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: 75 (1984)

Heft: 17

Artikel: Das Breitbandkommunikationssystem Kometh

Autor: Huber, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904459

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: 26.01.2026

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

Das Breitbandkommunikationssystem Kometh

W. Huber

Kometh, das Kommunikationssystem der ETH Zürich, ist ein lokales Netz, basierend auf Breitbandtechnik. Seit Ende 1981 im Aufbau begriffen, umfasst es heute bald 2000 Benützeranschlüsse.
Der Aufsatz beinhaltet die prinzipielle Funktionsweise eines Breitbandnetzes, die Gründe für diese Lösung, die heutige Konfiguration sowie die Erfahrungen und Ausbaupläne.

Kometh, le système de communication de l'EPFZ, est un réseau local à large bande. En constitution depuis la fin de 1981, il comprend maintenant près de 2000 utilisateurs. L'article présent décrit le principe du fonctionnement d'un réseau à large bande, les raisons qui motivèrent cette solution, la configuration actuelle, ainsi que les expériences faites et les plans d'extension.

Adresse des Autors
W. Huber, dipl. Ing. ETH, Rechenzentrum der ETH, Clausiusstrasse 55, 8092 Zürich.

1. Ausgangssituation

An der ETHZ sind heute ungefähr 400 Computer, nämlich 4 CDC Cyber (174, 720, 720, 825), 1 IBM 4341, 2 DEC10, 6 VAX (750, 780), PDP, HP und Mikrocomputer sowie 800 Terminals installiert. Es liegt auf der Hand, dass ein leistungsfähiges lokales Kommunikationsnetz nicht nur wünschenswert, sondern dringend nötig war.

Die Gebäude der ETH liegen im Zentrum der Stadt Zürich verstreut im Umkreis von ungefähr einem Kilometer und auf dem Hönggerberg, am nordwestlichen Stadtrand etwa 6 km vom Zentrum entfernt. Alle grösseren Gebäude im Zentrum und auf dem Hönggerberg sind durch begehbare unterirdische Kanäle untereinander verbunden, welche für die Fernheizung, Stromversorgung und Telefonkabel benützt werden. Diese Kanäle gehören der ETH und ermöglichten es, Koaxialkabel zwischen den Gebäuden ohne Tiefbauarbeiten zu installieren. Das Zentrum ist heute mit dem Hönggerberg durch Mietleitungen der PTT (9,6 kbit/s bis 64 kbit/s) verbunden.

2. Funktionsweise eines Breitbandkommunikationsnetzes

Ein Breitbandkommunikationsnetz ist wie eine Fernseh-Gemeinschaftsantennenanlage (Community Antenna Television CATV) aufgebaut (Fig. 1). Die modulierten Fernseh- und Radiosignale werden bei der Kopfstation ins Kabelnetz eingespeist und zu jedem Teilnehmer übertragen. Eine solche Anlage besteht aus:

- Passiven Elementen: Koaxialkabel verschiedener Grössen, Filter, Abzweiger (Richtkoppler)
- Aktiven Elementen: Breitbandverstärker

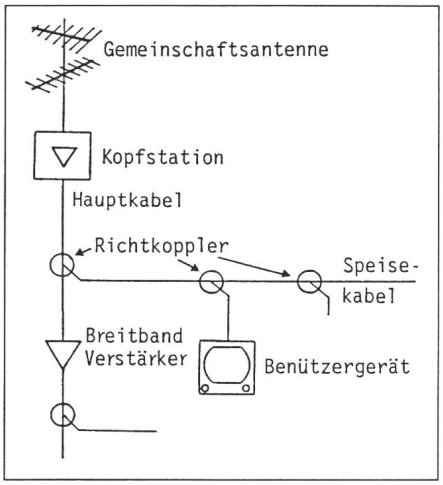

Fig. 1 Gemeinschaftsantennenanlage

2.1 Der Richtkoppler

Zum besseren Verständnis der folgenden Ausführungen sei kurz der Richtkoppler, manchmal auch einfach Tap genannt, erklärt (Fig. 2). Der Richtkoppler ist ein Element, das drei Koaxialanschlüsse (Input, Output und Tap) besitzt, die alle eine Wellenimpedanz von 75 Ohm aufweisen. Das Signal am Tap ist proportional zum Signal am Input, d.h. zum Signal, das

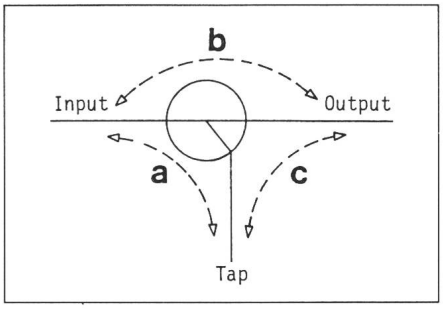

Fig. 2 Richtkoppler
a Abzweigdämpfung D_A
b Durchgangsdämpfung D_D
c Isolation D_I
Beispiel: $D_A = 18$ dB
$D_D = 0{,}4$ dB
$D_I = 35$ dB

von der Kopfstation kommt und in der Figur 2 von links nach rechts fliesst. Hingegen wird ein vom Output, d.h. von Geräten, die weiter als der Koppler von der Kopfstation entfernt sind, herkommendes Signal zum Tapausgang hin stark gedämpft. Die Signaldämpfung zwischen Input und Tap, ein Parameter des Kopplers mit typischen Werten von 4 bis 30 dB, wird *Abzweigdämpfung*, die Dämpfung zwischen Input und Output *Durchgangsdämpfung* und die endliche Entkopplung zwischen Output und Tap *Isolation* genannt. Man beachte, dass die Dämpfung zwischen je zwei Anschlüssen des Kopplers unabhängig von der Richtung des Signalflusses ist. In der Figur 2 sind typische Werte für einen Koppler mit einer Abzweigdämpfung von 18 dB angegeben.

2.2 Datenkommunikation auf einem Breitbandsystem

Die Datenkommunikation erfordert ein System, das Information in beide Richtungen übertragen kann. Am einfachsten kann dies durch die Installation zweier paralleler Koaxialkabelsysteme erreicht werden. Diese Anordnung heisst Zweikabelsystem (Fig. 3). Die Benützergeräte speisen ihre Datensignale in das Rückwärtskabel ein. Diese Signale laufen zur Kopfstation (Rückwärtsweg), wo sie verstärkt und über das Vorwärtskabel an alle Benützergeräte verteilt werden (Vorwärtsweg). Somit ist eine Kommunikation zwischen zwei beliebigen Teilnehmern am Netz möglich. Die Kopfstation ist nicht mehr die Quelle aller Signale, sondern nur noch ein reiner Verstärker.

Um die Kosten eines Zweikabelsystems zu reduzieren, kann man für den Vorwärts- und Rückwärtsweg zwei verschiedene Frequenzbereiche auf

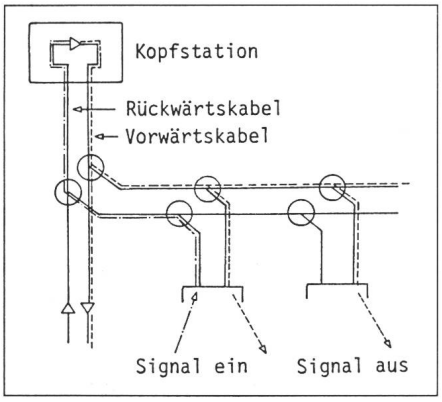

Fig. 3 Zweikabelsystem

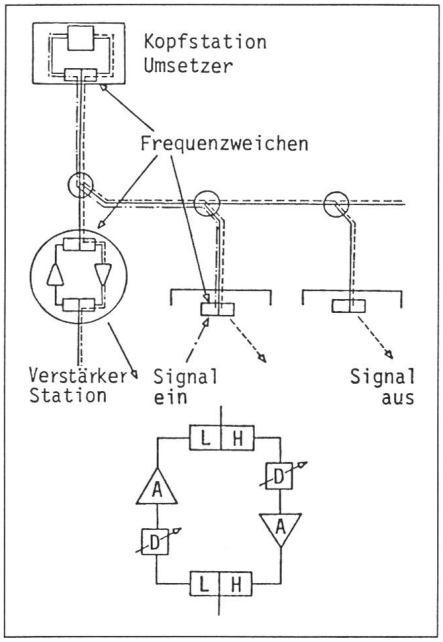

Fig. 4 Einkabelsystem mit Verstärkerstation

----- Vorwärtssignal
—·— Rückwärtssignal
L Niedere Frequenzen
H Hohe Frequenzen
A Verstärker
D Dämpfungsglied

demselben Kabel benützen; man erhält dann ein Einkabelsystem (Fig. 4). Die Kopfstation muss in diesem Fall die eintreffenden Signale von der Frequenz des Rückwärtsweges auf die des Vorwärtsweges umsetzen.

Das System der ETH ist für Frequenzen von 5 bis 108 MHz auf dem Rückwärtsweg und von 174 bis 440 MHz auf dem Vorwärtsweg ausgelegt. Diese Frequenzaufteilung wird *Mid-Split* genannt; mit *Sub-Split* wird ein System mit einem Rückwärtsweg von 5 bis 30 MHz bezeichnet.

Auf einem Breitbandsystem kann mittels des *Frequenzmultiplexverfahrens* (FDM) eine Menge unabhängiger Datenkanäle realisiert werden, welche z.B. je zwei Geräte miteinander verbinden können (Punkt-Punkt-Verbindungen). Speziell interessant ist aber, zusätzlich ein *Zeitmultiplexverfahren* (TDM) innerhalb eines Datenkanals zu verwenden, so dass viele Benützer die vorhandene Übertragungskapazität untereinander aufteilen und miteinander kommunizieren können. Die von den Basisband-Kommunikationsnetzen her bekannten Zeitmultiplexverfahren (CSMA/CD, Token Bus) können auf Breitband übertragen werden. Ein Breitbandsystem entspricht somit einer Vielzahl voneinander unabhängiger Kommunikationssysteme.

2.3 Neue Technik mit alten Mitteln

CATV-Netze werden seit Jahrzehnten eingesetzt; die Datenübertragung auf ihnen mit Punkt-zu-Punkt-Breitbandmodems ist ebenfalls nicht neu. Was die Breitbandnetze als LAN (Local Area Network) auf einen Schlag sehr interessant machte, war die Idee des Zweiwegnetzes mit dem Breitbandumsetzer an der Kopfstation und die Anwendung der für die Basisband-LAN-Technik entwickelten Verfahren.

3. Gründe für die Wahl eines Breitbandsystems

Nachdem die Funktionsweise eines Breitbandnetzes dargelegt worden ist, werden im folgenden die Gründe der ETH für diese Art Kommunikationsnetz diskutiert:

Distanz: Mit einer Gemeinschaftsantennenanlage kann man eine Region mit einem Durchmesser von 50 km abdecken. Bei einem Datennetz ergeben sich gewisse Einschränkungen wegen der Qualität des Rückwärtspfades und der Signallaufzeiten. Es ist aber möglich, einen Gebäudekomplex, wie ihn die beiden Hochschulen in Zürich (ETH und Universität) darstellen, homogen zu erschliessen, während mit einem Basisbandnetz von linearer Struktur (z.B. Ethernet) schon die Verkabelung eines einzelnen Gebäudes mit 200 Büros schwierig ist.

Baumstruktur: Die Baumstruktur des Breitbandnetzes hat einen nicht zu unterschätzenden Vorteil. Sie ermöglicht, die Kabel in existierende Kabelkanäle und Steigschächte zu installieren und so die bestehende Infrastruktur der Gebäude auszunützen, was bei einem Basisbandnetz nur sehr beschränkt möglich ist.

Erfahrungen in CATV-Technologie: Die CATV-Netze bestehen seit über 20 Jahren. Die nötigen Elemente werden in Massen produziert und sind deshalb billig. So sind z.B. in der Schweiz etwa 60% aller Wohnungen an ein CATV-Netz angeschlossen. Es war deshalb leicht, eine Firma zu finden, die ein Breitbandkommunikationsnetz planen und bauen konnte.

Frequenzmultiplex: Wie beschrieben, stellt ein Breitbandnetz eine Vielzahl unabhängiger Kanäle auf einem einzigen Koaxialkabel zur Verfügung. Man kann das gleiche Kabel nicht nur für verschiedene Arten von Datenkommunikation, sondern ebenso zur Übertragung von Video- oder Tonsignalen verwenden.

Billige V.24-Interfaces: Weil man viele unabhängige Kanäle auf dem Kabel hat, kann man langsame Kanäle (z.B. 100 kbit/s) für die interaktive Terminalbenützung und schnelle Kanäle (z.B. 100 Mbit/s) für Computer-zu-Computer-Verbindungen einsetzen. Ein Interface für 100 kbit/s ist, zumindest bis heute, wesentlich billiger als ein Interface für 10 Mbit/s, so dass man sich für jedes Terminal, die Grosszahl der angeschlossenen Geräte, ein eigenes Netzinterface leisten kann. Das reduziert die sekundären V.24-Verkabelungskosten und erhöht Redundanz und Mobilität. Schnelle, teurere Verbindungen werden in weniger grosser Zahl benötigt. Längerfristig profitieren die Breitbandsysteme wie die Basisbandsysteme von den Fortschritten der VLSI-Technologie.

4. Das Produkt LocalNet 20

Auf Kometh wird heute das System LocalNet 20 von Sytek Inc., Kalifornien, eingesetzt. Dieses eignet sich ausgezeichnet, um eine grosse Anzahl von interaktiven Terminals mit Host-Computern zu verbinden. Das offerierte Benützerinterface ist eine asynchrone V.24-Schnittstelle und ein virtuelles Terminal-Protokoll. Sytek hat auch Pläne für ein X.25-Interface.

LocalNet 20 benützt als Zeitmultiplexverfahren CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) auf einem Datenkanal mit einer Übertragungsrate von 128 kbit/s. Diese Datenrate scheint sehr klein zu sein; man muss aber in Betracht ziehen, dass auf einem Breitbandsystem viele unabhängige Datenkanäle möglich sind. Im Fall von Kometh sind 15 Datenkanäle von 128 kbit/s vorgesehen. Alle zusammen benötigen ein Spektrum von 6 MHz (ein TV-Kanal nach US-Norm), ein Bruchteil also der verfügbaren 100 MHz (Bandbreite des Rückwärtskanals). LocalNet 20 könnte noch weiter ausgebaut werden. Die verwendeten Breitband-Modems sind innerhalb einer Gruppe von 15 Kanälen (TV-Band) softwaregesteuert abstimmbar, so dass der Netzoperator und der Benützer den Arbeitskanal wählen können.

Die relativ tiefe Geschwindigkeit hat Vorteile: Das Produkt ist billig und arbeitet mit CSMA/CD bis zu 50 km Netzausdehnung[1]).

[1]) Faustregel für Systeme mit CSMA/CD: Datenrate mal max. Reichweite gleich 10^{10} m bit/s.

Folgende Geräte sind im Einsatz:

TBOX: ein Interfacegerät für zwei V.24-Terminals (Geschwindigkeit bis zu 19,2 kbit/s), bestehend aus einem Breitbandmodem und einem Mikroprozessorsystem.

TMUX: ein zu TBOX analoges Gerät für 8 Terminals in einem 19″-Einschubgehäuse.

SMUX: ein 19″-Einschub mit Raum für 16 TBOX-Karten und gemeinsamem Modem und Stromversorgungsteil als kostengünstige Lösung für Orte hoher Anschlusskonzentration.

TBRIDGE: ein Gerät, das benützt wird, wenn verschiedene TBOX auf verschiedenen Kanälen miteinander kommunizieren sollen. Für den Benützer stellt es eine transparente Verbindung dar. Die TBRIDGE kann mit bis zu 8 Breitbandmodems ausgerüstet werden und so 8 Datenkanäle vom gleichen oder von verschiedenen Koaxialkabelsystemen verbinden.

TLINK: eine TBRIDGE, bei der einige Breitbandmodems durch Standard-V.24- oder V.35-Interfaces ersetzt sind, was eine Verbindung geographisch getrennter Netze zu einem logischen Netz über PTT-Mietleitungen erlaubt.

TVERTER: ein Frequenzumsetzer an der Kopfstation, der rein analog arbeitet und logisch ein Teil des Übertragungsmediums ist.

5. Die heutige Konfiguration und Pläne

5.1 Das CATV-System

Heute sind neun grössere und einige kleinere Gebäude im ETH-Zentrum mit Kometh erschlossen. Es wurden ungefähr 14 km Koaxialkabel, 25 Breitbandverstärker und nahezu 2000 Benützertaps installiert. Das Kabelsystem ist nichtredundant ausgelegt. Wenn ein Kabel beschädigt wird oder ein Verstärker einen Defekt aufweist, ist der Teil des Netzes jenseits der Störung ausser Betrieb. Die Kopfstation mit dem Rest des Netzes bleibt aber funktionstüchtig. Da vom Frequenzumsetzer in der Kopfstation der gesamte Datenverkehr abhängig ist, wurde dieser redundant ausgelegt.

In diesem und den folgenden Jahren werden der Rest des zentralen Teils der ETH und die Gebäude auf dem Hönggerberg an Kometh angeschlossen werden. Weil die Universität Zürich sich ebenfalls für ein Breitbandkommunikationssystem entschieden hat und LocalNet-20-Geräte einsetzt, ist das Endziel ein gemeinsames Zürcher Hochschulnetz. Die Kopfstation wird auf dem Gelände der Universität Zürich-Irchel stehen, dem ungefähren geographischen Zentrum des ausgebauten Netzes. Von hier aus führen zwei Koaxialkabel von 3 und 5 km Länge zum ETH/UNI-Zentrum und auf den Hönggerberg.

5.2 LocalNet-20-Geräte

Bis heute wurden 230 TBOX, 30 TMUX und 10 SMUX, zusammen mehr als 850 V.24-Eingänge, sowie 1 TBRIDGE mit 4 Modems und 2 TLINK installiert. Am Netz angeschlossen sind folgende Host-Computer: 6 CDC-Cyber (2 in Lausanne, 4 in Zürich), 2 DEC10, 5 VAX sowie einige PDP11 und Mikrocomputer. Eine TLINK-Verbindung ist seit kurzem zwischen Kometh und dem entsprechenden Netz im EIR (Eidgenössisches Institut für Reaktorforschung) in Würenlingen (40 km von Zürich) über eine Mikrowellenstrecke in Betrieb.

Heute sind noch alle Host-Computer über V.24-Leitungen angeschlossen. Für die CDC-Computer wird mit Hilfe von Bausteinen aus der TBRIDGE an der ETH selbst eine Verbindung zwischen dem Kometh-Koaxialkabel und dem CDC-Kanal entwickelt. In Zukunft werden auch X.25-Verbindungen zu Host-Computern möglich sein.

6. Erfahrungen

6.1 Das CATV-System

Die Installation der Kabel und Verstärker war problemlos. Die Breitbandverstärker und die Kopfstation laufen, abgesehen von den durch menschliches Versagen verursachten Stromunterbrüchen, seit der Installation ohne Fehler. Der redundante Frequenzumsetzer an der Kopfstation wurde noch nie benötigt.

Ein System, das CSMA/CD benützt, bricht zusammen, wenn ein einzelnes Gerät aus irgendwelchen Gründen den Sender nicht mehr ausschaltet. Dieses Gerät in einem grossen Netz zu finden, ist nicht einfach. Das Problem kann jedoch mit im Netz verteilten Koaxialschaltern, die von der Kopfstation aus bedient werden, gelöst werden. Fehlerquellen können rasch gefunden und die entsprechenden Äste vom Netz abgeschaltet werden. An der ETH werden intelligente Breitbandverstärker eingesetzt, die u.a. die Möglichkeit bieten, den Rückwärtspfad von der Kopfstation aus ferngesteuert um 6 dB abzuschwächen oder ganz abzuschalten.

Bis heute sind die Mess- und Testgeräte auf die Bedürfnisse der Gemein-

schaftsantennenanlagen abgestimmt. In diesen Systemen ist der Rückwärtsweg, wenn überhaupt benutzt, von geringer Bedeutung. Darum existieren heute auf dem Markt keine Messgeräte, um z. B. die Rückwärtsverstärker in einem Mid-Split-System einfach einzupegeln.

6.2 LocalNet-20-Geräte

Softwareprobleme: Das noch junge System litt an einigen Kinderkrankheiten. Heute ist die Software brauchbar, obwohl man noch einige wünschenswerte Eigenschaften vermisst. Softwareänderungen sind aufwendig, da das Programm in EPROM eingebrannt ist.

Hardwareprobleme: Anfänglich traten Probleme bei den Breitbandmodems auf. Heute sind sie sehr stabil. Häufiger sind generelle Hardwareprobleme (Fehler im Mikroprozessorsystem oder dem V.24-Interface), die meist nach kurzem anfänglichem Gebrauch auftreten und vom Hersteller oder dessen Vertreter in der Schweiz in Garantie behoben werden.

Die TBOX-Konfigurationsparameter wie Terminal-Profil, Netzadressen usw. sind in einem CMOS-RAM mit Batterie-Back-up gespeichert. Bei Störungen der Stromversorgung (z. B. kurzen Unterbrüchen) können diese Parameter verlorengehen. Dieses Problem taucht auch in Laboratorien auf, wo viele Geräte miteinander über einen Hauptschalter ein- und ausgeschaltet werden. Das Problem ist jedoch von Sytek erkannt; eine Hardwaremodifikation der alten TBOX ist nötig.

Zusammenfassend darf man sagen, dass das Produkt LocalNet 20 recht stabil ist. Zur Wartung der fast 300 Geräte ist etwa eine 20%-Arbeitskraft nötig.

7. Schluss

Die Erfahrungen mit Kometh sind gut. Das Produkt LocalNet 20 ist ideal für interaktive Terminals, aber weniger geeignet für Computer-Computer-Verbindungen. Es zeigt sich, dass die relativ tiefe Geschwindigkeit von LocalNet 20 für viele Anwendungen genügt. Für Anwendungen, die höhere Datenraten verlangen, wird in naher Zukunft ein anderes System parallel zu LocalNet 20 verwendet werden.