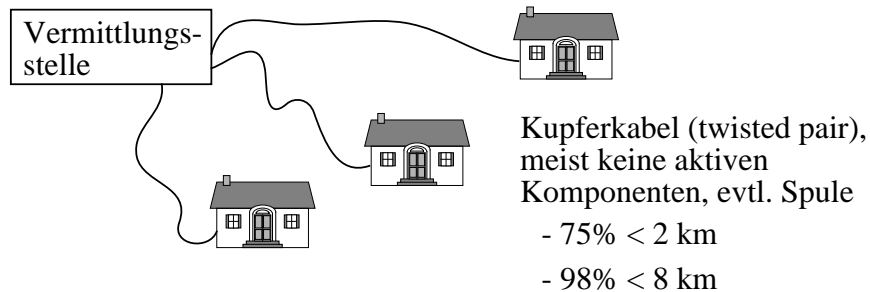
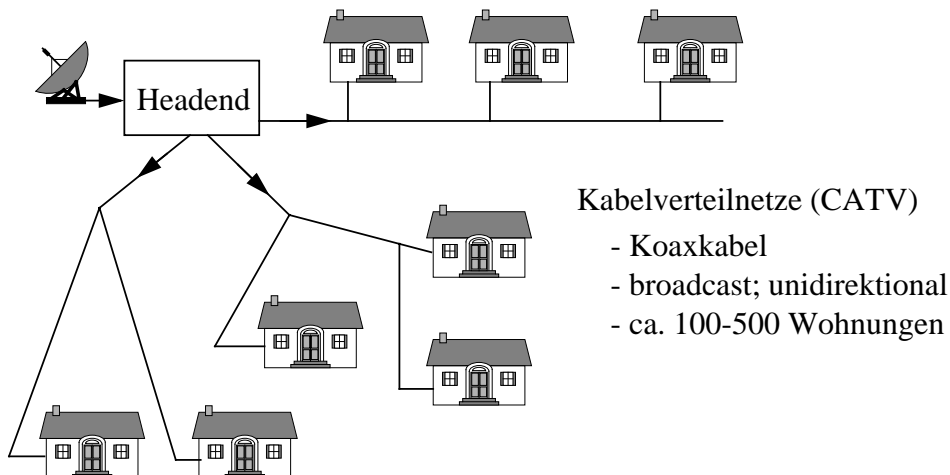


Hochgeschwindigkeit für alle!?

- “Residential Access Networks” möchten sich existierende Infrastruktur zunutze machen
- **Telefon-Infrastruktur** bietet **switching** (“Vermittlung”), aber nicht das geeignete **Medium** für hohe Bandbreiten



- **Kabel-TV-Infrastruktur** bietet **Medium**, aber kein “switching”



Potentielle Anwendungen von Hochgeschwindigkeitszugängen

- Schneller Zugang zu Internet-Provider
 - z.B. Informationsdienste über schnellen WWW-Zugang
- Electronic commerce (business - consumer)
 - home shopping (mit Video, 3D-Simulationen...)
 - kostenpflichtige Informationsdienste
- Distance learning
- Fun, Entertainment, Infotainment
- (Near) Video on Demand
 - statt Video-Kassetten
- IP-Telefonie, Bildtelefon
- IP-Fernsehen, interactive TV, IP-Radio
- Applikationssoftware im Netz statt auf lokaler Platte
 - überhaupt: keine Festplatten am PC, sondern Speicherdienst des Netzes nutzen
- Neue Dienste im Netz
 - Terminkalender, Fotoalbum, ...
- ...

xDSL (Digital Subscriber Line)

- Nutzung der Telefon-Kupferkabel
 - Sprachübertragung nutzt nur ca. 4 kHz
 - Kabel selbst "vertragen" aber ca. 1 MHz über typische Distanzen
- Digitale Modems an beiden Enden
- Technologievarianten "xDSL" (u.a.):
 - HDSL: High data rate DSL (1.5 Mb/s bei 80-240 kHz über ca. 3 km)
 - SDSL: Single line DSL (nutzt im Unterschied zu HDSL eine statt zwei Leitungen; dadurch Telefonie auf anderer Leitung gleichzeitig möglich)
 - VDSL: Very high data rate DSL (downstream 51.84 Mb/s über 300 m bzw. 12.96 Mb/s über 1500 m; upstream 1.6 - 19.2 Mb/s)
 - ADSL: Asymmetric DSL

Verwendung z.B.: Glasfaser bis zu einem Knotenpunkt; aber keine teure Neuverkabelung jedes einzelnen Haushaltes

- Unterschiedliche Gegebenheiten USA / Europa
 - USA: frühere Marktöffnung; ISDN wenig verbreitet; xDSL früher forciert; xDSL als Alternative zu ISDN
 - Europa: xDSL als Weiterentwicklung von ISDN

ADSL (Asymmetric DSL)

- Asymmetrie: Bandbreite upstream << downstream
 - viele Applikationen sind asymmetrisch ("Verbrauchen" von Information: Surfen im Internet, Video on Demand etc.)
 - aufgrund technischer Gegebenheiten (Dämpfung, Übersprechen) lassen sich Signale, die verschieden weit vom gemeinsamen Endpunkt entstehen (upstream!), bei gebündelten Leitungen nicht mit hoher Bitrate betreiben
- Maximale Entfernung ca. 7500 m
- Aufteilung in 4 gleichzeitig nutzbare Kanäle
 - in Europa Vielfache von E-1 (2.048 Mb/s)
 - in USA Vielfache von T-1 (1.536 Mb/s)

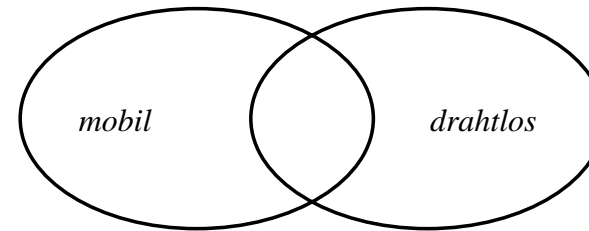
downstream	6.144 Mb/s	4.096 Mb/s	2.048 Mb/s
upstream	640 kb/s	608 kb/s	176 kb/s
Steuerkanal	64 kb/s	64 kb/s	16 kb/s
Telefonkanal	64 kb/s	64 kb/s	64 kb/s

- Tatsächliche Bitrate abhängig von Leitungslänge, Leitungsquerschnitt, Dämpfung etc.
 - z.B. 6.144 Mb/s bei 0.4 mm Kabeldurchmesser --> max. 2.7 km

Kabelmodem

- Aus Sicht des Kunden: auf der einen Seite wie TV an Fernsehbuchse anschliessen, auf der anderen Seite den PC (z.B. über Ethernet-Anschluss)
- Umbau zu bidirektionalem Netz?
- Downstream in einem TV-Kanal von 6 MHz bei geeigneter Kodierung von 6 bits/Hz --> 30 Mb/s
- Upstream 1.5 bis ca. 3 Mb/s in einem 2 MHz-Band
 - dedizierter (logischer) Kanal auf Broadcast-Medium
 - redundantere Codierung, da upstream stör anfälliger
 - Zugriffsverfahren notwendig (gemeinsames Medium!)
 - Verschlüsselung notwendig
 - Alternative: Schmalbandiger upstream-Kanal über Telefon-Netz
- Nachteil: Koaxkabel-Infrastruktur ist weniger stark verbreitet als Telefon-Infrastruktur
 - kaum in der Fläche (ländliche Gegenden)
 - auch kaum in Bürogebäuden
- Headend ist über Router etc. mit schnellerer Internet-Infrastruktur verbunden (i.a. über Glasfaser)

Mobile / drahtlose Kommunikation



- Mobil <--> stationär

↑ Problem: Routing, Adressierung --> i.a. höhere Protokollebenen

- Drahtlos <--> drahtgebunden

↑ Problem: media sharing --> i.a. niedrige Protokollebenen

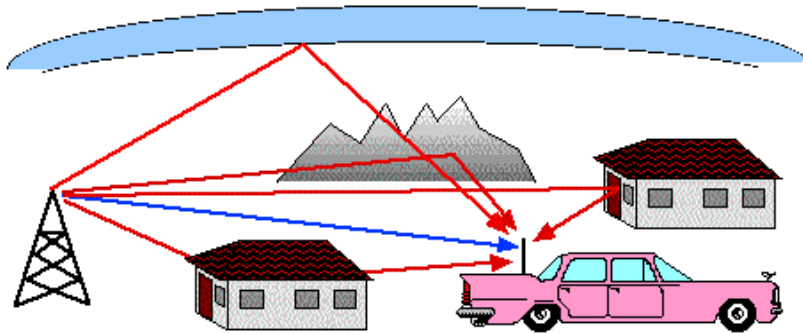


"... modem ... modem ... modem ..."

Drahtlose Kommunikation

- Probleme u.a.:

- Behinderung durch Schnee, Regen...
- atmosphärische Störungen
- Mehrwegausbreitung (--> Interferenzen, Fading)
- Abschattungen
- nahe Sender überdecken schwache Signale ferner Sender
- Zugriffskonflikte, da nicht alle von allen wissen / alle hören
- Energieverbrauch
- Abhörsicherheit
- Dopplereffekt



--> Andere Protokolle etc. erforderlich!

- z.B. Vorwärtskorrektur ("forward error recovery")
- z.B. bzgl. media access
- z.B. CDMA ("Code Division Multiple Access"): gleiches Frequenzband für alle Sender; XOR-verknüpft mit eindeutiger Pseudozufallsfolge; Empfänger kann daraus Originalsignal restaurieren (Vorteile: keine Frequenz-/Zeitscheibenplanung nötig; Vorwärtskorrektur und Verschlüsselung leicht integrierbar)

- Neue Aspekte, z.B. Handover, Roaming...

Herausforderungen bei der mobilen und drahtlosen Kommunikation

Application Layer	Resource Description, Resource Discovery, Accounting
Transport Layer	Congestion Control, Flow Control, Quality of Service
Network Layer	Adressierung, Routing, Location Management, Handover, Authentifizierung
Link Layer Physical Layer	Modulation, Kodierung, Verschlüsselung, Komprimierung, Kanalzugang, Power Control, Interferenzen und Schwund

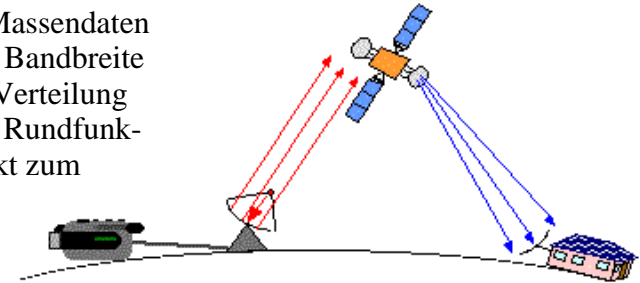
Herausforderungen

- Sicherheit, Authentifizierung, Privacy, Vertrauen...
 - Probleme mit klassischer Sicherheitsarchitektur, z.B. Authentifizierung über feste Quelladresse (Bsp: Zugriff auf Online-Zeitschrift mit Uni-Zugangsberechtigung von zuhause aus)
- Accounting & billing
 - Nutzung fremder / kommerzieller Zugangsressourcen etc.
 - lokale Service-Provider wollen verdienen
 - Abrechnung neuer Teledienste
 - Integration mit allgemeiner Bezahl-Infrastruktur für E-Commerce
- Automatische Konfiguration (--> Protokolle)
 - bisheriger Aufwand (IP-Adresse, Default-Router, DNS-Server eintragen, ggf. System rebooten) der Anpassung an lokale Gegebenheiten ist nicht mehr zumutbar (viele weitere Dienstabhängigkeiten, naive Benutzer, häufiger Ortswechsel...)
- Routing, Handoff
 - z.T. gelöst bei GSM bzw. "mobile IP" (z.B. "home agent", "care of address", "Tunneln" von IP-Paketen vom home agent zum care of address)
 - bisherige Verfahren jedoch ungeeignet für starke Mobilität (kleine Zellengrößen!), sehr viele Geräte etc.
- Service Location
 - z.B. SLP ("Service Location Protocol") und Weiterentwicklungen
 - Problem: ähnliche bzw. äquivalente Services identifizieren
- Zeitweilige Abschattungen, hohe Bitfehlerraten
 - Paketverlust auf niedrigen Ebenen kann grössere Probleme auf höheren Protokollebenen verursachen
 - z.B. TCP: Paketverlust wird als Netzüberlastung interpretiert, was zu einer starken Drosselung des Sendens führt

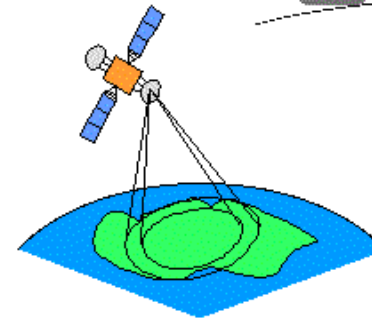
Satelliten

- Verwendung

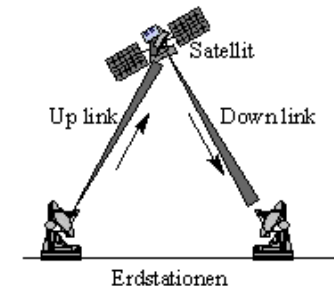
- gut geeignet für Massendaten (broadcast) hoher Bandbreite (z.B. 500 MHz); Verteilung von Fernseh- und Rundfunkprogrammen direkt zum Teilnehmer



- TV-Satelliten (Astra, 10-12 GHz; Eutelsat, ...)



- Satelliten als Relaisstationen
- gebündelte Übertragung vieler tausend Telefongespräche (und Datenkanäle) über interkontinentale Entfernungen
- auch: direkte Individualkommunikation über Satellit
- z.B. VSAT ("Very Small Aperture Terminal")

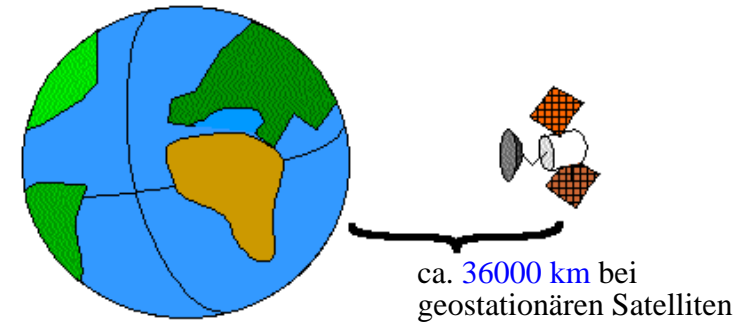


-Mehrere Transponder pro Satellit

- empfängt auf einem Kanal, demoduliert, regeneriert und verstärkt, moduliert, sendet auf einem anderen Kanal



Satellitentypen



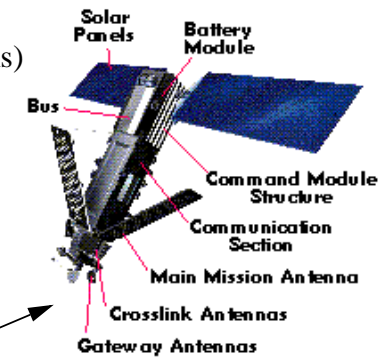
- Umlaufbahn bestimmt **Eigenschaften** und **Kosten**

- **GEO**: Geostationary Orbiter (35786 km, 24h Umlaufdauer, 3 - 5 Satelliten, Verzögerung > 300 ms), z.B. INMARSAT

- **MEO**: Medium Earth Orbiter (6000 - 12000 km, 4 - 12h Umlaufdauer, 10-15 Satelliten, Verzögerung ca. 150 ms)

- **LEO**: Low Earth Orbiter (700 - 2000 km, 1.5 - 2h Umlaufdauer, > 40 Satelliten, Verzögerung < 50 ms, Satellit nur ca. 10 min sichtbar; Satellit ca. 500 kg schwer)

- LEOs auch für individuellen Duplexbetrieb



- Beispiel für LEOs: *Iridium* mit 66 Satelliten (Betriebsbeginn 1998, Kosten 3400 Mio\$, 6 Bahnen, 780 km, 10 min sichtbar, 4.000 Kanäle); *Teledesic* mit 288 Satelliten (Kommunikation auch zwischen Satelliten, Betriebsbeginn 2001, Kosten 9000 Mio\$)

Eigenschaften der Satellitenkommunikation

- Vorteile:

- grosse Distanzen
- mobile Benutzerstationen
- Broadcast-Fähigkeit
- ggf. billiger als Aufbau einer terrestrischen Infrastruktur (i.a. auch weniger juristische Probleme bei Nutzung)

- Über 500 ms Round-trip-Zeit bei GEOs

- störend bei Telefonie
- viele Protokolle vertragen so lange Laufzeiten nicht unmittelbar (grosse timeouts, Retransmissionen --> u.U. geringe Effizienz)

- Flacher Winkel zu GEOs auf Äquatorbahnen

- dadurch in Städten oft abgeschottet

- LEOs sind nur kurze Zeit sichtbar

- Handover notwendig
- viele Satelliten auf mehreren Umlaufbahnen notwendig

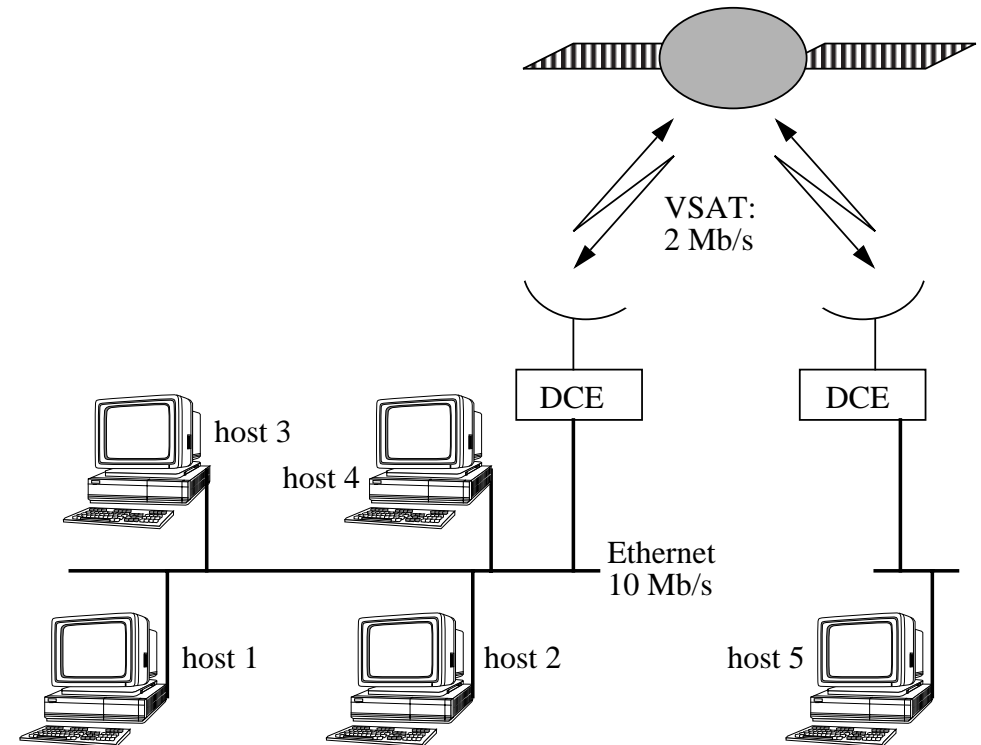
- LEOs haben kürzere Lebensdauer als GEOs

- aber auch wesentlich geringere Startkosten

- Verwundbarkeit (insbes. bei GEOs kaum Redundanz)

- auch meteorologische Einflüsse können kurzzeitig stark stören

Leistungsmessungen von TCP über Satellit



- 16 parallele Datenströme, je 512 Pakete zu 2048 Byte

- Host 1-4 senden gleichzeitig je 4 Datenströme an host 5
- maximale TCP-Fenstergrösse: 64 kB

- Beobachtungen:

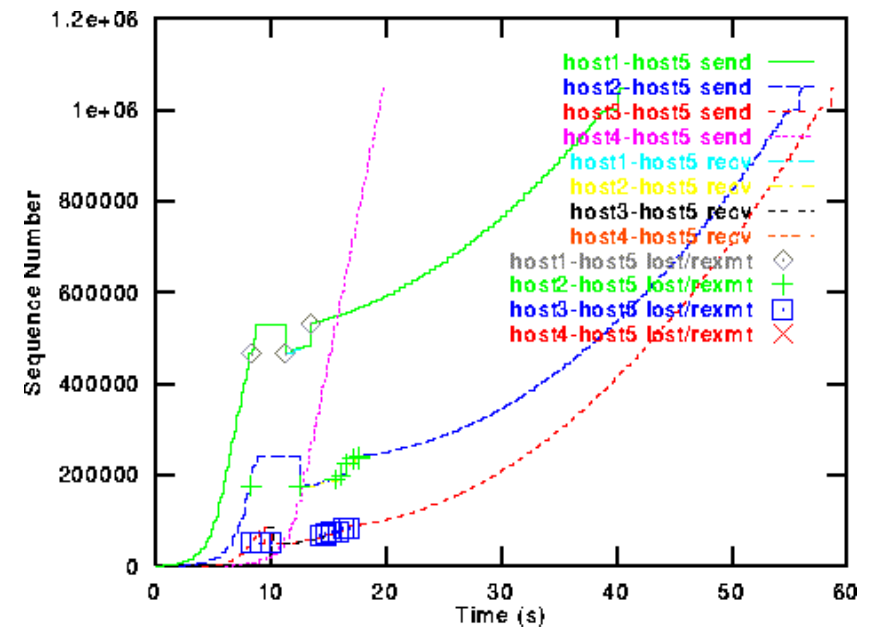
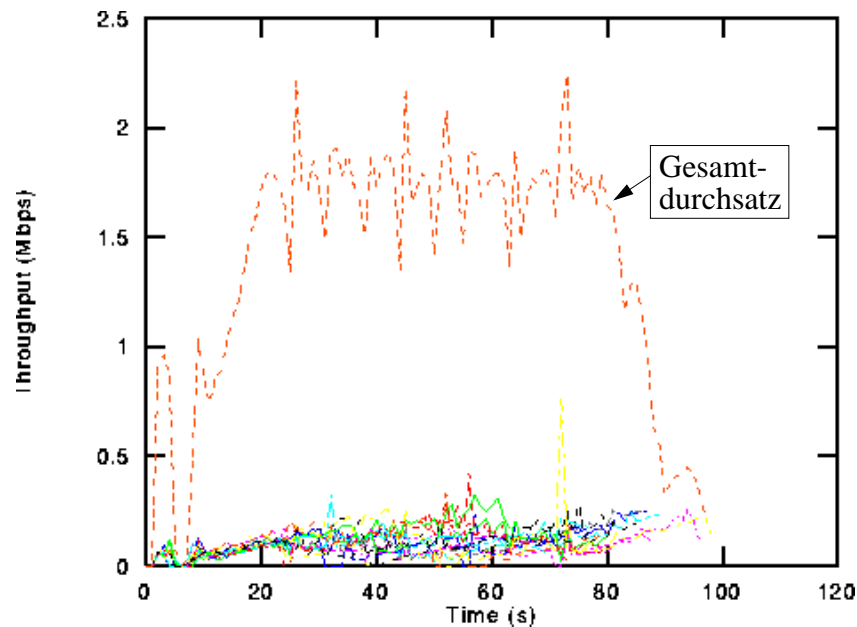
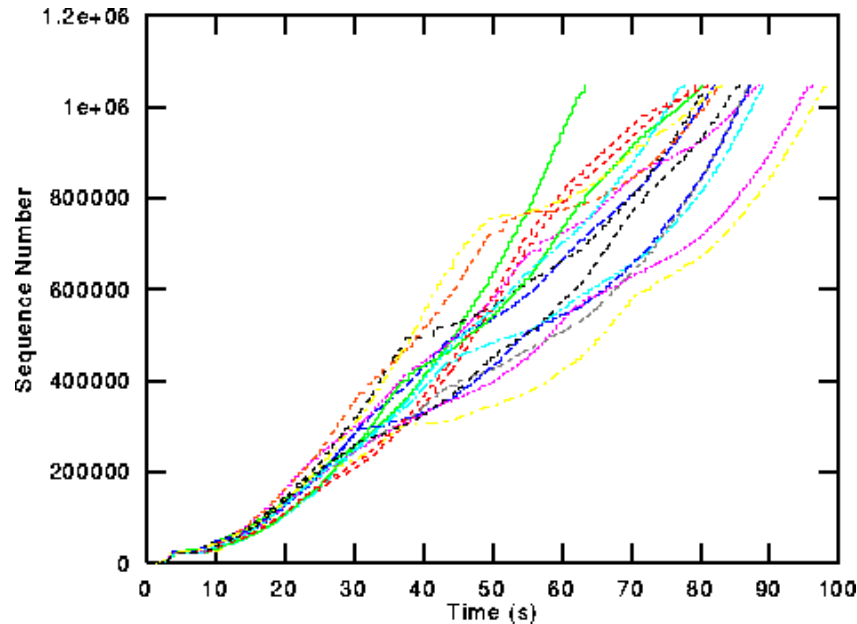
- es dauert ca. **25 Sekunden**, bis Maximaldurchsatz (ca. 1.8 Mb/s) erreicht ist (slow start-Algorithmus!)
- der **mittlere Durchsatz** beträgt ca. **1.25 Mb/s**
- **kurze Übertragungen** haben einen **schlechten Durchsatz** (slow start)

Leistungsmessungen (2)

- 4 Datenströme von host 1-4 an host 5 starten um jeweils 2 Sekunden zeitversetzt

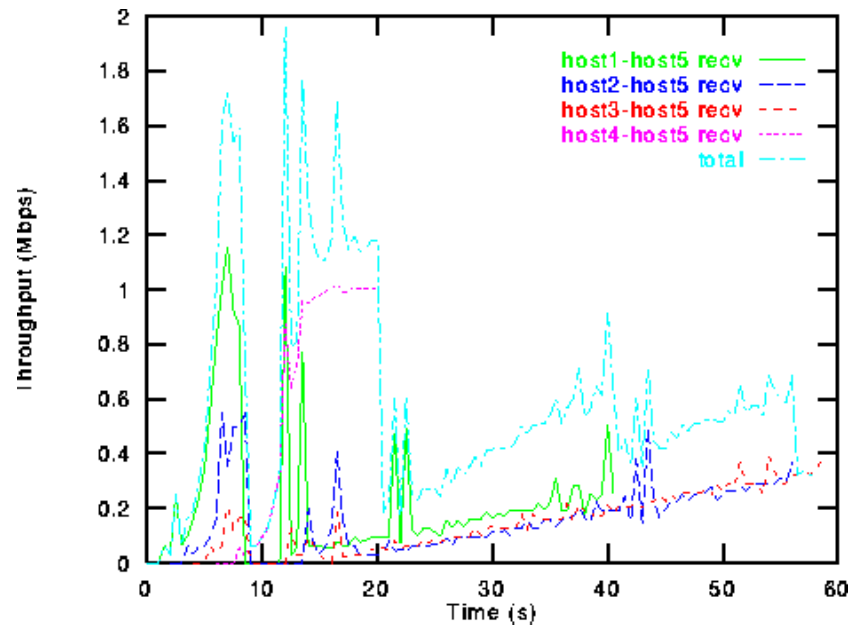
- man sieht den Slow-start-Effekt
- “unfair”, da Datenströme unterschiedlichen Durchsatz haben
- Retransmissionen der Datenströme von host 1-3 sorgen dafür, dass (im Unterschied zum Datenstrom von host 4) das Fenster langsam wächst und der Durchsatz daher gering ist
- nach mehreren Retransmissionen bricht der aggregierte Durchsatz stark ein (Zeitpunkt 20) und erholt sich nur sehr langsam
- Gesamtdurchsatz liegt bei ca. 0.6 Mb/s, Effizienz beträgt damit nur ca. 30% (typisch für TCP über Satellitenstrecken)

- “Geschwindigkeit” der Datenübertragung:



Internet & Co - quo vadis?

- Durchsatz:



- Denkübung: Man versuche, die gemessenen Werte zu interpretieren und die Phänomene zu erklären

- wieso kommt es beim ersten Experiment nicht auch schon zu solchen starken Einbrüchen beim Durchsatz?

- Was ist

- technisch machbar und beherrschbar
- ökonomisch machbar
- moralisch vertretbar
- zumutbar
- sinnvoll ?

- hohe Bandbreite
- drahtlos
- ubiquitär

- Neue Anwendungen (und “business opportunities”)

- electronic commerce
- home office
- Infrastrukturdienste
- ...

- Mobile + nomadic computing

- z.B. WAP (Internet per Mobiltelefon)

- Networked entertainment

- Vernetzte “smart Devices” im Haus, im Büro, unterwegs

- Integration von mobilem Telefon, PDA, pager, Notebook...

- “information appliance”

- Science Fiction?

- wearable computing
- vernetzte Kleidung
- implantierte Endgeräte
- vernetzte, “smarte” Alltagsdinge

ubiquitous
computing

Resümee der Vorlesung

- Informationsgesellschaft
- Geschichte der Kommunikation
- Kommunikationsprotokolle, Schichtenmodell
- Nachrichtentechnische Grundlagen
- Übertragungsprotokolle (u.a. Sliding-Window)
- Lokale Netze (Ethernet, Token-Ring)
- Routing
- IP (Adressformat, Paketformat, IPv6)
- TCP
- Mobile / drahtlose Kommunikation; Satelliten



Resümee (1)

- Einordnung der Vorlesung
- Informationsgesellschaft
 - Wachstum des Internet
 - Informationszeitalter
 - wirtschaftliche Aspekte
- Historisches zur Telekommunikation
 - Fackeln, Trommeln, Brieftauben, Reiterboten...
 - optische Telegraphen (ca. 1790 - 1850)
 - elektrische Telegraphen (ca. ab 1835)
 - Telefon (ca. ab 1870)
 - Funktelegrafie (ca. ab 1900), Rundfunk (ca. ab 1925)
 - Digitalisierung, Satelliten, Glasfaser (ca. ab 1965)

Resümee (2)

- Rechnernetze: LAN, WAN
- Dimensionen bzgl. Ausdehnung und Bitrate
- Typen von Kommunikationskanälen
 - Anforderungsklassen von Anwendungen möglichst “gerecht” werden
- Netztypen
 - geschaltete Netze
 - Paketvermittlungsnetze
- Strukturen und Topologien von Netzen

Resümee (3)

- Bandbreite und Verzögerung
- Multiplexverfahren
 - Frequenzmultiplex
 - syn. Zeitmultiplex
 - asyn. Zeitmultiplex
- Asynchrones Zeitmultiplex: Verzögerung
- Kommunikationsprotokolle
 - Schichtenmodell
 - Typische Aufgaben einzelner Schichten
 - Terminologie: Dienst, Interface, Protokoll,

Resümee (4)

- ISO-OSI-Referenzmodell
 - Zweck und Aufgaben der 7 Schichten im OSI-Modell
- Protokoll-Stack
- Internet-Protokollhierarchie
- Übertragungsmedien (leitungsgebunden)
 - Twisted pair
 - Koaxialkabel
 - Lichtwellenleiter
- Physische Internet-Infrastruktur
 - weltweite Informationsflüsse
 - Seekabel

Resümee (5)

- Zukünftige Entwicklung bei Seekabeln (Transatlantik)
- Signalübertragung über nachrichtentechnische Kanäle
 - kontinuierlich <--> diskret
 - analog <--> digital
- Bandbreite und Bitrate
- Modulationsverfahren
- Modems
 - V.24 bzw. RS-232-C: Signaldefinition
- Grenze der Übertragungsrate von Modems
 - analoges Telefon; Theorem von Shannon
- Codes
 - Übertragungscode: NRZ; RZ, Bipolar, Manchester

Resümee (6)

- Gruppencodierung
- Asynchrone Datenübertragung
 - Bytes unabhängig voneinander; Gleichlauf nur während eines Zeichens
- Synchrone Datenübertragung
- Rahmenbildung
- Character- und Bit-stuffing
- Zeichen- bzw. bitorientierte Übertragung
- UART-Baustein
- Bitfehler bei der Übertragung
 - Ursachen
 - Prüfsummen
- Flusssteuerung, Laststeuerung, Stauvermeidung

Resümee (7)

- Send-and-Wait-Protokoll
 - 1) Fehlersicherung durch ARQ
 - 2) Reihenfolgeerhalt
 - 3) Flusssteuerung
- Alternating Bit: Optimierung mit 0/1- Sequenznummern
- Probleme von Stop-and-Wait bzw. Alternating Bit?
 - ACK kommt nach dem timeout an (hilft Sequenznr. im ACK?)
 - schlechte Kanalausnutzung: Effizienzberechnung an Beispielen
- Sliding-Window-Protokoll
 - Prinzip: Fenster (von Puffern) auf Sender- und Empfängerseite
 - Pipelining: Sender hat einen "Kredit"
 - Fehlerbehandlung durch Retransmissionen
 - "Recycling" von Sequenznummern (und Pufferplätzen)
 - Effizienz in Abhängigkeit verschiedener Parameter
- Klassisches Ethernet

Resümee (8)

- Klassisches Ethernet
 - Komponenten, Paketaufbau, MAC-Adressen
 - Prinzipien: CSMA/CD, Kollisionserkennung
- Tranceiver; Repeater
- Durchsatz und Überlastverhalten
- Ethernet-Variante: 10 Base T
 - sternförmig mit twisted pair
- Hub und Switch
- Token-Ring
 - Prinzip
 - Election-Protokoll für Monitor

Resümee (9)

- Token-Ring
 - Rahmenformat
 - Ring-Management (Kontrollsignale, Monitor...)
 - High-speed LANs
 - Fast Ethernet (100 Mb/s)
 - Gigabit Ethernet
 - Netzkoppelungen / Gateways
-
- Ubiquitous Computing
 - “Der Trend zur Informatisierung und Vernetzung aller Dinge”
www.inf.ethz.ch/vs/publ/slides/TrendAllws.pdf
 - “Ubiquitous Computing - a Vision of the Future”
www.inf.ethz.ch/vs/publ/slides/sc.pdf

Resümee (10)

- Netzkoppelungen
 - Repeater
 - Brücken: Selbstlernverfahren; Schleifenproblem
 - Router
- Flooding-Algorithmus
- Distance-Vector-Routing
 - dezentraler Algorithmus für kürzeste Wege
 - Spannbaum aus Routingtabellen
- Spannbaumprotokoll für Ethernet-LANs
- Internet: geschichtliche Entwicklung

Resümee (11)

- Internet: geschichtliche Entwicklung
 - Verbreitungsgeschwindigkeit, Durchdringung
- Internet Protocol (IP)
 - UDP und TCP
 - Adressen
 - ICMP-Protokoll
- IP-Adressformat
 - Adressklassen
- IP-Paketformat
- IPv6
 - Motivation: Probleme mit IPv4
 - Adressformat und Header-Aufbau
 - neuere, über IPv4 hinausgehende Eigenschaften
- Routing

Resümee (12)

- Routing

- zentral, dezentral, hierarchisch
- Link State-, OSPF-Verfahren
- BGP-Verfahren
- “policy routing”
- Routingprobleme in der Praxis
- Anforderungen und Trends bei Routern
- IP-Multicasting

- TCP

- Transportprotokoll (unstrukturierter Bytestrom, voll duplex)
- Adressierung von Ports als Kommunikationsendpunkte
- Socket-Programmierschnittstelle (C, Java)

Resümee (13)

- TCP

- Header-Aufbau
- Verbindungsauf- und abbau
- Protokoll-Zustandsdiagramme
- Fluss- und Laststeuerung (sliding window-Protokoll; Congestion Window)
- Slow-start-Protokoll
- TCP-Benchmarks

- Namen und Adressen

- DNS im Internet
- Nameserver

- Intranet

- Firewall

Resümee (14)

- Hochgeschwindigkeitsanschluss für alle Haushalte

- Telefonkabel: xDSL-Technik
- TV-Kabel: Kabelmodem

- Mobile / drahtlose Kommunikation

- allg. Probleme / Herausforderungen mobiler und drahtloser Kommunikation
- Probleme von IP bei mobilen Geräten; Lösungsansatz
- GSM, zelluläre Systeme, UMTS

- Satelliten

- Leistungsmessung TCP über Satelliten

Literatur

- (1) A.S. Tanenbaum: "Computer Networks", Prentice-Hall (3rd edition 1996), ISBN 0-13-394248-1
- (2) L. Peterson; B. Davie : "Computer Networks - A Systems Approach", Morgan Kaufmann (2000), ISBN 1-55860-368-9
- (3) F. Halsall: "Data Communications, Computer Networks and Open Systems", Addison-Wesley (4th edition 1996), ISBN 0-201-42293-X
- (4) W. Stallings: "Data and Computer Communications", Prentice-Hall (5th edition 1997), ISBN 0-13-571274-2
- (5) W. P. Kowalk; M. Burke: "Rechnernetze", Teubner (1994), ISBN 3-519-02141-2
- (6) Robert M. Hinden: IP Next-Generation. Commun. of the ACM, Vol 39 No 6 (Jun. 1996), 61-71
- (7) Commun. of the ACM, Vol 37 No 8 (Aug. 1994): Sonderheft "Internet Technology"
- (8) G. Holzmann; B. Pehrson: "The Early History of Data Networks", IEEE Computer Society Press (1994), ISBN 0-8186-6782-6 (siehe auch http://www.it.kth.se/docs/early_net/ und <http://www.computer.org/cspress/catalog/bp06782.htm>)
- (9) Katie Hafner, Matthew Lyon: "ARPA Kadabra, die Geschichte des Internet", dpunkt-Verlag (1997), ISBN: 3-920993-90-X

Es gibt sehr viel Literatur zu Rechnernetzen - längst nicht alles, was derzeit auf dem Buchmarkt angeboten wird, ist sinnvoll! Die hier aufgeführten empfehlenswerten Bücher und Zeitschriftenartikel stellen andererseits nur einen Teil der zur Vorbereitung der Vorlesung benutzten Quellen dar. (1) - (5) sind gute Standardlehrbücher mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung (man achte unbedingt auf neueste Auflagen der Bücher!). (1) ist etwas umfassender als (2), dafür betont (2) mehr die pragmatischen Aspekte und geht auf einige Dinge des Internet genauer ein. (3) behandelt ausführlicher als (1) und (2) die OSI-Aspekte; (3) - (5) betonen etwas stärker als (1) und (2) die unteren Netzebenen. (8) und (9) geben einen gut lesbaren geschichtlichen Abriss, wobei (9) im Unterschied zu (8) die "Gegenwartsgeschichte" behandelt - wenn es so etwas bei dieser hochdynamischen Disziplin überhaupt gibt!

Zu speziellen Themen (z.B. Brücken und Router, TCP/IP, Firewall etc.) existieren weitere, hier nicht aufgeführte Fachbücher. Beiträge in Fachzeitschriften (z.B. die hier genannten Quellen (6) und (7)) thematisieren i.a. einen engeren Problemkreis in etwas detaillierterer Weise, als dies meist in Lehrbüchern geschieht. Zunehmend entwickelt sich auch das Internet selbst zu einer interessanten Quelle von Material (Produktinformationen von Firmen, Informationen zu Quasi-Standards, Schulungsunterlagen zu spezielleren Themen, Statistiken und Analysen des "Internet-Zustands" etc., insbesondere aber auch die RFC-Dokumente).