteckdose mittels entsprechender Terminals auf praktisch alle Dienste zuzugreifen. Das WWW liefert diesbezüglich bereits einen Vorgeschmack und wirkt nicht zuletzt deshalb so attraktiv. Besonders erwähnenswert ist auch die zunehmende Vernetzung von Computersystemen, die eine Dezentralisation der Rechnerleistung und damit eine rationelle Nutzung dieser Systeme erlaubt.

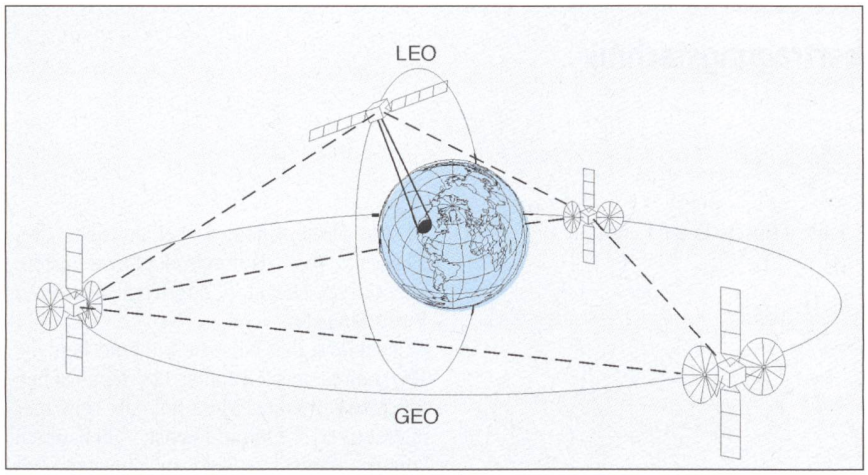


Bild 1 Optisches Netz im Weltraum zwischen Satelliten auf erdnahen (LEO) und geostationären Umlaufbahnen (GEO)

Mobilität bedeutet, dass man nicht nur zu Hause oder am Arbeitsplatz, sondern auch unterwegs Zugriff auf möglichst alle Dienste haben möchte, wobei zufolge physikalischer Grenzen gewisse Qualitätseinbussen in Kauf genommen werden müssen. Während die Übertragung von Sprache und Daten bei geringen Bitraten in zellularen Funknetzen schon weitgehend flächendeckend möglich ist, befindet sich die mobile Breitbandkommunikation noch im Stadium der Erforschung. Es wäre denkbar, dass in fernerer Zukunft diese Aufgabe von einem erdumspannenden Netz tieffliegender Satelliten (low earth orbit, LEO) übernommen werden könnte, die über ein optisches Netz im Weltraum, gebildet aus Laserstrahlverbindungen (laser cross-links), miteinander kommunizieren und von der Mobilstation am Boden mit bescheidenen Sendeleistungen erreichbar sind (Bild 1).

Die Freude der WWW-Benützer beim Surfen ist heute leider in zunehmendem Masse durch den Umstand getrübt, dass – vor allem während der Geschäftszeiten in den betreffenden Ländern – der Zugriff zu den Host-Rechnern erschwert ist und die Übertragungsgeschwindigkeit auf unerträglich tiefe Werte absinkt. Die globale Kommunikation wird also nur dann funktionieren, wenn – neben einer ausreichenden Datensicherheit – in den stets komplexer werdenden Netzen ein genügend grosser Datenfluss gewährleistet werden kann. Entsprechend der Bewältigung des Strassenverkehrs mit Hilfe von Autobahnen muss deshalb weltweit ein hochleistungsfähiges Kernnetz, der sogenannte Information Superhighway, erstellt werden, welches die riesigen Bitströme, deren Wachstum trotz beachtlicher Fortschritte der Datenkompression unvermindert anhalten wird, rasch und zuverlässig transportieren kann.

Der Schlüssel zur Lösung dieser Aufgabe liegt in der Anwendung der optischen Übertragungstechnik, die allein in der Lage ist, die erforderlichen enormen Kanalbandbreiten zur Verfügung zu stellen. Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die Betrachtung terrestrischer optischer Netze, welche als Übertragungsmedium für grössere Distanzen ausschliesslich Glasfasern verwenden.

Mit dem Einzug der digitalen Nachrichtenübertragung Ende der 60er Jahre erfolgte neben der sukzessiven Umstellung des öffentlichen (Telefon-)Netzes auf Pulscode-Modulation (PCM) und dessen Weiterentwicklung zum ISDN (Integrated services digital network) die Einführung von Datennetzen der ersten Generation, dadurch gekennzeichnet, dass sowohl die Vermittlung als auch die Übertragung auf rein elektrischer Basis erfolgte. Ihre Architekturen basieren auf den bekannten Topologien Bus, Stern, Ring, Baum und Gitter. Bekannte Standards sind Ethernet (IEEE 802.3), Token Bus (IEEE 802.4) und Token Ring (IEEE 802.5) mit Bitraten bis etwa 10 MBit/s.

Datennetze, in welchen elektrische Verbindungen durch Glasfasern substituiert sind, rechnet man der zweiten Generation zu. Sie machen von den bereits erwähnten Topologien Gebrauch, weisen aber eine höhere Leistungsfähigkeit auf. Entsprechende Standards sind FDDI (Fiber distributed data interface, ANSI X3T9.5, Ringtopologie, 100 MBit/s) und DQDB (Distributed queue dual bus, IEEE 802.6, Bustopologie, 150 MBit/s).

Der wohl bedeutendste Vorteil der Glasfaser stellt die enorme Übertragungsbandbreite dar. Die Verwendung von Multiplexierverfahren im optischen Bereich wie Wellenlängenmultiplex (WDMA), Frequenzmultiplex (FDMA), Zeitmultiplex (TDMA) oder Codemultiplex (CDMA) ermöglicht eine Ausnutzung dieser Bandbreite und lässt damit völlig neue Netzarchitekturen zu. Netze, bei welchen die genannten Multiplexierverfahren zum Einsatz kommen, nennt man photonische Netze oder Datennetze der dritten Generation. Eine grosse Anzahl von optischen Netzen, vorwiegend auf der Multiplexierung von Wellenlängen beruhend, wurde bislang vorgeschlagen. Obwohl die Verbindungen zwischen den Knoten dieser Netze auf optischer Übertragungstechnologie beruhen, erfolgt in den (Zwischen-) Knoten stets eine Umsetzung der Information in den elektrischen Bereich. Diese optoelektrische Wandlung ist nicht nur aufwendig und erhöht die Knotenkomplexität, sondern verhindert auch eine transparente Datenübertragung.

Fortschritte bei der Entwicklung sogenannter faseroptischer Verstärker ermöglichen nunmehr den Schritt zu volloptischen Netzen (all-optical networks). Diese weisen die genannten Nachteile nicht mehr auf, da nicht nur die Übermittlung, sondern auch die Verkehrslenkung in den Zwischenknoten auf rein optischer Übertragungs- und Vermittlungstechnologie beruht. Im Rahmen weltweiter Forschungsaktivitäten auf diesem Gebiet wurde bislang eine grössere Anzahl volloptischer Netze vorgeschlagen, und es bestehen mehrere Konsortien, zusammengesetzt aus namhaften Vertretern der Tele-

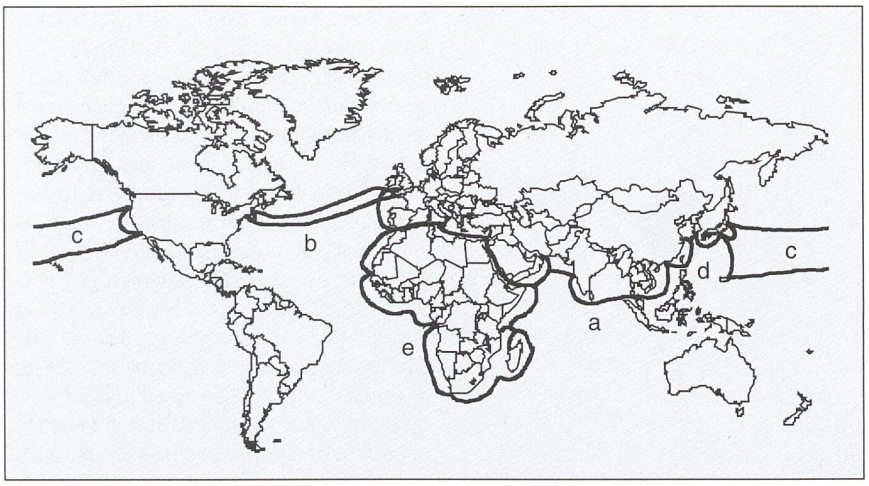


Bild 2 Für die nächsten Jahre projektierte interkontinentale Glasfaserverbindungen

a) FLAG Cable system
b) TAT-12/13 Cable network
c) TCP-5 Cable network
d) Asia Pacific Cable network
e) Africa ONE

kommunikationsindustrie, welche sich die Weiterentwicklung volloptischer Nettechnologien zum Ziel gesetzt haben [1]. Zudem wurden bereits erste einfachere volloptische Netze realisiert und getestet.

Die Erstellung volloptischer (und auch photonischer) Netze[1] für Weitdistanzanwendungen erfordert ein ausgedehntes Glasfasernetz. Grosse Teile dieser notwendigen Infrastruktur stehen bereits zur Verfügung, und es werden grosse Anstrengungen unternommen, die vorhandene Faser-Infrastruktur massiv auszubauen. Neben den schon heute rund um den Globus verlegten 70 Mio. Kilometern Glasfasern (single-mode fiber, SMF) sind Projektierung und Aufbau interkontinentaler Verbindungen – vorwiegend als Unterwasser-Faserkabel mit faseroptischen Verstärkern in Abständen von 45 bis 90 Kilometern – im Gange, wie zum Beispiel FLAG (Fiber link around the globe), eine 27 300 Kilometer lange Strecke von England via Mittelmeer, Rotes Meer, Indischer Ozean und Pazifik bis nach Japan, das TAT-12/13 Cable network zwischen Europa und den USA, das TCP-5 Cable network zwischen den USA und Asien durch den Pazifik, das Asia Pacific Cable network (APCN) zwischen mehreren ostasiatischen Staaten sowie «Africa ONE», eine den Kontinent Afrika ringförmig umfassende Kabelstrecke (Bild 2). In Unterseekabeln, die auf dem neuesten Stand der Technik basieren, kommt die volloptische Übertragungstechnologie bereits zum Einsatz [2].

Zunächst sollen die Grundlagen der faseroptischen Übertragungstechnik beschrieben werden. Ausgehend von photonischen Netzarchitekturen erfolgt hernach die Einführung des Konzepts volloptischer Netze sowie eine Diskussion der erforderlichen optischen Komponenten und Grundkonzepte einer volloptischen Datenübertragung. Schliesslich werden neuartige Netzstrukturen vorgestellt, die im Rahmen von Forschungsprojekten untersucht werden. Den Abschluss bildet eine Diskussion der zukünftigen Perspektiven des Information Superhighways und dessen Zugang über den privaten Faseranschluss (fiber to the home).

[1] Photonische Netze sind generell Netze der dritten Generation, sie müssen jedoch noch nicht volloptisch sein.

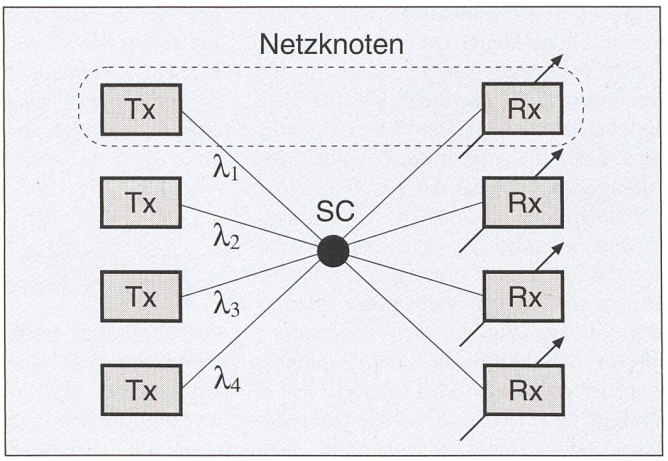
Optische Übertragungstechnik in Kommunikationsnetzen

Grundlagen

Glasfasern weisen gegenüber Kupferkabeln oder Mikrowellen entscheidende Vorteile auf. Zu diesen zählen die geringe Dämpfung und Dispersion der Fasern, elektromagnetische Verträglichkeit und Abhörsicherheit. Der wohl bedeutendste Vorteil besteht jedoch in der gewaltigen verfügbaren Übertragungsbandbreite. Diese beträgt 12,5 THz im sogenannten dritten optischen Fenster zwischen 1,5 µm und 1,6 µm und sogar 208 THz zwischen dem ersten und dritten optischen Fenster (d. h. zwischen 0,8 µm und 1,8 µm). Damit wäre theoretisch Platz für 52 Mrd. Telefonkanäle mit einer Kanalbandbreite von 4 kHz oder für 29 Mio. Fernsehkanäle mit einer Kanalbandbreite von 7 MHz vorhanden. Die Ausnützung einer so grossen optischen Bandbreite ist allerdings kaum möglich, übertrifft sie doch die Verarbeitungsgeschwindigkeit elektronischer Komponenten um vier bis fünf Zehnerpotenzen, was als «fundamental speed mismatch» bezeichnet wird. Verfahren wie Wellenlängenmultiplex (WDMA), Frequenzmultiplex (FDMA), Zeitmultiplex (TDMA) oder Codemultiplex (CDMA) gewähren jedoch den Zugriff auf einen ansehnlichen Bruchteil der gewaltigen optischen Bandbreite. Als sehr vielversprechend erweist sich dabei die WDM-Technik, bei welcher sich Informationen auf verschiedenen Wellenlängen gleichzeitig übertragen lassen. Die Stärke der WDM-Übertragung besteht in der weitgehenden Transparenz der Signalübermittlung, die mit einer einfachen elektrischen und optischen Schaltungstechnik (geringere Datenübertragungsraten) verbunden ist. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich deshalb auf WDM-Netze, welche in Single-hop- und Multihop-Netze unterteilt werden können [3].

Bild 3 Single-hop-Netz, bestehend aus vier Knoten

Tx Sender
Rx durchstimmbarer Empfänger
SC Sternkoppler
λ_i verschiedene Wellenlängen



Single- und Multihop-Netze

In Single-hop-Netzen kann die Information aus jedem Knoten alle anderen Netzknoten in $h=1$ Hop, das heisst ohne

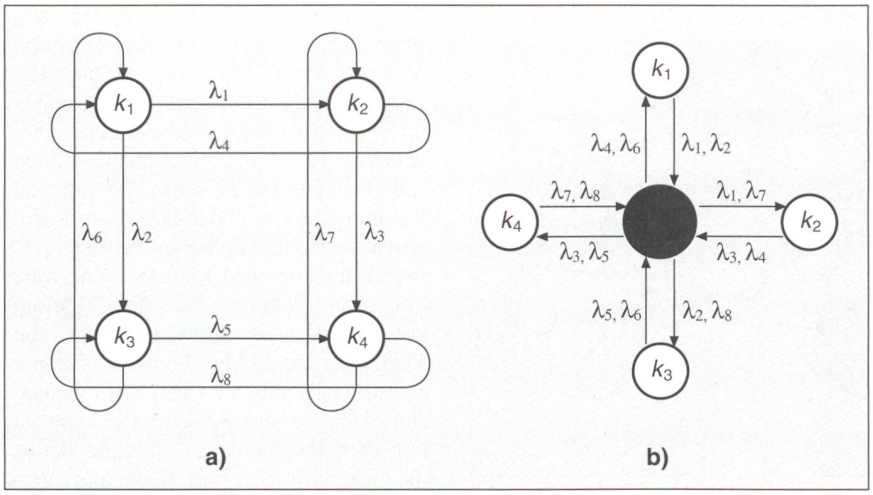


Bild 4 Photonisches Netz
a) mit einer virtuellen Gittertopologie, b) basierend auf einer physikalischen Sterntopologie

Zwischenstation, erreichen. Bild 3 zeigt den Aufbau eines aus vier Knoten bestehenden Single-hop-Netzes. Die optischen Sender der Knoten sind auf eine feste Wellenlänge abgestimmt, wogegen die Empfänger über schnell durchstimmbare Wellenlängenfilter verfügen. Der Sternkoppler leitet jede eintreffende Information an alle anderen Netzknoten weiter. Durch Abstimmen eines Empfängers auf die entsprechende Wellenlänge lässt sich die Information des gewünschten Senders empfangen. Single-hop-Netze benötigen damit eine weitgehend dynamische Koordination (pretransmission coordination) zwischen den einzelnen Knoten, da während mindestens einer Paketlänge der Sender des Ausgangsknotens und der Empfänger des Zielknotens auf den gleichen Wellenlängenkanal abgestimmt sein müssen. Photonische Single-hop-Netze sind generell volloptisch, da keine Wandlung der übertragenen Information in den elektrischen Bereich zwischen Sende- und Empfangsknoten erforderlich ist. So ist das in Bild 3 gezeigte photonische Netz als eines der ersten volloptischen Netze unter dem Namen «Rainbow» bekanntgeworden [4].

Multihop-Netze wurden mit der Zielsetzung entwickelt, schnell durchstimmbare Wellenlängenfilter in den Netzknoten zu vermeiden. Die Sender und Empfänger der Knoten eines Multihop-Netzes arbeiten auf fixen Wellenlängen λ_i. Da jeder Knoten lediglich über eine kleine Anzahl von Sendern und Empfängern verfügt, erreicht die ausgesendete Information erst nach h Hops, $h \in \{1, 2, \ldots\}$, ihr Ziel und durchläuft somit $(h-1)$ Zwischenknoten. Die maximale Anzahl h_{max} der minimal notwendigen Hops zwischen zwei beliebigen Knoten eines Netzes wird als Durchmesser des Netzes bezeichnet. Als gute Multihop-Topologien gelten solche, welche eine grosse Anzahl von Knoten mit kleinem h_{max} verbinden. Die Wellenlängenkanäle eines Multihop-Netzes sind im Unterschied zu denjenigen in Single-hop-Netzen statischer Natur, womit die dynamische Koordination zwischen verschiedenen Netzknoten entfällt. Zwischen der physikalischen Topologie, bestimmt durch die physikalischen Verbindungen im Netz (Fasern, optische und elektrische Komponenten), und der virtuellen (oder logischen) Topologie des Netzes muss unterschieden werden. Letztere setzt sich aus der Gesamtheit aller logischen Verbindungen im Netz zusammen. Physikalische und virtuelle Topologie entsprechen sich im allgemeinen nicht (Bild 4).

Volloptische Netze

Definition und Aufbau

Volloptische Netze sind dadurch gekennzeichnet, dass die einmal ausgesendete Information nicht nur zwischen, sondern auch in den Netzknoten, das heisst auf ihrem gesamten Weg bis zum Zielknoten, den optischen Bereich nie mehr verlässt. Trotzdem kann der Begriff «volloptisch» missverstanden werden, denn er bezieht sich ausschliesslich auf den Pfad der übermittelten Informationen durch das Netz, nicht aber auf die Steuerung in den Zwischenknoten. Für Steuerfunktionen kann in volloptischen Netzen auf die elektronische Datenverarbeitung weiterhin nicht verzichtet werden.

Bild 5a zeigt die elektrische Vermittlung mit elektrischer Steuerung heutiger Netze, bei welcher die ankommende Information in jedem Zwischenknoten in den elektrischen Bereich gewandelt, elektrisch vermittelt und optisch weitergeleitet wird. Die optische Vermittlung mit elektrischer Steuerung ist in Bild 5b dargestellt. Die übertragene Information bleibt auf ihrem gesamten Weg durch den Zwischenknoten im optischen Bereich. Ein kleiner Teil des Lichtes wird ausgekoppelt und liefert Informationen zur elektrischen Schaltersteuerung. Diese Form der Vermittlung entspricht der mittelfristigen Vision volloptischer Netze. Das langfristige Forschungsziel einer optischen Vermittlung mit optischer Steuerung zeigt Bild 5c. Die Gründe für die Schwierigkeiten bei dieser potentiellen letzten Stufe optischer Vermittlung liegen darin, dass letztere sowohl optische Arbeitsspeicher (RAM) als auch eine optische Logik und Steuerung erfordert. Hierfür notwendige schnelle optische

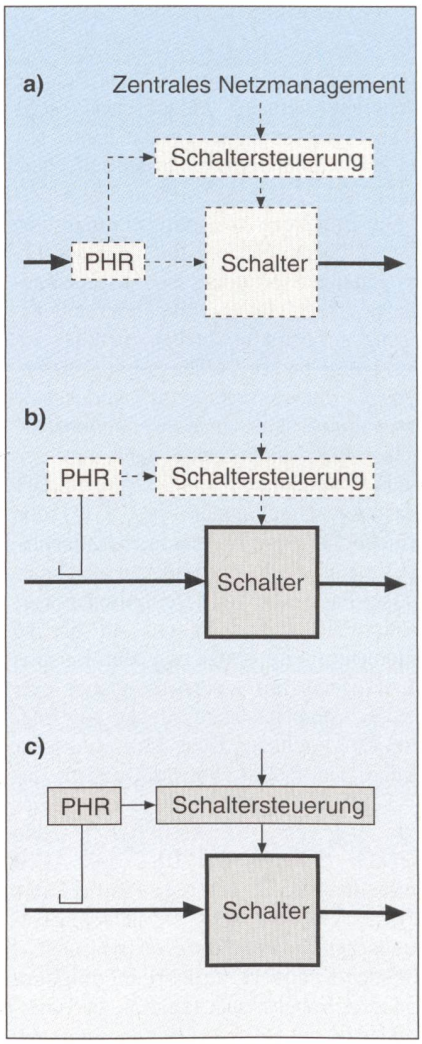


Bild 5 Mögliche Entwicklungsstufen in der Informationsvermittlung

a) elektrische Vermittlung mit elektrischer Steuerung
b) optische Vermittlung mit elektrischer Steuerung
c) optische Vermittlung mit optischer Steuerung

PHR Paket- oder Signalisierungserkennung
Die gestrichelte Markierung bezeichnet elektrische Teile.

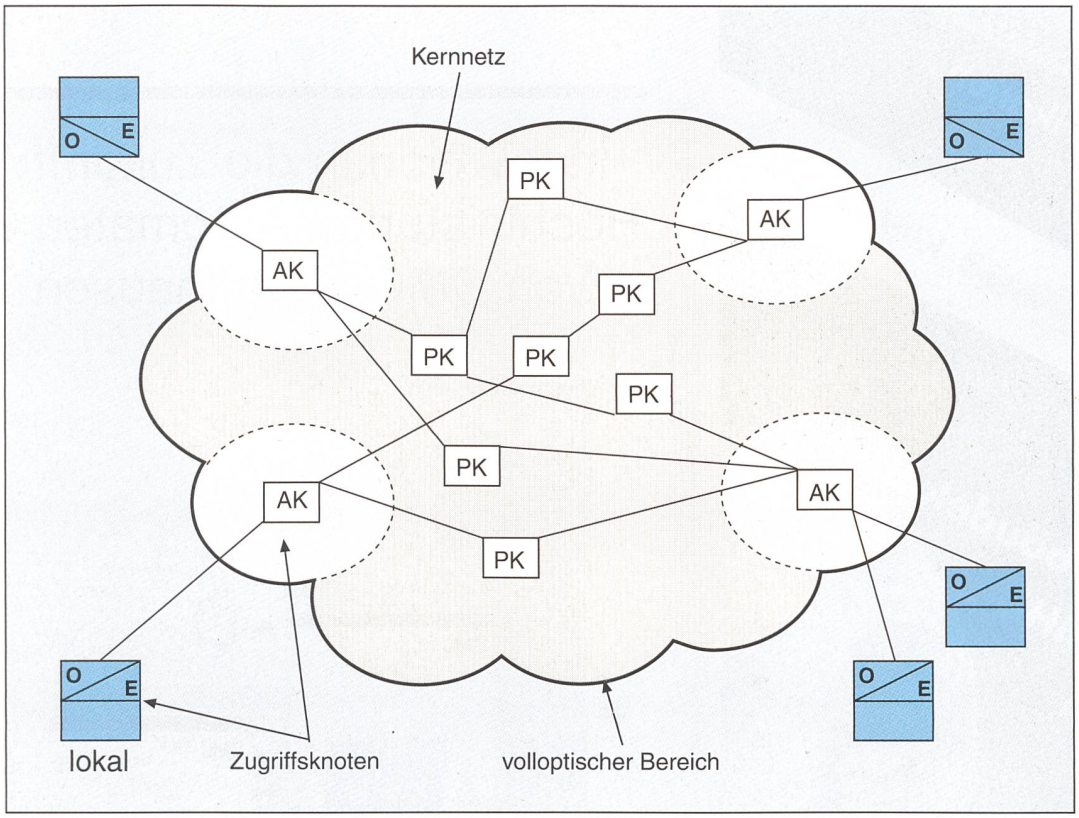


Bild 6 Aufbau volloptischer Netze
PK passive Komponenten
AK aktive Komponenten
O/E Wandler

Komponenten mit geringem Energieverbrauch werden sich allerdings mittelfristig kaum realisieren lassen.

Volloptische Netze weisen folgende Eigenschaften auf:

- *Optische Vermittlung in den Netzknoten:* In den Zwischenknoten verbleibt die übertragene Information im optischen Bereich. Übertragung und Vermittlung erfolgen volloptisch.
- *Transparenz bezüglich Datenrate und -format:* Da in den Zwischenknoten die Notwendigkeit einer Wandlung der übertragenen Informationen vom optischen in den elektrischen Bereich entfällt, besteht Transparenz auf der Übertragungsstrecke vom Ausgangs- bis zum Zielknoten in bezug auf Datenrate und -format.
- *Vereinfachte Knotenstrukturen:* Volloptische Netze besitzen das Potential für einfache Knotenstrukturen, da nur noch diejenigen Informationen den optischen Bereich verlassen, welche unmittelbar für den Knoten bestimmt sind.

Der Aufbau volloptischer Netze lässt sich Bild 6 entnehmen. Pakete werden parallel von den Ausgangsknoten ins optische Netz (Wolke) eingespeist und verbleiben dort bis zum Erreichen der gewünschten Destination. Dabei besteht das Kernnetz (core network) neben Fasern und optischen Verstärkern nur aus Komponenten zur passiven Verkehrslenkung. Die aktive Verkehrslenkung erfolgt in den Zugriffsknoten (access nodes). Eintreffende optische Pakete sind entweder für den Knoten selbst bestimmt (und verlassen damit den optischen Bereich) oder müssen im optischen Bereich zu logischen Nachbarknoten gelenkt werden. Zugriffsknoten können optische Paketschalter, optische Verstärker, Wellenlängenmultiplexer und -demultiplexer sowie Wellenlängenumsetzer enthalten.

(Teil 2 folgt in Bulletin Nr. 19/96)

Literatur

[1] *St. B. Alexander* et al.: A precompetitive consortium on wide-band all-optical networks., IEEE/OSA J. Lightwave Technol., vol. 11, pp. 714–735, May/June 1993.

[2] Global Undersea Communication Networks. Special Feature Topic of the IEEE Com. Mag., Bd. 34, Feb. 1996.

[3] *B. Mukherjee:* WDM-based local lightwave networks. IEEE Network, vol. 6, No. 3, pp. 12–27, May 1992.

[4] *N. R. Dono, P. E. Green, K. Liu, R. Ramaswami* und *F. F.-K. Tong:* A Wavelength Division Multiple Access Network for Computer Communication. IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 8, pp. 983–994, Aug. 1990.

Réseaux entièrement optiques – l'avenir des super-autoroutes de l'information

Les exigences grandissantes de la société à une infrastructure performante de communication demandent un système de transport global assurant une large couverture, et qui doit venir à bout de gigantesques quantités de données. La comparaison avec les autoroutes, d'où la désignation «Information Superhighway» semble donc appropriée. La technologie permettant la réalisation de tels réseaux hautement performants est actuellement au stade de la recherche, du développement et des essais. Mais on entrevoit déjà que seuls des réseaux photoniques et en fin de compte leur réalisation entièrement optique satisferont aux hautes exigences. La seconde partie de cet article paraîtra dans le numéro 19/96.

Daten-
Telekommunikation
aus eigener Fabrikation

NETWIL®
universelle Gebäudekabel
für 100/300 MHz
Anwendungen

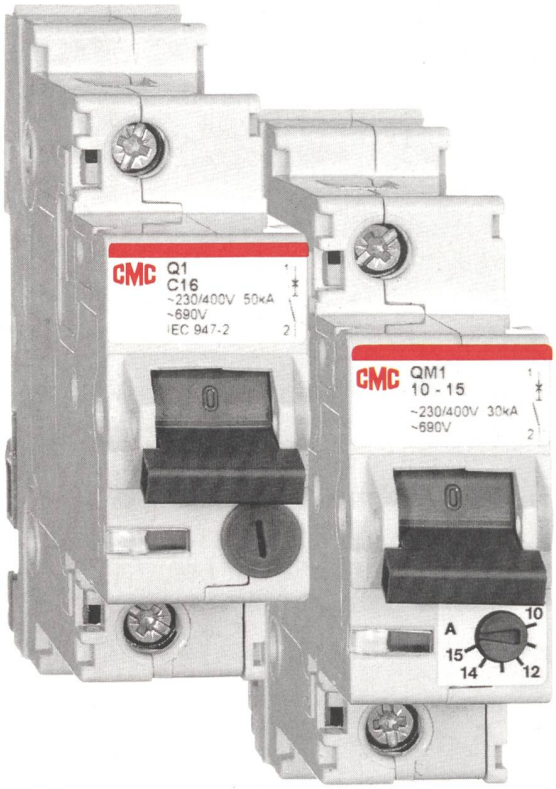
ORBIT 96, Basel
8.–12.10.1996
Halle 105/Stand C15

Verlangen Sie Unterlagen!

Kupferdraht-Isolierwerk AG
CH-5103 Wildegg
Tel. 062 887 87 02
Fax 062 887 87 12

KIW

Innovation in die Zukunft:
Hochleistungs-Automaten Q
von CMC Schaffhausen



Neu:

- Lichtgraues Gehäuse
- Klare Schaltstellungsanzeige
- Hohes Nennschaltvermögen
  50 kA bei 400 VAC
- Internationale Approbationen:
  IEC 947-2, VDE, SEV, ÖVE, UL,
  Lloyd's Register of Shipping
- Attraktive Apparatefamilie

ABB

ABB CMC Components